

Міністерство освіти і науки України
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут» Інститут енергозбереження та
енергоменеджменту

ВІРТУАЛЬНІ ПРИЛАДИ ІНЖЕНЕРНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ до виконання практичних робіт Частина IV

для студентів напрямку підготовки 6.050702 «Електромеханіка» (спеціальності
7.05070205 «Електромеханічні системи геотехнічних виробництв»)

Київ
НТУУ «КПІ»
2016

Віртуальні прилади інженерних досліджень: методичні вказівки до виконання практичних робіт. Частина IV / Уклад.: О.М. Терентьев, А.Й. Клещов. – К.: НТУУ «КПІ», 2016. – 36 с.

*Гриф надано Вченою радою
Інституту енергозбереження та
енергоменеджменту НТУУ «КПІ»
(Протокол № 9 від 15 лютого 2016 р.)*

Навчальне видання

Віртуальні прилади інженерних досліджень

Методичні вказівки

до виконання практичних робіт

для студентів напрямку підготовки 6.050702 «Електромеханіка» (спеціальності
7.05070205 «Електромеханічні системи геотехнічних виробництв»)

Електронне видання

Укладачі: *Терентьев Олег Маркович, д.т.н., проф.*

Клещов Антон Йосипович, аспірант

Відповідальний

редактор: *Лістовицк Леонід Костянтинович, к.т.н., доц.*

Рецензент: *Ткачук Костянтин Костянтинович, д.т.н., проф.*

Комп'ютерний

набір: *Клещов Антон Йосипович, аспірант*

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ	4
ЗАГАЛЬНІ МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ДО ВИКОНАННЯ ПРАКТИЧНИХ РОБІТ	5
ПРАКТИЧНА РОБОТА №7. МЕДІАННИЙ ФІЛЬТР ІМПУЛЬСНИХ ПЕРЕШКОД	8
Вступ	8
7.1 Теоретичні відомості	8
7.2. Видалення імпульсної перешкоди з сигналу за допомогою медіанного фільтра (Fir_med.vi)	9
7.3. Збирання контрольної панелі	10
7.4 Хід виконання	18
ПРАКТИЧНА РОБОТА № 6. ОБЧИСЛЕННЯ ІНТЕГРАЛІВ	19
Вступ	19
8.1. Теоретичні відомості	19
8.2. Контрольна панель і блок – схема віртуального приладу	25
8.3. Підготовка контрольної панелі віртуального приладу	27
8.4 Збирання блок-схеми віртуального приладу інтегрування методом трапеції	33
8.5. Обчислення інтегралів за правилом Сімпсона	34
8.6. Хід виконання роботи	34
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	36

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ

ВП – віртуальний прилад.	шт. – штук.
г – грам.	I/O – Input/Output – Вхід/Вихід.
ДКПП – державний класифікатор.	Tools Pallet – палітра інструментів.
продуктів та послуг.	SubVI – віртуальний підприлад.
ДСТУ – державний стандарт України.	VI – віртуальний прилад.
інв. – інвентарний номер.	
К. – Київ.	
КП – код продукції.	
ЛКМ – ліва клавіша миші.	
м – метр.	
м. – місто.	
мг – міліграм.	
мм – міліметр.	
НКТ – насосно-компресорна труба.	
ОП – операційний підсилювач.	
ОФХ – осцилограф форми хвилі.	
ПКМ – права клавіша миші.	
ПЕ – п’єзоелектрик.	
р. – рік.	
рис. – рисунок.	
с. – сторінка.	
табл. – таблиця.	
УДК – універсальний десятиковий класифікатор	

ЗАГАЛЬНІ МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ДО ВИКОНАННЯ ПРАКТИЧНИХ РОБІТ

Дисципліна – Віртуальні прилади інженерних досліджень

Загальна мета виконання практичних робіт з дисципліни «Віртуальні прилади інженерних досліджень» полягає у забезпеченні підготовки студентів по комплексу питань теорії функціонування, дослідження основних параметрів, комп'ютерного моделювання, проектування та експлуатації електромеханічного обладнання, яке використовується в промисловості, на транспорті та будівництві.

Загальне завдання практичних робіт полягає у формуванні в студентів системи знань:

- фізичних основ, теорії та принципів дії електромеханічного обладнання;
- особливостей конструктивного влаштування установок та машин;
- правил технічної експлуатації електромеханічного обладнання;
- основ проектування установок;
- вимог правил безпеки та устрою промислових об'єктів;
- науково-технічних напрямків та шляхів зниження частини ручної праці, охорони довкілля та охорони праці.

З вивченням дисципліни, **студенти повинні вміти:**

- технічно вірно та економічно обґрунтовано обирати установки і вимірювати їх основні робочі параметри;
- проводити розрахунки та аналіз оптимальних параметрів установок;
- виконувати вимірювання і аналіз режимів роботи машин відповідно до існуючих ДСТУ, затверджених методик та інших нормативних документів.

В результаті виконання практичних робіт, **студенти повинні орієнтуватися у правилах:**

- виконання розрахунків по проектуванню установок, вибору основного та допоміжного обладнання, створення віртуальних приладів для вимірювання їх основних робочих параметрів;
- визначення фактичного режиму роботи і показників функціонування обладнання;
- дослідження та визначення ефективності режимів роботи установок.

Студент повинен засвоїти основні питання курсу «Віртуальні прилади інженерних досліджень» та знати принципи роботи в програмній оболонці LabView. При виконанні практичних робіт, студенти використовують електронний конспекти лекцій та методичні вказівки.

Об'єктом дослідження практичних робіт є конкретні процеси, що протікають при експлуатації електромеханічного обладнання, яке використовується в промисловості, на транспорті та будівництві.

Методика вирішення експериментального завдання спирається на загальні теоретичні концепції, які повинні бути наведені у перших підрозділах звіту з кожної практичної роботи. Ці теоретичні положення повинні сприяти повному усвідомленню кожним студентом суті та технології експериментальних досліджень, що проводилися.

Устаткування, прилади та матеріали, які використовуються при виконанні практичних робіт обираються та обґрунтовуються індивідуально кожним студентом. Для кожного стенду готується його опис відповідно до будь якої із вказаних далі схем: принципової, електричної, монтажно-технологічної, гідравлічної тощо. Опис стенду необхідно проводити в наступній послідовності:

- призначення та область використання;
- склад і принцип дії;
- технічні характеристики;

- переваги і недоліки у порівнянні із вже існуючими.

Заходи безпеки. Оскільки виконання робіт пов'язане із використанням приладів, апаратури та різного устаткування, перед початком необхідно ознайомитись із загальними правилами техніки безпеки на робочому місці учбової аудиторії. Ознайомлення з правилами підтверджується особистим підписом у Журналі з техніки безпеки із обов'язковим зазначенням дати проведення і особи, що проводила інструктаж з техніки безпеки.

Оформлення звіту та порядок його подання повинні відповідати вимогам ДСТУ 3.008-95 «Документація. Звіти в сфері науки і техніки. Структура і правила оформлення», який гармонізований з міжнародним стандартом ISO 5966: 1982 “Documentation – Presentation of scientific and technical report”, що використовують у своїй роботі фахівці таких найбільш передових і розвинених країн, як США, Японія, Франція, Німеччина, Канада, Нідерланди, Бельгія та інших.. Звіт з практичної роботи повинен містити таблиці з результатами експерименту, графіки, гістограми тощо, із детальним їх аналізом та поясненням. Із звіту мають бути вилючена загальновідома інформація, що призводить до втрати часу. За необхідності, вона наводиться у додатках.

Особливо підкреслюється необхідність складання висновків та практичних рекомендацій за результатами роботи. Доцільно вказати де надалі може бути використаний матеріал звіту студентом (при підготовці до заліку, екзамену, курсової роботи тощо). Оформлення переліку посилань готується у відповідності до ДСТУ 7.1 -2006.

ПРАКТИЧНА РОБОТА №7

МЕДІАННИЙ ФІЛЬТР ІМПУЛЬСНИХ ПЕРЕШКОД

Вступ (готується самостійно відповідно до ДСТУ 3.008-95)

Мета – створити віртуальний прилад медіанного фільтру імпульсних перешкод.

Задачі:

1. Задати вхідний синусоїдальний сигнал змінного струму в межах від -1 до 1.
2. Розробити програму і методику експерименту із створеним приладом.

7.1. Теоретичні відомості

Медіанний фільтр - один з видів цифрових фільтрів, широко використовуваний в цифровій обробці сигналів та зображень для зменшення рівня шуму. Медіанний фільтр є нелінійним FIR-фільтром [1].

Значення відліків усередині вікна фільтра сортуються в порядку зростання (спадання); і значення, що знаходиться в середині упорядкованого списку, надходить на вихід фільтра. У разі парного числа відліків у вікні вихідне значення фільтра дорівнює середньому значенню двох відліків в середині упорядкованого списку. Вікно переміщується уздовж сигналу, що фільтрується, і обчислення повторюються.

