

ПАВЛЕНКО ЄВГЕН

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

<https://orcid.org/0000-0002-0451-3861>e-mail: sl1mvsshady@gmail.com

СТЕПАНОВ МИХАЙЛО

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

<https://orcid.org/0000-0001-6376-4268>e-mail: 2m.stepanov@gmail.com

МАСКУВАННЯ ВИХІДНОГО СИГНАЛУ, ВИЗНАЧЕННЯ МІНІМАЛЬНО НЕОБХІДНОГО РІВНЯ МАСКУЮЧОГО ШУМУ

В даній роботі розглядається один із потенційних способів захисту вихідного сигналу, що виходить за межі контрольованої зони, як результат одного з можливих випадків виявлення розвідувальним приймачем сигналу на фоні шуму, спираючись на існуючу математичну модель каналу витоку інформації із застосуванням радіотехнічної розвідки. В першій частині розглянуті основні положення використаної математичної моделі, що описує процес перетворення прийнятого розвідувальним приймачем електромагнітного коливання з метою прийняття рішення про наявність сигналу, представлена нерівність для винесення рішення про наявність або відсутності детермінованого сигналу на фоні білого шуму, приведена функціональна схема оптимального приймача, описана залежність зв'язку між відношенням сигнал/шуму і ймовірністю виявлення сигналу оптимальним приймачем, розглянута графічна залежність ймовірності виявлення сигналу оптимальним приймачем з відношенням сигнал/шум, а також один з можливих варіантів виявлення приймачем сигналу на фоні шуму на основі якого у другій частині представлений потенційний спосіб для захисту вихідного сигналу.

В другій частині розглядається можливість запобігання перехопленню інформації засобами технічної розвідки шляхом маскування сигналу, що виходить за межі контрольованої зони спеціально сформованим шумом. Представлена структурна схема перехоплення вихідного сигналу засобами технічної розвідки без використання маскуючого шуму. Сформовано відношення сигнал/шум при відсутності або наявності активної шумової завади, визначено мінімально необхідний рівень інтенсивності маскуючої завади. Представлена структурна схема перехоплення вихідного сигналу засобами технічної розвідки з використанням маскуючого шуму.

Ключові слова: технічний захист інформації, радіотехнічна розвідка, маскуючий шум, мінімальний рівень маскуючого сигналу, перехоплення сигналу, контрольована зона.

PAVLENKO YEVHEN, STEPANOV MIKHAILO

National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"

MASKING OF OUTPUT SIGNAL, DETERMINING MINIMAL LEVEL OF MASKING NOISE

This paper considers one of the potential ways of protecting the output signal which goes beyond the controlled zone, as a result of one possible case of signal detection against background noise by interception receiver based on mathematical model of leakage information using radio engineering intelligence. First part considers the main provisions of used mathematical model and describes the process of converting electromagnetic oscillation received by interception receiver in order to make a decision about signal presence, presented an inequality for making decision about the presence or absence of deterministic signal against background of white noise, given a functional diagram of optimal receiver which performs the specified operations, described signal/noise ratio and probability of signal detection by optimal receiver, considered graphical dependence probability of signal detection by optimal receiver with signal/noise ratio, considered one of the possible variants of signal detection by receiver against background noise based on which in the second part presented a potential way of protection the output signal.

Second part considers the possibility of preventing the interception of information by means of technical intelligence by masking signals that go beyond the controlled zone by means of specifically formed noise, presented structural diagram of interception the output signal by means of technical intelligence without using masking noise, formed signal-to-noise ratio with absence or presence of active noise interference, determined minimal value of intensity level of masking interference, presented structural diagram of interception the output signal by means of technical intelligence using masking noise.

