

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМ. В. ДАЛЯ  
ФАКУЛЬТЕТ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ТА ЕЛЕКТРОНІКИ  
КАФЕДРА КОМП'ЮТЕРНИХ НАУК ТА ІНЖЕНЕРІЇ

До захисту допускається  
Завідувач кафедри  
\_\_\_\_\_ Скарга-Бандурова І.С.  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

**МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА**

НА ТЕМУ:

Методи реалізації первинної обробки вхідних аналогових і дискретних сигналів

Освітньо-кваліфікаційний рівень “Магістр”  
Спеціальність 123 - “Комп’ютерна інженерія”

Науковий керівник роботи:

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Ларгін В.А.

(ініціали, прізвище)

Консультант з охорони праці:

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Критська Я.О.

(ініціали, прізвище)

Студент:

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Куркчі А.П.

(ініціали, прізвище)

Група:

КІ-17дм

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ІМЕНІ ВОЛОДИМИРА ДАЛЯ

Факультет Інформаційних технологій та електроніки  
 Кафедра Комп'ютерних наук та інженерії  
 Освітньо-кваліфікаційний рівень магістр  
 Напрямок підготовки \_\_\_\_\_  
(шифр і назва)  
 Спеціальність 123 – «Комп'ютерна інженерія»  
(шифр і назва)

**ЗАТВЕРДЖУЮ:**

Завідувач кафедри \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_ І.С. Скарга-Бандурова  
 « \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

**З А В Д А Н Н Я  
НА МАГІСТЕРСЬКУ РОБОТУ СТУДЕНТУ**

Куркчі Антону Павловичу  
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Методи реалізації первинної обробки аналогових і дискретних сигналів

керівник проекту (роботи) Ларгін Віктор Анатолійович  
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затвержені наказом вищого навчального закладу від " " 2019 р. № \_\_\_\_\_

2. Строк подання студентом роботи \_\_\_\_\_

3. Вихідні дані до роботи Матеріали переддипломної практики

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) \_\_\_\_\_

1) Аналіз задачі дослідження

2) Аналіз реалізації функціональних блоків

3) Реалізація функціональних блоків ревинної обробки сигналів

4) Охорона праці

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
4	Критська Я.О.		

7. Дата видачі завдання \_\_\_\_\_

Керівник \_\_\_\_\_

(підпис)

Завдання прийняв до виконання \_\_\_\_\_

(підпис)

**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту ( роботи )	Примітка
1	Пошук і дослідження літератури по темі дипломної роботи	6.08.2018 – 03.09.2018	
2	Підбір, вивчення та опрацювання практичних матеріалів на досліджуваному підприємстві	03.09.2018 – 21.09.2018	
3	Складання плану роботи	23.09.2018 – 30.09.2018	
4	Розробка та узгодження з керівником першого розділу диплома	01.10.2018-26.10.2018	
5	Розробка та узгодження з керівником другого розділу диплома	29.10.2018 -15.11.2018	
6	Розробка та узгодження з керівником третього розділу диплома	17.11.2018 – 18.12.2018	
7	Узгодження з керівником введення, висновків і пропозицій	19.12.2018 - 27.12.2018	
8	Подання дипломної роботи на кафедру	9.01.2019	
9	Підготовка доповіді та графічного матеріалу, ознайомлення з рецензією	10.01.2019 – 15.01.2019	
10	Захист випускної кваліфікаційної роботи	16.01.2019	

Студент \_\_\_\_\_

( підпис )

**Куркчі А.П.** \_\_\_\_\_

(прізвище та ініціали)

Науковий керівник \_\_\_\_\_

( підпис )

**Ларгін В.А.** \_\_\_\_\_

(прізвище та ініціали)

## **АНОТАЦІЯ**

Куркчі А.П. Методи реалізації первинної обробки аналогових і дискретних сигналів.

Проаналізовані методи первинної обробки аналогових і дискретних сигналів, розглянені існуючі мови програмування для реалізації функціональних блоків.

Для диверсійної реалізації розроблені алгоритми функціонального програмного забезпечення функціональних блоків.

Ключові слова: аналогові сигнали, дискретні сигнали, функціональний блок, функціональне програмне забезпечення

## **АННОТАЦИЯ**

Куркчи А.П. Методы реализации первичной обработки аналоговых и дискретных сигналов.

Проанализированы методы реализации первичной обработки аналоговых и дискретных сигналов, рассмотрены существующие языки программирования для реализации функциональных блоков.

Для диверсионной реализации разработаны алгоритмы функционального программного обеспечения функциональных блоков.

Ключевые слова: аналоговые сигналы, дискретные сигналы, функциональные блоки, функциональное программное обеспечение.

## **ANNOTATION**

Kurkchi A.P. Investigation of methods of increasing the fail-safe reliability of the industrial controller software.

The methods of implementing the primary processing of analog and discrete signals are analyzed, and the existing programming languages for implementing functional blocks are considered.

