

¹В'ячеслав Володимирович Овсянніков (канд. техн. наук)

¹Світлана Анатоліївна Паламарчук

¹Юрій Олександрович Процюк

¹Роман Михайлович Штонда

²Сергій Миколайович Островський

¹Військовий інститут телекомунікацій та інформатизації, Київ, Україна

²Центральний науково-дослідний інститут Збройних Сил України, Київ, Україна

АНАЛІЗ АЛГОРИТМІВ ОБРОБКИ ЛОГІЧНИХ СИГНАЛІВ ЗАСОБІВ ВИЯВЛЕННЯ ОХОРОННОЇ СИГНАЛІЗАЦІЇ

Основними тактико-технічними характеристиками, які визначають функціональну ефективність (сигналізаційну надійність) системи збору, обробки, відображення і документування інформації, є імовірність правильного виявлення порушника. Існуючі системи збору, обробки, відображення і документування інформації щодо аналізу сигналів виявлення від засобів виявлення можна класифікувати: на рівні логічних сигналів (сигналів "тривога" з виходів засобів виявлення); на рівні аналогових сигналів з виходів граничних пристроїв засобів виявлення; на рівні оцінок параметрів порушника (зріст, вага, довжина та частота кроку, швидкість руху та ін.).

Розглядаються основні алгоритми виявлення логічних сигналів технічних засобів охоронної сигналізації щодо функціональної ефективності засобів виявлення згідно заданого алгоритму та формування сигналу тривоги, яка визначається імовірністю правильного виявлення порушника та середнім напрацюванням на хибну тривогу, що при комбінуванні декількох засобів виявлення потребує визначення їх взаємного впливу та зменшення хибних тривог. Запропоновано варіант оцінки ефективності комбінованих засобів виявлення на основі присвоєння вагових коефіцієнтів. Критерії дозволяють виділити найбільш значущі завадові фактори, яким необхідно приділяти особливу увагу при загальному налаштуванні технічних засобів охоронної сигналізації.

Ключові слова: технічні засоби охоронної сигналізації; комбіновані засоби виявлення; алгоритм обробки логічних сигналів; вага засобів виявлення.

Вступ

З метою ефективного виявлення порушника і забезпечення контролю доступу на об'єкт силами охоронної сигналізації використовуються різноманітні технічні засоби охоронної сигналізації (ТЗОС) периметра об'єкта. До складу

ТЗОС входять: засоби виявлення (ЗВ); система збору, обробки, відображення і документування інформації (СЗОВДІ); додаткові пристрої (ДП) – системи електроживлення, освітлення периметру, оповіщення і т. ін. (рис.1.) [1].

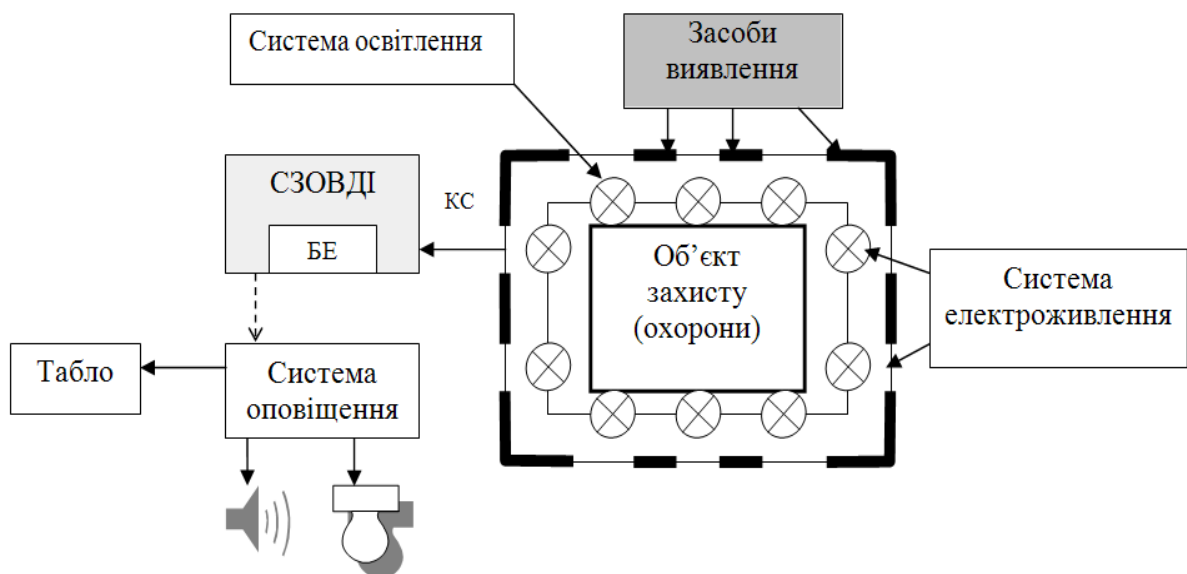


Рис. 1. Склад ТЗОС об'єкта захисту (варіант)

