

Исследования, проведенные с помощью разработанного прибора в офисе одной из киевских фирм, позволили выявить наличие НМП высокой интенсивности и локализовать источник с точностью до 5 см. Им оказался элемент силовой сети питания 380 вольт. На одном из рабочих мест офиса уровень НМП превысил 2500 нТл.

Серьезного внимания заслуживают вопросы биологической безопасности при работе в зоне действия НМП, излучаемых вычислительной техникой. Измерения излучения мониторов различных производителей в диапазоне частот 50 Гц ... 100 кГц, выполненные с помощью разработанного магнетометра, показали, что только два из десяти исследованных мониторов соответствуют нормам безопасности MPR II. В остальных мониторах излучение превышало норму в 2 – 8 раз, т. е. величина НМП в зоне работы пользователей этих мониторов превышает биологически безопасный уровень.

И, наконец, одно из перспективных применений разработанного магнетометра – это выявление излучений радиосредств несанкционированного съема информации и их локализация.

Одним из наиболее перспективных способов получения конфиденциальных сведений в силу своей стабильности и конспиративности получения информации является видео перехват. Работа этих средств сопровождается электромагнитными излучениями в широком диапазоне частот. Важным демаскирующим признаком работающей скрытой видеокамеры является наличие в излучаемом ею радио спектре излучений НМП в диапазоне 50 (60) Гц – 30 ... 50 кГц. Как отмечалось выше, низкочастотная магнитная составляющая электромагнитного поля обладает высокой проникающей способностью и, следовательно, для минимизации демаскирующего низкочастотного излучения требуются довольно металлоемкие экраны с высокой начальной магнитной проницаемостью, например, из пермаллоя. Однако, применение таких экранов неприемлемо, поскольку скрытые видеокамеры в таких экранах легко обнаруживаются с помощью простейших металлоискателей. С помощью разработанного магнетометра был исследован спектр низкочастотного магнитного излучения нескольких видеокамер внешнего наблюдения (имеющих корпус – экран) и видео закладок (в бескорпусном исполнении). Прибор позволил четко локализовать источник излучения и провести измерения частоты и интенсивности низкочастотного магнитного поля, излучаемого видеокамерами при соотношении сигнал/шум 30дБ для экранированных видеокамер и 40 дБ для бескорпусных видеокамер. Т. о. данный магнетометр может служить эффективным средством выявления скрытых устройств видео наблюдения.

В настоящее время проводится доработка магнетометра и выполняются исследования возможности использования данного прибора для перехвата слабых магнитных полей, возникающих при передаче информации по проводам и кабелям, выявления излучений различных средств несанкционированного съема информации.

*Литература: 1. Яремчук А. А. Исследования влияния неионизирующего электромагнитного излучения. Сборник «Мониторинг и прогнозирование генетического риска в Украине». 1998, Киев, изд. Реформа, с. 249–273. 2. Shal J. D. et al. *Epidemiology*, 1993, vol. 4, pp. 104–114. США. 3. Matanoski G. M. et al. *American Journal of Epidemiology*, 1993, vol. 137, pp. 609–619. 4. Санитарные нормы и правила при работе с источниками электромагнитных полей. Харьков: Харьковский научно-исследовательский институт гигиены труда и профессиональных заболеваний, 1993, 24 с.*

УДК 621.391:336.71

КОМПЛЕКТ АПАРАТУРИ ДЛЯ ДІАГНОСТИКИ ЛОКАЛЬНИХ ДЖЕРЕЛ ВІБРАЦІЇ ТА АКУСТИЧНОГО ШУМУ

Георгій Плескач, Олександр Тиховод

Конструкторське бюро "Шторм" при Національному технічному університеті України "КПІ"

Анотація: Розглянуті дослідження, виконані КБ "Шторм" в рамках створення портативного комплексу апаратури захисту мовної інформації від витоків по акустичному, лазерному, віброакустичному та акустоелектричному каналах (КА КЗМІ).

Summary: The issues of researches, conducted by CB "Storm" within developing a portable complex of equipment for protecting oral information from leaks by acoustic, vibroacoustic and electroacoustic channels, are examined in the offered work.

Ключові слова: Захищеність службових приміщень, співвідношення "сигнал/завада", розбірливість мови, захист мовної інформації.

I Вступ

Принцип дії апаратури КА КЗМІ заснований на тому факті, що розбірливість мови залежить від рівня шумів, що заважають. Ступінь захищеності службових приміщень визначається шляхом вимірювання співвідношення потужності тестового сигналу, що еквівалентний частотній моделі мови, до потужності завад у приміщенні. Вимірювання проводяться для п'яти частотних точок у кожній з п'яти октав у діапазоні частот 170...5500 Гц. Методики контролю відповідають розробленому КБ "Шторм" нормативному документу з захисту мовної інформації.

II Визначення критеріїв вибору структури та параметрів КА КЗМІ

Нижче розглянемо та обґрунтуємо основні критерії, якими керувались розробники при виборі та побудові структури апаратури КА КЗМІ.

Було розглянуто декілька варіантів побудови апаратури з урахуванням власного досвіду розробників і сучасних тенденцій побудови апаратури такого класу та з урахуванням матеріалів, одержаних при створенні апаратно-програмного комплексу аналогічного призначення на базі стандартної ПЕОМ і "Норм і методів захисту мовної інформації".

В сучасних методах аналізу та дослідження мовних сигналів вимірювання рівнів сигналів та завад проводиться не у всій смузі робочих частот, а паралельно, або послідовно в октавних, 1/3 октавних та більш вузьких смугах. Аналогічні тенденції існують в активних методах захисту від витоку мовної інформації, а також в активних методах зменшення шумів та завад. Це дозволяє більш точно вимірювати спектри сигналів, завад та співвідношення "сигнал/завада" у смузі частот мовного сигналу. Крім того, виникає можливість виділення та аналізу формантних або інших інформативних класифікаційних ознак мовного сигналу, а в активних методах захисту — можливість створення завад з обвідною, яка може враховувати тонку структуру сигналу та завади в конкретному приміщенні, або при придушенні конкретного джерела в системах зменшення завад.

В більшості проаналізованих джерел інформації використовуються методи вузько смугового спектрального аналізу певного виду. При цьому сучасні тенденції побудови приладів вимірювання та дослідження мовних сигналів та завад для реалізації цих методів використовують, в основному, алгоритми швидкого (ШПФ), або дискретного (ДПФ) перетворення Фур'є, хоча використовуються і інші алгоритми, які реалізуються апаратними, або апаратно-програмними засобами в різноманітних варіаціях.

Для схемно-апаратної реалізації цих методів використовуються сучасні інтегральні схеми великого ступеня інтеграції, універсальні та спеціалізовані процесори, які виконують операції ШПФ та інші. Відповідно до останніх тенденцій сучасної схемотехніки використовуються матричні та інші швидкодіючі мікропроцесорні та багатопроцесорні комплекси, що дозволяють забезпечити побудову апаратно-програмних комплексів з можливістю зміни функціональної конфігурації, мають велику продуктивність при малих габаритах апаратури та велику експлуатаційну надійність. При реалізації апаратно-програмних засобів універсальних вимірювальних комплексів використовуються стандартні мікроЕОМ та ПЕОМ, які при забезпеченні належного вводу реалізацій досліджуваних сигналів забезпечують їх детальний структурний аналіз за допомогою пакетів системних та прикладних спеціалізованих програм.

