

## АНАЛІЗ ПРИНЦИПУ РОБОТИ ФОТОДЕТЕКТОРА «ЛАЗЕРНОГО МІКРОФОНУ»

Ковальчук Ю.О.

Харківський національний університет радіоелектроніки  
(61166, м. Харків, пр. Леніна, 14, каф. безпеки інформаційних технологій),  
тел./факс (057)-702-14-25; E-mail: bit@kture.kharkov.ua;

The given work is devoted to research of possibilities of laser systems of acoustic reconnaissance. Research consists in building and the analysis of corresponding quantitative models, for obtaining the results which can be used in process of assessment of the information leakage channel and building the measures of protection.

Зараз в нашій країні питання захисту конфіденційної інформації є актуальним та важливим. Захисна діяльність переважної більшості підприємств та установ будується на аналізі загроз, ризику їх реалізації та вживання адекватних заходів, що зводять ризик до прийняттого для них рівня.

Важливе місце у комплексному захисті інформації займає технічний захист мовної інформації. Виникає необхідність забезпечення захисту мовної інформації всередині приміщень від можливого витоку.

Однією із загроз витоку мовної інформації з приміщень є використання лазерних систем акустичної розвідки (ЛСАР), так званих „лазерних мікрофонів”, які дозволяють відтворювати мову, будь-які інші звуки та акустичні шуми в приміщенні шляхом лазерно-локаційного зондування віконних шибок та інших відбиваючих поверхонь.

Одним із можливих каналів витоку мовної інформації є малі коливання шибок у вікнах приміщень під дією акустичних хвиль, які можуть бути зчитані „лазерним мікрофоном”.

Виток інформації здійснюється завдяки звичайній віконній шибці, яка являє собою своєрідну мембрану, що коливається із звуковою частотою під тиском акустичних хвиль, створюючи фонограму розмови. Генероване лазерним передавачем випромінювання розповсюджується в атмосфері та, відбиваючись від поверхні віконної шибки, модулюється акустичним сигналом. Потім це відбите випромінювання сприймається фотоприймачем (детектором), який і відновлює мовну інформацію в приміщенні.

Довжина хвилі лазера може знаходитися між видимим та інфрачервоним випромінюванням. Сучасні лазери працюють на частотах приблизно  $3 \cdot 10^{13} - 5 \cdot 10^{14}$  Гц.

Потужність сигналу, прийнятого на вхід фотоприймача після його відбиття від віконного скла, визначається наступним чином:

$$P = \Pi S_A k S_0 / R^2, \quad S_0 = S k_u \xi,$$

де  $S$  – коефіцієнт пропорційності, що кількісно характеризує властивості скла щодо розсіювання лазерного випромінювання;  $k_u$  – коефіцієнт направленої дії скла, який характеризує ступінь концентрації потужності лазерного випромінювання, що розсіюється склом в напрямку «лазерного мікрофону»;  $\xi$  – коефіцієнт деполаризації лазерного випромінювання під час відбиття від скла;  $\Pi$  – густина потоку потужності лазерного випромінювання біля скла;  $S_A$  – площа поверхні об'єктиву прийомного оптичного пристрою;  $k$  – коефіцієнт пропускання (прозорості) прийомної оптичної системи;  $R$  – відстань від «лазерного мікрофону» до віконного скла;  $S_0$  – ефективна площа розсіювання (ЕПР) скла. ЕПР в оптичному діапазоні хвиль, як і в НВЧ-діапазоні, кількісно характеризує властивості предметів (у нашому випадку скла) щодо розсіювання та відбиття випромінювання.

Фотодетектування в оптичному діапазоні хвиль є квантомеханічним процесом. Зазвичай, на виході фотодетектора спостерігають потік одноелектронних імпульсів, моменти появи яких відповідають вильоту фотоелектронів з фотокатода, що випускаються під час впливу на фотокатод приймача вузькополосного оптичного сигналу

(лазерне відбите випромінювання або теплове випромінювання після оптичного фільтру) з певною миттєвою інтенсивністю.

Фізична сутність процесу прийому оптичного випромінювання полягає в тому, що падаючий світловий потік перетворюється в потік фотоелектронних імпульсів фотоструму (напруги), який необхідно зареєструвати. Внаслідок випадкового характеру часу появи фотоелектронних (одноелектронних) імпульсів  $t_i$  та випадкового їх числа  $n$  на кожному підінтервалі спостереження  $(t, t+T)$  фотострум є флуктуаційним процесом  $\xi(t)$ , який можна представити наступною математичною моделлю:

$$\xi(t) = \sum_{i=1}^n a_i F(t - t_i),$$

де  $a_i$  – амплітуда одноелектронного імпульсу;  $F(t)$  – функція, що описує форму одноелектронного імпульсу.

Ця модель справедлива для будь-якого типу фотодетекторів. Найбільш розповсюдженим фотонним (квантовим) детектором, призначеним для прийому слабких оптичних сигналів на квантовому рівні є фотоелектронний помножувач (ФЕП), який має високий рівень чутливості.

За умови малої інтенсивності світлового потоку, а відповідно й малої швидкості фотовідділів на виході ФЕП струм (напруга) має імпульсний характер.

При збільшенні інтенсивності світлового потоку флуктуаційний процес реалізується як суперпозиція елементарних імпульсів, причому чим більше інтенсивність і тривалість одноелектронних імпульсів, тим менше виражений імпульсний характер процесу.

Таким чином, в залежності від інтенсивності потоку фотоелектронів, що приймається, імпульсний потік на виході ФЕП може представляти собою або рідку послідовність розділених (ненакладених один на одного) імпульсів, яку не важко порахувати, або нерозділених (накладених один на одного) імпульсів, які порахувати вже не можливо.

В першому випадку середня густина імпульсного потоку мала. Під час прийому таких сигналів фотодетектор може реєструвати окремі фотоелектрони, тобто працювати в режимі рахунку фотонів. Такий режим не має аналогу в радіолокації. В цьому способі реєстрації вимірюваним параметром випадкового імпульсного потоку є число імпульсів  $n$ , що спостерігаються в інтервалі часу від  $t$  до  $t+T$ . Цей режим ефективний під час прийому слабких оптичних сигналів. На практиці вказана задача вирішується за допомогою дискретних (цифрових) пристроїв, тому цей спосіб реєстрації називають дискретним.

В другому випадку густина імпульсного потоку велика і фотоелектричний сигнал на виході ФЕП має неперервний характер. Цей режим має місце у випадку сильного потоку фотоелектронів, коли може бути відтворена огинаюча оптичного сигналу. В цьому способі реєстрації параметром, що вимірюється, є аналогова величина фотоструму на виході фотодетектора. Для реєстрації вихідного сигналу із фотодетектора використовують аналогові пристрої. Тому даний спосіб реєстрації називають аналоговим.

За умови використання „лазерного мікрофону” необхідно враховувати, що дощ, сніг та туман можуть суттєво вплинути на відбитий сигнал, ослаблюючи його, в основному, за рахунок розсіювання.

Розглянута загальна модель витоку мовної інформації з приміщень за умови використання «лазерного мікрофону» дозволяє створити сукупність окремих детальних моделей. Використання наведеної моделі роботи фотодетектора дає змогу оцінити можливий канал витоку мовної інформації та вжити відповідні заходи щодо її захисту.