Медіанна фільтрація - ефективна процедура обробки сигналів, що піддаються впливу імпульсних перешкод [2]. У результаті застосування лінійних фільтрів, що згладжують, відбувається придушення шумів, але одночасно розмиваються границі між областями з різною амплітудою сигналу. Для зменшення кількості розмитих границь розроблені різні нелінійні фільтри.

Різниця між лінійною та нелінійною фільтрацією полягає в тому, що при лінійній фільтрації обчислюється лінійна комбінація відліків сигналу, а при нелінійній фільтрації виконуються нелінійні перетворення відліків сигналу в околиці елементів, які обумовлюються маскою фільтра.

Поряд з лінійними фільтрами, в LabVIEW відомий **Медіанний фільтр Median Filter.vi**. Його основне призначення - усувати з сигналів імпульсні перешкоди [3]. При цьому такий фільтр практично без спотворень пропускає «сходінку». Ця властивість робить його 2- мірний варіант незамінним при очищенні зображень від коротких імпульсних перешкод. Контури елементів зображення при цьому не розмиваються. Застосування традиційного ФНЧ призвело б до розпливання зображення. Модель БХ- фільтра Частотні характеристики - Ширина перехідної області для зазначеного порядку фільтра Необхідний порядок для задоволення заданих технічних вимогам Баттерворта, Чебишева Інверсний, Чебишева Еліптичний.

7.2. Видалення імпульсної перешкоди з сигналу за допомогою медіанного фільтра (Fir_med.vi)

7.2.1. Контрольна панель ВП для видалення імпульсної перешкоди з сигналу за допомогою медіанного фільтра, показана на рисунку 9.1.

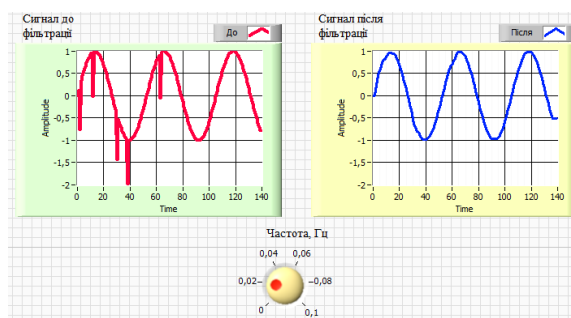


Рисунок 7.1 - Контрольна панель ВП для видалення імпульсної перешкоди з сигналу за допомогою медіанного фільтра

7.2.2. Блок-схема ВП для видалення імпульсної перешкоди з сигналу за допомогою медіанного фільтра, показана на рисунку 7.2.

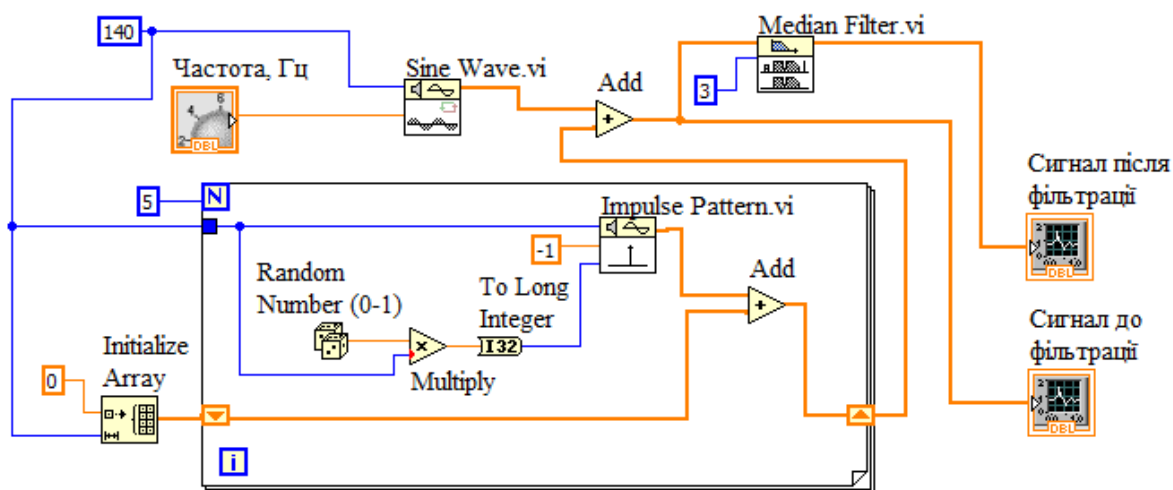


Рисунок 7.2 - Панель функцій, блок-схема ВП для видалення імпульсної перешкоди з сигналу за допомогою медіанного фільтра

7.2.3. Зверніть увагу на використання генератора випадкових чисел для завдання положення імпульсу і зсувного регістру і підсумовування в циклі For Loop для створення сигналу, що складається з імпульсів. У ВП **Sine Wave.vi** частота задається як $f = \text{число періодів} / \text{число відділків}$.

7.3. Збирання контрольної панелі

7.3.1. Для збирання контрольної панелі ВП для видалення імпульсної перешкоди з сигналу за допомогою медіанного фільтра необхідно вивести на контрольну панель три **Графічні осцилографи - Waveform Graph** для фіксації значень сигналів до і після фільтрації.

7.3.2. Один осцилограф буде відображати сигнали до фільтрації, другий – після фільтрації, а третій буде фіксувати обидва масиви значень сигналів до і після використання медіанного фільтра.

7.3.3. Для виведення на контрольну панель **Кнопки – Knob**, для регулювання частоти сигналу необхідно з меню **Контрольні – Controls** обрати піктограму **Цифрові (1,1) – Numeric (1,1)**. Відкривається меню **Numeric**, в

якому обирають піктограму **Кнопка (3,1) - Knob (3,1)** і не відпускаючи ЛКМ перетягнути кнопку на контрольну панель, рисунок 7.3.

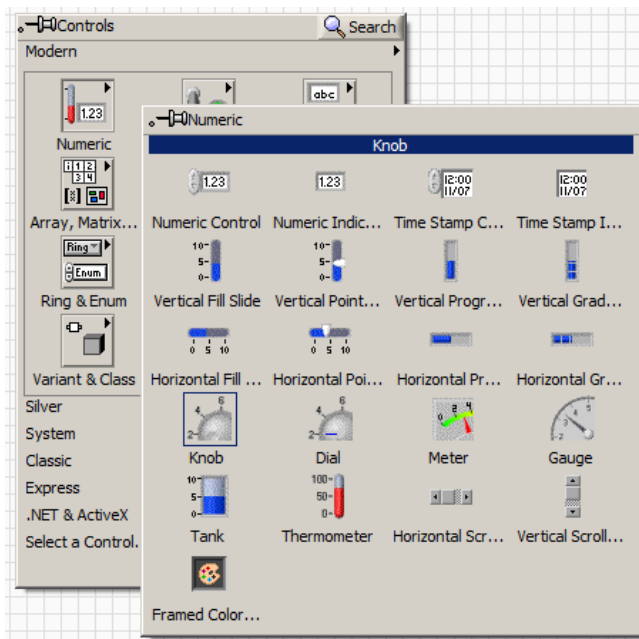


Рисунок 7.3 – Шлях до піктограми **Кнопки – Knob**

7.3.4. За допомогою текстового редактора підписати назву кнопки Частота, Гц.

7.3.5. У блок схему потрібно ввести **Генератор синусоїдального сигналу – Sine Wave.vi**. Його піктограму показано, рисунку 7.4.

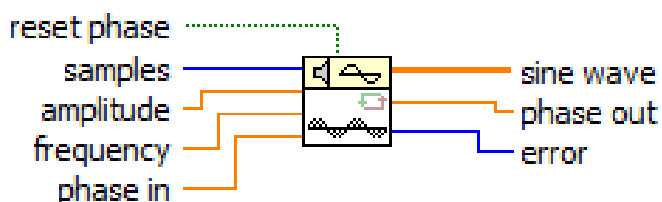


Рисунок 7.4 – Піктограма **Генератора синусоїдального сигналу – Sine Wave.vi**.

7.3.6. Шлях до **Генератора синусоїдального сигналу – Sine Wave.vi** лежить через меню **Функції - Functions**, рисунок 7.5.