Keywords: technical protection of information, radio technical intelligence, masking noise, minimal level of masking signal, signal interception, controlled zone

Постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями

Для перехоплення конфіденційної інформації в приміщенні зловмисник може використовувати великий арсенал технічних засобів розвідки. Технічні засоби розвідки дозволяють перехоплювати інформацію по акустичному, віброакустичному, електроакустичному та іншим каналам. Одним із можливих способів протидії витокам по даним каналам являється активне маскування вихідного сигналу низькочастотним відрізком білого шуму. Актуальність роботи полягає в тому, що на основі існуючої моделі витоку інформації в умовах радіотехнічної розвідки представлено можливість запобігання перехопленню конфіденційної інформації засобами технічної розвідки шляхом маскування сигналів, що виходять за межі контрольованої зони спеціально сформованим шумом, наводиться алгоритм визначення мінімально-необхідного рівня інтенсивності маскуючого шуму.

Аналіз досліджень та публікацій

В роботі [1], для захисту мережі когнітивного радіо і погіршення якості сигналу перехоплення пропонується використовувати штучний шум, в статті [2], для зниження ймовірності перехоплення сигналу

був запропонований метод маскування, який в результаті шумоподібного моделювання дозволяє отримати сигнал схожий на шум, тим самим збільшуючи його конфіденційність у разі перехоплення, а в роботі [3] представлений метод для генерації сигналу, який забезпечує більшу маскуючу здатність в порівнянні з білим шумом, що підвищує складність отримання корисної голосової інформації у разі її перехоплення. В статті [4] представлено вдосконалений алгоритм акустичного маскування, запропонований спосіб дозволяє істотно підвищити безпеку голосової інформації і складність дешифрування для прослуховування. Експериментальні результати показують, що згенерований голосовий шум має достатній маскувальний ефект і в той же час являється комфортним для того, хто говорить. В роботі [5] використовується метод на основі моделі генератора з імпульсним зв'язком, для налаштування синхронізації передачі шумового сигналу. Для покращення продуктивності запропонованого методу, вводиться метод перенастройки стану синхронізації, а для оцінки його ефективності використовується моделювання.

Формулювання цілей статті

Метою роботи є забезпечення захисту інформації шляхом маскування вихідного сигналу, визначення мінімально необхідного рівня маскуючого шуму.

Виклад основного матеріалу

Використана в дослідженні модель [6], базуючись на положеннях теорії оптимального прийому, описує процес перетворення прийнятого розвідувальним приймачем електромагнітного коливання з метою прийняття рішення про наявність сигналу розвідувальним радіоелектронним пристроєм враховуючи вимоги незаниження оцінки можливостей розвідки.

При вирішенні задач в контексті даної теорії відповідь повинна бути отримана як на основі попередніх (апріорних) відомостей про сигнал та завади, так і результатів аналізу даних, що містяться в прийнятому коливанні. Таким чином, отримана фінальна залежність:

$$q = \frac{2}{N_0} \int_0^T \xi(t) s(t) dt > \frac{E}{N_0} + \ln \frac{W_{pr}(0)}{W_{pr}(1)} = h$$

де q – відношення сигнал/шум; N_0 – спектральна густина шуму; $\xi(t)$ – прийняте коливання, що представляє собою суміш сигналу та шуму і описується залежністю $\xi(t) = s(t) + n(t)$, $W_{pr}(1)$ і $W_{pr}(0)$ апіорні ймовірності наявності або відсутності сигналу, h – пороговий рівень.

З даної залежності видно, що для винесення рішення про наявність або відсутність детермінованого сигналу, отриманого на фоні білого шуму потрібно прийняту реалізацію $\xi(t)$ перемножити з сигналом $S(t)$, проінтегрувати отриману залежність за часом T , де відома реалізація, і результат інтегрування порівняти з порогом H , визначеним із правої частини формули. Якщо пороговий рівень перевищений, то приймається рішення про наявність сигналу. Якщо ж поріг не перевищений, то констатується відсутність сигналу. Функціональна схема приймача, який здійснює вказані операції приведена нижче:

