

РАДІОГОЛОГРАФІЧНИЙ ДЕТЕКТОР РУХУ

Кудінов Є.В. Белюженко В.Б

Вступ

Детектори руху (ДР) є одним з головних елементів системи охоронної сигналізації і зумовлюють її ефективність. Аналіз номенклатури ДР, які пропонують найбільші виробники систем охоронної сигналізації, показує, що в класі систем для охорони приміщень або території є інфрачервоні (ІЧ) пасивні та активні сенсори, мікрохвильові, комбіновані (ІЧ+мікрохвильові) та ультразвукові системи. Виробники пропонують багато типів таких систем і детекторів руху [1], що різняться призначенням, характеристиками та ціною. Серед авторитетних виробників: SORHEA (Франція), Alarmcom (Швейцарія), ECSI (США), JRC (Японія), CIAS (Італія) та ін. Зокрема, мікрохвильові ДР різних виробників використовують Доплерівський зсув частоти для виявлення руху в полі, створеному випромінюванням детектора. Для виявлення руху необхідно щоб об'єкт, що рухається на захищеній території, мав певний рівень відбиття мікрохвильової енергії і рух має бути не дуже повільним. Щоб Доплерівський ДР мав високу чутливість, його довжина хвилі повинна бути у короткохвильовій частині сантиметрових хвиль, що обмежує використання поза приміщенням. Тому детектори зовнішнього призначення, мають більш складну будову, наприклад, серія KAPIRIS (фірма Sorhea, Франція) [2] і TMPS-21000 (фірми Perimeter Products Inc, США) [3] та спеціальну цифрову обробку сигналу для компенсації впливу погодних умов.

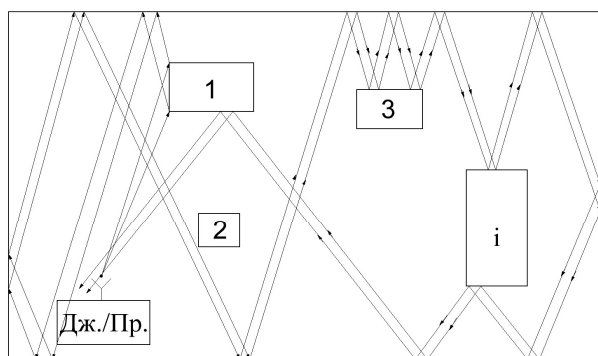
Постановка задачі

В роботі буде розглянуто принцип побудови мікрохвильового ДР, що відрізняються від відомих за принципом дії. Радіоголографічний детектор руху (РДР) для виявлення проникнення на територію, що охороняється, це мікрохвильовий пристрій, що здатний "запам'ятовувати" присутність і розташування об'єктів на площі під охороною (в приміщенні чи поза ним) та реагувати на зміну їх положення чи появу нових об'єктів (людей).

Принцип побудови радіоголографічного детектора руху

Використання принципу радіоголографії [4], для побудови ДР передбачає, що так звана предметна хвиля (розсіяна об'єктами, що опромінюються) приймається антеною на вході радіоприймального пристрою НВЧ і прийнятий сигнал подається на відповідні компаратори амплітуди і фази. Опорна хвиля імітується подачею на компаратори сигналу, що опромінює об'єкти. На відміну від Доплерівських, РДР "відчуває" зміну положення

об'єктів з якою завгодно малою швидкістю, навіть при відсутності відбиття хвиль від об'єкту, що рухається, бо при цьому змінюється розподіл хвиль відбитих від об'єктів, що не рухаються. Також потрібно відзначити, що Доплерівський ДР не може фіксувати переміщення об'єкту, котрий рухається по радіусу, відносно самого ДР, через відсутність руху на сам детектор. Радіолографічний детектор реагує на зміну комплексної амплітуди поля хвиль, що випромінює антена, коли об'єкти змінюють положення в області опромінення в будь-якому напрямку.



Дж. - джерело ЕМП; Пр. - приймач; 1,2,...,i
Рис. 1 Схема розповсюдження хвиль в приміщенні

Якщо припустити, що мінімальна відстань між джерелом та об'єктами набагато більша довжини хвилі, фронт хвилі, що падає на об'єкти, можна розглядати як плоский і використовувати наближення геометричної оптики. Тобто схематично розповсюдження хвиль можна представити так, як на рис. 1.

