

ЗАСТОСУВАННЯ ДИСКРЕТНОГО ПЕРЕТВОРЕННЯ ФУР'Є У ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМАХ ОХОРОНИ

Показано загальне призначення технічної системи охорони та її склад. Визначено необхідність використання технічних систем охорони на об'єктах інформаційної діяльності. Проаналізовано існуючий метод передачі інформації в охоронному шлейфі, та показано недоліки методу. Запропоновано використовувати цифрових методів при обробці інформації з метою протидії недолікам.

Ключові слова: технічна система охорони, сповіщувач, об'єкт інформаційної діяльності, шлейф охоронний, дискретне перетворення Фур'є, амплітудно-частотний спектр сигналу.

Вступ

З підвищенням значущості та цінності інформації відповідно зростає важливість її захисту. Відомо, що для захисту інформації використовуються програмні та апаратні засоби. Зокрема серед апаратних – технічні системи охорони для забезпечення збереження конфіденційності інформації [1]. Тому удосконаленню технічних систем охорони необхідно приділяти увагу.

Постановка проблеми

З багатьох джерел [1, 2], та інших відомо, що у технічних системах охорони (ТСО) використовується аналоговий метод обробки інформації у охоронному шлейфі і він має недоліки властиві аналоговим методам обробки інформації. У теперішній час цифрових технологій необхідно використовувати більш прогресивні сучасні методи обробки інформації, зокрема Дискретне Перетворення Фур'є (ДПФ).

Аналіз публікацій

В публікації [3] показано, що існує три різні способи обчислення ДПФ. Перший метод полягає у використанні формули ДПФ або одночасного рівняння. Другий – кореляційна техніка, а третій – використання швидкого перетворення Фур'є (ШПФ). Перший метод корисний для розуміння основної ідеї ДПФ, але він не підходить для практичних цілей. Другий метод заснований на виявленні відомої форми сигналу в іншому сигналі. Він використовується для певного застосування. Цей метод використовується, коли ДПФ має менше приблизно 32 точок. Третій метод – це геніальний метод, де алгоритм ШПФ розкладає ДПФ з N точок на N ДПФ, кожна з яких має одну точку. Це швидше, ніж ДПФ. Усі три методи дають ідентичні результати.

В іншій публікації [4] представлено поточне дискретне перетворення Фур'є (ПДПФ) для частотно-часового аналізу (ЧЧА) нестационарних короткочасних сигналів. Алгоритм ПДПФ адаптує віконну функцію, яка має регульовані частотно-часові характеристики. Авторами було запропоновано узагальнений ваговий фільтр, який відображає залежний від часу сигнал у частотно-часову площину. Як приклад, вагові фільтри були виведені для експоненціальних, гамма- та біноміальних віконних послідовностей. Обговорюється застосування алгоритму ПДПФ для аналізу біомедичних сигналів.

У статті [5] пропонується визначення дискретного дробового перетворення Фур'є, яке узагальнює дискретне перетворення Фур'є (ДПФ) у тому ж сенсі, що безперервне дробове перетворення Фур'є узагальнює безперервне звичайне перетворення Фур'є. Це визначення ґрунтується на певному наборі власних векторів матриці ДПФ, який є дискретним аналогом набору функцій Ерміта-Гауса. Визначення є точно унітарним, індексним адитивним і зводиться до ДПФ для одиничного порядку. Той факт, що це визначення задовольняє всі бажані властивості, які очікуються від дискретного дробового перетворення Фур'є, підтверджує нашу впевненість, що воно буде прийнято як остаточне визначення цього перетворення.

Метою даної статті є обґрунтування переваги Дискретного Перетворення Фур'є для цифрової обробки сигналів у технічних системах охорони.

