

РАДІОПРОМЕНЕВА СИСТЕМА З РОЗШИРЕНОЮ ЗОНОЮ ВІЯВЛЕННЯ

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

¹Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут»

Анотація

Радіопроменеві системи виявлення (РПСВ) широко застосовуються при охороні периметра об'єктів. Основним недоліком є вузька зона виявлення, та мала інформативна здатність системи. В даній роботі представлений один із варіантів покращення системи, а саме застосування додаткових технічних засобів – відбивачів.

Ключові слова: радіопроменева система, охорона периметра

Вступ

Устаткування охорони периметра є ефективним засобом захисту від несанкціонованого проникнення зовні, оскільки видає сигнал тривоги до того, як злоумисник може проникнути в особливо важливі зони на об'єкті. Радіопроменеві системи виявлення відносяться до незагороджувальних систем охорони периметру, тому їх доцільно використовувати з периметральними загороджувальними системами [1].

Застосування системи відбивачів дозволить збільшити зону виявлення (ЗВ), зменшити хибну тривогу та визначити додаткові ознаки порушника. При проектуванні системи, треба враховувати: матеріал відбивачів; кути випромінювання антенної системи; зміну фази відбитого сигналу від кута падіння на відбивач; синхронізацію вузлів передавача та приймача.

1. Особливості РПСВ з відбивачами

Двопозиційні РПСВ складаються з блоку передавача та приймача, розташованих на прямій видимості. Передавач формує промінь електромагнітного випромінювання, направлено в сторону приймача, який реєструє випромінювання. У випадку появи в ЗВ порушника інтенсивність прийнятого сигналу змінюється. Зазвичай ширина зони виявлення становить 2 – 5 метрів.

Одним із запропонованих варіантів для немобільних систем, які працюють біля огорожі, може бути використання «сітки» променів, що дає змогу розширити зону виявлення від 2 – 5 до 10 – 15 метрів. Для цього використовуються відбивачі, які розміщуються на огорожі (рис. 1).

Реалізація такої системи можлива в двох напрямках:

- синхронізовано змінними кутами як передавача, так і приймача;
- змінним кутами тільки передавача, а приймач має широку незмінну діаграму спрямованості.

На приймач поступають в різний час прямий та відбиті промені. Порушник, який рухається в ЗВ перекриває не один, а декілька променів, за рахунок чого зменшується ймовірність хибної тривоги.

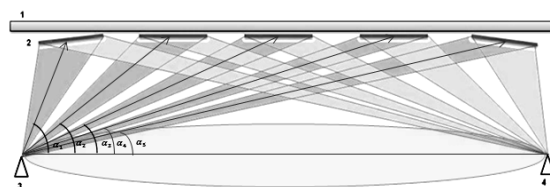


Рис. 1. РПСВ з багатопроменевою антенною та відбивачами. 1-огорожа; 2-відбивачі; 3-передавач; 4-приймач

При обробці сигналу, який поступає на приймач, слід врахувати те, що після перевідбиття фаза електромагнітної хвилі змінюється в залежності від кута падіння (відносно площі падіння)(рис. 2). На приймальний пристрій надходять сигнали з різними зсувами фаз. Тому при обробці при різних кутах відбиття необхідно виставляти різні рівні порогу для отримання шкали тривоги.

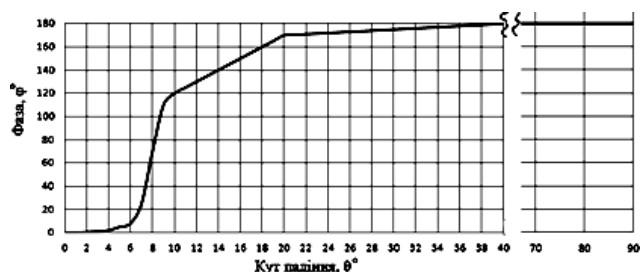


Рис. 2. Залежність зміни фази відбитого сигналу від кута падіння на відбивач

Оцінка кутів відхилення $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4, \alpha_5$ по азимуту в запропонованій системі визначається як:

$$\alpha = \arctan \frac{(n+1)r}{L},$$

^аmazay@forenet.info

де r – відстань між відбивачем і середньою лінією ЗВ, L – відстань між передавачем та приймачем, n – кількість відбивачів.