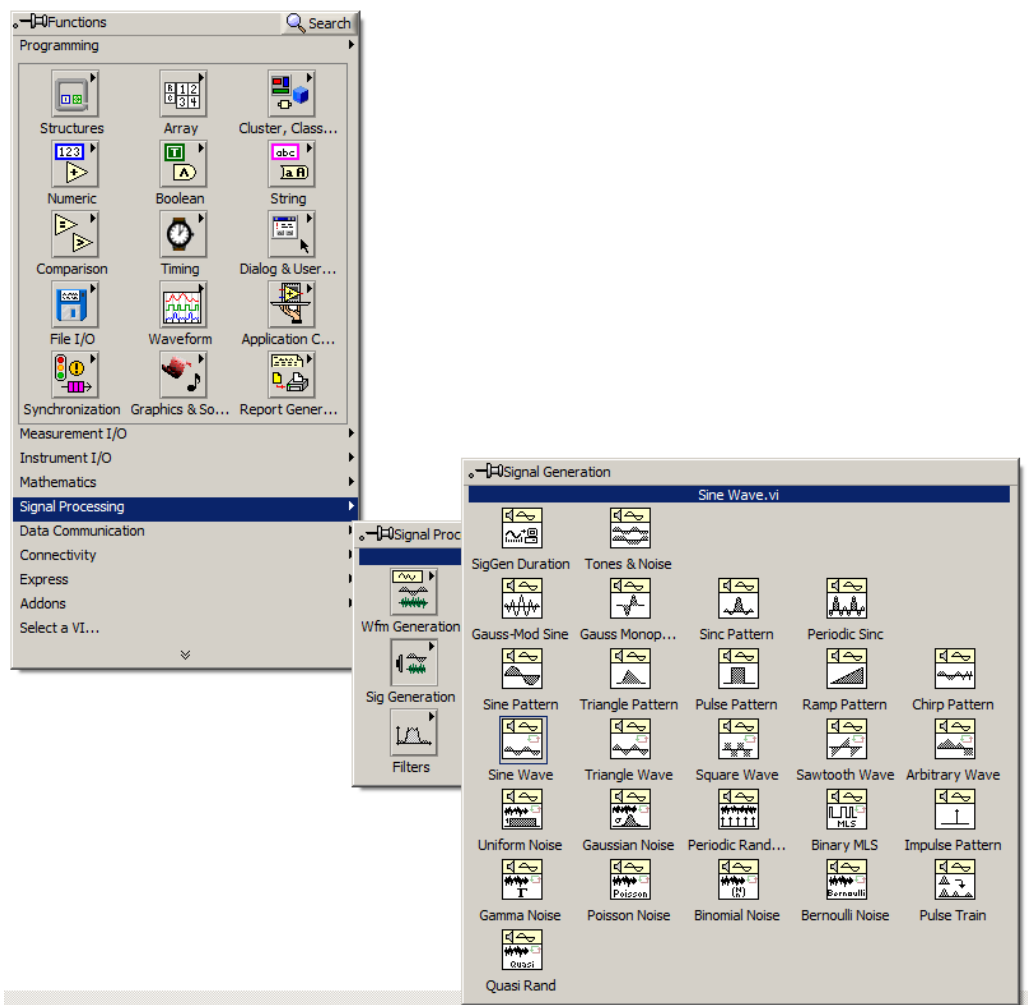


Рисунок 7.5 - Шлях до Генератора синусоїдального сигналу – **Sine Wave.vi**. лежить через меню **Функції -Functions**

7.3.7. В меню **Функції - Functions** слід обрати рядок **Обробка сигналів - Signal Prossecing**, в якому слід обрати піктограму **Генератори сигналів (2,1) – Sig Generator (2,2)**, відкривається його меню, де слід обрати піктограму **Генератор синусоїдального сигналу (3,1) – Sine Wave.vi. (3,1)**.

7.3.8. ВП **Шаблон імпульсу - Impulse Pattern.vi** створює масив, що містить шаблон імпульсу, рисунок 7.6. Його можливо знайти за шляхом:
 C:\Prograv Files(86)\National Instrument\LabVIEW 2013\vi.lib\Analysis\1siggen.lib\Impulse Pattern.vi. Його також можливо знайти у п'ятому рядку п'ятого стовпчика меню **Обробка сигналів - Signal Prossecing**, рисунок 7.5.

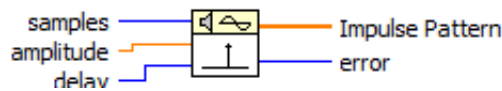


Рисунок 7.6 – Піктограма ВП Шаблон імпульсу - **Impulse Pattern.vi**

7.3.9. Віртуальний прилад **Медіанний фільтр – Median Filter.vi**, рисунок 7.10, виконує медіанну фільтрацію вхідної послідовності **X** фільтром з заданим **рангом-rank**. Вхід **X** є вхідний сигнал, що підлягає фільтрації. Якщо число елементів **X** менше або дорівнює значенню **ранг**, тоді ВП Виводить на вихід **відфільтрований сигнал X – Filter X** пустий масив і повертає помилку. Вхід **ранг-rank** повинен бути більшим або дорівнювати нулю. По замовчуванню значення на вході дорівнює 2.

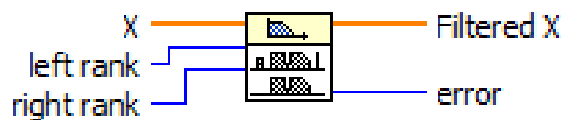


Рисунок 7.10 – Піктограма віртуального приладу **Медіанний фільтр – Median Filter.vi**

7.3.10. ВП **Медіанний фільтр – Median Filter.vi** розраховує елементи вихідної послідовності відфільтрований сигнал **X** при використанні наступного виразу:

$$y_i = \text{Median}(J_i), \quad (7.1)$$

де $i = \overline{0, n-1}$.

J_i – фрагмент вхідної послідовності **X**, що відцентрований відносно i -го елементу **X**;

J_i – задається наступним чином:

$$J_i = \{x_{i-r}, x_{i-r+1}, \dots, x_{i-1}, x_i, x_{i+1}, \dots, x_{i+r-1}, x_{i+r}\}, \quad (7.2)$$

де r – ранг фільтру.

7.3.11. Шлях до ВП **Медіанний фільтр – Median Filter.vi** через меню Функцій, в якому обирають рядок **Обробка сигналів – Signal Processing** відкривається меню **Обробка сигналів – Signal Processing**, в якому обирають піктограму **Фільтри (3,1) - Filters (3,1)**, відкривається меню **Filters**, в якому слід обрати піктограму **Медіанний фільтр (4,1) - Median Filter (4,1)**, рисунок 7.11. Не відпускаючи ЛКМ перетягнути її на панель функцій, розмістивши як показано на рисунку 7.2.

7.3.12. Виконавець має змогу викликати ВП **Медіанний фільтр – Median Filter.vi**, безпосередньо з бібліотеки віртуальних приладів, яка є в наявності у оболонці LabVIEW 2013. Для цього з командного рядка набирають

C:\Program Files(86)\National Instrument\LabVIEW 2013\vi.lib\Analysis\3filter.lib\Median Filter.vi

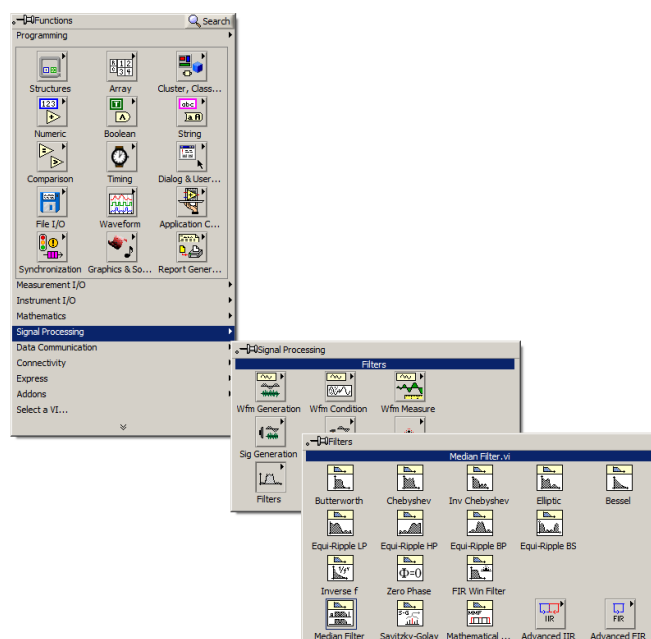


Рисунок 7.11 - Шлях до ВП **Медіанний фільтр – Median Filter.vi** через меню Функцій

7.3.13. Функція **Ініціалізація масиву – Initialize Array**, рисунок 9.12, створює **n- вимірний масив**, у якому кожному елементу присвоюється значення, що задано на вході **Елемент – Element**. Розмірність вихідного масиву

може бути збільшена розтягненням іконки по верти калі за допомогою інструмента переміщення з **Панелі інструментів – Tools Palette**. На вхід **Елемент – Element** може подаватися будь-яка величина скалярного типу. Вхід **Розмір масиву – Dimension size 0...n-1** повинен бути числовим.

7.3.14. Функція **Ініціалізація масиву – Initialize Array** створює пустий масив, якщо на один з входів **Розмір масиву – Dimension size 0...n-1** надходить 0. Для ініціалізації **n- вимірного масиву** необхідно мати **n** терміналів **n**. Вихід **Ініціалізований масив – Initialized Array** є масивом того ж типу, що і величина на вході **Елемент – Element**.