В КБ "Шторм" свого часу було розроблено такий комплекс, який складався з апаратної частини та стандартної ПЕОМ типу ІВМ РС/АТ. Апаратна частина комплексу складається з давачів, багато каналного блоку підсилювачів та плати вводу, яка забезпечує перетворення, підсилення та багато каналний ввід реалізацій досліджуваних сигналів в ПЕОМ з перезаписом на жорсткий диск. Пакет системних та прикладних спеціалізованих програм забезпечує:

- необхідне керування платою вводу (зміну підсилення, комутацію каналів, які вводяться, зміну довжини реалізацій т. ін.);
- всебічну обробку введених сигналів;
- багато каналне відображення результатів обробки на екрані дисплею;
- вузько смуговий спектральний аналіз (за алгоритмами ШПФ, ДПФ);
- обчислення по вузько смуговому спектру, октавних та 1/3 октавних спектрів;
- обчислення взаємних спектрів;
- обчислення функцій кореляції та когерентності;
- обчислення функцій розподілу.

Результати дослідної експлуатації цього комплексу показали гарні результати для цілей вимірювання та всебічного аналізу мовних сигналів та завад.

Розроблювана апаратура КА КЗМІ не має такого широкого спектру задач та необхідних функціональних операцій, однак досвід розробки та експлуатації апаратно-програмного комплексу на базі ПЕОМ, а також результати досліджень мовних сигналів та завад, проведених за допомогою цього комплексу, були використані при побудові апаратури КА КЗМІ.

Із приведеного вище аналізу інформаційних джерел видно загальні тенденції в методах та принципах побудови трактів виміру та обробки мовних сигналів та завад, а також сучасні тенденції їх схемотехнічного виконання.

Для порівняння та вибору схемотехнічного варіанту виконання апаратури КА КЗМІ необхідно було проаналізувати ряд вимог до функціональних операцій апаратури, в першу чергу, блоку обробки КА КЗМІ, схемне виконання якого визначає технічні та інші параметри КА КЗМІ (габарити, вагу, споживану потужність тощо).

Для визначення вимог до функціональних операцій апаратури необхідно було вирішити наступні питання:

- визначити та обрати оптимальні смуги частот (октавні, або інші), в яких необхідно проводити вимір рівнів мовних сигналів та завад і визначити співвідношення "сигнал/завада" для кожної категорії приміщень;
- згідно з вибраними смугами вимірювання визначити й задати необхідні технічні вимоги до смугових фільтрів (нерівномірність АЧХ у смузі прозорості, крутизну схилу, затухання поза смугою прозорості тощо);
- визначити та обрати типи тестових сигналів, що будуть використані (широкосмугові, або тональні) при обмірюванні визначених приміщень;
- визначити та обрати структуру вбудованого генератора тестового сигналу та підсилювача потужності, а також визначити та задати їх параметри (частоти, рівні, нелінійні спотворення, потужність тощо) та обрати тип джерела випромінювання (акустичної колонки);
- обрати та задати оптимальні смуги вузько смугового спектрального аналізу, які забезпечать можливість виміру заданого співвідношення "сигнал/завада";
- визначити та задати алгоритм функціонування апаратури КА КЗМІ в кожному режимі роботи;
- згідно з алгоритмом та методикою обміру задати кількість результатів, що оперативно запам'ятовуються, а також обрати метод та вид документування результатів обміру.

У процесі виконання цієї роботи розробники керувались матеріалами теоретичних та експериментальних досліджень мовних сигналів та завад, які були одержані за допомогою згаданого вище апаратно-програмного комплексу на базі ПЕОМ. Були проведені вимірювання та дослідження структур мовних сигналів та завад в деяких приміщеннях, що потребують захисту. При цьому визначались співвідношення "сигнал/завада" в октавних та вузьких смугах частот, вивчалися формантні та класифікаційні ознаки мовної інформації та відповідні їм співвідношення "сигнал/завада", при яких можливо або неможливо визначити наявність та розбірливість мови (артикуляцію).

III Визначення та обґрунтування принципів функціонування апаратури КА КЗМІ

Виходячи з приведених вище міркувань за основу обчислень, що використовуються для обробки сигналів, взяті алгоритми швидкого перетворення Фур'є. За допомогою ШПФ проводиться розрахунок співвідношення "сигнал/завада" та рівня сигналу. Крім того таблиця коефіцієнтів ШПФ може бути застосована для генерації тестового сигналу.

Після детального аналізу можливостей реалізації алгоритму ШПФ на мікропроцесорі встановлено, що інформація, придатна для документування та обробки на зовнішній ПЕОМ, фактично відсутня у, так би мовити, "чистому" вигляді. Це пов'язано з тим, що мікропроцесор має обмежені ресурси для збереження даних, які не використовуються безпосередньо в процесі обчислень. Тому, враховуючи, що результатом повного циклу вимірювань КА КЗМІ є лише десять цифр (п'ять значень "сигнал/завада" та п'ять значень рівня сигналу для кожної октави), прийнято рішення відмовитись від режиму зв'язку із зовнішньою ПЕОМ. Цей режим використовується тільки для наладки та тестування комплексу. Для документування слід використовувати бланк стандартного протоколу.

Як висновок з проведеного вище аналізу була остаточно визначена структурна схема КА КЗМІ, яка, таким чином, складається з:

- комплекту перетворювачів та підсилювачів для обробки сигналів з давачів у відповідному каналі;
- аналого-цифрового перетворювача;
- мікропроцесора для проведення обчислень;
- генератора, гучномовця та підсилювача потужності для формування тестового сигналу;
- блока управління та індикації для керування приладом та відображення результатів вимірів;
- блока живлення.

Таким чином структурна схема КА КЗМІ має наступний вигляд (рис. 1)

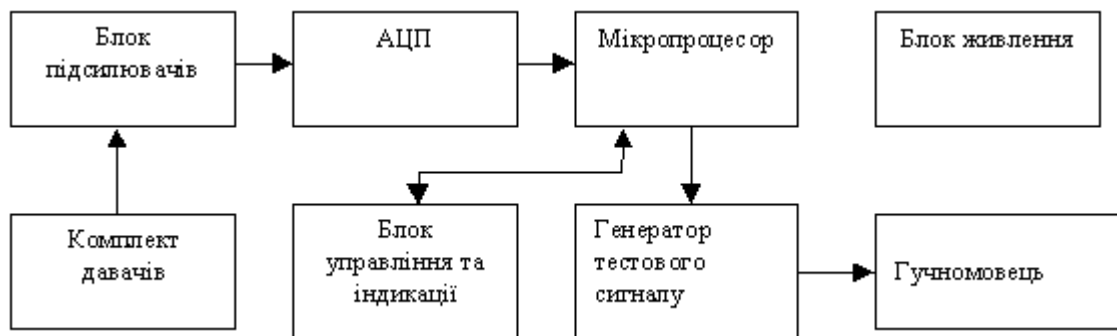


Рисунок 1 – Структурна схема КА КЗМІ

IV Режими роботи та засоби управління

Після подачі живлення прилад проводить само тестування і виводить на органи індикації результати контролю. Далі КА КЗМІ стає під керування оператора, який може вибрати режими роботи та задати параметри обчислень. Згідно з вимогами ергономіки та тенденціями сучасного приладобудування визнано за доцільне використати для управління метод "меню", тобто прилад, використовуючи цей метод, буде пропонувати оператору вибрати той чи інший режим, а останній повинен лише підтвердити чи відмінити вибір. Це дозволяє зменшити кількість органів управління практично до трьох кнопок: "перейти до наступного режиму (▼)", "перейти до попереднього режиму (▲)" та "підтвердження вибору (↵)".