For divers implementation, algorithms of functional software support of functional blocks are developed.

Keywords: analog signals, discrete signals, functional block, functional software

## ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ .....	6
ВСТУП .....	7
1 АНАЛІЗ ЗАДАЧІ ДОСЛІДЖЕННЯ .....	8
1.1 Аналіз цифрової обробки сигналів.....	8
1.2 Види сигналів .....	10
1.2.1 Аналогові сигнали.....	11
1.2.2 Дискретні сигнали.....	14
1.3 Сбір і первинна обробка аналогової вимірювальної інформації.....	16
1.4 Сбір і обробка дискретних сигналів.....	17
1.5 Первинна обробка вимірювальної інформації .....	18
1.5.4 Лінеаризація виміряних значень сигналів термопар і термоперетворювачів опору. Компенсація впливу термоелектрорушійні сили вільних кінців термопар .....	22
1.6 Постановка завдання .....	26
1.7 Висновки до першого розділу .....	27
2 АНАЛІЗ РЕАЛІЗАЦІЇ ФУНКЦІОНАЛЬНИХ БЛОКІВ .....	28
2.1 Основні поняття про функціональні блоки стандарту МЕК 61131 .....	28
2.1.1 Базова функціональна структура системи з програмованим контролером .....	28
2.1.1.1 Пам'ять для зберігання даних прикладної програми .....	30
2.2 Модель програмування .....	33
2.2.1 Мова релейно-контактних схем .....	34
2.2.2 Мова функціонально-блокових діаграм .....	35
2.2.3 Мова структурованого тексту.....	35
2.2.4 Мова списку інструкцій.....	36
2.3 Висновки до другого розділу.....	36
3 РЕАЛІЗАЦІЯ ФУНКЦІОНАЛЬНИХ БЛОКІВ ПЕРВИННОЇ ОБРОБКИ СИГНАЛІВ .....	37
3.1 Структура викликаючих послідовностей .....	37
3.2 Використовувана пам'ять .....	39
3.3 Пристрій функціональних блоків.....	39
3.4 Алгоритм реалізація функціонального блоку лінеаризації виміряних сигналів від термометрів опору і термопар .....	42
3.5 Алгоритм функціонального блоку компенсації температури холодних спаїв термопар .....	43
3.6 Алгоритм функціонального блоку лінеаризації витрати з нормуванням.....	44

3.7	Функціональний блок фільтрації значень аналогових параметрів .....	44
3.8	Висновки до третього розділу .....	45
4	ОХОРОНА ПРАЦІ .....	46
4.1	Правові та організаційні основи охорони праці .....	46
4.2	Вимоги до приміщень .....	47
4.3	Вимоги до організації місця праці .....	48
4.4	Виробнича санітарія .....	49
4.4.1	Аналіз небезпечних та шкідливих факторів при виробництві (експлуатації) виробу	49
4.5	Пожежна безпека .....	51
4.6	Електробезпека .....	53
4.7	Мікроклімат .....	54
4.8	Освітлення .....	56
4.9	Вентилювання .....	58
4.10	Заходи з організації виробничого середовища та попередження виникнення надзвичайних ситуацій .....	59
4.11	Техногенне забруднення навколишнього середовища .....	63
4.11.1	Теплове забруднення .....	63
4.11.2	Шумове забруднення .....	64
4.11.3	Смітєве забруднення .....	65
4.11.4	Електромагнітне забруднення .....	65
4.12	Висновки .....	67
	ВИСНОВКИ ТА ПРОПОЗИЦІЇ .....	68
	СПИСОКОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ .....	69
	Додаток А .....	71

## **ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ**

ФПО - Функціональне програмне забезпечення

ФБ – Функціональні блоки

ЦОС – Цифрова обробка сигналів

ПТК - Програмно-технічний комплекс

ПЗО – Пристрій зв'язку з об'єктом

АСУ ТП - Автоматизована система управління технологічними процесами

НСХ – Номінально статичні характеристики перетворення

## ВСТУП

**Актуальність теми.** В ПрАТ «СНВО Імпульс» розробляються функціональне програмне забезпечення (ФПЗ), призначене для функціонування в промислових контролерів серії МСКУ [1]. ФПЗ є набором функціональних блоків (ФБ). Поставлено завдання проаналізувати існуючі мови програмування, та розробити алгоритми модулів ФБ для диверсійної реалізації функціонального програмного забезпечення, яка підвищує надійність програмного забезпечення

**Мета даної роботи** є дослідження методів реалізації первинної обробки аналогових і дискретних сигналів, методів збору первинної обробки вимірювальної інформації. Проаналізувати існуючі мови програмування і реалізувати функціональні блоки, які будуть виконувати первинну обробку аналогових і дискретних сигналів.

**Об'єкт дослідження** - процес первинної обробки вимірювальної інформації.

**Предмет дослідження** - методи реалізації ФБ первинної обробки аналогових і дискретних сигналів обраною мовою програмування.

