

ЄМНІСНА СИСТЕМА ВИЯВЛЕННЯ ПОРУШНИКА ДЛЯ ВНУТРІШНЬОЇ ОХОРОНИ

Д. В. Латиш¹, О. Д. Василенко¹

¹Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут»

Анотація

В роботі представлений аналіз ємнісної системи виявлення. Оцінена корисна електрична ємність, яку вносить середньостатистична людина. Запропоновано використовувати у якості чутливих елементів стрічкові кабелі та їх структурне розміщення в приміщенні, що охороняється.

Ключові слова: ємнісна система, ємність, чутливий елемент.

Вступ

Відомо, що людина, як і кожний живий організм, має власний електростатичний заряд, який зазвичай має трибоелектричну природу – виникає за рахунок тертя взуття з підлогою, одягу зі шкірою, тіла з різноманітними матеріалами. В процесі накопичення заряду людське тіло проявляє себе як конденсатор ємністю від 100 до 300 пФ.

Тіло людини являє собою середовище з високою діелектричною проникністю, між ним і навколишніми предметами виникають різні ємнісні зв'язки, які при русі людини змінюються. В основі принципу дії ємнісної системи виявлення (ЄСВ) порушника лежить фіксація змін параметрів СВ (U, I, f, t), які є залежними від зміни попередньо визначеної ємності в певному об'ємі простору, який охороняється.

Метою даної роботи є оцінка впливу людини на параметри ЄСВ у внутрішньому приміщенні.

1. Загальна характеристика принципу роботи ємнісної системи виявлення

У загальному вигляді ємнісна система являє собою протяжний чутливий елемент (ЧЕ) – електрод («антенна система»), що закріплений на ізоляторах уздовж будівельних конструкцій. Поява людини поблизу «антен» або її дотик до електродів змінює ємність всієї системи, а змінений електричний сигнал після відповідної обробки електронним блоком викликає сигнал тривоги.

Величини перехідних ємностей, які з'явилися за рахунок появи людини-порушника у контрольованому просторі, визначаються такими факторами, як розмір та маса тіла, матеріал одягу, і, зазвичай, він лежить в діапазоні від десятків пФ до одиниць нФ. При русі людини величини цих ємностей змінюються, що дає можливість при наявності чутливої апаратури відрізнити рухомі об'єкти від статичних.

У якості ЧЕ, зазвичай, використовують звичайні дроти, які встановлюються у різних площинах простору для підвищення чутливості всієї системи. Всі

«антени» системи пов'язані один з одним деякими ємнісними зв'язками і, якщо ці зв'язки в будь-якій зоні зафіксувати, то поява нового об'єкта в околиці цієї зони призведе до порушення сталих зв'язків. На рисунку 1 показано, що спочатку ємність між тестовою пластиною і землею дорівнює C_1 . При вторгненні людини в околицю цієї пластини формуються два додаткових конденсатора: C_a – між пластиною і тілом і C_b – між тілом і землею. Тому сумарна ємність між пластиною і землею збільшиться на величину:

$$C = C_1 + \Delta C = C_1 + \frac{C_a C_b}{C_a + C_b}$$

Ця зміна ємності може бути зафіксована за допомогою відповідної апаратури і використовуватися для детектування присутності людей в зоні, що охороняється. Конфігурація зони виявлення визначається методом кріплення електродів [1].

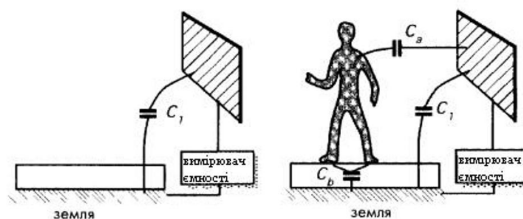


Рис. 1. Вплив людини на ємність системи

Для збільшення ємності та чутливості системи доцільно використовувати стрічкові кабелі, які представляють собою плоский дріт з паралельними провідниками, кількість яких може досягати 50, тоді ємність ЧЕ напряму залежить від їх кількості.

Конструктивно ємнісну систему представимо у вигляді трьох стрічкових кабелів, що розміщені на підлозі та бічних стінах (рис. 2). Ширина кабелю залежить від кількістю провідників n та розраховується за формулою:

$$S = (1.0 + 1.0 \cdot (n - 1)) \cdot 10^{-3}$$

Вони підключається до електронного блоку, який вимірює ємність системи або параметри, які залежать від неї. При наближенні порушника до активної поверхні СВ об'єкт потрапляє в зону, що контролюється і змінює ємність всієї системи. Зміна ємності пропорційна зміні параметрів блоку обробки, що визначили раніше, які фіксуються відповідним пологовим пристроєм.