Таким чином спочатку КА КЗМІ пропонує оператору вибрати канал, у якому будуть проводитися виміри, та виводить на екран пояснення щодо використання кнопок управління. Після підтвердження вибору прилад автоматично фіксує у пам'яті константи, пов'язані з вибраним каналом, та пропонує вибрати режим роботи. КА КЗМІ має два основні режими роботи: режим виміру рівнів сигналів та режим виміру співвідношення "сигнал/завада". Після вибору потрібного режиму пропонується вибрати смугу частот, у якій потрібно провести виміри. Для режиму "сигнал" виміри та обчислення можуть проводитися одночасно для всіх п'яти октав, тому вибирати смугу має сенс тільки для режиму "сигнал/завада". Далі прилад переходить до вимірів та обчислень.

V Загальні алгоритми вимірів та обчислень

Для режиму "сигнал/завада" виміри проводяться у наступній послідовності.

Встановлюється рівень акустичного поля. Спочатку вмикається генератор тестового сигналу, рівень встановлюється малим, а частота найнижчою. Далі до вимірювального каналу підключається мікрофон і вимірюється потужність акустичного сигналу. Отримане значення порівнюється з потрібним, і якщо воно менше останнього, рівень сигналу з генератора збільшується та вимір повторюється. Цей процес відбувається доти, поки не встановиться заданий рівень акустичного поля.

До вимірювального каналу підключається давач згідно з вибраним каналом і проводиться запис реалізації сигналу. Далі проводиться розрахунок спектру потужності. У зв'язку з тим, що оброблюваний сигнал у загальному випадку є "шумовим", потрібне усереднення. Для цього процес запису та обчислення спектру виконується декілька разів і вираховується середньоквадратичне значення спектру потужності. Емпірично встановлено, що кількість усереднень достатньо вибрати рівною восьми.

Визначаються межі (у "бінах" ШПФ), які відповідають вибраній октаві та обчислюється сумарний сигнал у вибраних межах. Оскільки номер "біна", у якому зосереджена енергія тестового сигналу, відомий, обчислюється різниця між ним та сумарним сигналом – це рівень завади. Рівень сигналу – це просто значення у вищевказаному "біні". Далі вираховується співвідношення "сигнал/завада", виражене у децибелах і виводиться на індикатор.

Дії повторюються для 5-ти точок в октаві, за цими точками обчислюється середнє значення і також виводиться на індикатор.

Для режиму "сигнал" вимірювання проводяться у наступній послідовності.

До вимірювального каналу підключається давач згідно з вибраним каналом і проводиться запис реалізації сигналу. Далі проводиться розрахунок спектру потужності. Оскільки час оновлення інформації на індикаторі не повинен бути малим, щоб не втомлювати оператора, кількість усереднень у даному режимі вибрана рівною тридцяти двом.

Визначаються межі (у "бінах" ШПФ), які відповідають кожній октаві, та обчислюється сумарний сигнал у вибраних межах. Отримані значення і є рівнем сигналів. Співвідношення їх до відповідного опорного рівня, виражене у децибелах, виводиться на індикатор.

Процес вимірювання повторюється доти, поки оператор не відмінить режим.

VI Розробка функціональної схеми та вибір комплектуючих елементів

Виходячи з вимог до апаратури були обчислені вимоги до технічних параметрів підсилювачів, швидкодії процесора, ємності пам'яті, типу індикатора. Очевидний висновок після аналізу отриманих результатів – неможливість використання вітчизняної елементної бази. Але це не є перешкодою, тому що ринок такого роду виробів швидко розвивається в Україні. Наприклад, тільки в Києві існує понад 50 фірм, які здійснюють прямі поставки комплектуючих від провідних світових виробників. Для використання в КА КЗМІ вибрані такі елементи.

Комплект давачів

- 1) Мікрофон Panasonic RP-VK60 з такими параметрами: тип – динамічний; смуга частот – 90...13000 Гц; чутливість – -55 дБ/Па.
- 2) Акселерометр KD-45 з параметрами: чутливість – 10 мВ/м/с²; смуга частот – 0.1...10000 Гц.
- 3) Акустоелектричний щуп у вигляді кабелю з подвійним екрануванням, вмонтованим підсилювачем та засобами для підключення до електричних мереж.

Комплект підсилювачів

Основною вимогою для підсилювачів є рівень їх шумів. Для акустичного та акустоелектричного каналів потрібен підсилювач з шумами не більше 3 нВ/√Гц, для віброакустичного каналу – з шумами не більше 20 нВ/√Гц та 20 фА/√Гц. Крім того специфіка побудови вхідної частини віброакустичного каналу вимагає використання двох підсилювачів, тому слід вибрати мікросхему, яка має два підсилювача в одному корпусі. Ще одна вимога – напруга живлення 5 В та струм споживання не більше 1...2 мА.

Вибрані мікросхеми виробництва фірми Analog Devices: для акустичного та акустоелектричного каналів – OP-90GP, для віброакустичного каналу – AD822S.

VII Обґрунтування вибору аналого–цифрового перетворювача

Найбільш важливим кроком у процесі проектування системи цифрової обробки сигналів безсумнівно є вибір АЦП. Тому розглянемо традиційні методи перетворення аналогових сигналів.

Найбільш відомими з такого роду пристроїв є паралельні перетворювачі. Тут аналоговий сигнал просто поступає на ряд компараторів напруги, по одному для кожного можливого вихідного значення. Недолік цього методу – велика кількість компараторів. Так для нашого випадку, щоб виконати умови по динамічному діапазону в 70 дБ (тобто 12 двійкових розрядів), потрібно 4096 компараторів. Мікросхем з такою щільністю компонування ще не існує.

Інтегруючі АЦП характеризуються більшим динамічним діапазоном, але відрізняються малою швидкістю. Для наших умов при максимальній частоті в 5700 Гц сучасні АЦП такого типу мають похибку приблизно в 1%, що можна вважати непридатним для використання в КА КЗМІ.

Найбільш широко використовуються в системах обробки сигналів так звані АЦП послідовного наближення, які здійснюють вибірку вхідного сигналу і порівнюють отримане значення з точними по амплітуді частинами опорної напруги.

Всі ці традиційні методи аналого–цифрового перетворення потребують виконання трьох незалежних операцій: фільтрації (для виключення ефектів спектрального накладання) за допомогою фільтрів нижніх частот, вибірки та квантування (див. рис. 2).



Рисунок 2 – Структура аналого–цифрового перетворення

Всі операції перетворення виконуються згідно з законом, відомим як критерій Найквіста. Цей закон стверджує, що частота вибірки, необхідна для того щоб відтворити вхідний сигнал за значеннями вибірки, має бути мінімум у два рази більшою, ніж частота вхідного сигналу. Якщо порушити це правило, то перетворення фактично не відбудеться, тому що вихідний код не буде відповідати вхідному сигналу. Щоб виконати критерій Найквіста, аналоговий сигнал перед виконанням операції вибірки треба пропустити скрізь фільтр нижніх частот. На жаль, для досягнення потрібної точності при побудованні такого фільтра потрібно багато прецизійних компонентів, що призводить до підвищення ціни, габаритів та складності схеми. Крім того такий фільтр вносить додаткові спотворення. АЦП за такою схемою був використаний в апаратно-програмному комплексі на базі стандартної ПЕОМ.

Найбільш сучасним методом аналого-цифрового перетворення для діапазону частот до 20000 Гц є сигма - дельта дискретизація з частотою, набагато більшою, ніж частота Найквіста (див. рис. 3). Сигма - дельта перетворення означає квантування різниці (дельта) між поточним значенням сигналу та сумою (сигма) попередніх різниць. Оскільки порівняння відбувається на великих частотах, різниця дельта є малою. Тому для відтворення цієї різниці потрібна значно менша кількість бітів, часто використовується навіть однієї бітний перетворювач. Підвищення частоти вибірки призводить до пропорційного зменшення вимог до спектрального накладання, для виконання критерію Найквіста у більшості випадків достатньо звичайної RC схеми. Після квантування в схемі знаходиться цифровий фільтр низьких частот та децимації, за допомогою якого подавляється вся енергія вище потрібної частоти так, що генеруються дані з високою точністю та звичайною частотою.