Засоби виявлення за допомогою чутливих елементів (ЧЕ) формують вздовж периметра охорони зону з фізичним полем, що контролюється, зміна стану якого перетворюється в електричний корисний сигнал (КС). Електронний блок (БЕ) СЗОВДІ сприймає корисні сигнали, підсилює, фільтрує і обробляє їх відповідно до заданого алгоритму, а у випадку виконання умов формує сигнал тривоги. Найпростіший БЕ – це пороговий виявлювач (ПВ), що здійснює дискримінацію вхідного сигналу за аналоговим, часовим або цифровим параметром, наприклад, амплітудою, тривалістю та ін. Фактично, в будь-якому ЗВ використовується декілька ПВ або каналів виявлення (комбінування ЗВ), що працюють в різних фізичних полях та об'єднують логіку роботи з метою забезпечення високої сигналізаційної надійності (ефективність засобу). Виявлювачі формують так, щоб отримати відносно незалежну інформацію про порушника, відповідно, чим менша взаємозалежність виявлювачів, тим вище функціональна ефективність ЗВ [1-2].

Основними тактико-технічними характеристиками, які визначають функціональну ефективність (сигналізаційну надійність) СЗОВДІ, є **імовірність правильного виявлення порушника** P_i , де $i \in 1..N$ – кількість ЗВ, що входять до складу ТЗОС, та **середнє напрацювання на хибну тривогу** $T_{лi}$, які визначають відповідно її здатність до виявлення і завадостійкість [1, 3-4]. Обидві характеристики є взаємозалежними – з підвищенням чутливості ЗВ величина P_i зростає, а $T_{лi}$ зменшується. Критерієм СЗОВДІ щодо виявлення порушника є значення $P_i \geq 0,95$, при цьому „добрим” напрацюванням на кожну тривогу може вважатися величина $T_{лi} \geq 720$ годин [4-5]. Напрацювання визначається довготривалими випробуваннями ЗВ (не менше 6 – 12 місяців) в різних природно-кліматичних умовах, що не виходять за межі технічних умов [3].

Фактори природно-кліматичного і промислового характеру, впливаючи на ЗВ, викликають завади, які при певних умовах є причиною хибних тривог. Чим більше статистична різниця сигналів і завод, чим “контрастніше” корисні ознаки порушника, тим його виявлення відбувається з більшою сигналізаційною надійністю. По суті, ЗВ є бінарною (ТАК/НІ) інформаційно-вимірною системою розпізнавання образів порушника і заводових факторів – відповідно КС і завод.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У виробників ЗВ прийнято завищувати характеристику $T_{лi}$ з декількох причин, в основному за кон'юктурними міркуваннями [1, 2-4]. З іншої сторони, об'єктивна верифікація здатності виявлення також ускладнена через розбіжності в моделях поведінки потенційного порушника – різноманітні способи подолання контрольованого периметра по різному

сприймаються конкретним ЗВ [4-6]. У зв'язку з цим, ускладнено порівняння ефективності різних ЗВ одного типу, не говорячи вже про порівняння комбінованих засобів виявлення, побудованих на різних фізичних принципах. Таке порівняння для розробників дає знання які алгоритми обробки сигналів є більш ефективними (при інших рівних умовах, наприклад, вартості), а для користувачів – дозволяє виділити переважну номенклатуру технічних засобів охорони. Комбінування ЗВ, так і застосування незалежних ЗВ на рівні логічних сигналів дозволяє виділити “пріоритетні” ЗВ. При виробленні ними сигналів “тривога” в роботу включаються інші ЗВ, що дає змогу знизити потужність споживання та досягти зменшення частоти хибних тривог при збереженні імовірності виявлення. Тому роботи, пов'язані з оцінкою ефективності різних ЗВ, безумовно, актуальні. У зв'язку з цим представляє інтерес застосування оцінки ефективності, що запропонована в [1] (аналізуються багатомірні статистичні розподіли КС і завод) саме для формування комбінованих ЗВ (КЗВ).