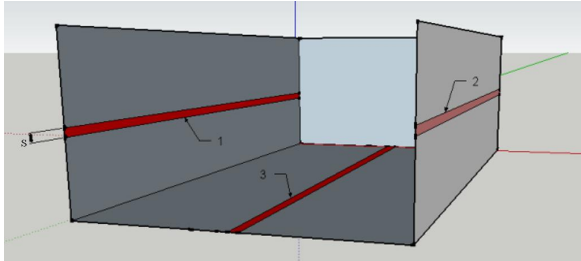


Рис. 2. Розміщення стрічкових кабелів у приміщенні

Беручи до уваги, що параметри системи змінюються за рахунок внесення додаткової ємності в певний об'єм розглянемо вплив людини на ці фактори.

2. Оцінка корисної ємності людини

Оцінимо корисну зміну ємності, яку вносить середньостатична людина. Приблизно представимо людину у вигляді паралелепіпеда висотою $H_{\text{люд}} = 1.8\text{ м}$ з квадратною основою, сторона якого $L_{\text{люд}} = 0.2\text{ м}$ (рис. 3), тоді об'єм: $V_{\text{люд}} = 1.8 \cdot 0.2 \cdot 0.2 = 0.072\text{ м}^3$

Об'єм відповідає масі середньої людини (75 кг) і можна рахувати, що весь об'єм має середню діелектричну провідність тіла людини $\epsilon_{\text{люд}} = 46$.

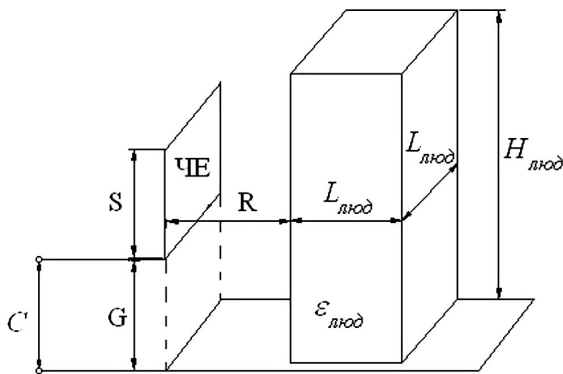


Рис. 3. Модель оцінки корисної зміни ємності

Якщо людина приближається до ЧЕ впритул ($R = 0$), то зміна ємності буде максимальною. Для її оцінки скористаймося відношенням [2]:

$$\Delta C_1 = \frac{2L_{\text{люд}}\epsilon\epsilon_0 K(\sqrt{1-k^2})}{K(k)}$$

де величина k визначається геометричними параметрами обкладинок (ЧЕ та основа паралелепіпеда), які перпендикулярні між собою (рис. 4).

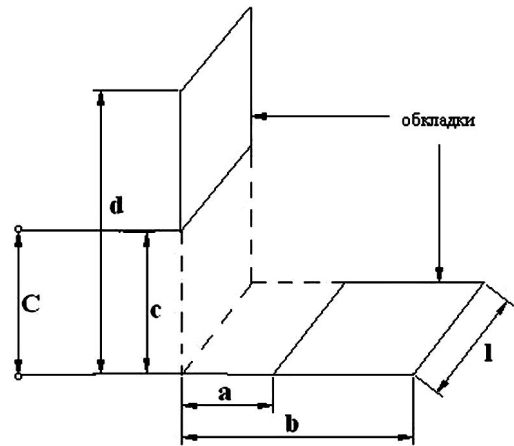


Рис. 4. Конденсатор із взаємно перпендикулярними обкладинок

У загальному вигляді $k = \sqrt{\frac{(a^2 + c^2)(b^2 + d^2)}{(a^2 + d^2)(b^2 + c^2)}}$. Коли людина впритул підійде до ЧЕ, то величина k виражається як $k \approx \frac{G}{\sqrt{(L_{\text{люд}})^2 + G^2}}$ - вона не залежить від висоти людини та ширини ЧЕ, та має значення $k=0.29..0.41$. Такою величиною не можна знехтувати, тому треба скористатись таблицею еліптичних інтегралів, $K(k)$ - повний еліптичний інтеграл першого роду: $K(k) = \int_0^{\frac{\pi}{2}} \frac{d\theta}{\sqrt{1-k^2 \sin^2 \theta}}$.