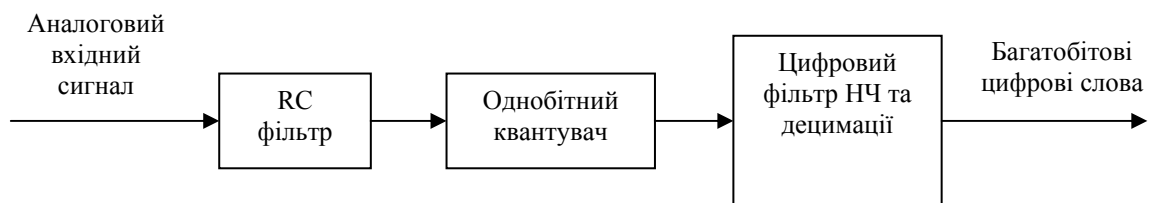


Рисунок 3 – Структура сигма - дельта перетворення

Виходячи з вищевказаного, було прийнято рішення використати в апаратурі КА КЗМІ перетворювач саме такого типу.

Ще одне питання, яке слід розглянути перед остаточним вибором АЦП, - це принцип генерування тестового сигналу. Вирішено формувати тестовий сигнал програмними засобами і виводити його за допомогою цифро-аналогового перетворювача (ЦАП). Викладені вище міркування щодо типу АЦП повністю придатні і у випадку ЦАП, тому доцільно використати ЦАП теж сигма - дельта типу.

Крім того логіка функціонування КА КЗМІ потребує одночасної роботи двох каналів вводу сигналу (тестовий сигнал та сигнал з вибраного каналу) та двох каналів виводу сигналу (тестовий сигнал та сигнал для запису). Таким чином потрібні два АЦП та два ЦАП. Виявляється, що сучасна промисловість виготовляє пристрої, які мають все це в одному корпусі. Це так званий "кодек" (рис.4). Кодеки надзвичайно широко використовуються у сучасних комп'ютерах для обробки звукових сигналів.

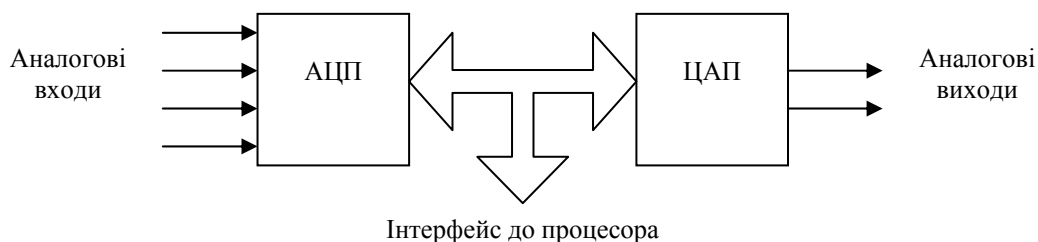


Рисунок 4 – Структурна схема кодека

Таким чином кодек практично є ідеальним для використання в апаратурі КА КЗМІ.

Вибір конкретного типу АЦП нерозривно пов'язаний з обраним мікропроцесором, тому розглянемо вимоги до останнього.

VIII Обґрунтування вибору мікропроцесора

Вимоги до мікропроцесора

Основною умовою в нашому випадку є здатність процесора обчислити перетворення Фур'є. Для цього потрібні такі параметри: швидкодія – не менше 20 млн. операцій за секунду; ємність пам'яті програм – не менше 16 К; ємність пам'яті даних – не менше 8 К.

Додатковою умовою є наявність у системі команд, пристосованих для обробки сигналів (таких як множення подвійної точності, множення – накопичення та ін.).

Таким вимогам не відповідають широко відомі універсальні процесори, такі як 80с51, PIC16XXX..PIC17XXX або Z8000 головним чином через низьку швидкість.

Найбільш придатними виявляються так звані сигнальні процесори (DSP), тобто процесори, що спеціально пристосовані до задач обробки сигналів. Типовий DSP складається з потужного обчислювального ядра, яке дозволяє проводити обчислення з підвищеною точністю, високошвидкісних периферійних пристроїв та декількох незалежних областей пам'яті. Крім того є можливість виконання до п'яти команд за один такт.

Сигнальні процесори відносяться до найбільш динамічних виробів на світовому ринку електронних компонентів. Їх параметри постійно вдосконалюються, а виробництво зростає і до 2005 року об'єм продажу по прогнозам складатиме 8 млрд. доларів.

Провідне місце у світі з виробництва DSP займають фірми Texas Instruments, AT&T, Analog Devices, Motorola. Практично кожний з процесорів, що виробляються цими фірмами, придатний для використання в апаратурі КА КЗМІ, але ми зупинилися на продукції Analog Devices (процесори ADSP), керуючись головним чином практичними міркуваннями.

По перше – AD активно присутня в Україні. Фірма постійно проводить семінари та консультації для користувачів, а це дуже допомагає при використанні нової техніки.

По друге – ціни на ADSP значно нижчі, ніж на інші.

По третє, ми вже зупинилися на підсилювачах виробництва Analog Devices. Крім того, найбільш придатними виявилися також і кодеки цієї фірми.

Четверте, фірма виробляє вже готові плати обробки, на яких встановлені необхідні компоненти та поставляє системне програмне забезпечення.

Таким чином для використання в КА КЗМІ вибрана плата EZLITE-2181 виробництва фірми Analog Devices (див. рис. 5).

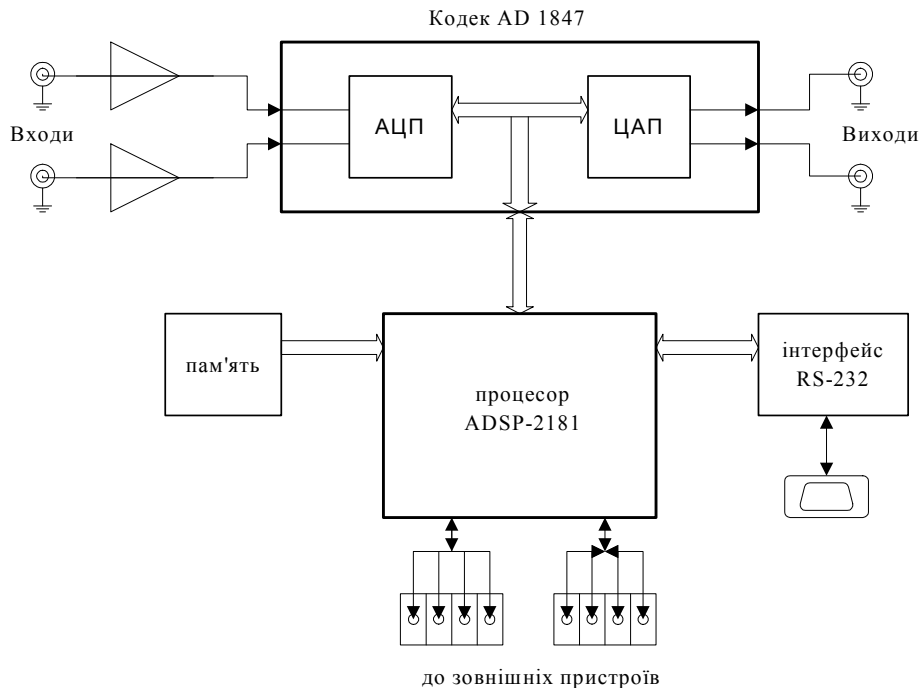


Рисунок 5 – Блок - схема плати обробки EZLITE – 2181

Плата має два входи аналогових сигналів та два підсилювача з коефіцієнтом підсилення 50. Далі сигнал подається на двоканальний АЦП, який входить до складу кодека AD 1847. До складу аналогової частини

кодека також входять підсилювачі, коефіцієнт підсилення яких можна регулювати програмними засобами. З виходу АЦП код подається до DSP для обробки. ЦАП може працювати незалежно від АЦП, тому на його входи можна подавати як оброблені коди, так і будь які інші. Програма для роботи DSP зберігається у пам'яті мікросхеми, ємність якої може сягати 1Мб. Для тестування, наладки а також зв'язку з зовнішньою ПЕОМ встановлено інтерфейс RS-232. Крім того є зовнішній інтерфейс для зв'язку з периферійним обладнанням.