На сьогоднішній день найпоширенішими антенами, які використовуються в РПСВ є сегментно-параболічні та щілинні антени. Дзеркальна сегментно-параболічна антена має незмінну діаграму спрямованості. Для того, щоб така антена задовольняла відхилення на кути $\alpha_1 - \alpha_5$, треба застосовувати двигун з синхронізатором для обертання антени.

Недоліком щілинної антени є те, що за рахунок широкої діаграми спрямованості у вертикальній площині відбувається інтерференція хвиль, які відбиваються від землі, тому ймовірність виявлення системи знижується і відповідно збільшується ймовірність хибної тривоги.

Одним із варіантів при яких можлива зміна кута по вертикалі і по горизонталі є застосування у якості приймальної та передавальної антен фазовану антенну решітку. При цьому обмеженнями для її застосування буде виконання функції фазового зсуву ψ в режимі похилого випромінювання антенної решітки [2]:

$$0 \leq \Psi \leq k \cdot d$$

де $k = 2\pi/\lambda$ - коефіцієнт фази електромагнітної хвилі; $d = \lambda/2$ – відстань між випромінювачами.

На рис. 3 схематично зображена структурна схема системи з дзеркальною сегментно-параболічною антеною, що обертається.

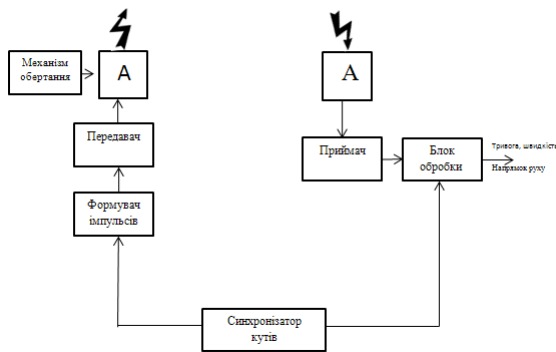


Рис. 3. Структурна схема системи з дзеркальною сегментно-параболічною антеною

Антенна система обертається на 360° за допомогою механізму обертання. Синхронізатор кутів синхронізує випромінювання імпульсів в межах кутів $(360 - \alpha_1)$ з кутом обертання антени, таким чином електромагнітні хвилі випромінюються в певному секторі $20^\circ - 30^\circ$. На блок обробки з приймача надходять значення прийнятого сигналу, а з синхронізатора кутів значення кута на якому відбувалося випромінювання цього ж сигналу, що дозволяє оптимально обробляти прийняті сигнали незалежно від зміни фаз згідно (рис. 2). Якщо перекривається декілька променів за відповідний проміжок часу, подається сигнал тривоги. Швидкість визначається за різницею

часу перекриття променів, а напрямом руху порушника за послідовністю перекриття.

2. Вимоги до відбивачів

При проектуванні слід враховувати:

- Розміщення відбивачів;
- матеріал;
- товщину шару напилення;
- втрати відбитого променя, які зумовлені поглинанням матеріалу відбивачів;

Відбивачі розміщуються таким чином, щоб при куті відбивання промені потрапляли на приймач.

Щоб досягнути максимального відбивання використовуються незаземлені відбивачі з матеріалу, який добре проводить струм. Якщо відбиваюча поверхня є ідеальним провідником, то при будь-яких кутах падіння і будь якої поляризації відбувається повне відбивання.

Придатність металу визначає фактор, такий як питомий опір струму ρ . На НВЧ струм тече не в усьому перерізі провідника, а в тонкому зовнішньому шарі, скін-шарі. Відбита хвиля ослаблена поглинанням в поверхневому шарі, чим більше глибина скін-шару, тим більше поглинання. Його товщина d прямо пропорційна квадратному кореню питомому опору ρ і обернено пропорційна квадратному кореню частоти f [3].

$$d = \sqrt{\rho/\sqrt{f}}$$

Найменше значення питомого опору має срібро ($\rho=0,015$ Ом·мм²/м), але враховуючи його вартість, доцільніше використати інший метал, в якого значення питомого опору не набагато перевищує опір срібра. Цим металом може бути мідь або алюміній з питомими опороми: $\rho=0,017$ Ом·мм²/м та $\rho=0,025$ Ом·мм²/м відповідно.