Зміна ємності становить $\Delta C_1 = 190..320\text{ пФ}$. Такі зміни можливо отримати тільки тоді, коли $C_b \rightarrow \infty$ - порушник босий на листі металу. Насправді людина піднята над підлогою покриттям і подошвою взуття, у якій діелектрична проникність в середньому $\epsilon_{\text{підшв}} = 3..6$, на висоту $H_{\text{підшв}} = 0.02..0.04\text{ м}$. Площа контакту з підлогою (площа підшв) складає $S_{\text{підшв}} = 0.03..0.05\text{ м}^2$. В результаті послідовно з конденсатором ємністю ΔC_1 приєднаний плоский конденсатор з ємністю $\Delta C_2 = \frac{\epsilon_{\text{підшв}}\epsilon_0 S_{\text{підшв}}}{H_{\text{підшв}}} = 20..130\text{ пФ}$.

Повна зміна ємності чутливого елемента в момент наближення людини визначається виразом для ємності послідовних з'єднаних конденсаторів і досягає величини:

$$\Delta C_{\text{люд}} = \frac{1}{\left(\frac{1}{\Delta C_1} + \frac{1}{\Delta C_2}\right)} = 20..90\text{ пФ}$$

Розглянемо залежність $\Delta C(R)$ - зміни ємності СВ від відстані людини-порушника до ЧЕ. Приблизно можна рахувати, що віддалена людина на відстань R відповідає послідовному підключенню до вихідного конденсатора $\Delta C_{\text{люд}}$ додаткового плоского конденсатора з площею обкладинок S , яка дорівнює площі поверхні людини і повітряним зазором шириною R . Величина ємності додаткового конденсатора:

$$\Delta C_3 = \frac{\epsilon_0 S}{R}$$

З урахуванням того, що людина може нагинатись, підніматись, рухати руками та ногами, можна прийняти величину S (середня площа людини-обкладинки), приблизно рівною довжині тулуба (1.1 м) на його ширину (0.2 м) $S = 1.1 \cdot 0.2 = 0.22 \text{ м}^2$. Тоді $\Delta C_3 = \frac{0.22 \cdot 8.85 \cdot 10^{-12}}{R}$, а залежність зміни ємності СВ від відстані до людини (рис. 5) визначається як:

$$\Delta C(R) = \frac{1}{\left(\frac{1}{\Delta C_{\text{люд}}} + \frac{1}{\Delta C_3}\right)} = \frac{1}{\left(\frac{1}{\Delta C_{\text{люд}}} + \frac{R}{2 \cdot 10^{-12}}\right)}$$

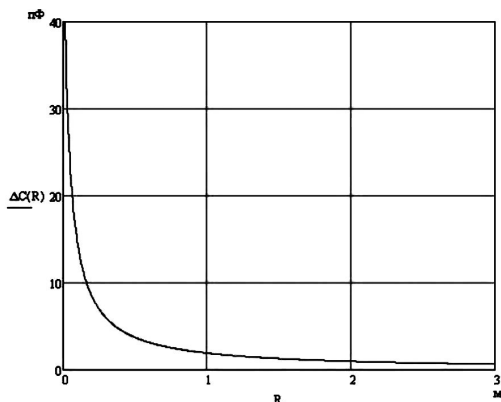


Рис. 5. Залежність зміни ємності СВ від відстані між ЧЕ та людини

Аналіз отриманої залежності $\Delta C(R)$ показує, що на відстанях більше ніж 1 м – $\Delta C \approx 2 \text{ пФ}$. Використання такої системи є проблематичним, тому можна впровадити в реальну СВ декілька ЧЕ з відстанню між ними 2 – 2.5 м, що дозволить не тільки виявляти людину в приміщенні, а й фіксування її положення в приміщенні.

Висновки

ЄСВ не має «мертвих зон» і володіє стабільною високою чутливістю при малій відстані між людиною-порушником та чутливим елементом. Зона виявлення регулюється за рахунок структурного розміщення чутливих елементів, тому було запропоновано впровадити в реальну систему декілька ЧЕ, з відстанню між ними 2-2.5 м, що дозволить фіксувати положення людини в приміщенні.

ЄСВ не має «мертвих зон» і володіє стабільною високою чутливістю при малій відстані між людиною-порушником та чутливим елементом. Зона виявлення регулюється за рахунок структурного розміщення чутливих елементів, тому було запропоновано впровадити в реальну систему декілька ЧЕ, з відстанню між ними 2-2.5 м, що дозволить фіксувати положення людини в приміщенні.

Перелік використаних джерел

1. Фрайден Дж. Современные датчики. Справочник. — М.: Техносфера, 2005. — 592 с.
2. Груба І. І. Системи охоронної сигналізації. Технічні засоби виявлення. — М.: СОЛОН-ПРЕСС, 2012. — 220 с., іл.