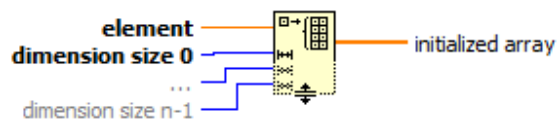


Рисунок 7.12 - Функція **Ініціалізація масиву – Initialize Array**

7.3.15. Шлях виклику функції **Ініціалізація масиву – Initialize Array** через меню **Функції – Functions** в якому слід обрати піктограму **Масив (1,2) – Array (1,2)**, відкривається меню **Масив - Array**, в якому оберіть піктограму функції **Ініціалізація масиву – Initialize Array (2,1)** рисунок 7.13. Не відпускаючи ЛКМ перетягніть функцію на панель функцій і розмістите її як показано на рисунку 7.2.

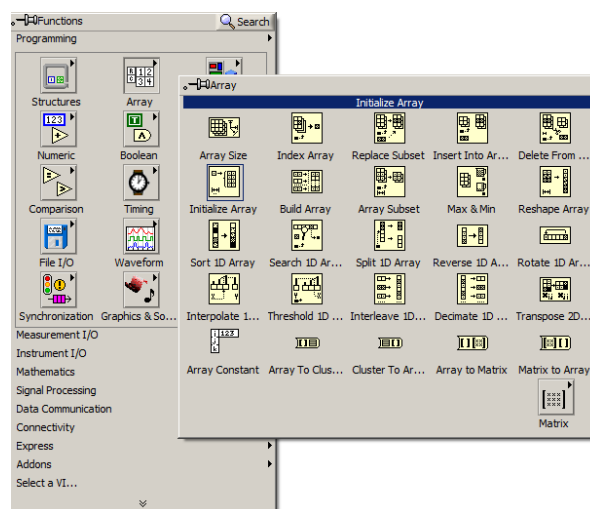


Рисунок 7.13 - Шлях виклику функції **Ініціалізація масиву – Initialize Array**

7.3.16. Функція **В довге ціле число - To Long Integer**, рисунок 7.14, відноситься до групи **Перетворювачів – Conversion** перетворює вхідне число в 32-бітне ціле у діапазоні від $-(2^{31})$ до $(2^{31})-1$. Ця функція округлює всі числові значення з плаваючою точкою і фіксованою точкою - до найближчого цілого числа.



Рисунок 7.14 – Піктограма функції **В довге ціле число - To Long Integer**

7.3.17. Шлях до функції **В довге ціле число - To Long Integer**, вказаний на рисунку 7.15.

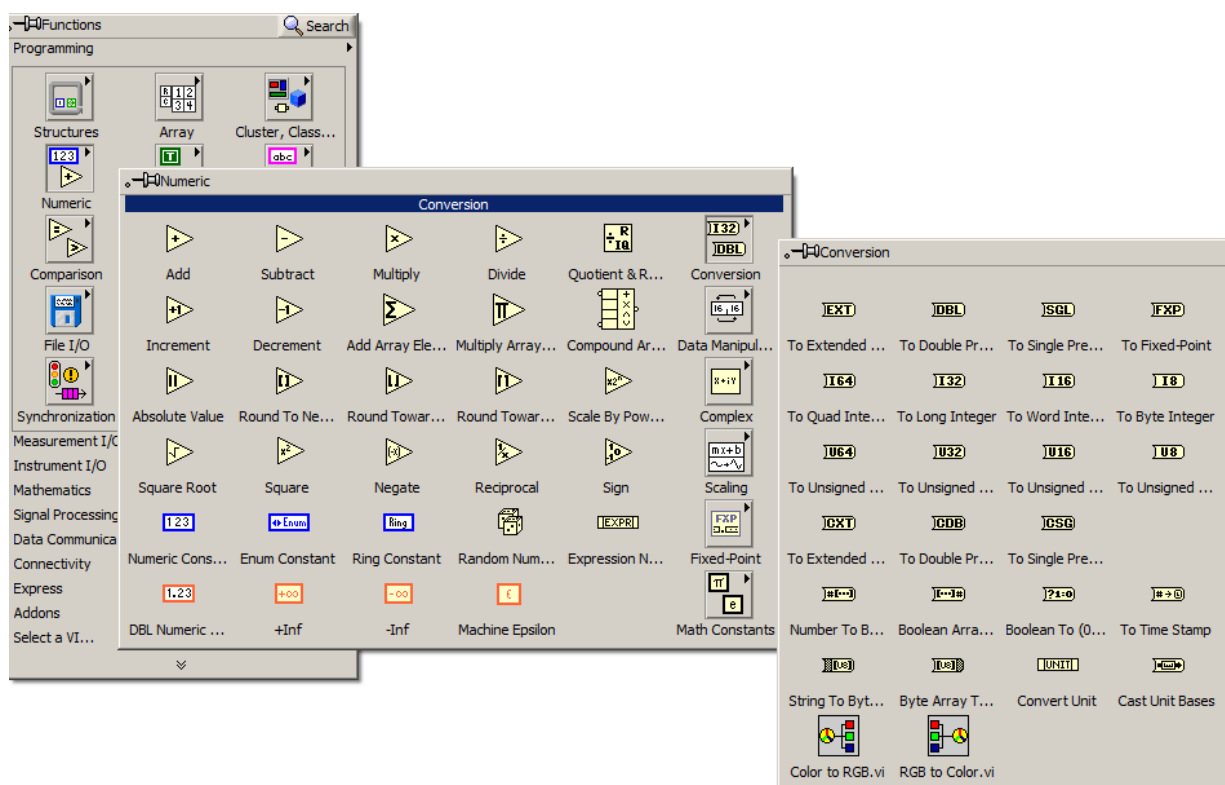


Рисунок 7.15 - Шлях до функції **В довге ціле число - To Long Integer**

7.3.18. У структурі **Цикл з фіксованим числом ітерацій - For Loop** для передачі даних з одної ітерації циклу до наступної можуть встановлюватися **Зсувні регістри – Shift Register** в подальшому ЗСР, рисунок 7.2.

7.3.19. Встановлення ЗСР виконується на вертикальних сторонах структури за допомогою опцій **Додати зсувний регістр – Add Shift Register**, що обирається з спадаючого меню при натисканні ПКМ на одній з вказаних сторін структури, рисунок 7.16.

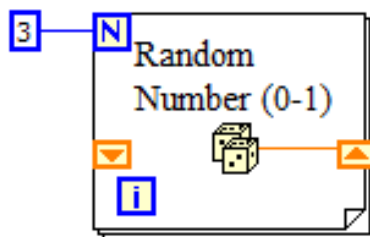


Рисунок 7.16 - Зсувні регістри – **Shift Register** у структурі **Цикл з фіксованим числом ітерацій - For Loop**

7.3.20. Тип і розмірність ЗСР визначається типом і розмірністю даних, що підключаються до вхідного (правого) терміналу ЗСР. Кількість розрядів (тактів затримки) лівого терміналу ЗСР можливо змінити за допомогою інструмента переміщення або опції **Додати елемент – Add Element. Видалити елемент - Remove Element** контекстного меню структури.

7.3.21. По замовчуванню при першому запуску ВП початкові значення лівих терміналів ЗСР рівні значенню по замовчуванню для заданого типу даних регістра. Якщо ці термінали не були підключені, то при наступних запусках в них будуть знаходитися значення, що залишилися від попередніх запусків ВП.

7.3.22. Для ініціалізації лівих терміналів ЗСР до них необхідно підключити константу, елемент управління або функцію ініціалізації масивів.

7.3.23. Залишилося вивести на панель функцій для складання блок-схеми **Медіанного фільтру – Median Filter.vi** для видалення з сигналу імпульсних перешкод наступні елементи:

- **Цикл з фіксованим числом ітерацій - For Loop**;
- **Цифрова Константа - Numeric Constant**
- **Генератор випадкових чисел - Random Number**

- **Множення – Multiply;**
- **Додавання – Add;**
- **Побудова масиву - Build Array.**

7.3.24. Оскільки їх пошук і виведення на панель функцій не викликає труднощів, то пропонуємо зробити це самостійно.

7.3.25. **Методична вказівка.** Зверніть увагу на використання генератора випадкових чисел для задання положення імпульсу і зсувного регістру і сумування в **Циклі з фіксованим числом ітерацій - For Loop** для створення сигналу, що складається з імпульсів.

7.3.26. У віртуальному приладі **Генератор синусоїдального сигналу - Sine Wave.vi**, частота задається як число періодів поділене на число відліків.

7.4. Хід виконання роботи

7.4.1. Після збирання і перевірки схеми приладу збережіть файл під назвою **Практ роб № 7 Медіанний фільтр імпульсних перешкод.vi**, і збережіть його у місце на комп'ютері, яке вказано викладачем.