Блок управління та індикації

Як викладено вище, для управління апаратурою КА КЗМІ використовується принцип "меню" і лише три кнопки, тому в блоці управління використовується проста схема, яка фіксує факт натискання на кнопку, а всі функції керування перекладені на процесор. Щодо пристрою індикації, то для застосування принципу "меню" простий цифровий індикатор непридатний. Тут потрібен багатофункціональний індикатор, який може відобразити не тільки цифри а й символи та слова, бажано хоча б російською мовою. Виходячи з розробленої структури меню, вибрано рідинно-кристалічний дисплей на чотири рядки по двадцять символів. Аналіз таких індикаторів від різних виробників показав, що всі вони використовують однакові контролери HD44780 фірми Hitachi та однакові дисплеї фірми Seiko. Тому з вибором індикатора не було жодної проблеми, всі індикатори сумісні один з одним, як за електричними, так і за конструктивними параметрами. Ми вибрали індикатор SC2004 фірми Volymix (Тайвань).

Генератор тестового сигналу, підсилювач та гучномовець

Як викладено вище генерація тестового сигналу відбувається програмними засобами, тому генератор як такий відсутній.

Як гучномовець вирішено застосувати готовий комплект акустичних систем, якими комплектуються сучасні персональні комп'ютери. На користь такого вибору впливає і те, що до складу такої системи входять підсилювач потужності та блок живлення. Нами вибрані акустичні системи Genius SP-305.

Блок живлення

Виходячи з обрахунків споживаної потужності для автономного живлення вибраний акумулятор Varta ємністю 1.2 А/год., напругою 12 В. Для живлення від мережі 220 В використовується блок живлення, що входить до складу акустичної системи.

IX Огляд математичного забезпечення

1. Обчислення спектру потужності та співвідношення сигнал/завада

1.1 Записати вхідний сигнал (1024 відліку):

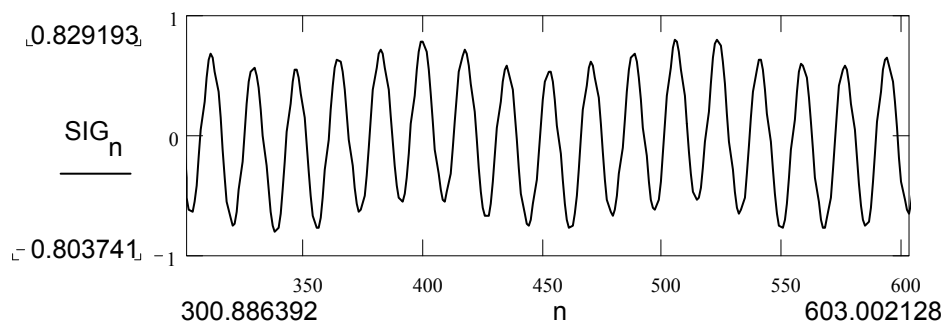
$$test := READPRN("input.prn")$$

$$N := length(test) \quad length(test) = 1.024 \cdot 10^3$$

$$n := 0 \text{ К } N - 1$$

$$SIG_n = \begin{cases} \frac{test_n - 65536}{32768} & \text{if } test_n > 32767 \\ \frac{test_n}{32768} & \text{otherwise} \end{cases}$$

1.2. Відобразити вхідний сигнал:

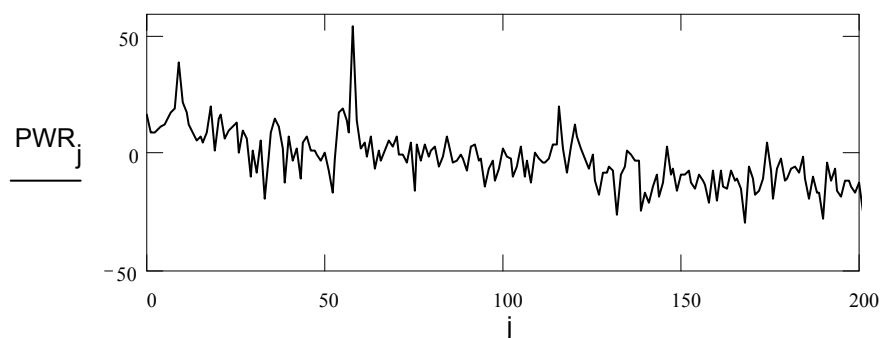


1.3. Обчислити спектр потужності:

$$spec := fft(SIG) \quad J := length(spec)$$

$$j := 0 \text{ K } J - 1$$

$$PWR_j := 10 \cdot \log \left[\left(\frac{2 \cdot |spec_j|}{\sqrt{N}} \right)^2 \right] + 58$$



1.4. Вирахувати співвідношення сигнал/завада.
Сумарний сигнал у першій октаві:

$$pwr_j = \left(\frac{2 \cdot |spec_j|}{\sqrt{N}} \right)^2 \quad SUMM := \sum_{j=32}^{64} pwr_j$$

$$SUMM = 0.45$$

Співвідношення сигнал/завада (у децибелах):

$$SNR := 10 \cdot \log \left(\frac{pwr_{58}}{SUMM - pwr_{58}} \right)$$

$$SNR := 29.523$$

2. Обчислення рівня сигналів проводяться на основі спектру потужності, що був вирахований раніше.

2.1. Рівень сигналу в першій октаві:

$$SIGNAL_1 := 10 \cdot \log \left(\sum_{j=32}^{64} pwr_j \right) + 58$$

$$SIGNAL_1 := 54.535$$

2.2. Рівень сигналу у другій октаві:

$$SIGNAL_2 := 10 \cdot \log \left(\sum_{j=65}^{128} pwr_j \right) + 58$$

$$SIGNAL_2 := 23.173$$

2.3. Рівень сигналу у третій октаві:

$$SIGNAL_3 := 10 \cdot \log \left(\sum_{j=129}^{256} pwr_j \right) + 58$$

$$SIGNAL_3 := 13.572$$

2.4. Рівень сигналу у четвертій та п'ятій октавах обчислюється аналогічно.

X Програмне забезпечення

Програмне забезпечення для апаратури КА КЗМІ написано мовою асемблера для процесора ADSP-2181. При його створенні використовувалися принципи та математичні моделі, обговорені вище. Повний обсяг програм складає 13 кілослів пам'яті програм та 3.4 кілослова пам'яті даних. Програми побудовані на використанні модульної структури, коли загальне керування здійснюється з головного модулю, а кожна окрема функція виконується незалежним модулем. Структурна схема програмного забезпечення показана на рис. 6.