Існуючі СЗОВДІ щодо аналізу сигналів виявлення від ЗВ можна класифікувати: на рівні логічних сигналів (сигналів “тривога” з виходів ЗВ); на рівні аналогових сигналів з виходів граничних пристроїв ЗВ; на рівні оцінок параметрів порушника (зріст, вага, довжина та частота кроку, швидкість руху та ін.).

Аналіз схем формування КЗВ свідчить, що серед розроблених систем, найбільше розповсюдження отримали схеми логічної обробки бінарних сигналів тривоги від окремих ЗВ за алгоритмом “К з N”, тобто при надходженні таких сигналів від К засобів виявлення (від одного або декількох “пріоритетних”) з N наявних, наприклад, “два з трьох”. В загальному випадку область використання алгоритму обмежується ($N > K > 2$) кількістю ЗВ, що застосовуються.

При обробці логічних сигналів від ЗВ за схемою “І” доцільним буде той варіант, коли всі ЗВ забезпечували б однакові імовірності виявлення, при цьому імовірності неправильних спрацювань повинні бути не гірше заданих. ЗВ включаються за схемою “І” з метою підвищення завадостійкості (схема відповідає значенню $K=N$).

При обробці сигналів від ЗВ за схемою “АБО” доцільно, щоб за одиницю часу співпадали величини імовірностей хибних тривог всіх ЗВ, а імовірності виявлення були б не нижче заданих. Як правило, ЗВ включаються за схемою “АБО” (схема відповідає значенню $K=1$), якщо зони виявлення окремих ЗВ не перекриваються (тобто порушник зможе подолати лише одну зону виявлення, наприклад, подолати перешкоду підкопуванням).

Функціонування всіх розроблених схем логічної обробки сигналів (“присутній чи відсутній сигнал тривоги на виході ЗВ”) для КЗВ ґрунтується на тому, що кількість ЗВ, що спрацювали протягом часу пам'яті (часу, протягом

якого повинні прийти сигнали від ЗВ) повинна досягти або перевищити задану величину K для визначеної логіки обробки ("K з N"). В цьому випадку формується загальний сигнал тривоги. Перевагою такої схеми алгоритму обробки сигналів від різноманітних ЗВ є його безумовна простота, але відсутність урахування індивідуальних особливостей і характеристик кожного окремо взятого ЗВ не дозволяє досягти найкращого співвідношення між імовірністю виявлення і імовірністю хибної тривоги КЗВ. В той же час різноманітні окремі ЗВ мають різні значення імовірностей виявлення і тривоги, у зв'язку з чим поява на виході ЗВ сигналу тривоги свідчить про появу порушника з різним ступенем достовірності для різних ЗВ. Таким чином, виникає необхідність застосувати алгоритми логічної обробки для КЗВ, які дозволяють при урахуванні індивідуальних особливостей ЗВ зменшувати імовірності хибної тривоги ЗВ при збереженні заданої імовірності виявлення. Сигнали тривоги від окремих ЗВ у цьому випадку будуть оброблятися не як однаково достовірні, і алгоритм обробки буде змінюватись в залежності від ЗВ, що застосовуються.

Метою статті є проведення аналізу алгоритмів обробки логічних сигналів від ЗВ для зменшення хибних тривог комбінованих засобів виявлення ТЗОС.

На сьогоднішній день відомі два основних алгоритми обробки логічних сигналів від засобів виявлення [5]:

1. На основі можливих комбінацій ЗВ, що спрацювали.

2. На основі присвоєння ЗВ вагових коефіцієнтів.

Для першого алгоритму характерним є те, що кожному із ЗВ відомі імовірності виявлення P_i і імовірності хибної тривоги \bar{P}_i . Поява довільної комбінації при проходженні порушника відбувається для ЗВ, що працюють на різних фізичних принципах дії і характеризується статистичною незалежністю виникнення сигналів тривоги з певною імовірністю. Існують різні можливі комбінації, що залежать від кількості ЗВ і обраного критерію вибору ("два з трьох", "три з п'яти" і т. д.), але для них характерним є виконання умови

$$\sum_{i=1}^N \Delta P_i = \sum_{i=1}^N \Delta \bar{P}_i = 1, \quad (1)$$

де ΔP_i – імовірність появи i -ої комбінації при проходженні порушника;

$\Delta \bar{P}_i$ – імовірність появи i -ої комбінації при наявності впливу завади (перешкоди).

