

МОДЕРНІЗАЦІЯ ПІЧ-ОДНОПРОМЕНЕВИХ СИСТЕМ ВИЯВЛЕННЯ

Я. Ю. Власенко^{1, а}, О. Д. Василенко¹

¹Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут»

Анотація

Пасивні інфрачервоні (ПІЧ) системи виявлення, є одними з головних елементів охорони об'єктів. На сьогодні існуючі види ПІЧ-детекторів, мають однотипну конструкцію та однакові недоліки, одним із яких є неможливість виявлення порушників за перешкодами. В даній роботі представлений один із методів розширення можливостей ПІЧ однопроменевих систем виявлення.

Ключові слова: пасивна інфрачервона система виявлення, системи охорони, теплове випромінювання

Вступ

Принцип дії ПІЧ системи заснований на реєстрації зміни в часі різниці між інтенсивністю ІЧ випромінювання людини і фонового теплового випромінювання. ПІЧ детектор складається з трьох основних частин: оптичної системи, піроелектричних приймачів та блоку обробки. Оптична система спрямовує випромінювання прийняте від об'єкта і спрямовує його на відповідний піроелектричний приймач. Блок обробки підсилює електричний сигнал прийнятий з піроелектричного приймача, фільтрує його в смугі корисних сигналів, виділяє інформаційні ознаки та активує сигнал тривоги при перевищенні встановлених порогів.

В той же час, на сьогоднішній день існують тепловізорні системи, які за рахунок порівняння теплового випромінювання між сусідніми просторовими кутами здатні вирішувати завдання по виявленню об'єктів за зеленими насадженнями та тонкими перешкодами. Але така система автоматично не формує сигнал тривоги, має велику вартість та меншу здатність виявлення порівняно з піроелектричним приймачем. Основна частина тепловізора це матриця, яка перетворює прийняте теплове випромінювання в електричний сигнал. Матриця складається з великої кількості чутливих елементів та має формат розмірністю від 128×128 до 640×512 при розмірі цих чутливих елементів 0.04 мм. Здатність виявлення залежить від розміру, а саме прямо пропорційна до площі поверхні чутливого елемента, та розраховується як [1]:

$$D = \frac{\sqrt{S}}{N(\lambda, f, \Delta f)}$$

де S – площа поверхні чутливого матеріалу; $N(\lambda, f, \Delta f)$ – спектральна щільність шумів.

Оцінка здатності виявлення (D) для тепловізорних систем становить $D = (1...5) \cdot 10^7$ см×Гц^{1/2}/Вт, а для піроелектричного приймача здатність виявлення

$D = (5...10) \cdot 10^7$ см×Гц^{1/2}/Вт при розмірах чутливого елемента від 1×1мм до 8×8мм [2].

Тому доцільним буде розглянути можливість побудови системи з комплексу піроелектричних приймачів.

1. Оцінка потужності теплового випромінювання прийнятим ПІЧ детектором при появі порушника

При появі людини зміна потужності ΔW в порівнянні з навколишнім середовищем, становить [3]:

$$\Delta W = 4 \cdot \sigma \varepsilon S T_{ext}^3 \Delta T$$

де: σ – постійна Стефана-Больцмана; ε – випромінювальна здатність матеріалів (для даного випадку – людини) в діапазоні довжини хвилі 5...14 мкм; S – площа поверхні людини; T_{ext} – температура навколишнього середовища; ΔT – різниця температури людського тіла та навколишнього середовища.

Для оцінки зміни потужності, при умові, що людина знаходиться за перешкодою, необхідно враховувати випромінювальну здатність матеріалу перешкоди та її площу. Перешкоди можуть бути: зелені насадження – дерева, кущі; конструкції з дошок; плити OSB. Всі ці перешкоди мають різницю у випромінювальній та у пропускну здатності теплового потоку. Враховуючі всі параметри перешкоди та людини, що перебуває за нею, різниця потужності становить $\Delta W = 2...250$ Вт.