В звичайних лінійних системах для зміни ЗВ найчастіше використовуються сталеві відбивачі (товщиною 1 – 1.5 мм). Втрати відбитого променя залежать від поглинання хвилі в скін-шарі, тому доцільніше зменшити товщину цього шару (товщина скін шару сталі 1-1.6 мікрон). Це досягається застосуванням металу з меншим питомим опором.

На частоті роботи РПСВ (10-40 ГГц) значення товщини скін-шару міді знаходиться в діапазоні 0.3-0.7 мікрон, тому замість використання мідних відбивачів, можливе тільки покриття поверхонь з меншим питомим опором. Для запропонованої системи потрібні відбивачі зі значно більшими розмірами порівняно з відбивачами для лінійних систем, тому доцільніше, в якості матеріалу на який наноситься напилення, використовувати пластикові листи.

Зазвичай такий шар напилення покривають лаком, який не перешкоджає проходженню хвиль та в одно час зменшує вплив навколишнього середовища (рис. 4).

Також для зменшення площі напилення та маси відбивача, застосовують ґратки з провідника замість цільних листів металу. Розмір однієї клітки не повинен перевищувати $\lambda/4$, для робочої частоти системи,

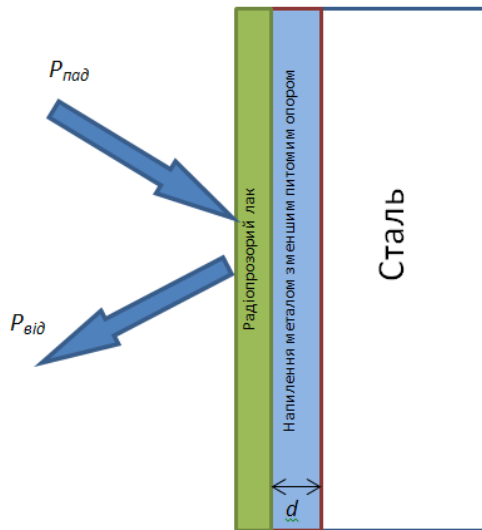


Рис. 4. Відбивач з напиленням на пластик

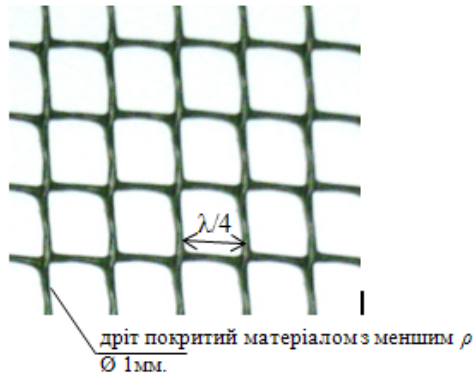


Рис. 5. Відбивач з ґратки

цей розмір становить 0.2-0.7 см. В якості провідника може бути звичайний сталевий дріт 1 мм, покритий шаром міді (рис. 5).

Висновки

Отже застосування таких модифікованих систем дозволяє розширити зону виявлення з 2-5 до 10-15 метрів та за рахунок інтегральної обробки сигналів дає змогу знизити ймовірність хибної тривоги (підвищення часу напрацювання на хибну тривогу) та підвищити ймовірність виявлення порушника у розширеній зоні.

Побудова структури випромінювання і приймання при відповідній обробці дозволяє не тільки фіксувати спробу проникнення, а й визначити:

- напрям порушника;
- швидкість руху;
- тип порушника, тобто відрізнити людину, наприклад від тварин, які випадково потрапили в зону виявлення.

Перелік використаних джерел

1. Груба И. И. Системы охранной сигнализации. Технические средства обнаружения — 2012. — 220 с.
2. Бова Н. А. Антенны и устройства СВЧ — 1982. — 278 с.
3. Звездинский С. С. Средства обнаружения и системы охранной сигнализации. — М.: МТУИ, 2008. — 260 с.