Найкращою схемою логічної обробки сигналів від КЗВ слід вважати ту, яка при забезпеченні заданої імовірності виявлення має найменшу імовірність хибної тривоги, у зв'язку з чим для синтезу такого алгоритму можна запропонувати

наступну процедуру:

1. Розраховується співвідношення $\Delta P_i / \Delta \bar{P}_i$, яке заноситься у таблицю по мірі його зменшення.

2. З таблиці вибираються перші комбінації, які забезпечують задану імовірність виявлення.

Якщо алгоритм функціонування КЗВ побудувати таким чином, щоб саме ці комбінації приводили до формування загального сигналу тривоги, то будь-який інший алгоритм, що забезпечує не гіршу імовірність виявлення, буде мати більшу імовірність хибної тривоги, оскільки він може бути отриманий з вихідного лише шляхом виключення комбінацій з більшим відношенням внеску у імовірність виявлення до внеску у імовірність тривоги і включення комбінацій з меншим відношенням. Недолік такого алгоритму – величезна кількість комбінацій навіть для невеликої кількості ЗВ (пропорційна ступеню від кількості ЗВ).

Для другого алгоритму характерним є те, що у кожного з N розміщених на одному периметрі ЗВ формується логічний сигнал u_i , який з певною імовірністю приймає значення $u_i = 1$ (сигнал тривоги від i -го ЗВ присутній), або значення $u_i = 0$ (сигнал тривоги від i -го ЗВ відсутній). Ці сигнали характеризуються щільностями імовірностей розподілів їх появи при наявності порушника $\omega_{si}(u_i)$ і при наявності впливу завади $\omega_{pi}(u_i)$. Оскільки при наявності порушника сигнал $u_i = 1$ формується з імовірністю, що дорівнює імовірності виявлення P_i , то для щільності імовірності можна записати:

$$\omega_{si}(u_i)_{i=1,2,\dots,N} = \begin{cases} P_i & \text{при } u_i = 1 \\ 1 - P_i & \text{при } u_i = 0 \end{cases} \quad (2)$$

Аналогічно щільність імовірності при наявності впливу завади:

$$\omega_{pi}(u_i)_{i=1,2,\dots,N} = \begin{cases} \bar{P}_i & \text{при } u_i = 1 \\ 1 - \bar{P}_i & \text{при } u_i = 0 \end{cases} \quad (3)$$

де \bar{P}_i – імовірність хибної тривоги i -го ЗВ.

Використовуючи для цього алгоритму критерій Неймана-Пірсона [6], запишемо оптимальне правило рішення у вигляді:

$$\lg \frac{\omega_{si}(u_1, \dots, u_N)}{\omega_{pi}(u_1, \dots, u_N)} > C, \quad (4)$$

де $\omega_s(u_1, \dots, u_N)$ – спільна щільність імовірності сигналів від ЗВ при проходженні порушника;

$\omega_p(u_1, \dots, u_N)$ – те ж при наявності впливу завади, перешкоди;

C – довільна постійна, значення якої визначає імовірність виявлення за алгоритмом (4);

u_1, \dots, u_N – сукупність сигналів, що аналізуються.

При виконанні нерівності (4) приймається рішення про наявність порушника та формується загальний сигнал тривоги.

Оптимальність правила рішення полягає в тому, що при забезпеченні заданої імовірності

виявлення пристрою в цілому P_i (яка залежить від величини C) досягається мінімальна імовірність хибної тривоги \bar{P}_i .

Якщо всі ЗВ працюють на різних фізичних принципах дії, то сигнали, що надходять від них, статистично незалежні і правило рішення може бути представлено у вигляді:

$$\sum_{i=1}^N \lg \frac{\omega_{si}(u_i)}{\omega_{pi}(u_i)} > C$$

Після деяких перетворень і введення позначень кінцевий вигляд правила рішення можна представити у вигляді:

$$\sum_{i=1}^N V_i(u_i) > C, \quad (5)$$

$$V_i(u_i) = \lg \frac{\omega_{si}(u_i)(1 - \bar{P}_i)}{\omega_{pi}(u_i)(1 - P_i)}$$

Якщо виконується нерівність (5), то формується загальний сигнал тривоги. При цьому з (2) і (3) видно, що

$$V_i(u_i)_{i=1,2,\dots,N} = \begin{cases} q_i & \text{при } u_i = 1 \\ 0 & \text{при } u_i = 0 \end{cases}$$

де $q_i = \lg \frac{P_i(1 - \bar{P}_i)}{P_i(u_i)(1 - P_i)}$ – ваговий коефіцієнт,

постійна величина для кожного i -го ЗВ.