Основна частина

Взагалі ТСО складаються з наступних складових [6] (рис. 1):

сповіщувачі (засоби виявлення) – сенсори ТСО ,завданням яких є реагування на тривожні події – проникнення на об'єкт, що охороняється:

прилад приймально-контрольний охоронний (ППКОП) – пристрій, що отримує тривожний сигнал від сповіщувачів і здійснює управління виконавчими елементами ;

виконавчі елементи – пристрої, які забезпечують виконання заданого алгоритму дій при реагуванні на тривожне повідомлення (сигнал (звуковий, світловий), включення механізмів блокування об'єкту інформаційної діяльності (ОІД), і т. ін.);

шлейф охоронний – електричний кабель, який сполучає електричні контакти сповіщувачів, допоміжні елементи (діоди, резистори) та ППКОП. Він призначений для передачі повідомлень про проникнення на ОІД, а іноді також для подачі електроживлення на сповіщувачі.

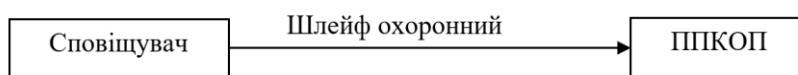


Рис. 1. Склад технічної системи охорони

Розглянемо інформаційний обмін між ППКОП і сповіщувачем. Відомо, що фізично принцип роботи ТСО полягає у вимірюванні опору шлейфу [6]. В залежності від його значення шлейф буває у наступних режимах:

режим "охорона". У цьому режимі ППКОП контролює свої параметри та стан шлейфів. Порушення опору шлейфів призводить до формування сигналів тривоги;

режим "спостереження (знято з охорони)". У режимі «спостереження» шлейф знято з охорони, але ППКОП продовжує контролювати всі шлейфи та самого себе.

В інструкції на ППКОП зазначається такий параметр: опір кінцевого резистора. Порядок цього опору – одиниці кілоом. Якщо опір шлейфу при постановці шлейфу на охорону дорівнює цьому значенню, ППКОП ідентифікує режим шлейфу як спостереження. При підвищенні опору шлейфу ППКОП ідентифікує стан тривоги. На рис. 2 наведено електричну схему з'єднання одного шлейфу між пасивним інфрачервоним сповіщувачем та ППКОП. Червона стрілка на контактах виконавчого елемента (ВЕ) показує напрямок руху рухливого контакту реле у режимі спостереження – він замикає шлейф.

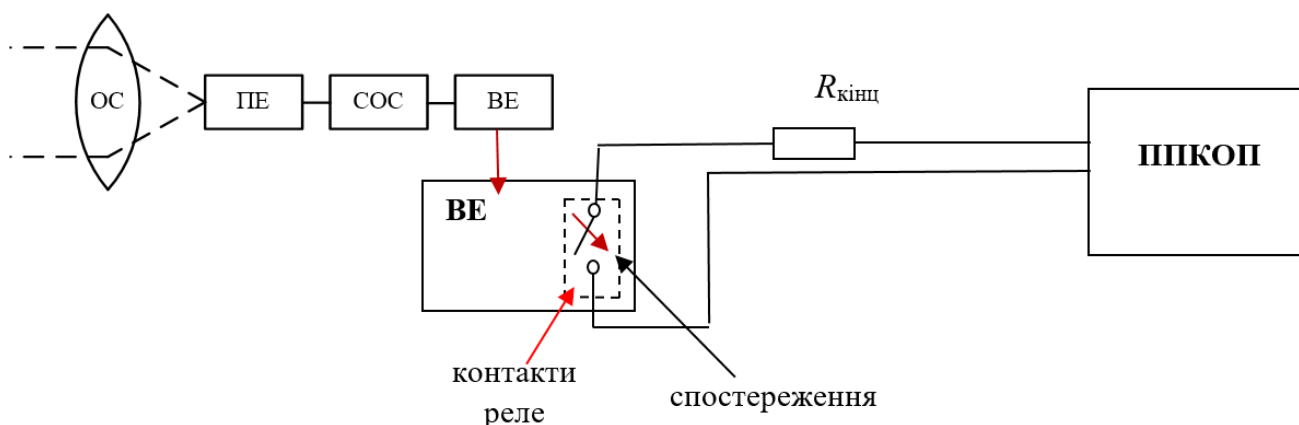


Рис. 2. Електрична схема з'єднання одного шлейфу між пасивним інфрачервоним сповіщувачем та ППКОП