Потужність прийнята приймальним елементом ПІЧ детектора, оцінюється як [3]:

$$W = K_\lambda \cdot K_s \cdot K_\alpha \cdot \Pi \cdot S_{receiv}$$

де K_λ , K_s , K_α – фактори, що впливають на послаблення потужності; K_λ – частина потужності, що приходить на смугу довжини хвилі λ і становить $K_\lambda = 0.43$; K_s – коефіцієнт, що враховує відношення площі зображення порушника, прийнятого лінзою до площі приймального елемента і за звичай становить $K_s = 1$; $K_\alpha = \cos(\alpha)$, де α – кут між напрямком потоку Π і нормалі до площі оптичної системи,

^аmazay@forenet.info

для однопроменевих систем $K_\alpha = 1$; S_{receiv} – площа приймального елемента.

Для порівняння оцінемо потужність W_{receiv} при площі приймального елемента тепловізора $S_{receiv}^T = 0,0001 \text{ м}^2$ та приймального елемента піроприймача $S_{receiv}^P = 0,002 \text{ м}^2$; Π – щільність потоку енергії, розраховується як [3]:

$$\Pi = \frac{\Delta W}{4\pi L^2}$$

де L – відстань від людини до ПЧ детектора. Для прикладу $L = 40 \text{ м}$, та $\Delta W = 50 \text{ Вт}$. Із розрахунків становить $\Pi = 0.0024 \text{ Вт/м}^2$.

Провівши оцінку, враховуючи площу приймального елемента $S_{прмТ}$, потужність прийнята приймальним елементом становить $W_{прмТ} = 1 \cdot 10^{-7} \text{ Вт}$, а при площі S_{receiv}^T , $W_{receiv} = 2 \cdot 10^{-6} \text{ Вт}$. На даний час в існуючих системах, діапазон прийнятої потужності становить $1 \cdot 10^{-8} \dots 1 \cdot 10^{-3} \text{ Вт}$ [2]. Можна зробити висновок, що при збільшенні відстані L , рівень прийнятої потужності зменшується, тому для збільшення потужності потрібно збільшувати площу приймального елемента $S_{прм}$.

2. Особливості побудови модернізованої системи

Враховуючи вище наведені оцінки та пропозиції, доцільним буде спроектувати «квазітепловізор» з комплексу піроелектричних приймачів, кожен з яких сприймає теплове випромінювання тільки з відповідного тілесного кута. Спрямування випромінювання від об'єкта до відповідного піроелектроприймача виконує оптична система, а саме лінза, яка формує n тілесних кутів з параметрами α (по азимуту) та β (по куту місця). Це зменшує відношення с/ш. Формування сигналу виявлення забезпечується за рахунок порівняння сигналів в різних кутах послідовним переключенням піроелектроприймачів і дозволяє методом послідовного перебору виявити зміну інтенсивності випромінювання в різних тілесних кутах.

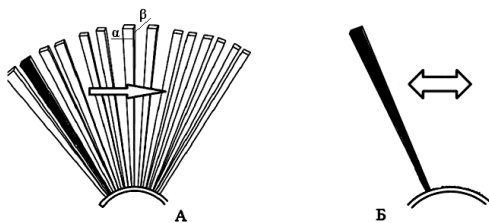


Рис. 1. Варіанти проектування системи «квазітепловізор» а) сканування забезпечується послідовним переключенням піроелектроприймачів; б) сканування забезпечується пезодвигуном

Ще одним варіантом побудови «квазітепловізора» є сканування по азимуту, що забезпечується пезодвигуном який повертає комплекс піроелектроприймачів з певною швидкістю за якою можливе виявлення зміни випромінювання в певному куті. Варіанти проектування системи «квазітепловізора» представлені на (рис. 1).

На рис. 2 схематично зображено структуру «квазітепловізора» та вихідного сигналу. Лінза приймає теплове випромінювання, та формує його на відповідний піроелектричний приймач. Сигнал прийнятий з кожного приймача, після підсилення потрапляє на компаратор, який проводить послідовну передачу сигналів на блок обробки (БО). Блок обробки забезпечує:

- фільтрацію сигналу
- формування відповідних порогів кожному з кутів
- активацію сигналу тривоги при перевищенні встановлених порогів

З рис. 2 видно, що сигнал прийнятий в куті α_3 , перевищує встановлений поріг, а значить в цьому куті можливе перебування об'єкта.