Значення q_i розраховуються завчасно згідно імовірності виявлення P_i та імовірності хибної тривоги \bar{P}_i i -го ЗВ (рис. 2).

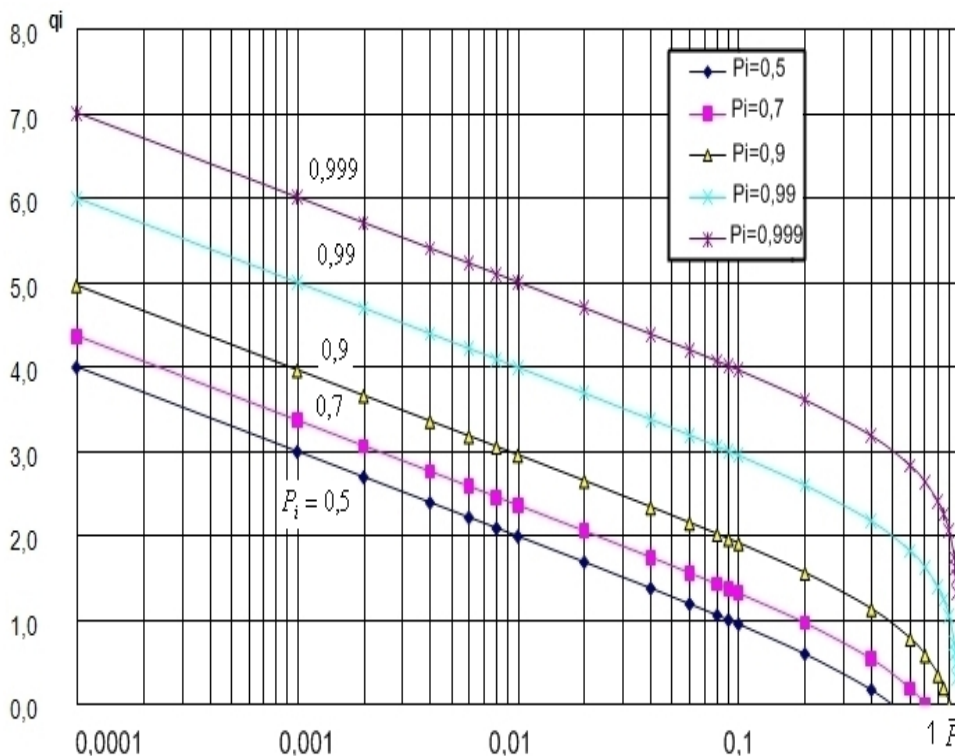


Рис. 2. Графік залежності вагових коефіцієнтів q_i від P_i та \bar{P}_i

На рис. 2. наведені графіки залежності „ваги” i -го ЗВ від його імовірностей P_i та \bar{P}_i . Видно, що „вага” ЗВ q_i тим більша, чим більша імовірність виявлення та чим менша імовірність хибної тривоги.

Вибравши критерій забезпечення заданої імовірності виявлення $P_i^{зад}$ при мінімізації імовірності хибної тривоги $\bar{P}_i \rightarrow \min$, доводиться, що відносна вага q_i може характеризувати порівняльну ефективність (якість) i -го ЗВ:

$$q_i = \lg(1/\bar{P}_i (1 - P_i)). \quad (6)$$

Чим вона більша за величиною, тим вище ефективність ЗВ. Очевидно, що інформаційний критерій (6), який володіє властивістю адитивності, не має протиріч і дозволяє визначити ($q_i \rightarrow \max$) той ЗВ, який при інших рівних умовах буде найкращим. В цьому критерії напрацювання на хибну тривогу виражене неявно, „ховаючись” за величиною \bar{P}_i . Для випадку, коли імовірність \bar{P}_i невідома, в якості критерію якості може слугувати ваговий коефіцієнт [1]:

$$q_i = \lg(1/\bar{N}_s (1 - P_i)), \quad (7)$$

де \bar{N}_3 – кількість хибних тривог за визначений проміжок часу T .