Склад

Модуль "intvec" – таблиця переривань. В цьому модулі розташовані підпрограми обробки переривань від кодека, кнопок управління та системи контролю за станом акумулятора.

Модуль "kzmi" – головний модуль. Код з цього модуля виконується відразу після подання живлення. Звідси виповнюється самоконтроль та управління іншими модулями.

Модуль "codec" – керування кодеком. Тут програмується кодек, встановлюються коефіцієнти підсилення та частота дискретизації, виконується програма генерації тестового сигналу та програма, що формує сигнал для запису.

Модуль "lcd" – модуль керування дисплеєм. В цьому модулі розташована програма, що відображає інформацію на дисплеї. Крім того, тут здійснюється розпізнавання кнопок, що натиснуті, та встановлення відповідних режимів роботи.

Модулі "fft_main", "scrambl", "bfp_adjst", "fft", "mod_fft" – обчислення ШПФ та спектру потужності. "fft_main" – головний модуль ШПФ, "scrambl" – переставляння відліків вхідного сигналу, "fft" – виконання власне ШПФ, "bfp_adjst" – обробка блочної експоненти, "mod_fft" – обчислення спектру потужності.

Модуль "snr" – модуль обчислення співвідношення сигнал/завада.

Модуль "signal" – модуль обчислення рівнів сигналів.

Модуль "math" – бібліотека математичних функцій.

XI Функціональна схема КА КЗМІ

Повна функціональна схема показана на рис. 7. До складу КА КЗМІ входять два канали обробки. До першого з них постійно підключено мікрофон, який використовується для вимірювання рівню тестового сигналу, або при роботі з акустичним каналом. До другого каналу підключається акселерометр чи електричний шуп в залежності від обраного каналу. Підключення здійснює оператор. Сигнали далі подаються на плату підсилювачів і, потім, до кодеку. Кодек має засоби для програмного регулювання підсилення, яке виконує мікропроцесор. Після перетворення інформація подається до процесору для подальшої обробки. Процесор виконує потрібні обчислення, та відображає результати на індикаторі. Програмне забезпечення зберігається у мікросхемі пам'яті, встановленій у панелі на платі обробки. Тестовий сигнал та сигнал для запису через ЦАП подається на з'єднувачі для акустичної системи та пристрою запису. Живлення здійснюється за допомогою акумулятора або зовнішнього блока живлення.

Наведена функціональна схема КА КЗМІ повністю відповідає поставленим вимогам. Крім того схема має такі переваги перед апаратурою такого ж призначення:

- використовується найсучасніша елементна база, за рахунок чого значно зменшені габарити, маса, споживана потужність та кількість комплектуючих;
- використання спеціалізованого сигнального процесору дозволяє значно підвищити швидкість, поліпшити якість та точність вимірювань;
- спосіб побудови комплексу дозволяє постійно вдосконалювати засоби програмного забезпечення та методи обробки.

XII Технічні характеристики КА КЗМІ

Апаратура КА КЗМІ має наступний склад:

- комплект давачів;
- блок обробки та індикації;
- комплект з'єднувальних кабелів;
- блок живлення від мережі 220 В.