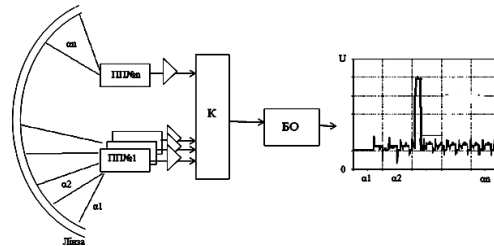


Рис. 2. Схематичне зображення структури «квазітепловізора»

3. Оцінка часу за який можливе виявлення теплового випромінювання порушника за перешкодою

Для оцінки часу, потрібно провести розрахунок теплового потоку де передача енергії відбувається між людиною та перешкодою. Загальна кількість теплоти розраховується за формулою [4]:

$$Q = F \cdot \alpha (T_1 - T_2)$$

де: α - коефіцієнт тепловіддачі, що характеризує процес теплообміну; F – площа поверхні м^2 (тіло людини – 1.86 м^2); ε – випромінююча здатність (для людського тіла – $0,98$); T_1 – абсолютна температура К, для людини -309 ; T_2 – абсолютна температура К, для перешкоди -288 ; $\sigma_0 = 5,67 \cdot 10^{-8} \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}^4)$ – постійна Стефана-Больцмана.

Коефіцієнт тепловіддачі розраховується як [4]:

$$\alpha = \varepsilon \sigma_0 \times (T_1 + T_2)(T_1^2 + T_2^2) = 5,91 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$$

Загальна кількість теплоти становить $Q = 230 \text{ Вт}$.

Час при якому перешкода набуває температури порушника, який ховається за нею, розраховується [4]:

$$\tau = \frac{Q \cdot \sigma}{\lambda \cdot (T_1 - T_2) \cdot S} \quad (1)$$

де: σ – товщина перешкоди (м); λ – коефіцієнт теплопровідності матеріалу перешкоди; S – площа перешкоди; Q – тепловий потік при передачі енергії між людиною та перешкодою.

Розрахунок часу проведений враховуючи можливість виявлення навіть в тому випадку, коли темпе-

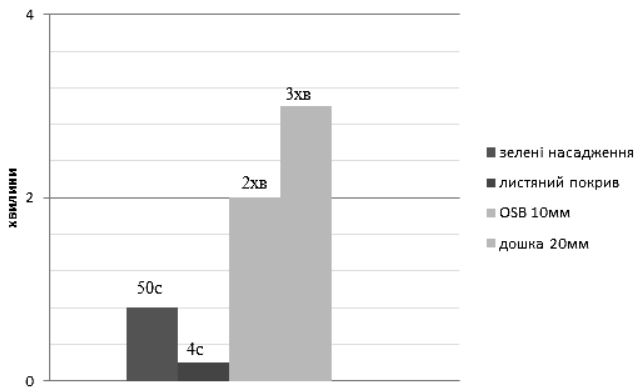


Рис. 3. Гістограма часу за який детектор виявить зміну температури між перешкодою за якою перебуває порушник та навколишнім середовищем

ратура перешкоди почала відрізнятися від навколишнього фону, а не тільки тоді коли тепловий потік людини повністю перейде до перешкоди. Типи перешкод які є найбільш імовірними на площах, що охороняються: зелені насадження (кущі, дерева, сюди ж відноситься і щільність листяного покриву дерев); конструкція з OSB товщиною 10 мм; конструкція з дошки товщиною 20 мм. Теплове випромінювання від людини, що проходить крізь листя зелених насаджень, за рахунок дифракції, практично зразу виявляється детектором.

За результатами оцінки часу для ймовірних перешкод, побудована гістограма, що представлена на (рис. 3). Гістограма показує реальний час, враховуючи чутливість піроелектричного приймача, коли температура перешкоди набуває достатньої для виявлення детектором температури, прийнятої від порушника, що перебуває за нею.

Висновки

Наведені оцінки параметрів виявлення підтверджують можливість створення “квазітепловізора” на базі ПІЧ однопроменевих систем виявлення. Вартість такої системи відносно звичайних тепловізорів буде менша, а їх сфера застосування в різних системах охорони буде розширена.

Перелік використаних джерел

1. Андрианов В. И. Охранные устройства для дома и офиса — 2000. — 312 с.
2. Аксененко М. Д. Приемники оптического излучения — М: Радио и связь 2000. — 167 с.
3. Груба И. И. Системы охранной сигнализации. Технические средства обнаружения — М.: Библиотека инженера, 2012. — 220 с.
4. Круз П. Основы инфракрасной техники — М.: Воениздат, 1992. — 464 с.