В [3] досліджені критерії (6)–(7) відносно побудови ЗВ, який складається із сукупності декількох незалежних ПВ, що дає можливість провести порівняльну оцінку ваги або ефективності різноманітних виявлювачів, отже, і вибрати найкращий, із яких повинна формуватись базова структура засобу. З'являється також можливість оптимізації порогів, при яких мінімізується якість виявлювачів.

Запропонований в [3] математичний апарат розрахунку максимальної ваги ПВ показує, що при нормальному і релеєвському розподілі щільності імовірності корисного сигналу $\omega_s(u)$ і завади $\omega_p(u)$ оптимальний поріг λ^0 відповідає критерію максимуму правдоподібності $\omega_s(\lambda^0) \approx \omega_p(\lambda^0)$.

Оптимальний алгоритм побудови комбінованих ЗВ та застосування незалежних ЗВ відповідно до (6) і (7) полягає у формуванні згідно сигналу тривоги від i -го ЗВ сигналу заданої амплітуди u_i і визначеного проміжку часу T наступним додаванням сигналів і порівнянням отриманої суми з фіксованим граничним рівнем C , перевищення якого призводить до формування загального сигналу тривоги.

Висновки й перспективи подальших досліджень

Таким чином, розглянувши алгоритми обробки логічних сигналів від ЗВ бачимо, що перевагами

алгоритму присвоєння “вагових” коефіцієнтів є те, що він дозволяє:

1. Забезпечити мінімально можливу імовірність хибної тривоги \bar{P}_i (при заданій імовірності виявлення $P_i^{\text{зад}}$);

2. Значення „вагового” коефіцієнта q_i визначати лише значеннями характеристик ЗВ, яке не залежить від інших ЗВ, що знаходяться в складі КЗВ, тобто q_i i -го ЗВ враховується лише при формуванні сигналу тривоги від i -го ЗВ (цим забезпечується простота нарощування ЗВ в КЗВ);

3. Залишити незмінним граничний рівень C (при нарощуванні або зменшенні ЗВ в КЗВ).

Недоліком даного алгоритму є складність вибору граничного рівня C , що повинен забезпечувати задану імовірність виявлення P_i (або

імовірність хибної тривоги \bar{P}_i) та який можливо реалізувати при довготривалих випробувань або засобами імітаційного моделювання.

Інформаційні критерії оцінки ефективності (6)–(7) ЗВ доцільно використовувати для порівняння ефективності різних ПВ, які формують базову структуру одного ЗВ. Критерії дозволяють виділити найбільш значущі завадові фактори, яким необхідно приділяти особливу увагу при загальному налаштуванні ТЗОС. Напрямок подальших досліджень є розробка імітаційної моделі функціонування ТЗОС.

Література

1. Магауєнов Р. Г. Системы охранной сигнализации: основы теории и принципы построения. – М.: Горячая линия – Телеком, 2004. – 367 с. 2. Звежинский С. С. Проблема выбора периметровых средств обнаружения. – БДИ, 2002, № 4. – С. 36–41. 3. Звежинский С. С. Повышение функциональной эффективности средств обнаружения. – Специальная техника, 2005, № 5. – С. 11–14. 4. Пинчук Г. Н., Петровский Н. П. Оценка функциональных показателей технических средств

обнаружения систем охраны. – Системы безопасности связи и телекоммуникаций, 2000, № 4. – С. 52–56. 5. Звежинский С. С. О сигнализационной надежности периметровых средств обнаружения. – БДИ, 2004, № 2. – С. 32–38. 6. Левин Б. Р. Теоретические основы статистической радиотехники. – М.: Советское радио, 1974–1976, кн.1–3.

АНАЛИЗ АЛГОРИТМОВ ОБРАБОТКИ ЛОГИЧЕСКИХ СИГНАЛОВ СРЕДСТВ ОБНАРУЖЕНИЯ ОХРАННОЙ СИГНАЛИЗАЦИИ

¹Вячеслав Владимирович Овсянников (канд. техн. наук)

¹Светлана Анатольевна Паламарчук

¹Юрий Александрович Процюк

¹Роман Михайлович Штонда

²Сергей Николаевич Островский

¹Военный институт телекоммуникаций и информатизации, Киев, Украина

²Центральный научно-исследовательский институт Вооруженных Сил Украины, Киев, Украина

Основными тактико-техническими характеристиками, которые определяют функциональную эффективность (сигнализационную надежность) системы сбора, обработки, отображения и документирования информации, вероятность правильного обнаружения нарушителя. Существующая система сбора, обработки, отображения и документирования информации для проведения анализа сигналов обнаружения от средств обнаружения можно классифицировать: на уровне логических сигналов (сигналов “тревога” из выходов средств обнаружения); на уровне аналоговых сигналов с

выходов предельных устройств средств обнаружения; на уровне оценок параметров нарушителя (рост, вес, длина и частота шага, скорость движения и др.).