Проведені в роботі дослідження основані на методах первинної обробки аналогових і дискретних сигналів та методах первинної обробки інформації.

**Практичне значення отриманих результатів** полягає в тому, що основні наукові положення магістерської роботи, реалізовані у виді функціональних блоків, які виконують первинну обробку аналогових і дискретних сигналів

**Результатом роботи** є розроблені алгоритми ФБ, які виконують первинну обробку аналогових і дискретних сигналів.

**Особистий внесок здобувача.** Усі основні положення, результати, висновки та рекомендації магістерської роботи отримано автором самостійно.

**Публікації.** За темою магістерської роботи з викладенням її основних результатів опубліковано наукову статтю та опубліковано тези доповіді в двох збірниках наукових праць.

**Структура та обсяг магістерської роботи.** Магістерська робота складається із вступу, 4 чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел і додатку . Загальний обсяг магістерської роботи складає 77 сторінок, з яких основний текст на 59 сторінках, список використаних джерел із 33 найменувань на 2 сторінках, додатки на 6 сторінках . Робота містить 1 додаток, 14 рисунки та 11 слайдів презентації.



# 1 АНАЛІЗ ЗАДАЧІ ДОСЛІДЖЕННЯ

## 1.1 Аналіз цифрової обробки сигналів

Завдання первинної обробки аналогових і дискретних сигналів відноситься до проблеми цифрової обробки сигналів. В останні десятиліття прогрес обчислювальної техніки привів до широкого впровадження методів цифрової обробки інформації практично у всіх галузях наукових досліджень і народно-господарської діяльності. При цьому серед різних застосування засобів обчислювальної техніки одне з найважливіших місць займають системи цифрової обробки сигналів (ЦОС), знайшли використання медико-біологічних досліджень, вирішенні завдань навігації аерокосмічних і морських об'єктів, при обробці даних дистанційного зондування, зв'язку та в ряді інших додатків [2,3,4,5].

Цифрова обробка сигналів (ЦОС) - це динамічно розвиваюча область обчислювальної техніки, яка охоплює як технічні, так і програмні засоби. Родинними областями для цифрової обробки сигналів є теорія інформації, зокрема, теорія оптимального прийому сигналів і теорія розпізнавання образів. При цьому в першому випадку основним завданням є виділення сигналу на тлі шумів і перешкод різної фізичної природи, а в другому - автоматичне розпізнавання, тобто класифікація та ідентифікація сигналу.

Під системами ЦОС розуміють комплекс алгоритмічних, апаратних програмних засобів. Як правило, системи містять спеціалізовані технічні засоби попередньої (або первинної) обробки сигналів і спеціальні технічні засоби для вторинної обробки сигналів. Засоби попередньої обробки призначені для обробки вихідних сигналів, які спостерігаються в загальному випадку на тлі випадкових шумів і перешкод різної фізичної природи і представлених у вигляді дискретних цифрових відліків, з метою виявлення і виділення (селекції) корисного сигналу, його пеленгування і оцінки характеристик виявленого сигналу. Отримана в результаті попередньої обробки корисна інформація надходить в систему вторинної обробки для класифікації, архівування, структурного аналізу і т.п.

У завданнях ЦОС виділяють етапи попередньої (первинної) і вторинної обробки сигналів. Це пов'язано з тим, що в загальному випадку на вході системи ЦОС спостерігається суміш  $x(t)$  корисного сигналу  $s(t)$ , деякого шуму  $n(t)$  і різних перешкод різної природи  $p(t)$ :

$$x(t) = S(t) + p(t) + n, \quad (1.1)$$

де  $n(t)$  є характеристикою самого технічного пристрою, а  $p(t)$  - деякий вплив, що спотворює саму фізичної середовища, в якій поширюється сигнал (наприклад, загасання).

Розрізняють такі завдання цифрової обробки сигналів:

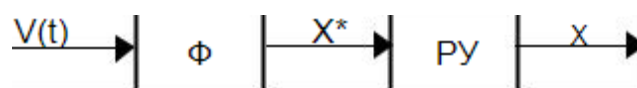
- 1) Забезпечення оптимального прийому сигналів, під яким розуміється забезпечення максимально можливого придушення перешкод різної природи і шумів, тому що в загальному випадку на вхід приймача потрапляє їх суміш:
- 2) Визначення числових параметрів сигналів - енергії, середньої потужності, середньоквадратичного значення і т.п.
- 3) Розкладання сигналів на деякий набір елементарних складових для розгляду їх в подальшому окремо або спільно, а також рішення оберненої задачі синтезу сигналу.
- 4) Кількісне вимірювання ступеня схожості або подібності сигналів.
- 5) Рішення задач розпізнавання та ідентифікації сигналів.