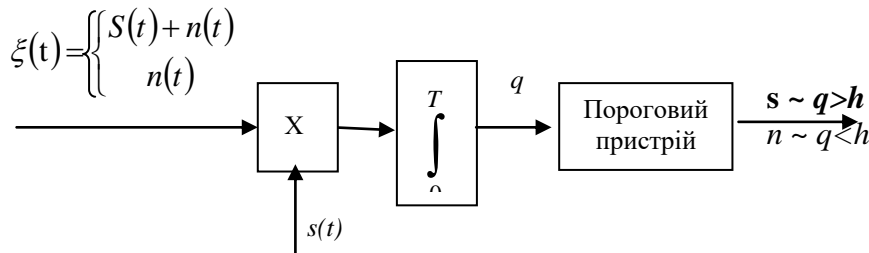


Рис. 1. Оптимальна схема для виявлення детермінованого сигналу на фоні шуму

При заданому рівні порога зв'язок між відношенням сигнал/шум і ймовірності виявлення сигналу оптимальним приймачем описується наступною залежністю:

$$P_{вияв} = P_{ХТ} \frac{-1}{1+0.5 \cdot q^2}$$

де $P_{ХТ}$ - вірогідність хибної тривоги при прийомі сигналу.

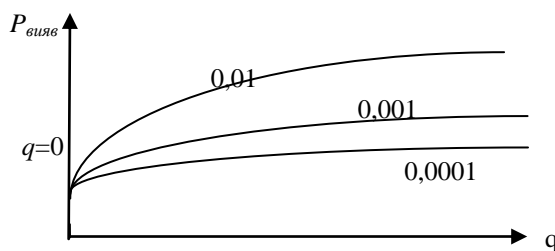


Рис. 2. Криві виявлення

Характерний вигляд кривої виявлення, як залежності ймовірності виявлення сигналу оптимальним

приймачем з відношенням сигнал/шум представлена на рисунку 2:

Як результат роботи приймача, в моделі також розглянуті можливі варіанти виявлення сигналу на фоні шуму. На базі одного з випадків (рис. 3) розглянуто потенційний спосіб захисту вихідного сигналу, що виходить за межі контрольованої зони:

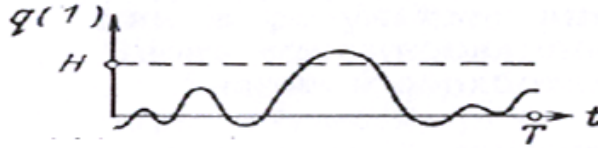


Рис. 3. Один із можливих варіантів виявлення приймачем сигналу на фоні шуму при якому суміш сигналу та шуму перевищує встановлений поріг H .

Розглянемо можливість запобігання перехопленню інформації засобами технічної розвідки шляхом маскування сигналів, що виходять за межі контрольованої зони, спеціально сформованим шумом. Найбільш оперативним та економічним вирішенням цього завдання є активне маскування вихідного сигналу низькочастотним відрізком білого шуму.

Визначимо необхідний мінімальний рівень маскуючих шумів для захисту сигналу за межами контрольованої зони. Розглянемо структурну схему перехоплення вихідного сигналу засобами технічної розвідки (ЗТР):

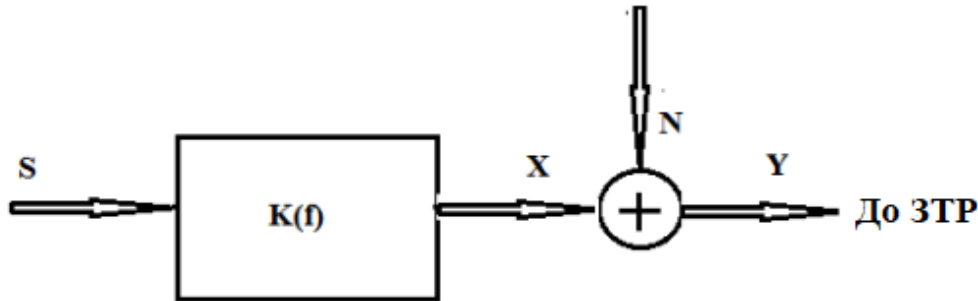


Рис. 4. Структурна схема перехоплення вихідного сигналу ЗТР

де S – тестовий сигнал;
 Y – адитивна суміш вихідного сигналу X і зовнішнього шуму N ;
 $K(f)$ – комплексна частотна характеристика огорожуючої конструкції;
 $ЗТР$ – засіб технічної розвідки.