На прикладі структурної схеми пасивного ІЧ сповіщувача розглянемо принцип дії системи. У якості виконавчого елементу (ВЕ) ІЧ сповіщувача використовується реле. Принцип дії електромагнітного реле: при подачі на обмотку напруги контакти реле замикаються і через них тече струм. У сучасних сповіщувачах використовуються ні електромагнітні реле, а твердотільні. Зазвичай це оптрон, але це не принципово. Виконавчий елемент сповіщувача будь якого принципу дії представляє собою таке реле. При спрацюванні сповіщувача на порушника, контакти реле тимчасово на декілька мілісекунд розмикаються, тобто коло шлейфа розривається. Внаслідок цього опір шлейфу змінюється (збільшується). Для ППКОП це є ознакою того, щоб він видав сигнал тривоги. ППКОП буде видавати тривожне повідомлення доти поки персонал не зніме її натисканням певних кнопок.

Сигнал, який ППКОП видає в шлейф це звичайна періодична послідовність прямокутних імпульсів (ГППІ – генератор періодичної прямокутної послідовності імпульсів). На рис. 3 показаний фрагмент електричної схеми ППКОП у режимі спостереження. Резистори R_1 , у випадку коли контакти реле замкнуті, та $R_{кінц}$ під'єднано до “землі” і сумарний опір в точці 1 відносно “землі” визначиться як:

$$\frac{1}{R_{Т1}} = \frac{1}{R_{кінц}} + \frac{1}{R_1 + R_{Г}}, \quad (1)$$

де: $R_{кінц}$ – опір кінцевого резистора;

$R_{Г}$ – внутрішній опір генератора періодичної послідовності відео імпульсів.

При спрацюванні сповіщувача резистор $R_{кінц}$ від'єднується від точки 1 і у такому випадку опір у точці 1 буде:

$$R_{Т1} = R_1 + R_{Г}. \quad (2)$$

Опір збільшиться.

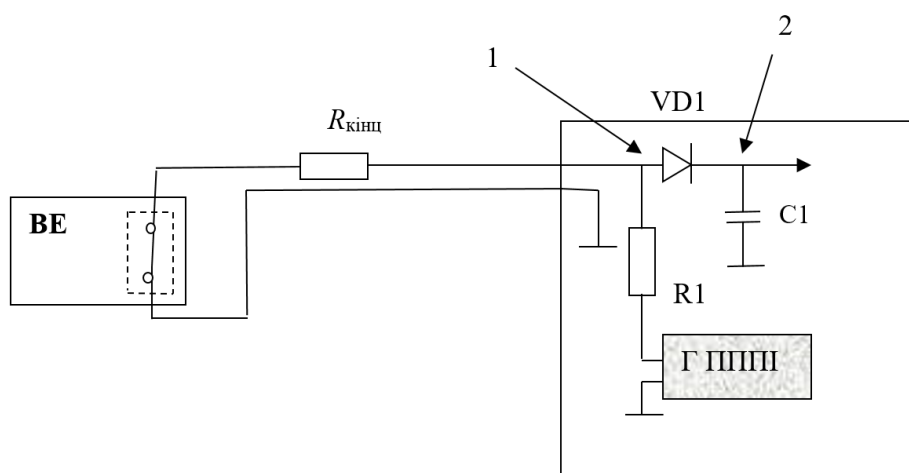


Рис. 3. Стан ППКОП у режимі спостереження

Відповідно амплітуда імпульсів генератора ПППІ у точці 1 буде змінюватися. На рис. 4 приведено осцилограми імпульсів для випадку замкнутих контактів (а) та у випадку розімкнених контактів (б).