7.4.2. Розробіть Програму і методику проведення експерименту зі щойно створеним віртуальним приладом.

7.4.3. Натисніть клавішу „Стрілка” – **Run**, рисунок 7.17, з верхньої горизонтальної лінійки піктограм для того щоб запустити прилад у роботу.



Рисунок 7.17 - Клавіша „Стрілка” – **Run**

ПРАКТИЧНА РОБОТА № 8

ОБЧИСЛЕННЯ ІНТЕГРАЛІВ

Вступ (готується самостійно відповідно до ДСТУ 3.008-95)

Мета – порівняти методи інтегрування для наближеного обчислення інтегралів з використанням програмного забезпечення оболонок **Microsoft Word** та **LabView**.

Задачі:

1. Створити віртуальний прилад для обчислення інтегралів різними методами.
2. Проаналізувати переваги та недоліки результатів інтегрування різними методами.
3. Розробити програму і методику експерименту із створеним приладом.

8.1. Теоретичні відомості

Інтеграл функції $F(t)$ визначається як [7]:

$$F(t) = \int f(t) dt. \quad (8.1)$$

Нехай y представляє собою вибірку вихідної послідовності інтеграла x . Інтеграл $X(t)$ ВП. отримує елементи y для $i = 0, 1, 2, \dots, n - 1$ [7]:

$$y_i = \frac{1}{6} \sum_{j=0}^i (x_{j-1} + 4x_j + x_{j+1}) dt, \quad (8.2)$$

де n – кількість елементів у x ;

x_{-1} – задає початковий стан, коли $i = 0$, x_n – визначає кінцевий стан, коли $i = n - 1$.

Початковий і кінцевий стан мінімізувати загальну помилку за рахунок підвищення точності на границях, особливо коли кількість чисел послідовності мала. Визначення граничних умов підвищує точність.

Нехай необхідно обчислити інтеграл $\int_1^2 x^2 dx$. Для цього використовують наступні основні формули наближених обчислень інтегралів: прямокутників; трапецій; Сімпсона; Сімпсона 3/8; Боде.

Для обчислення складемо таблицю 8.1, в котрій наведемо значення підінтегральної функції $\int_1^2 x^2 dx$

Таблица 8.1 - Значення підінтегральної функції $\int_1^2 x^2 dx$

x	$y=x^2$	x	$y=x^2$
$x_0=1$	$y_0=1$	$x_6=1.6$	$y_6=2,56$
$x_1=1.1$	$y_1=1,21$	$x_7=1.7$	$y_7=2,89$
$x_2=1.2$	$y_2=1,44$	$x_8=1.8$	$y_8=3,24$
$x_3=1.3$	$y_3=1,69$	$x_9=1.9$	$y_9=3,62$
$x_4=1.4$	$y_4=1,96$	$x_{10}=2.0$	$y_{10}=4,00$
$x_5=1.5$	$y_5=2,25$		

Обчислення вказаного інтегралу проведемо за двома способами – ручним та з використанням ПЕОМ і оболонки LabView. Для обчислення скористуємося двома формулами - прямокутників і парабол (формула Сімпсона). Після обчислення проведемо порівняльний аналіз результатів, який зафіксуємо в висновках і практичних рекомендаціях.

На рисунку 8.1 наведено графічна інтерпретація **формули прямокутників**.

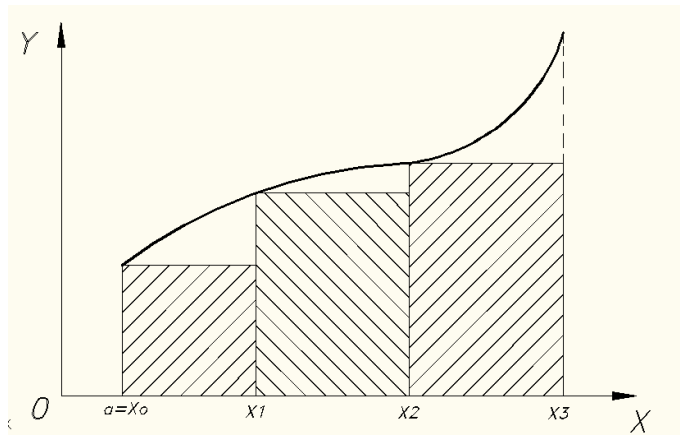


Рисунок 8.1 - Графік формули прямокутників

Формула прямокутників записується у двох виглядах:

– Перший

$$\int_a^b f(x)dx \approx \frac{b-a}{n} \sum_{k=0}^{n-1} f(x_k) = h(y_0 + y_1 + \dots + y_{n-1}), \quad (8.3)$$

$$\begin{aligned} \int_1^2 x^2 dx &= \frac{b-a}{n} (y_0 + y_1 + \dots + y_{n-1}) = \\ &= \frac{2-1}{10} (1 + 1,21 + 1,44 + 1,69 + 1,96 + 2,25 + 2,56 + 2,89 \\ &\quad + 3,24 + 3,62) = 0,1 \cdot 21,86 = 2,186 \end{aligned}$$

– Другий

$$\int_a^b f(x)dx \approx \frac{b-a}{n} \sum_{k=1}^n f(x_k) = h(y_1 + y_2 + \dots + y_n); \quad (8.4)$$

$$\int_1^2 x^2 dx = \frac{2-1}{10} (1,21 + 1,44 + 1,69 + 1,96 + 2,25 + 2,56 + 2,89 + 3,24 + 3,62 + 4,0) = 0,1 \cdot 24,864 = 2,486$$

Метод трапецій. Суть методу трапецій полягає в тому, що інтеграл обчислюється таким чином: відрізок інтегрування $[a, b]$ поділяється на N рівних відрізків, всередині яких підінтегральна крива $f(x)$ замінюється шматковою-лінійною функцією $j(x)$, отриманою стягуванням ординат N відрізків $[x_{i-1}, x_i]$ хордами [7].

Інтеграл знаходиться як сума площ S_i прямокутних трапецій, рисунок 8.2.

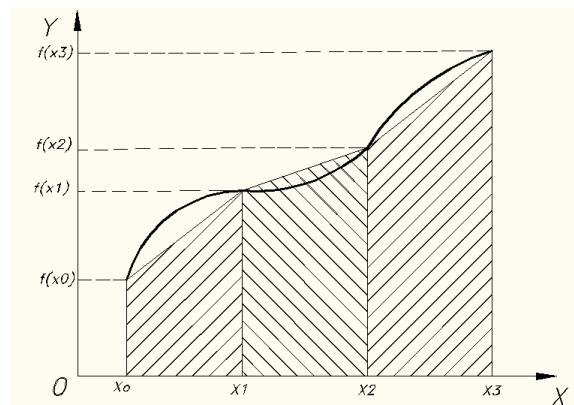


Рисунок 8.2 - Геометрична інтерпретація метода трапецій

Площа кожної такої трапеції:

$$S_i = h \frac{f(x_i) + f(x_{i+1})}{2}. \quad (8.5)$$

Відповідно на всьому відрізку інтегрування $[a, b]$ площа складної фігури, яка визначається як сума площ всіх таких трапецій:

$$\int_1^2 f(x) dx \approx \sum_{j=1}^{n-1} S_i = \frac{b-a}{n} \sum_{i=0}^{n-1} \frac{f(x_i) + f(x_{i+1})}{2} = \frac{b-a}{n} \sum_{i=0}^{n-1} \frac{y_i + y_{i+1}}{2}. \quad (8.6)$$

Оскільки в даній формулі під знаком суми величини y_i зустрічаються двічі, тому її можна переписати у вигляді [7]:

$$\int_a^b f(x)dx \approx \sum_{i=1}^{n-1} S_i = \frac{b-a}{n} \left(\frac{y_0}{2} + y_1 + y_2 + \dots + y_{n-1} + \frac{y_n}{2} \right) = \frac{b-a}{n} \left[\sum_{j=0}^{n-1} y_j + \frac{y_0 + y_n}{2} \right] \quad (8.7)$$

Похибка обчислення інтеграла за формулою трапеції визначається [7]:

$$R = -\frac{h^2}{12} (b-a) \cdot f'(\xi). \quad (8.8)$$

За (8.7) проведемо визначення вказаного інтегралу за формулою трапеції [7]:

$$\begin{aligned} \int_1^2 x^2 dx &= \left(\frac{b-a}{n} \right) \cdot \left(\frac{y_0}{2} + y_1 + \dots + y_{n-1} + \frac{y_n}{2} \right) \\ &= \frac{2-1}{10} \left(\frac{1}{2} + 1,21 + 1,44 + 1,69 + 1,96 + 2,25 + 2,56 + 2,89 \right. \\ &\quad \left. + 3,24 + 3,62 + \frac{4}{2} \right) = 0,1 \cdot (0,5 + 20,86 + 2) = 0,1 \cdot 23,36 \\ &= 2,336 \end{aligned}$$