При цьому виділяють наступні основні етапи цифрової обробки сигналів:

- 1) Попередня обробка - прийом, успішне перетворення з аналогової в цифрову форму подання.
- 2) Первинна обробка - оптимальний прийом і аналіз
- 3) Вторинна обробка - виділення сигналу заданого виду, класифікація, розпізнавання і т.п.

Найважливішим завданням первинної обробки сигналу є придушення  $n(t)$  і  $p(t)$  (шуму і перешкоди). Таке завдання оптимального прийому може бути вирішена тільки на основі використання надмірності уявлення вихідного сигналу, а також наявних відомостей про властивості корисного сигналу, перешкоди і шуму для збільшення ймовірності правильного прийому [4,5].

Внаслідок того, що на вхід приймального пристрою системи надходить сума корисного сигналу і перешкоди, ймовірність правильного прийому буде визначатися відношенням корисного сигналу до перешкоди. Для підвищення ймовірності правильного прийому сигналу повинна бути проведена попередня обробка прийнятого сигналу, що забезпечує збільшення відносини сигнал / перешкода. Таким чином, засоби цифрової обробки при прийомі повинні містити два основних елементи: фільтр  $\Phi$ , що забезпечує поліпшення відношення сигнал / перешкода, і вирішальне пристрій ВП, яке виконує головні функції прийому (виявлення, розрізнення та відновлення сигналів).



## Рисунок 1.1. Структура оптимального приймального пристрою

Відомі такі методи фільтрації, що забезпечують поліпшення співвідношення сигнал / перешкода:

- метод накопичення;
- частотна фільтрація;
- кореляційний метод;
- узгоджена фільтрація;
- нелінійна фільтрація.

Всі ці методи засновані на використанні відмінностей властивостей корисного сигналу і перешкоди.

Крім того, при первинній обробці вирішується завдання виявлення сигналу і визначення місця розташування його джерела. На цьому ж етапі обробки в ряді випадків формуються також деякі кількісні оцінки сигналу (амплітуда, частота, фаза).

У вхідній суміші може і не бути корисного сигналу  $x(t)$ , тому на виході системи попередньої обробки не буде ніякого сигналу; отже, інтенсивність потоку даних на виході буде нижче, ніж на вході.

Система вторинної обробки сигналу призначена для ідентифікації виявленого сигналу, його класифікації і видачі інформації про виявлені сигнали оператору або формування керуючого впливу.

Характерною рисою первинної обробки сигналу є сталість алгоритму обробки при його досить високою обчислювальної складності. Етап вторинної обробки характеризується більшою гнучкістю використовуваних алгоритмів, необхідністю підтримки обміну з іншим технічним засобом або діалогу з оператором. Тому системи вторинної обробки найчастіше будуються на основі програмованих обчислювальних засобів. Системи ж первинної обробки можуть бути побудовані як на програмованих обчислювальних засобах, так і на основі спеціальних обчислювачів з жорсткою логікою [4].

### 1.2 Види сигналів

Сигнал являється фізичним носієм інформації. Інформація передається сигналом за рахунок зміни параметрів або характеристик сигналу, наприклад, зміна (наприклад, інтенсивності світла) або в часі (в більшості випадків) від просторових координат. Отже, з математичної точки зору, сигнал описується як функція від однієї або декількох змінних [5].

Одномірні сигнали описуються речовій або комплексної функцією, визначеною на інтервалі дійсної осі (зазвичай - осі часу). Прикладом одновимірного сигналу може служити електричний струм в проводі мікрофона, що несе інформацію про сприймаємо звуці.

Сигнал  $x(t)$  називається обмеженим якщо існує позитивне число  $A$ , таке, що для будь-якого  $t$   $|x(t)| < \infty$ .

Енергією сигналу  $x(t)$  називається величина

$$E = \int_0^{\infty} |x(t)|^2 dt, \quad (1.2)$$

якщо  $E < \infty$ , то кажуть, що сигнал  $x(t)$  має обмежену енергію. Сигнали з обмеженою енергією володіють властивістю  $\lim_{t \rightarrow \infty} x(t) = 0$ . Якщо сигнал має обмежену енергію, то він обмежений.

Потужністю сигналу  $x(t)$  називається величина

$$P = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{\Delta T} \int_0^{\Delta T} |x(t)|^2 dt, \quad (1.3)$$

Якщо  $P < \infty$ , то кажуть, що сигнал  $x(t)$  має обмежену потужність. Сигнали з обмеженою потужністю можуть приймати ненульові значення як завгодно довго.

У реальному природі сигналів з необмеженою енергією і потужністю не існує. Більшість сигналів, що існують в реальній природі, є аналоговими.