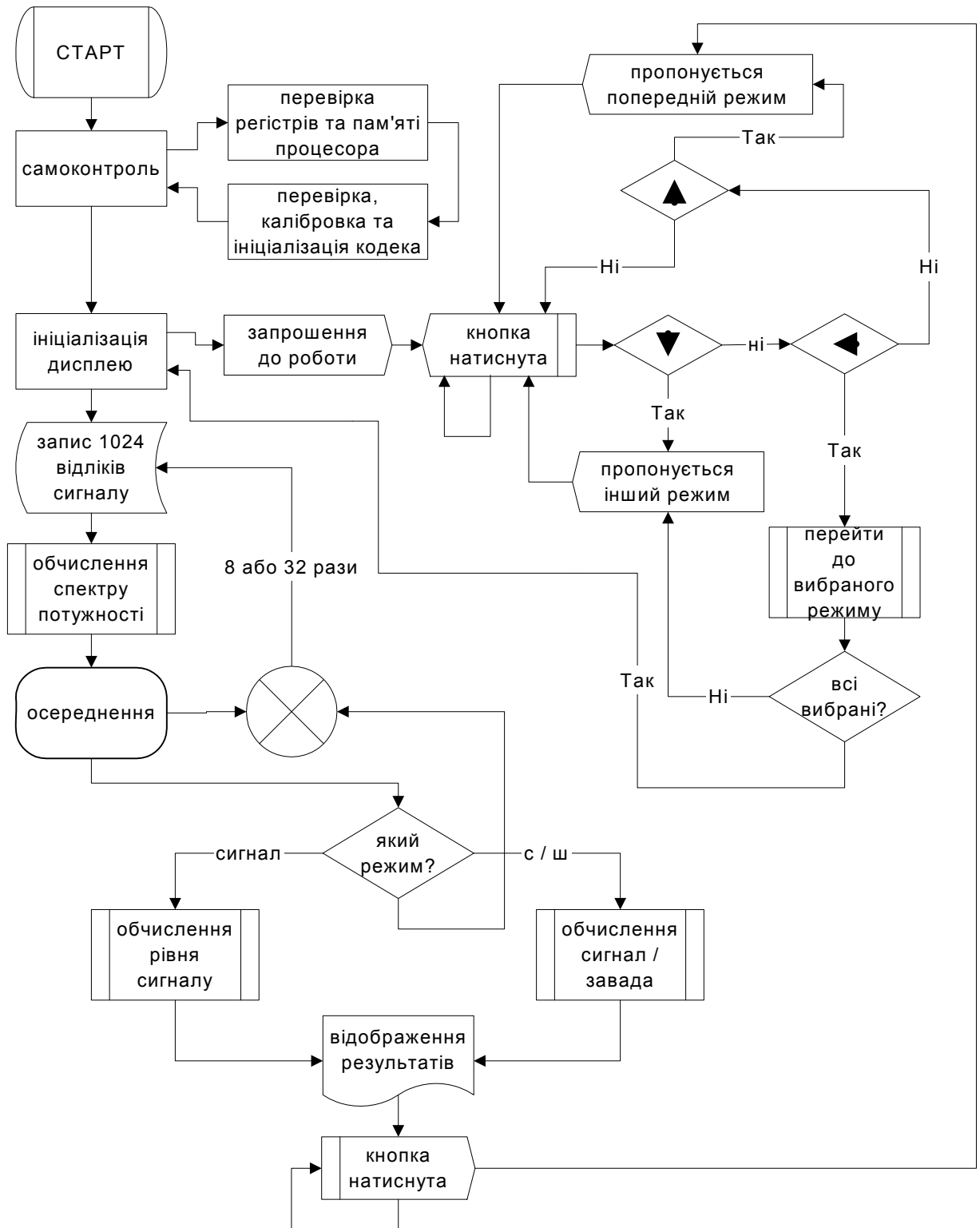


Рисунок 6 - Структурна схема програмного забезпечення

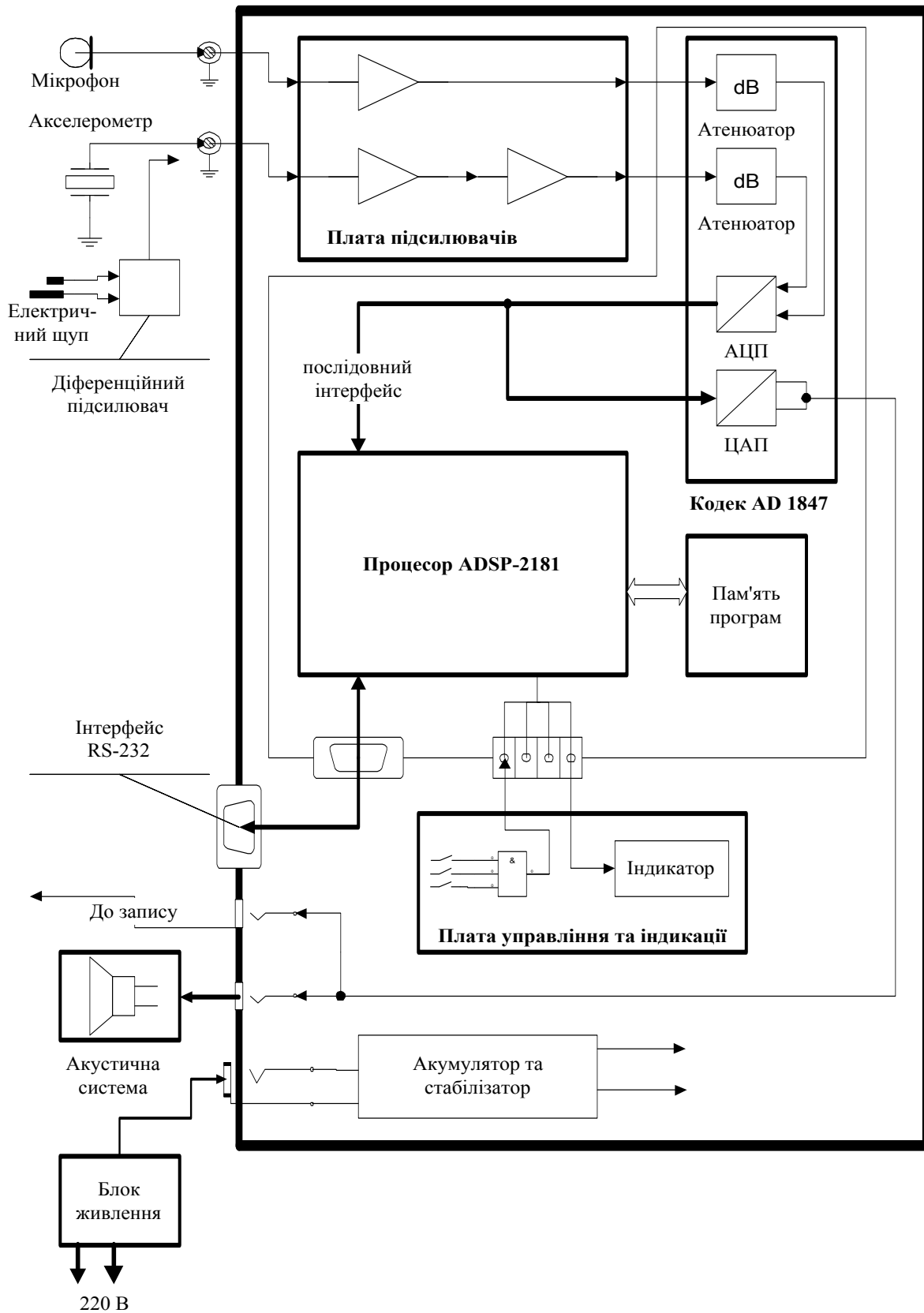


Рисунок 7 - Функціональна схема КА КЗМІ

Комплект давачів складається з:

- вібродавача (акселерометра) KD-45;
- мікрофону динамічного типу Panasonic RP-VK60;
- штативу для кріплення мікрофону;
- електричного щупа (для вимірювань в акустоелектричному каналі);
- акустичної системи Genius SP-305.

Блок обробки складається з:

- плати підсилювачів;
- плати обробки типу EZLITE-2181 виробництва фірми Analog Devices (США);
- плати управління та індикації;
- блока живлення.

На платі підсилювачів розташовані перетворювач заряду та мікрофонний підсилювач. На платі обробки розташовані кодек AD-1847, до складу якого входять аналого-цифровий та цифро-аналоговий перетворювачі, сигнальний мікропроцесор типу ADSP-2181, схема зв'язку із зовнішньою ПЕОМ, мікросхема енерго незалежної пам'яті, в якій зберігається програмне забезпечення. На платі управління та індикації розташовані рідинно-крystalічний символний дисплей (РКД) та кнопки керування. Блок живлення складається із акумулятора, стабілізатора та схеми контролю за зарядом/розрядом акумулятора.

Комплект з'єднувальних кабелів складається з:

- вібростійкого кабелю для підключення вібродавача;
- кабелю для підключення мікрофону;
- кабелю для підключення електричного щупа;
- кабелю для підключення акустичної системи.

ХІІІ Конструкція КА КЗМІ

Конструктивно КА КЗМІ виконаний у вигляді настільної конструкції. Корпус складається з двох частин – верхньої кришки та піддону, і має вигляд прямокутника з нахиленою передньою панеллю, яка становить одне ціле з верхньою кришкою. На верхній кришці встановлений дисплей та плата керування, на якій, в свою чергу, розміщені кнопки управління. Зовнішній вигляд кришки показаний на рис. 8. Пунктиром позначені плати дисплею та управління.

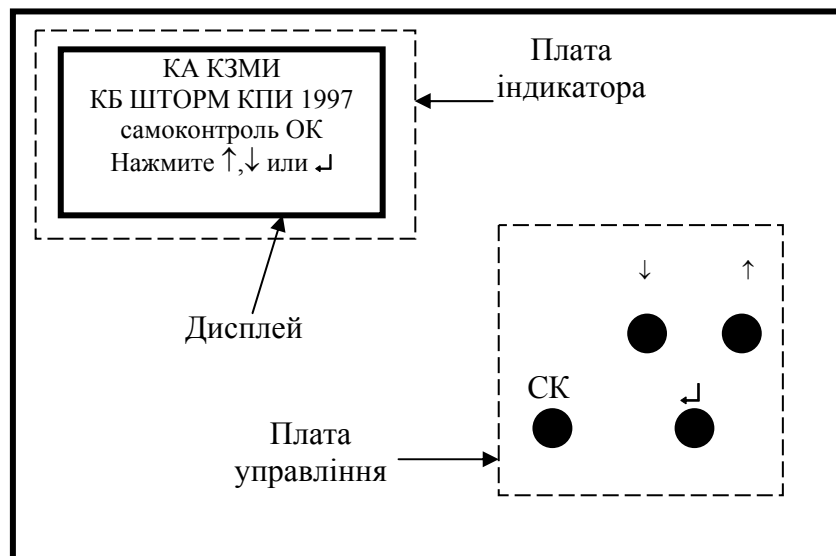


Рисунок 8 – Зовнішній вигляд верхньої панелі КА КЗМІ

Вигляд піддону зі знятою кришкою показаний на рис. 9. На задній поверхні піддону встановлені з'єднувачі для зовнішніх з'єднань та вимикач живлення.

XIV Алгоритми роботи КА КЗМІ

КА КЗМІ працює під керуванням програми - монітору, яка зберігається у EPROM, розташованій на платі обробки. Програма автоматично завантажується у пам'ять мікропроцесора після подання живлення. Програма виконує наступні функції:

- контроль за справністю КА КЗМІ;
- керування аналого-цифровим та цифро-аналоговим перетворювачами;
- керування РК дисплеєм;
- емуляція послідовного порту RS-232 (9600 bps) для зв'язку із зовнішньою ПЕОМ;
- потрібні обчислення.