Якщо маскуючий шум відсутній ($M = 0$) і на виході схеми діє адитивна суміш вихідного сигналу X із зовнішнім (фоновим) шумом N –

$$Y = \sqrt{X^2 + N^2}$$

Тоді вихідний сигнал X_i :

$$X_i = \sqrt{Y_i^2 - N_i^2} = S_i \cdot K(f_i) \quad (1)$$

Нехай на виході контрольованої зони встановлено деякий поріг H_{in} для ЗТР. Тоді розглянемо випадок, коли сигнал не захищений і перевищує поріг H_{in} , тобто

$$H_{in} - H_i = \Delta H_i \quad (2)$$

де ΔH_i – перевищення сигналом порогового рівня ЗТР

$$H_{in} = H_i + \Delta H_i \quad (3)$$

У цьому випадку, задача активного маскування полягає в задаванні такого мінімального рівня маскуючого сигналу M_i при якому $H_{M_i} > H_{in}$

Для виконання умови (2.3), сформуємо активну шумову заваду M . Дана завада відрізняється від зовнішнього фонового шуму відносно стабільною інтенсивністю її формування на протязі всього часу життєвого циклу вихідного сигналу. Запишемо відношення сигнал/шум в кінематичній формі для двох значень активної шумової завади $M = 0$ і $M \neq 0$;

$$q_i = \frac{(S_i \cdot K(f_i))^2}{N_i^2}$$

При $M = 0$

При $M \neq 0$:

$$q_{M_i} = \frac{(S_i \cdot K(f_i))^2}{N_i^2 + M_i^2},$$

де q_i, q_{M_i} - відношення сигнал/шум при відсутності активної маскуючої завади і при наявності активної шумової завади відповідно.

Запишемо відношення виду:

$$\frac{q_i}{q_{M_i}} = 1 + \frac{M_i^2}{N_i^2} = \delta Q_i \quad (4)$$

де δQ_i – кінематичне значення перевищення сигналом порогового рівня ЗТР.

Із виразу (2.4), кінематичний параметр маскуючої завади, забезпечуючий рівність (2.3), являється мінімально необхідним рівнем інтенсивності маскуючої завади:

$$M_i = N_i \sqrt{\frac{q_i}{q_{M_i}} - 1} = N_i \cdot \sqrt{\delta Q_i - 1} \quad (5)$$

Таким чином, структурна схема перехоплення вихідного сигналу ЗТР буде мати наступний вигляд:

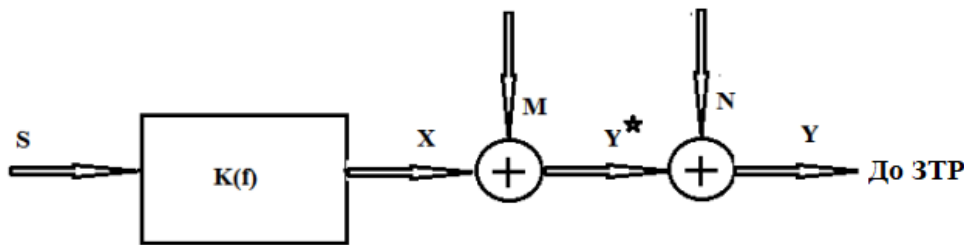


Рис. 5. Структурна схема перехоплення вихідного сигналу ЗТР з використанням маскуючого шуму М

де Y^* – адитивна суміш вихідного сигналу X з маскуючим шумом М;

Y – адитивна суміш вихідного сигналу X з маскуючим шумом М і зовнішнім шумом N.