Сигнали можуть бути поділені на такі види:

- аналогові;
- дискретні;

### 1.2.1 Аналогові сигнали

Аналогові сигнали описуються безперервної (або кусочно-безперервною) функцією  $x_a(t)$  причому сама функція і аргумент  $t$  можуть приймати будь-які значення на деяких інтервалах  $x_a^t \leq x \leq x_a^{tt}$ ,  $t^t \leq t \leq t^{tt}$ . На рис. 1.2 а представлений приклад аналогового сигналу, що змінюється в часі за законом  $x_a(t) = A * e^{-\alpha * t}$ , де  $A = 1$ ,  $\alpha > 0$ . Інший приклад аналогового сигналу, показаний на рис 1.2 б, змінюється в часі за законом  $x_a(t) = U_m * \sin(2 * \pi * f * t)$ .

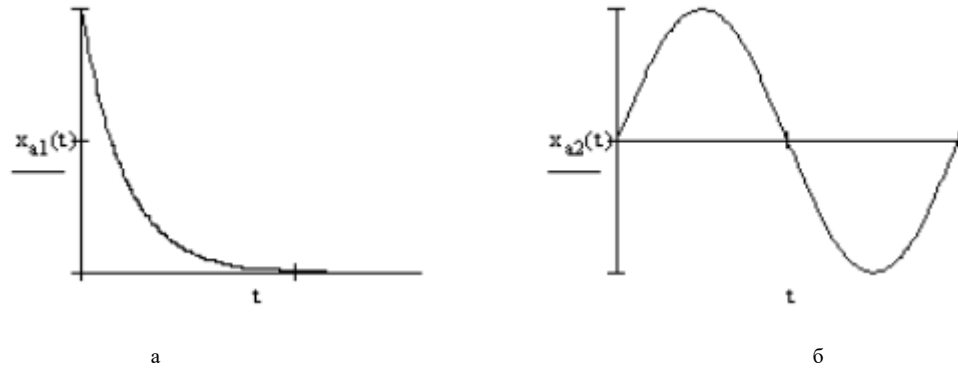


Рисунок 1.2 Приклад аналогового сигналу

Важливим прикладом аналогового сигналу є сигнал, що описується «одиничною функцією», яка описується виразом

$$u_0(t) = \frac{1}{2}(1 + \text{sign}(t)) \quad (1.4)$$

$$\text{де } \text{sign}(t) = \begin{cases} 1, & t > 0 \\ 0, & t = 0 \\ -1, & t < 0 \end{cases}$$

Графік одиничної функції представлений на рис. 1.3

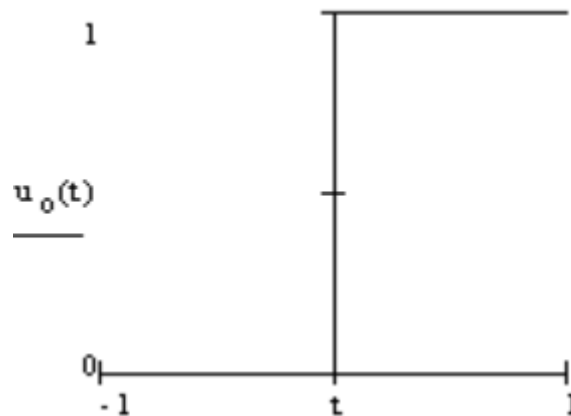


Рисунок 1.3. Графік одиничної функції

Функцію  $1(t)$  можна розглядати як межа сімейства безперервних функцій  $1(\alpha, t)$  при зміні параметра цього сімейства  $\alpha$ .

$$1(\alpha, t) = \frac{1}{2} + \frac{1}{\pi} \text{arcth}(\alpha t) \quad (1.5)$$

Сімейство графіків  $1(\alpha, t)$  при різних значеннях  $\alpha$  представлено на рис.1.4.

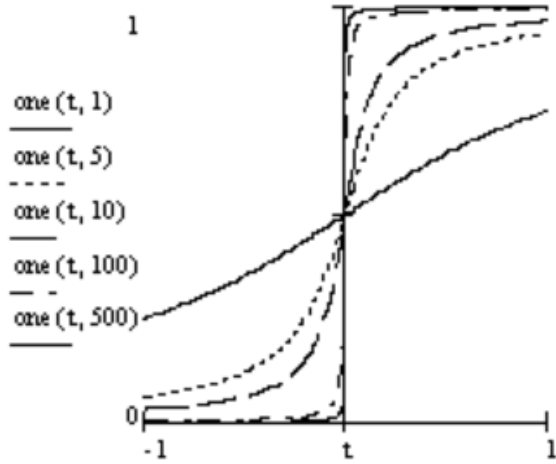


Рисунок 1.4 Сімейство графіків  $1(\alpha, t)$

У цьому випадку функцію  $1(t)$  можна записати як

$$1(e) = \lim_{\alpha \rightarrow \infty} 1(\alpha, t) \tag{1.6}$$

Позначимо похідну від  $1(\alpha, t)$  як  $\delta(\alpha, t)$ .

$$\delta(\alpha, t) = \frac{d1(\alpha, t)}{dt} = \frac{1}{\pi} * \frac{\alpha}{1 + \alpha^2 t^2} \tag{1.7}$$

Сімейство графіків  $\delta(\alpha, t)$  представлена на рис.1.5.