Для обчислення інтегралів за формулою трапецій відома також формула (8.9) [7]:

$$\int_a^b f(x)dx \approx \frac{b-a}{n} \left(\frac{f(a)+f(b)}{2} + \sum_{k=1}^{n-1} f(x_k) \right) = \frac{h}{2} (y_0 + 2y_1 + \dots + 2y_{n-1} + y_n); \quad (8.9)$$

За другою формулою трапеції (8.9) проведемо визначення вказаного інтегралу [7]:

$$\begin{aligned}
\int_1^2 x^2 dx &= \left(\frac{b-a}{\frac{n}{2}} \right) \cdot (y_0 + 2y_1 + \dots + 2y_{n-1} + y_n) \\
&= 0,05 \\
&\cdot (y_0 + 2y_1 + 2y_2 + 2y_3 + 2y_4 + 2y_5 + 2y_6 + 2y_7 + 2y_9 + y_{10}) \\
&= 0,05 \\
&= 0,05[1 + 2 \cdot \\
&\cdot (1,21 + 1,44 + 1,69 + 1,96 + 2,25 + 2,56 + 2,89 + 3,24 + 3,62) \\
&+ 4] = 0,05 \cdot (1 + 2 \cdot 20,86 + 4) = 0,05 \cdot (1 + 41,72 + 4) \\
&= 0,05 \cdot 46,72 = 2,336
\end{aligned}$$

Часто для обчислення інтегралів застосовують формулу парабол, графічне зображення якої показано на рисунку 8.3.

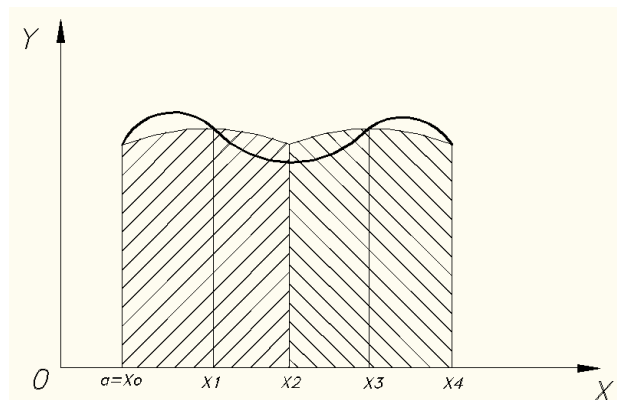


Рисунок 8.3 - Графік формули парабол, формули Сімпсона

Формулу парабол називають формулою Сімпсона:

$$\begin{aligned}
\int_a^b f(x) dx &\approx \frac{h}{3} (y_0 + 4y_1 + 2y_2 + 4y_3 + 2y_4 + \dots + 2y_{n-2} + 4y_{n-1} + y_n) \cdot = \\
&= (y_0 + 4y_1 + 2y_2 + 4y_3 + 2y_4 + 4y_5 + 2y_6 + 4y_7 + 2y_8 + 4y_9 + y_{10}). \quad (8.10)
\end{aligned}$$

$$\int_1^2 x^2 dx = \frac{2-1}{3} (1 + 4 \cdot 1,21 + 2 \cdot 1,44 + 4 \cdot 1,69 + 2 \cdot 1,96 + 4 \cdot 2,25 + 2 \cdot 2,56 + 4 \cdot 2,89 + 2 \cdot 3,24 + 4 \cdot 3,62 + 4) = 0,033 \cdot (1 + 4,84 + 2,88 + 6,76 + 3,92 + 9,0 + 5,12 + 11,56 + 6,48 + 14,48 + 4) = 0,033 \cdot 70,04 = 2,31$$

Проведемо обчислення вказаних вище формул за допомогою ЕОМ у оболонці LabVIEW. Після обчислення інтегралів зробимо аналіз результатів обчислення різними методами і самостійно підготуємо практичні рекомендації.

8.2. Контрольна панель і блок – схема віртуального приладу

8.2.1. Контрольну панель віртуального приладу інтегрування за правилом трапецій показано на рисунку 8.4.

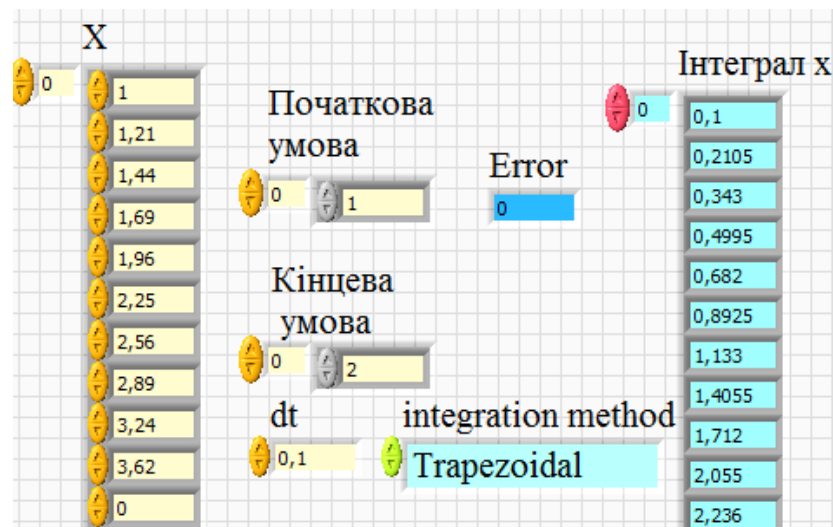


Рисунок 8.4 - Контрольна панель віртуального приладу інтегрування за правилом трапецій

8.2.2. Блок – схему віртуального приладу інтегрування за правилом трапецій на панелі функцій показано на рисунку 10.5.

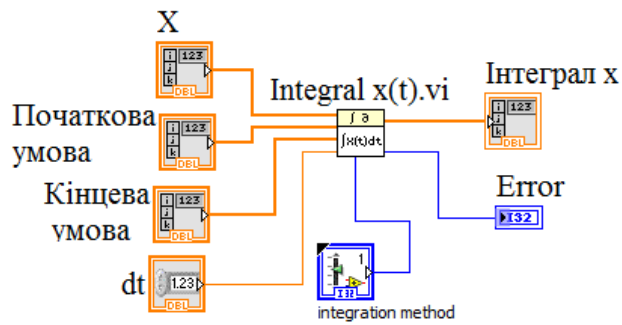


Рисунок 8.5 - Блок – схема віртуального приладу інтегрування за правилом трапецій на панелі функцій

8.2.3. Контрольну панель віртуального приладу інтегрування за правилом парабол (Сімпсона) показано на рисунку 8.6.

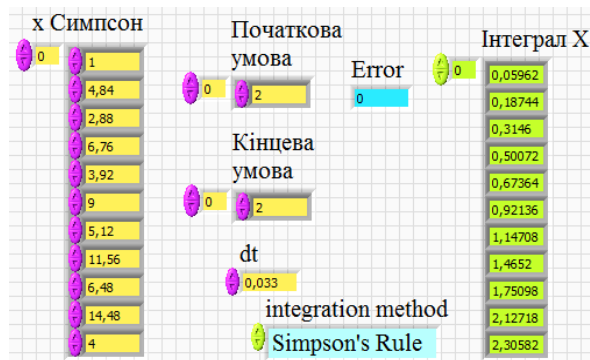


Рисунок 8.6 - Контрольна панель віртуального приладу інтегрування за правилом парабол (Сімпсона)

8.2.4. Блок – схему віртуального приладу інтегрування за правилом трапецій на панелі функцій показано на рисунку 8.7.

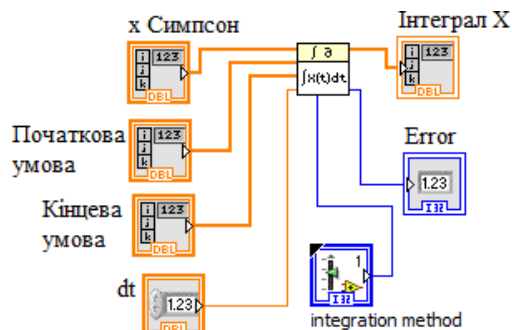
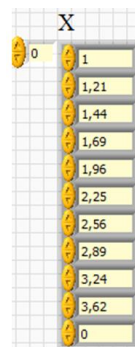


Рисунок 8.7 - Блок – схема віртуального приладу інтегрування за правилом парабол (Сімпсона) на панелі функцій

8.3. Підготовка контрольної панелі віртуального приладу

8.3.1. Для інтегрування функції $\int_1^2 x^2 dx$ за правилом трапецій слід викликати на контрольну панель **Вхідний масив - Input Array**. Назвати його масив **x**.

8.3.2. Занести у масив чисельні дані $y_0 \dots y_n$, з таблиці 8.1, що будуть інтегровані, рисунок 8.8.