Режими роботи КА КЗМІ

- контроль. У цьому режимі проводяться тести регістрів та пам'яті мікропроцесора, ініціалізація та калібрування підсилювачів, аналого-цифрового та цифро-аналогового перетворювачів;
- робочий режим. У цьому режимі проводяться вимірювання рівня сигналів або співвідношень сигнал/завада у віброакустичному, акустичному та акустоелектричному каналах;
- режим зв'язку із зовнішньою ПЕОМ. Цей режим використовується для тестування та наладки КА КЗМІ в процесі виробництва та атестації.

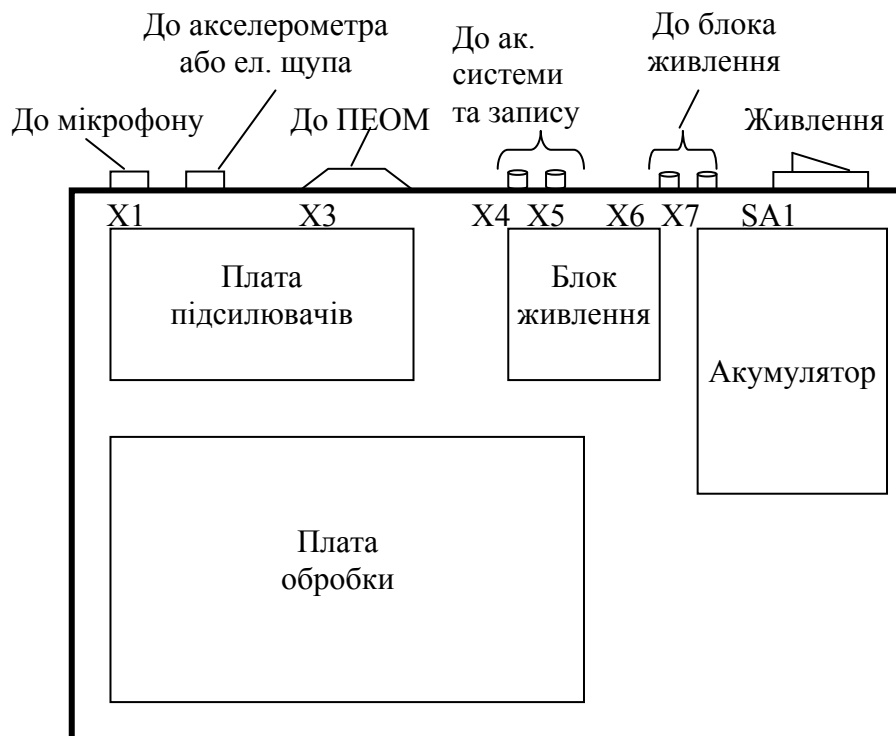


Рисунок 9 – КЗМІ зі знятою кришкою

XV Порядок роботи та взаємодія з оператором

Після подання живлення КА КЗМІ автоматично переходить до режиму "Самоконтроль". По завершенні контролю екран РК дисплею має наступний вигляд:

КА КЗМІ
КБ ШТОРМ КПИ 1999
Самоконтроль - ОК
Нажмите ↵

Перші два рядки – рекламні, наступний відображає наслідки самоконтролю. Третій пропонує оператору натиснути клавішу "↵" для продовження. Якщо буде натиснуто клавішу "С" КА КЗМІ знову перейде до режиму "Самоконтроль".

Далі КА КЗМІ переходить до режиму "Вибір каналу", екран РК дисплею має наступний вигляд:

ВЫБОР КАНАЛА	ВИБРО
↑ - выбор	
↓ - возврат	
↵ - подтвердить	

Перший рядок відображає режим роботи **ВЫБОР КАНАЛА** та вибраний канал (у даному випадку - **ВИБРО**канал). Другий рядок пропонує натиснути клавішу "↑" для вибору іншого каналу. При послідовному натисканні на клавішу "↑" у правій частині першого рядка відображається назва вибраного каналу: **АКУСТ.** або **Э.Л.АК.** Третій рядок пропонує натиснути клавішу "↓" для переходу до попереднього режиму. Четвертий рядок пропонує натиснути клавішу "↵", якщо вибрано потрібний канал. Призначення клавіш однакове для всіх режимів

Наступний режим - вибір виду вимірювань, екран РК дисплею має наступний вигляд:

КАНАЛ	ВИБРО
ВЫБОР РЕЖИМА	С/Ш
Нажмите ↑,↓ или ↵	

Перший рядок відображає вибраний канал – **ВИБРО**, другий рядок – вид вимірювань (у даному випадку – **С/Ш**, вимірювання співвідношення сигнал/завада). Четвертий рядок пропонує наступні дії оператору. При послідовному натисканні на клавішу ↑,↓ у правій частині другого рядка відображається **СИГНАЛ** або **С/Ш** (сигнал/завада).

Наступний режим – вибір виду вимірювань (продовження), екран РК дисплею має наступний вигляд:

КАНАЛ	ВИБРО
РЕЖИМ	С/Ш
ВЫБОР ПОЛОСЫ	1 октава
Нажмите ↑,↓ или ↵	

Перший рядок відображає вибраний канал – **ВИБРО**, другий рядок – вид вимірювань – **С/Ш**, третій рядок режим вибору смуги аналізу. При послідовному натисканні на клавішу ↑ у правій частині третього рядка відображається смуга аналізу – 1...5 октава.

Наступний режим – вимірювання та обчислення. У цьому режимі КА КЗМІ генерує тестовий акустичний сигнал потрібного рівня та частоти, вимірює ревно сигналу, завади у встановлених каналах та проводить необхідні обчислення. По завершенні екран РК дисплею має наступний вигляд:

ВИБРО* С/Ш*1 октава*Дб				
-21	-15	-08	03	13
СРЕДНЕЕ ЗНАЧЕНИЕ: -17 Дб				
Нажмите ↑,↓ или ↵				

Перший рядок відображає режим, у якому були проведені вимірювання (у даному випадку – віброканал, сигнал, перша октава, одиниці вимірювання – децибели). У другому та третьому рядках відображені

результати вимірювань у п'яти точках та середній рівень для вибраної октави. Після натискання на будь-яку клавішу КА КЗМІ повернеться до попереднього режиму.

XVI Висновки та рекомендації

Конструкторським бюро "Шторм" виконана науково–дослідна експериментальна робота, в результаті якої був створений зразок апаратури контролю за захистом мовної інформації від витоку акустичним, віброакустичним та акустоелектричним каналами. Розроблена апаратура призначається для використання підрозділами ТЗІ підприємств, установ та організацій.

Апаратура КА КЗМІ забезпечує вимірювання рівнів сигналів, завад та співвідношення "сигнал/завада" у виділених приміщеннях 3-ма можливими каналами витоку мовного сигналу:

- акустичним;
- віброакустичним;
- акустоелектричним.

В ході виконання роботи проведені дослідження, включаючи патентні, існуючих методів та принципів захисту мовної інформації, що включають також активні методи захисту. Розроблені методи вимірювання сигналів та завад, співвідношень "сигнал/завада" у виділених приміщеннях від витоку по акустичному, віброакустичному та акустоелектричному каналах. Проведено аналіз аналогів апаратури для вимірювання сигналів та завад, розглянуті принципи побудови, міжнародні тенденції побудови та вибрано варіант побудови зразка апаратури КА КЗМІ разом з програмним та метрологічним забезпеченням.

Визначені тенденції та принципи побудови конструкції апаратури КА КЗМІ, панелі індикації, зовнішніх зв'язків з урахуванням алгоритмів функціонування у різних режимах роботи та взаємодії оператора з комплексом.

Для використання апаратури КА КЗМІ підрозділами ТЗІ підприємств, установ та організацій з метою забезпечення серійного виготовлення дослідної партії апаратури КА КЗМІ доцільно проведення робіт з розробки конструкторської документації, атестації та сертифікації.