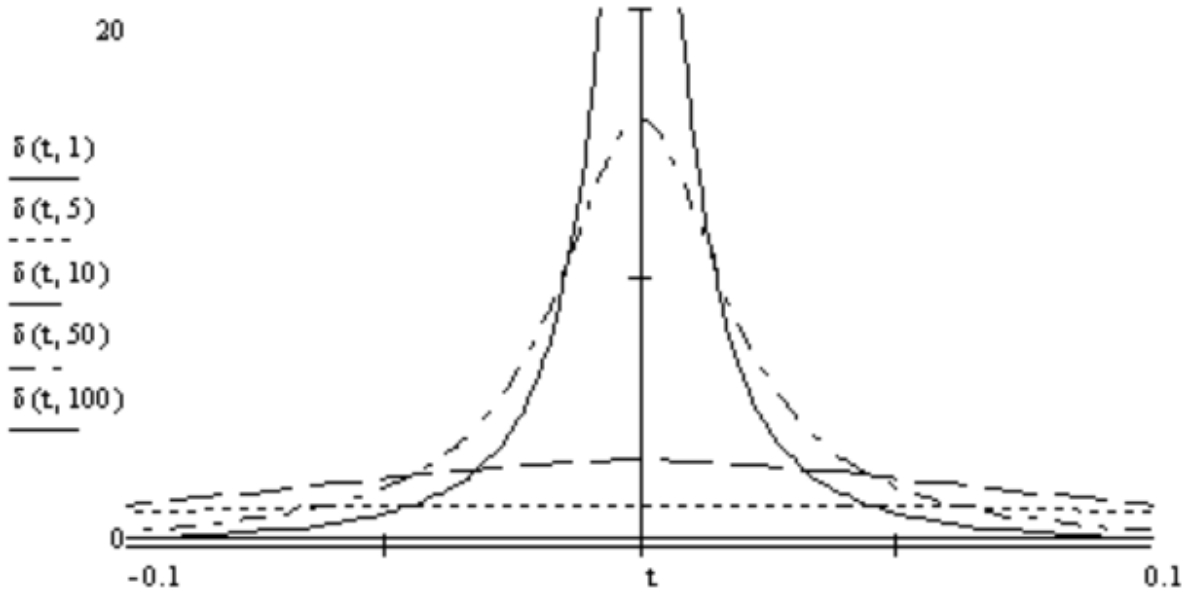


Рисунок 1.5. Сімейство графіків  $\delta(\alpha, t)$

Площа під кривою  $\delta(\alpha, t)$  не залежить від  $\alpha$  і завжди дорівнює 1.

Дійсно

$$\int_{-\infty}^{\infty} \delta(\alpha, t) = \frac{1}{\pi} \int_{-\infty}^{\infty} \frac{\alpha}{1+\alpha^2 t^2} dt = \frac{1}{\pi} \operatorname{arctg}(\alpha t) \Big|_{-\infty}^{\infty} = \frac{1}{\pi} * \left( \frac{\pi}{2} + \frac{\pi}{2} \right) = 1 \quad (1.8)$$

Функція

$$\delta(t) = \lim_{\alpha \rightarrow \infty} \delta(\alpha, t) \quad (1.9)$$

називається імпульсною функцією Дірака або  $\delta$ -функцією. Значення  $\delta$ -функції дорівнюють нулю у всіх точках, крім  $t = 0$ . При  $t = 0$   $\delta$ -функція дорівнює нескінченності, але так, що площа під кривою  $\delta$ -функції дорівнює 1. На рис.1.6 представлений графік функції  $\delta(t)$  і  $\delta(t-\tau)$ .