X	
0	1
	1,21
	1,44
	1,69
	1,96
	2,25
	2,56
	2,89
	3,24
	3,62
	0

Рисунок 8.8 – Вхідний масив x з даними $y_0 \dots y_n$ на контрольній панелі

8.3.3. Винести на контрольну панель два масиви Початкова і Кінцева умови, які відповідно дорівнюють 1 і 2, рисунок 8.9. Інтеграл $x(t)$ в View приймає Початкову умову і Кінцеву умову як базові вхідні масиви.

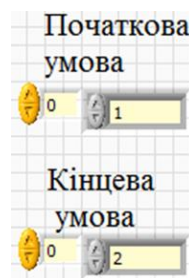


Рисунок 8.9 - Початкова 1 і Кінцева 2 умови на контрольній панелі

8.3.4. Винести на контрольну панель задавач інтервалу dt розмірів, який представляє вибірку кроку що використовуються для одержання даних з вхідного набору функцій, рисунок 8.10. І надати задавачу значення 0,1, оскільки функції від 1 до 2 була розбита на 10 рівнозначних ділянок.

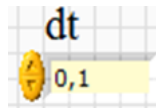


Рисунок 8.10 - Задавач інтервалу dt розмірів, який представляє вибірку кроку підінтегральної функції $f(t)$.

8.3.5. Метод інтегрування - Integration method - визначає метод, який використовується для виконання чисельного інтегрування, таблиця 8.2.

Таблиця 8.2 – Поширені методи чисельного інтегрування

$1/2(x[i] + x[i + 1])*dt$	Трапецій – Trapezoidal Rule
$(x[2i] + 4x[2i + 1] + x[2i + 2])*dt/3, k = 2$	Сімпсона - Simpson's – Rule (default)
$(3x[3i] + 9x[3i + 1] + 9x[3i + 2] + 3x[3i + 3]) * dt/8, k = 3$	Сімпсона 3/8 – Simpson's 3/8 - Rule
$(14x[4i] + 64x[4i + 1] + 24x[4i + 2] + 64x[4i + 3] + 14x[4i + 4]) * dt/45, k = 4$ for $i = 0, 1, 2, 3, 4, \dots$, Integral Part of $[(N - 1)/k]$	Боде

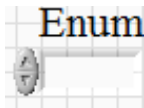
де N є число точок даних, k є цілим числом в залежності від методу, і x є вхідний масив

8.3.6. Для вибору методу (правила) інтегрування функції треба обрати Панель функцій в ній – піктограму **Числові (2,1)**. Виникає меню **Числові**, в ньому обрати піктограму **Перерахування (5,2) – Enum (5,2)** і не відпускаючи ЛКМ перетягнути функцію на контрольну панель.

8.3.7. Функція **Перерахування – Enum** буде мати вигляд:

- рисунок 10. 11 а) - на контрольній панелі;
- рисунок 10.11 б) – на панелі функцій.
-

а)



б)



Рисунок 8.11 – Вигляд функції **Перерахування – Enum**: а) на контрольній панелі; б) на панелі функцій

8.3.8. Навести ПКМ на піктограму функції, відкривається спадаюче меню в якому слід обрати рядок **Make Tape Def.**, рисунок 8.12. Після натискання ОК функція змінить вигляд піктограми.

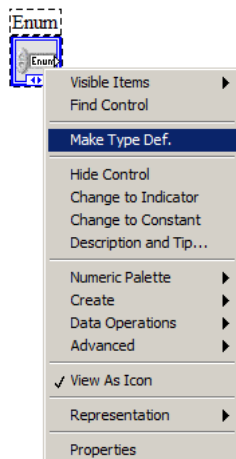
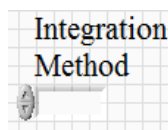


Рисунок 8.12 – Зміна вигляду піктограми функції **Enum**

8.3.9. За допомогою текстового редактора змінити назву функції з **Enum** на **Метод інтегрування – Integration Method**. Функція **Метод інтегрування – Integration Method** буде мати вигляд:

- рисунок 8.13 а) - на контрольній панелі;
- рисунок 8.13 б) – на панелі функцій.

а)



б)



Рисунок 8.13 – Вигляд функції **Метод інтегрування – Integration Method**: а) на контрольній панелі; б) на панелі функцій.

8.3.10. Натиснути ПКМ на піктограмі функції **Метод інтегрування – Integration Method** панелі функцій і натиснути ПКМ, відкривається спадаюче меню, рисунок 8.14.

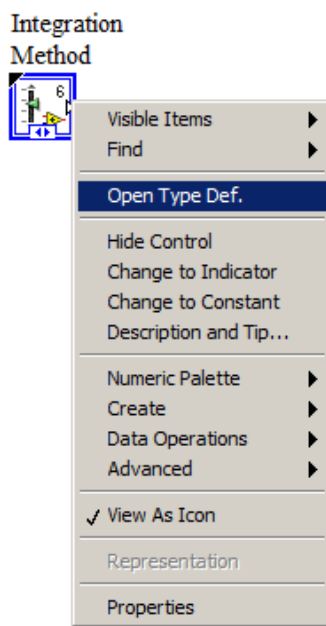


Рисунок 8.14 – Меню Відкриття типу по замовчуванню – Open Type Def.

8.3.11. В меню обрати рядок **Відкриття типу по замовчуванню – Open Type Def.** І натиснути ОК. Відкривається панель **Control 1 Type Def.**, рисунок 8.15.

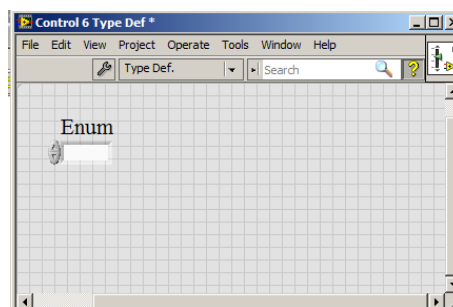


Рисунок 8.15 - Панель Control 1 Type Def.

8.3.12. На панелі **Control 1 Type Def.** За допомогою текстового редактора змінити назву задавача **Перерахування – Enum** на **Метод інтегрування – Integration Method.**

8.3.13. Натиснути ПКМ на задавачі **Метод інтегрування – Integration Method**, Відкривається спадаюче меню, в якому слід обрати рядок **Властивості – Properties**, рисунок 8.16.

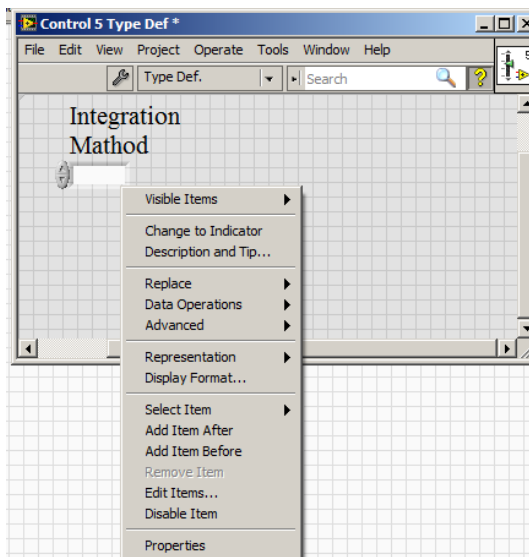


Рисунок 8.16 – Меню задавача **Метод інтегрування – Integration Method**

8.3.14. Після натискання ОК на рядку **Властивості – Properties**, виникає меню **Enum Properties: Integration Method**, рисунок 8.17.

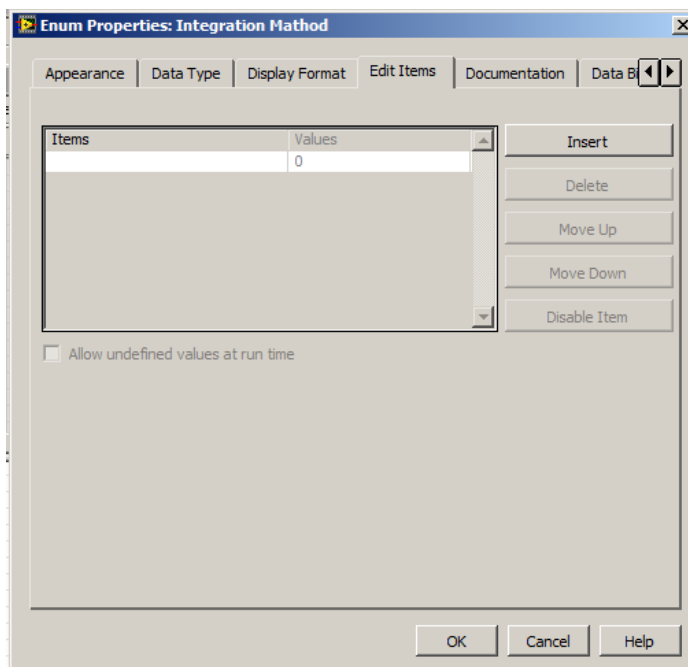


Рисунок 8.17 - Меню **Enum Properties: Integration Method**

8.3.15. Виділити закладку **Edit Items** з верхньої лінійки піктограм і занести через текстовий редактор послідовно в кожний новий рядок назву правил інтегрування з таблиці 8.2 і натиснути ОК. Меню стане мати вигляд, що показний на рисунку 8.18.