При великій кількості об'єктів в приміщенні, на об'єктах та оточуючих поверхнях має місце багатократне

перевипромінювання електромагнітних хвиль на шляху від джерела до приймальної антени. Вектор напруженості електричного поля в місці знаходження приймальної антени визначається суперпозицією векторів напруженості електричного поля променів, що надходять від джерела:

$$\vec{E}(\vec{r}) = \vec{E}_0(\vec{r}) + \sum_{i=1}^n \vec{E}_i(\vec{r}),$$

де $\vec{E}(\vec{r})$ - вектор комплексної амплітуди напруженості електричного поля в точці \vec{r} ; n - кількість променів, що надходять в точку \vec{r} ; $\vec{E}_i(\vec{r})$ та $\vec{E}_0(\vec{r})$ - вектори комплексної амплітуди напруженості електричного поля в точці \vec{r} , створеного i -м променем від об'єктів, що не рухаються, та від об'єкту, що рухається, відповідно.

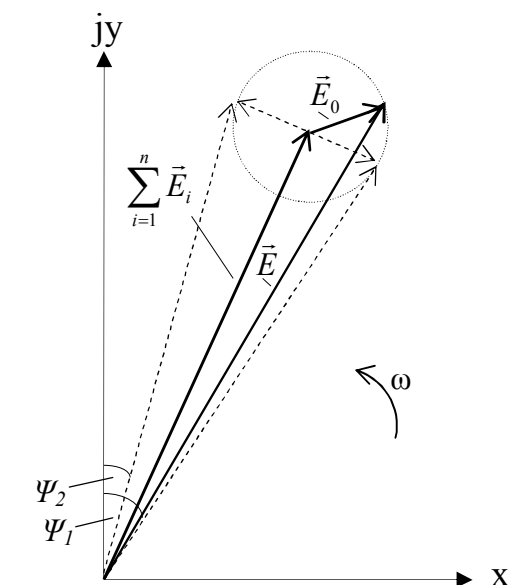


Рис. 2. Зміна вектора \vec{E} при обертанні вектора \vec{E}_0 за рахунок Доплерівського зсуву частоти

$\vec{E}_i(\vec{r})$ після відбиття від перешкод, можна визначити, як:

$$\vec{E}_i(\vec{r}) = \sum_{l=1}^n \vec{E}_{0l} \cdot \prod_{l=1}^m k_{li} \cdot (\cos \phi_i + j \sin \phi_i),$$

де $\phi_i = \sum_{l=1}^m \phi_{k_{li}} + \frac{2\pi}{\lambda} (\sum_{l=1}^m |\vec{r}_l - \vec{r}_{l-1}| + |\vec{r} - \vec{r}_m|)$; \vec{E}_{0i} - вектор комплексної амплітуди напруженості електричного поля, створеної i -м променем на першій перешкоді при русі від джерела; m - кількість перешкод на шляху i -го променя від джерела до точки \vec{r} ; k_{li} - коефіцієнт відбиття i -го променя від l -ої перешкоди; λ - довжина хвилі, що випромінюється; \vec{r}_l - координати l -ої перешкоди на шляху i -го променя. Вектор $\vec{E}_0(\vec{r})$ визначається аналогічно.

При зміні положення об'єкту, вважаючи, що ми слідкуємо тільки за зміною фази хвиль, що приймаються, і що ця зміна не є великою, а також припускаючи, що відбиття від статичних об'єктів не змінюється, для нового значення фази хвилі, яка змінилась із-за руху об'єкту, запишемо:

$$\phi_0 + \Delta\phi = \sum_{l=1}^m \phi_{k_{li}} + \frac{2\pi}{\lambda} (\sum_{l=1}^m |\vec{r}_l + \Delta\vec{r} - \vec{r}_{l-1}| + |\vec{r} - \vec{r}_m|)$$

Тоді в точці прийому ми будемо мати сумарний вектор:

$$\vec{E}(\vec{r}) = \sum_{l=0}^{n-1} \vec{E}_{0i} \cdot \prod_{l=1}^m k_{li} \cdot [(\cos \phi_i - \Delta\phi \cdot \sin \phi_i) + j(\sin \phi_i + \Delta\phi \cdot \cos \phi_i)] + \sum_{i=1}^n \vec{E}_i(\vec{r}).$$