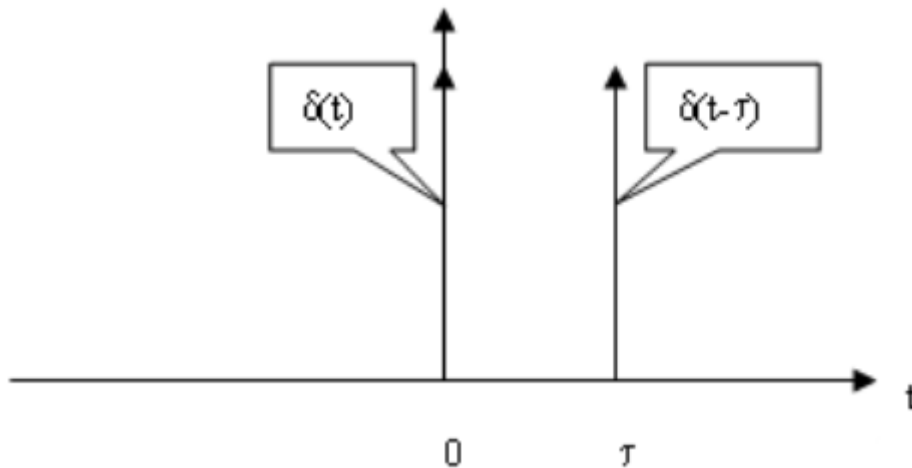


Рисунок 1.6. Графік функції  $\delta(t)$  і  $\delta(t-\tau)$

### 1.2.2 Дискретні сигнали

Дискретні сигнали відрізняються від аналогових тим, що їх значення відомі лише в дискретні моменти часу. Дискретні сигнали описуються гратчастими функціями - послідовностями -  $x_d(nT)$ , де  $T = \text{const}$  - інтервал (період) дискретизації,  $n = 0, 1, 2, \dots$ . Сама функція  $x_d(nT)$  може в дискретні моменти приймати довільні значення на деякому інтервалі. Ці значення функції називаються вибірками або відлік функції. Іншим позначенням гратчастої функції  $x(nT)$  є  $x(n)$  або  $x_n$ . На рис. 1.7а і 1.7б представлені приклади гратчастих функцій  $x_\sigma(n) = A * e^{-\alpha * n * T}$  і  $x_\sigma(n) = U_m * \sin(2 * \pi * f * n * T)$ . Послідовність  $x(n)$  може бути кінцевою або нескінченною, залежно від інтервалу визначення функції.

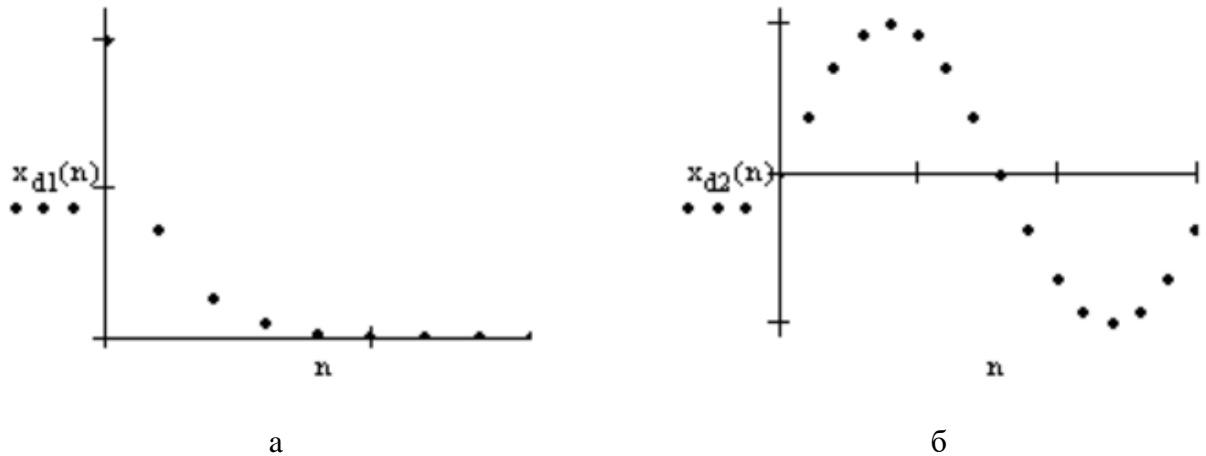


Рисунок 1.7. Ґратчастих функцій

Процес перетворення аналогового сигналу в дискретний називається тимчасова дискретизація. Математично процес тимчасової дискретизації можна описати як модуляцію вхідним аналоговим сигналом послідовності  $\delta$ -функції  $\delta_T(t)$

$$x_\sigma(t) = \sum_{n=0}^{\infty} \delta(t - nT) * x_a(t) \quad (1.10)$$

Процес відновлення аналогового сигналу з дискретного називається тимчасова екстраполяція.

Для дискретних послідовностей також вводяться поняття енергії та потужності. Енергією послідовності  $x(n)$  називається величина

$$E = \sum_{n=0}^{\infty} |x(n)|^2, \quad (1.11)$$

Потужністю послідовності  $x(n)$  називається величина

$$P = \lim_{N \rightarrow \infty} \frac{1}{2N+1} \sum_{n=-N}^N |x(n)|^2, \quad (1.12)$$

Для дискретних послідовностей зберігаються ті ж закономірності, що стосуються обмеження потужності і енергії, що і для безперервних сигналів.

Періодичною називають послідовність  $x(nT)$ , що задовольняє умові  $x(nT) = x(nT + mNT)$ , де  $m$  і  $N$  - цілі числа. При цьому  $N$  називають періодом послідовності. Періодичну послідовність досить задати на інтервалі періоду, наприклад при  $0 \leq n \leq N-1$  [6].



### 1.3 Сбір і первинна обробка аналогової вимірювальної інформації

Введення аналогових сигналів проводиться через спеціальні пристрої зв'язку з об'єктом (ПЗО). Вони можуть бути реалізовані у вигляді окремих пристроїв, або у вигляді елементів, що встановлюються в загальний каркас з процесором. ПЗО для введення аналогових сигналів забезпечує прийом безлічі різноманітних сигналів, що формуються датчиками і первинними перетворювачами. Функція введення аналогових сигналів виконується періодично.