Рассматриваются основные алгоритмы выявления логических сигналов технических средств охранной сигнализации относительно функциональной эффективности средств обнаружения по заданному алгоритму и формированию сигнала тревоги, которая определяется вероятностью правильного обнаружения нарушителя и средней наработкой на ложную тревогу, что при комбинировании нескольких средств обнаружения требует определения их взаимного влияния и уменьшения ложных тревог. Предложен вариант оценки эффективности комбинированных средств обнаружения на основе присвоения весовых коэффициентов. Критерии позволяют выделить наиболее значимые факторы помех, которым необходимо уделять особое внимание при общем настройке технических средств охранной сигнализации.

Ключевые слова: технические средства охранной сигнализации; комбинированные средства обнаружения; алгоритм обработки логических сигналов; вес средств обнаружения.

ANALYSIS OF LOGIC SIGNALS PROCESSING ALGORITHMS OF DETECTION ALARM

¹Viacheslav V. Ovsianikov (Candidate of Technical Sciences)

¹Svitlana A. Palamarchuk

¹Yurii O. Protsiuk

¹Roman M. Shtonda

²Serhii M. Ostrovskiy

¹Military Institute of Telecommunications and Information, Kyiv, Ukraine

²Central Research Institute of the Armed Forces of Ukraine, Kyiv, Ukraine

The main tactical and technical characteristic that determines functional effectiveness (signaling reliability) of system for collecting, processing, displaying and documenting the information is the probability of correct detection of the violator.

Existing systems for data collection, information processing, information presentation and information documentation regarding signal detection and detecting device analysis can be classified as follows: at the level of logic signals (signals "anxiety" of the outputs detection); at the level of analog signals from the outputs of the boundary detecting devices; at the level of violation of parameter estimation (height, weight, length and step frequency, speed, etc.). This article presents the basic algorithms for detection of logical signals of technical security alarm means in relation to the functional efficiency of detecting devices according to a given algorithm and alert signal. Security alarm is defined by the probability of correct identification of the violator and mean life false alarm that requires the recognition of their mutual influence and reduction of false alarms by combining multiple detection. It was suggested the variant of evaluating the effectiveness of combined detecting devices based on assigning weighted coefficients. The criteria enable to emphasis the most significant interference factors that should be taken into account in general settings of technical security alarm means.

Keywords: technical security alarm means, combined detecting devices, algorithm of processing logical signals, the worth of detecting devices.

References

1. Mahauenov R.G. (2004), Alarm systems: basic theory and principles of construction. [Sistemy okhrannoi signalizatsii: osnovy teorii i printcipy postroeniia], Moscow: hotline, Telecom, 367 p.
2. Zvezhynskyy S.S. (2002), Perimeter detection equipment selection problem. [Problema vybora perimetrovykh sredstv obnaruzheniia], BDY, No. 4, pp. 36-41.
3. Zvezhynskyy S.S. (2005), Increase operational efficiency detection means. [Povyshenie funktsionalnoi effektivnosti sredstv obnaruzheniia], Other special technics, No.5, pp. 11-14.
4. Pinchuk G.N., Petrovsky N.P. (2000), Evaluation of functional parameters of technical means of detection security systems. [Otsenka funktsionalnykh pokazatelei tekhnicheskikh sredstv obnaruzheniia sistem okhrany], Communication of security and telecommunications, No. 4, pp. 52-56.
5. Zvezhynskyy S.S. (2004), About signaling reliability of perimeter detection equipment. [O signalizatsionnoi nadezhnosti perimetrovykh sredstv obnaruzheniia], BDY, No. 2, pp. 32-38.
6. Levin B.R. (1974-1976), Theoretical Foundations of Statistical Radio Engineering. [Teoreticheskie osnovy statisticheskoi radiotekhniki], Moscow: Soviet Radio, kn.1-3.

Отримано: 03.08.2016 року.