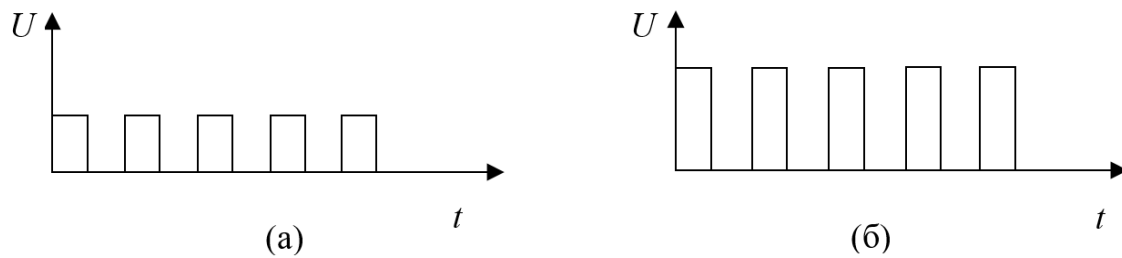


Рис. 4. Амплітуда імпульсів у точці 1

Відповідно у точці 2 (рис. 3) на виході інтегратора буде змінюватись амплітуда постійного струму, яке подається на аналогово-цифровий перетворювач (АЦП) для подальшої обробки.

Проте шлейф це електричний провід який представляє собою випадкову розосереджену антену. Шлейф піддається дії різного роду електромагнітних наведень, імпульсних завад. Вони накладаючись на основну періодичну послідовність прямокутних імпульсів (ППІІ) будуть впливати на напругу на виході інтегратора (точка 2) і це призведе до невірної оцінки приладом стану шлейфу (спостереження, тривога, знято з охорони).

Пропонується метод обробки ППІІ який матиме більшу завадозахищеність ніж той що використовується у ППКОП. В основі даного методу лежить пряме та зворотне перетворення Фур'є. Суть полягає у наступному.

Відомо, що пряме перетворення Фур'є, для випадку дискретних сигналів: дозволяє перейти від часового представлення сигналу до частотного [4], тобто до спектрального представлення сигналу. Спектральне представлення сигналу більш наглядніше та інформативніше ніж часове. У такому випадку амплітудно-частотний спектр сигналу ППІІ (рис. 5 а) ППКОП з урахуванням перетворення Фур'є буде виглядати як на рис. 5 б:

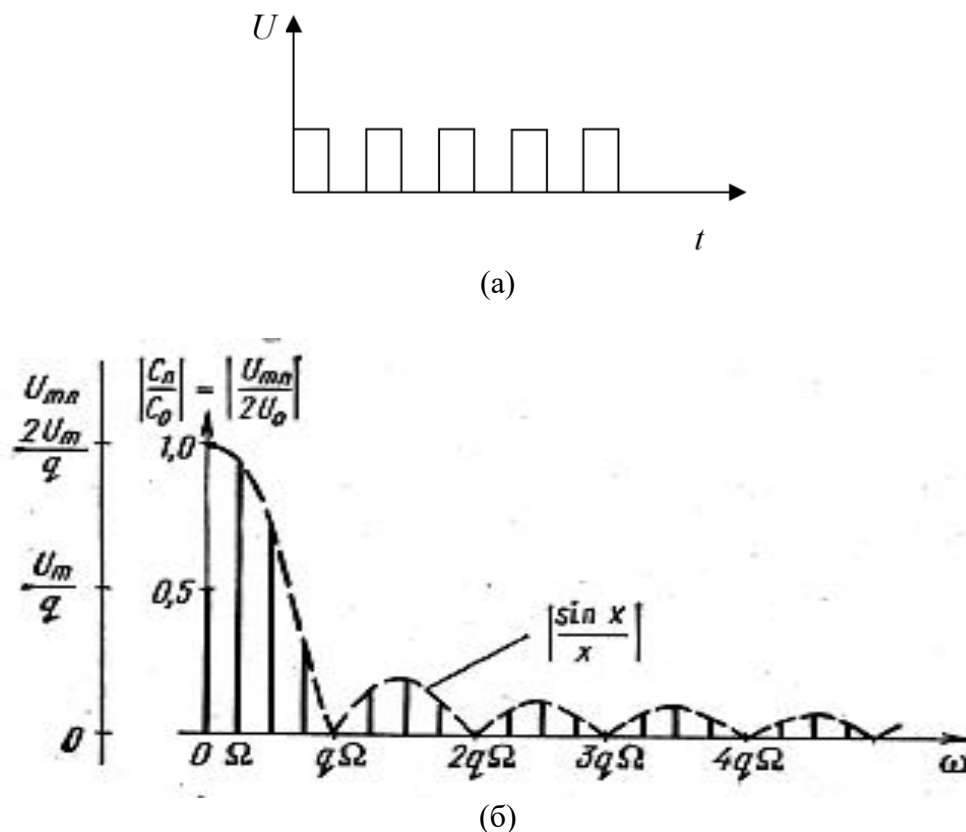


Рис. 5. Представлення ППІІ у часовій (а) та частотній областях (б)

Відомо, що для розкладання ПППІ амплітудно-частотний спектр, по математичному апарату Фур'є використовується ортогональний базис у вигляді набору ортогональних гармонік. У часовій області це виглядає наступним чином (рис. 6) [4]:

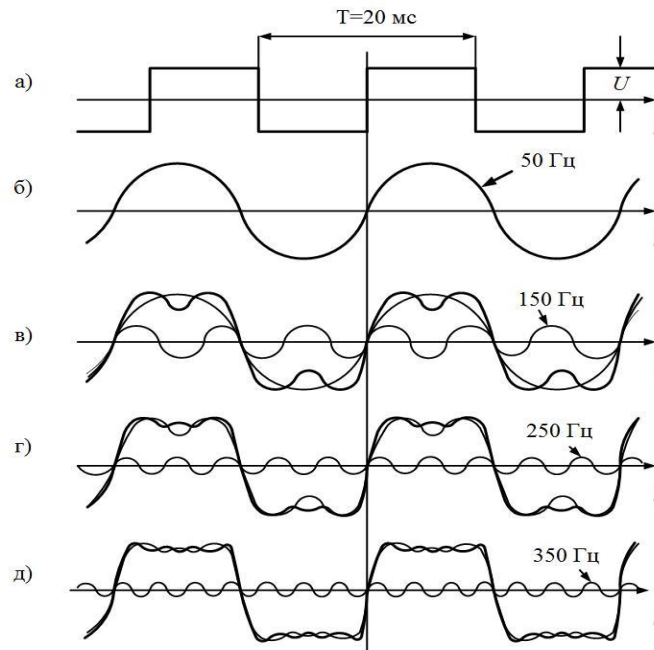


Рис. 6. Представлення ПППІ ортогональним базисом гармонік

Гармоніки мають різні амплітуди, проте в частотній області вони не перетинаються, тобто є ортогональними.

Відомо, що основна енергія ПППІ “знаходиться” у двох перших арках амплітудно-частотного спектру сигналу. Частота повторення гармонік (Ω) (рис. 5 б) розраховується за виразом [4]:

$$\Omega = \frac{2\pi}{T}, \quad (3)$$

де: T – період повторення ПППІ ППКОП.

Таким чином, враховуючи (3) можна застосувати не інтегруючу схему як на рис. 4, а принцип цифрової фільтрації. Тобто ми знаємо параметри ПППІ, а саме період повторення та їх тривалість. Потрібно розрахувати за виразом (3) частоту повторення гармонік і виділити їх зі спектру сигналу для подальшої обробки (інформація про стан шлейфу буде міститись у амплітуді гармонік). Всі інші гармоніки, які за рахунок побічних наведень на шлейф з’являться у спектрі, будуть відфільтровані смуговими фільтрами. Це означає, що чинник електричних наведень на охоронний шлейф, який призводить до хибних спрацьовувань системи, буде викреслений з усіх можливих чинників які перешкоджатимуть нормальній роботі охоронного шлейфа. За рахунок цього якість роботи технічної системи охорони підвищиться.

Приклад технічної реалізації методу наведено на рис. 7.

Оскільки основна енергія ПППІ зосереджена у двох перших арках спектру [7] можна розрахувати потрібну кількість фільтрів. Відомо [7], що кількість гармонік у одній арці дорівнює скважності послідовності імпульсів. Скважність вираховується за виразом:

$$q = \frac{T}{\tau_i}, \quad (4)$$

де: T – період повторення імпульсів;

τ_i – тривалість імпульсів.