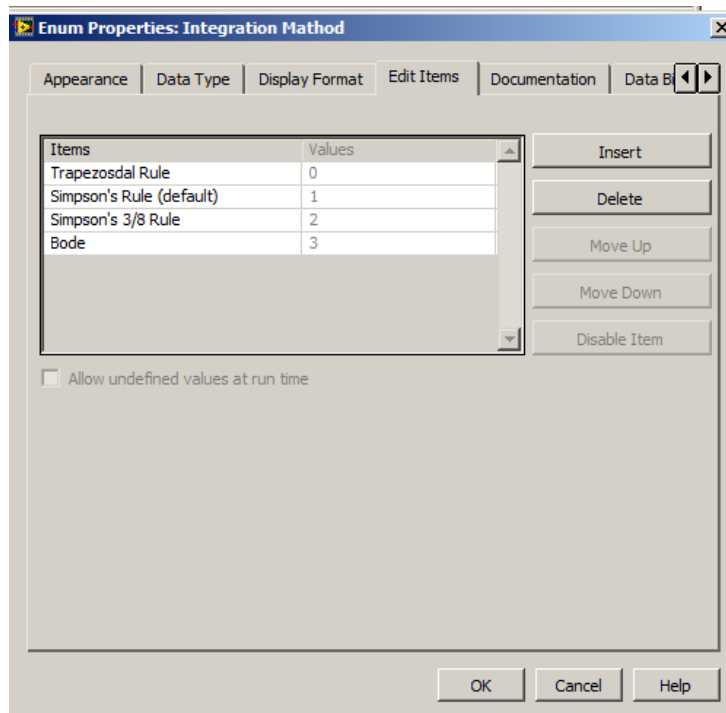


Рисунок 8.18 – Поновлене меню **Enum Properties: Integration Method**

8.3.16. Натиснути ОК. Зникає меню, залишається оновлене меню панелі **Control 1 Type Def.**, в верхній горизонтальній лінійці обрати закладку файл і в його спадаючому меню натиснута рядок **Зберегти як – Save as..**

8.3.17. Зберегти файл задавача вибору метода інтегрування під назвою **Control n**. Номер **n** означає номер модифікації задавача обрання методу і на його функціонування не впливають.

8.3.18. Якщо тільки що збережений файл **Control 1** відсутній на обох панелях, слід перетягнути його з папки де він був збережений на панель функцій, рисунок 8.19.

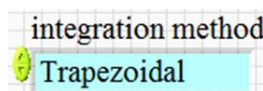


Рисунок 8.19 – Задавач методу інтегрування на контрольній панелі

8.4 Збирання блок-схеми віртуального приладу інтегрування методом трапеції

8.4.1. Для виведення на панель функцій **Integral x(t).vi**, рисунок 8.20, треба викликати меню функцій і в ньому обрати рядок **Математика – Mathematics**

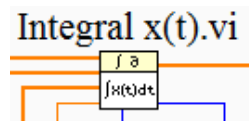


Рисунок 8.20 - Функція **Integral x(t).vi** на панель функцій

8.4.2. У меню **Математика – Mathematics**, що відкрилося обрати піктограму **Інтегр&Dif. (3,3)** – Інтегрування та Диференціювання (3,3) відкривається його меню **Integration & Differentiation**, в якому слід обрати функцію **Integral x(t).vi** (1,5), рисунок 8.21. І не відпускаючи ЛКМ перетягнути її на панель функцій.

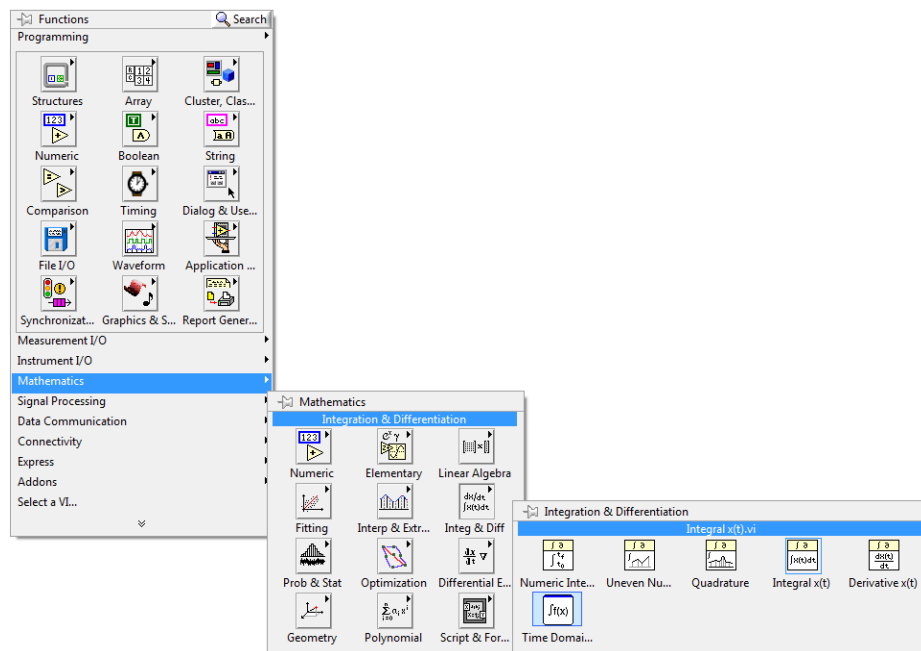


Рисунок 8.21 – Шлях до функції **Integral x(t).vi**

8.4.3. Вивести на контрольну панель приймач **Помилка – Error**, який повертає будь-яку помилку або попередження від VI, рисунок 8.22.

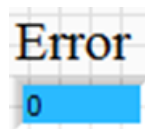


Рисунок 8.22 - Приймач **Помилка – Error** на контрольній панелі

8.4.4. Вигляд Задавача методу інтегрування на панелі функцій, рисунок 8.23.

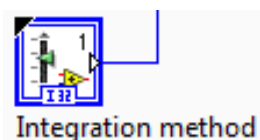


Рисунок 8.23 - Задавач методу інтегрування на панелі функцій

8.5. Обчислення інтегралів за правилом Сімпсона

8.5.1. Аналогічно збирається Віртуальний прилад обчислення інтегралів за правилом Сімпсона, рисунок 8.6 – Контрольна панель, рисунок 8.7 – панель функцій. Тільки Задавач методу інтегрування на контрольній панелі треба перевести в стан **Обчислювати за правилом Сімпсона – Simpson Rule**

8.5.2. **Правило Сімпсона.** Використання трьох точок для інтерполяції підінтегрального виразу дозволяє використовувати параболічну функцію (поліном другого ступеня). Це приводить до формули Сімпсона наближеного обчислення інтеграла.

8.6. Хід виконання роботи

8.6.1. Після збирання і перевірки схеми приладу збережіть файл під назвою **Практ роб № 8 Обчислення інтегралів.vi**, і збережіть його у місце на комп'ютері, яке вказано викладачем.

8.6.2. Розробіть Програму і методику проведення експерименту зі щойно створеним віртуальним приладом.

8.6.3. Натисніть клавішу „Стрілка” – **Run**, рисунок 8.24, з верхньої горизонтальної лінійки піктограм для того щоб запустити прилад у роботу.



Рисунок 8.24 - Клавіша „Стрілка” – **Run**

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

(привести у відповідність до вимог ДСТУ 7.1-2006)

1. Онацький Є. Українська Мала Енциклопедія: у 8-ми томах. – Буенос-Айрес, 1957- 1967.
2. Суранов А. Я. LabWiew 8.2.Справочник по функциям /А.Я. Суранов – М.: ДМК Пресс, 2007. – 536 с.
3. Джулиус С. Измерение и анализ случайных процессов / С. Джулиус, Д. Бендат, Пирсол А.; пер. з англ. Г.В. Матушевський; – М.: Мир, 1971.- 408 с.
4. Oppenheim, Alan V., Willsky, Alan S., and Young, Ian T.,1983: Signals and Systems, p. 256 (Englewood Cliffs, New Jersey: Prentice-Hall, Inc.) ISBN 0-13-809731-3
5. Бендат Дж., Пирсол А. Прикладной анализ случайных данных. – М.: Мир, 1989. – 540 с.
6. Купер Дж., Макгиллем А. Вероятностные методы анализа сигналов и систем. – М.: Мир, 1989. – 376 с.
7. Дж.Мэтьюз, Р.Уокер МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ФИЗИКИ