Треба прийняти до уваги, що зміна положення об'єкту відбувається у часі і супроводжується Доплерівським зсувом частоти і яким би малим не був той зсув це призведе до змін у часі фази хвилі, яка створена як результат збурення хвиль через рух об'єкту. Наочно це представлено на векторній діаграмі на рис. 2. Вектори представлені на комплексній площині, що обертається із частотою сигналу, що випромінюється і, нехай, фаза цього сигналу співпадає із уявною віссю площини. Тоді вектор $\sum_{i=1}^n \vec{E}_i(\vec{r})$, що є результатом векторів, які є результатом відбиття від нерухомих об'єктів, буде на площині в фіксованому положенні, а вектор $\vec{E}_0(\vec{r})$, який змінюється через рух об'єкту, буде обертатися із частотою Доплерівського зсуву. Якою б малою не була ця частота, за деякий час фаза сигналу, що відповідає сумарному вектору $\vec{E}(\vec{r})$, пройде крайні значення, показані на площині як кути ψ_1 та ψ_2 . Тобто зміна фази у часі, яку має реєструвати схема обробки сигналу, дорівнює $\psi_1 - \psi_2 = 2 \arctg \left(\frac{\vec{E}_0(\vec{r})}{\sum_{i=1}^n \vec{E}_i(\vec{r})} \right)$. Неважко бачити, що чутливість ДР буде тим більшою чим більше в наведеному виразі чисельник до знаменника.

Якщо схема обробки сигналу буде реєструвати зміну амплітуди сигналу, то видно, що амплітуда буди змінюватись в межах, що відповідають $\left| \sum_{i=1}^n \vec{E}_i(\vec{r}) \right| \pm \left| \vec{E}_0(\vec{r}) \right|$. Тобто для чутливості РДР важливе значення має застосування схем чутливих до зміни фази чи амплітуди прийнятого сигналу. В якості схеми дуже чутливої до зміни фази передбачається застосувати фа-

зочастотний перетворювач на основі генератора на комбінаційних частотах, проаналізований в роботі [5].

Висновки

Радіоголографічний детектор руху реагує на збурення поля хвиль, що випромінює антена, коли об'єкт змінює положення в зоні опромінювання, тому відбивальна здатність об'єкта не має значення. Але збурення поля буде більшим для об'єктів, що мають більший об'єм. До того ж суттєвим є співвідношення розмірів об'єкта і довжини хвилі. Збільшення довжини хвилі зменшує збурення поля малими об'єктами. У зв'язку з цим, радіоголографічний детектор руху з відносно великою довжиною хвилі має можливість розрізнити між великим об'ємом і розміром людини та такими, як у малих тварин. Збурення поля, коли об'єкти змінюють своє положення на захищеній території, змінює як амплітуду так і фазу сигналу, що приймає РДР. За основу взято слідкування за зміною фази сигналу. Використання фазочастотного перетворювача, що має високу лінійність та крутизну перетворення змін фази у зміни низької частоти, дасть можливість використовувати цифрову обробку зміни низької частоти для виявлення проникнення на захищену територію.

Література

1. <http://www.center-s.ru/brands/brandmap.htm>
2. <http://description.sec.ru/index.cfm?pid=17095>
3. http://secuteck.ru/articles2/OPS/tend_improv_perim_syst_ops_2004
4. Физическая энциклопедия. Под. ред. Прохорова А.М. – М.: Большая Российская энциклопедия. Т. 4 - 1994. – С. 214-215.
5. Кудінов, Є.В., Дашивець В.А. Формувач сигналів із частотно-часовим кодуванням на основі генератора на комбінаційних частотах// Вісник Національного технічного ун-ту України "КПІ". Сер. – Радіотехніка. Радіоапаратобудування – 2008, №36, с. 37-40.

Кудінов Є.В., Белюженко В.Б. Радіоголографічний детектор руху. Розглянуто новий принцип побудови детектора, що фіксує зміну положення об'єктів в зоні опромінення. Пропонується відслідковувати зміну положення об'єктів за зміною фази відбитого від них сигналу.

Ключові слова: детектор руху, радіоголографія.

Kudinov E.V., Belyuzhenko V.B. Radiologograficheskii detektor dvizheniya. Rassmotren novyy princip postroyeniya detektora dvizheniya, kotoryy fiksiрует izmeneniye polozheniya ob'ekтов в зоне облучeniya. Predlozheno otслеживать izmeneniye polozheniya ob'ekтов за izmeneniem fazy отраженного от них сигнала.

Ключевые слова: детектор движения, радиоголография.

Kudinov E.V., Belyuzhenko V.B. Radioholographic motion sensor. The new principle of constructing of the motion sensor which fixes a repositioning of objects in considered radiation zone, is examined. It is offered to watch a repositioning of objects behind change of a phase of the signal reflected from them.

Key words: motion sensor, radioholography.