Тому можна обмежитись максимальною кількістю фільтрів: $N = 2q$.

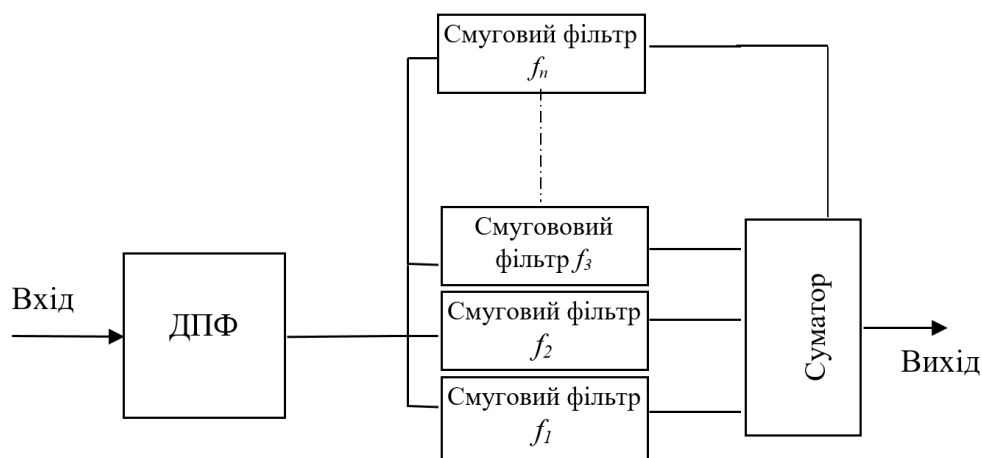


Рис. 7. Схема технічної реалізації системи обробки сигналу

Висновок

Таким чином застосувавши метод дискретного перетворення Фур'є можна підвищити надійність функціонування ТСО. Область застосування даного методу не обмежується ТСО. Такий підхід до обробки сигналів можна використовувати і в інших системах.

Перелік посилань

1. Котенко А.М. Забезпечення конфіденційності інформації на об'єктах інформаційної діяльності за рахунок використання технічних систем охорони // Сучасний захист інформації. № 1, 2018. – С. 28–32.
2. Бабій Ю. О., Поліщук В. В. Класифікація та перспективи розвитку технічних засобів охорони та захисту кордону // Збірник наукових праць Центру воєнно-стратегічних досліджень Національного університету оборони України імені Івана Черняхівського. №3(61), 2017. – С. 105-108.
3. Anant G. Kulkarni, M. F. Qureshi, Manoj Jha. Discrete Fourier Transform: Approach To Signal Processing // International Journal of Advanced Research in Electrical, Electronics and Instrumentation Engineering. Vol. 3, Issue 10, October 2014. 12341-12348. 10.15662/ijareeie.2014.0310005
4. H. Olkkonen, Running discrete Fourier transform for time-frequency analysis of biomedical signals, Medical Engineering & Physics. Vol. 17, Issue 6, 1995, Pages 455-458, ISSN 1350-4533, [https://doi.org/10.1016/1350-4533\(94\)00001](https://doi.org/10.1016/1350-4533(94)00001).
5. S. Candan, M. A. Kutay and H. M. Ozaktas, "The discrete fractional Fourier transform," in IEEE Transactions on Signal Processing, vol. 48, no. 5, pp. 1329-1337, May 2000, doi: 10.1109/78.839980.
6. Єніна І. І. Обробка сигналів при несанкціонованих проникненнях на охороняємий об'єкт / І.І.Єніна // Наукові записки, 2016. – Вип.19. С.158-162.
7. Delembovskyi, Maksym & Шабала, Євгенія & Терентьев, Олександр. (2021). Аналіз методів та шляхів вирішення захисту інформації в інформаційно-телекомунікаційних системах. Грааль науки. 10.36074/grail-of-science.19.02.2021.051.

Надійшла: 17.02.2023

Рецензент: д.т.н., професор Кожухівський А.Д.