Висновки з даного дослідження і перспективи подальших розвідок у даному напрямі

В ході проведеного дослідження, в першій частині роботи були проаналізовані основні положення використаної математичної моделі каналу витоку інформації із застосуванням радіотехнічної розвідки, був розглянутий один із можливих варіантів виявлення приймачем сигналу на фоні шуму на основі якого у другій частині представлений потенційний спосіб для захисту вихідного сигналу, що виходить за межі контрольованої зони.

Як результат одного з можливих випадків виявлення розвідувальним приймачем сигналу на фоні шуму, була отримана залежність (5) для визначення мінімально необхідного рівня інтенсивності маскуючої завади, яка відрізняється від зовнішнього фонового шуму відносно стабільною інтенсивністю її формування на протязі всього часу життєвого циклу вихідного сигналу для запобігання його перехопленню засобами технічної розвідки.

Література

1. Yanan Wu, Xiaoming Chen, Xianfu Chen. Secure beamforming for cognitive radio networks with artificial noise. International Conference on Wireless Communications & Signal Processing, October 2015.
2. You Wu, Cheng Chen. The Noise-like Disguised Scheme for Physical Layer Security Using Phase Rotation And Wavelet Transform. 5th International Conference on Systems and Informatics, November 2018.
3. Jiang Jingsai; Li Ye; Zhang Peng; Hao Qiuyun; Ma Xiaofeng; Fan Yanhong. Adaptive acoustic masking based on spectral envelope. International Conference on Audio, Language and Image Processing, July 2016.
4. Jingsai J., Ye L., Peng Z., Yanhong F., Xiaofeng M. and Qiuyun H. Acoustic masking based on time-reversed speech. 2016 IEEE Information Technology, Networking, Electronic and Automation Control Conference, Chongqing, China, 2016, pp. 905-909, doi: 10.1109/ITNEC.2016.7560493.
5. Oyama T. and Taniguchi Y. A self-organizing noise signal transmission method to make eavesdropping difficult in wireless networks. 2022 IEEE International Conference on Consumer Electronics - Taiwan, Taipei, Taiwan, 2022, pp. 151-152, doi: 10.1109/ICCE-Taiwan55306.2022.9869083.
6. Сягаєва О.О. Дослідження та розробка математичної моделі джерела небезпечного сигналу

втрати інформації в банківських системах : дис. магістр. Харків, 2012. 24 с.

References

1. Yanan Wu, Xiaoming Chen, Xianfu Chen. Secure beamforming for cognitive radio networks with artificial noise. International Conference on Wireless Communications & Signal Processing, October 2015.
2. You Wu, Cheng Chen. The Noise-like Disguised Scheme for Physical Layer Security Using Phase Rotation And Wavelet Transform. 5th International Conference on Systems and Informatics, November 2018.
3. Jiang Jingsai; Li Ye; Zhang Peng; Hao Qiuyun; Ma Xiaofeng; Fan Yanhong. Adaptive acoustic masking based on spectral envelope. International Conference on Audio, Language and Image Processing, July 2016.
4. Jingsai J., Ye L., Peng Z., Yanhong F., Xiaofeng M. and Qiuyun H. Acoustic masking based on time-reversed speech. 2016 IEEE Information Technology, Networking, Electronic and Automation Control Conference, Chongqing, China, 2016, pp. 905-909, doi: 10.1109/ITNEC.2016.7560493.
5. Oyama T. and Taniguchi Y. A self-organizing noise signal transmission method to make eavesdropping difficult in wireless networks. 2022 IEEE International Conference on Consumer Electronics - Taiwan, Taipei, Taiwan, 2022, pp. 151-152, doi: 10.1109/ICCE-Taiwan55306.2022.9869083.
6. Siahraeva O.O. Doslidzhennia ta rozrobka matematychnoi modeli dzhherela nebezpechnoho syhnalu vtraty informatsii v bankivskykh systemakh: ma: dys. mahistr. Kharkiv, 2012. 24 s.