Вся інформація збирається на нижньому рівні програмно-технічному комплексі (ПТК) і піддається первинній обробці, до якої відноситься:

- аналого-цифрові перетворення (якщо датчик або первинні перетворення не здійснюють його самі),
- фільтрація,
- лінеаризація сигналів датчиків з нелінійними характеристиками,
- компенсація температури холодних спаїв термоелектричних перетворювачів,
- масштабування,
- контроль достовірності вимірювальної інформації,
- контроль відхилення сигналів від установок.

Контроль достовірності вимірювальної інформації здійснюється, як правило, апаратно в ПЗО і в обчислювачі ПТК. В ПЗО виконується діагностична самоперевірка функціонування, перевірка справності ліній зв'язку з датчиком, перевірка на відповідність сигналів датчика діапазону вимірювань. ПЗО повідомляє про це обчислювачеві. При фатальних несправності ПЗО обчислювач втрачає з ним зв'язок. При виявленні несправності програма обчислювача повинна сприймати інформацію від такого ПЗО як недостовірну. Недостовірність фіксує індивідуально по кожному каналу, кваліфікується як подія і реєструється функцією реєстрації подій [1].

## 1.4 Сбір і обробка дискретних сигналів

Джерелами дискретних сигналів є різноманітні датчики положення («відкрито-закрито» засувок, клапанів, дверей тощо), датчики фіксації подій в технологічному процесі (чергова деталь надійшла на конвеєр і т.п.), датчики досягнення граничних значень (тиску, рівня і т.п.), органи ручного управління (кнопки, перемикачі і т.п.), сигнали, що характеризують режими роботи або інформують про настання певної події, що формуються окремими пристроями автоматизації та багато інших.

Фізичні дискретні сигнали бувають двох типів:

- потенційні, коли на вхід ПЗО ПТК надходить сигнал напруги (в промисловості широко використовується напруга 24 V постійного струму, хоча можуть використовуватися і інші рівні напруги, аж до 220 V змінного струму);
- "сухий контакт", коли на вхід ПЗО ПТК надходить значення опору або досить мале (контакт замкнутий), обумовлене, в основному, опором лінії зв'язку, або досить велике через кінцевого опору ізоляції лінії зв'язку.

Приєм дискретних сигналів здійснюється спеціалізованим ПЗО з гальванічною розв'язкою вхідних ланцюгів. Для потенційних сигналів це реалізується досить просто, наприклад, за допомогою оптронів, а для сигналу типів "сухий контакт" в ПЗО потрібна наявність джерела живлення для кожного гальванічного розв'язаного вхідного каналу. Величина випробувальної напруги гальванічної розв'язки в ПЗО введення дискретних сигналів така ж, як і в ПЗО введення аналогових сигналів.

Дискретні сигнали поділяються на дві групи - пасивні і ініціативні. Збір та обробка пасивних сигналів виконується періодично з величиною циклу, що залежить від конкретної автоматизованої системи управління технологічними процесами (АСУ ТП) (зазвичай, від десятка мілісекунд до одиниць секунди). Введення в поточному циклі стану дискретних сигналів зіставляються з їх значеннями, введеними раніше. Збір та обробка ініціативних сигналів відрізняються від пасивних тим, що потрібна негайна реакція на їх виникнення. Це може обумовлюватися необхідністю точної фіксації часу настання ініціативного події, або необхідністю прийняття негайного управлінського рішення в АСУ ТП. Обробка ініціативних сигналів може виконуватися за допомогою переривання обчислювача ПТК і негайно розпочати відповідної обробної програми.

Контроль достовірності дискретних сигналів виконується з циклом їх введення і здійснюється апаратно і програмно. Апаратно перевіряється відсутність обриву лінії зв'язку і

працездатності ПЗО. Програмно контролюється сукупний сигнал двох і більше датчиків на відсутність неможливих положень [1].

## 1.5 Первинна обробка вимірювальної інформації

### 1.5.1 Фільтрація вимірних значень. Призначення і основні властивості цифрових фільтрів

Кожен вимір параметра технологічного процесу в цифровий вимірювальній системі, для отримання якого використовуються, принаймні, комутатор і аналогу-цифровий перетворювач, пов'язане з впливом перешкод. Джерелом перешкод в ряді випадків можуть бути також датчики сигналів, об'єкт (наприклад, його іонізуюче випромінювання), характер матеріального потоку (наприклад, турбулентність середовища) і ін.

Перешкодам характерний вищий частотний спектр, ніж спектр вимірюваного параметра (не менше ніж на порядок). Вид сигналу на вході у фільтр, до усунення перешкоди, і сигналу на виході фільтра показаний на рис. 1.8.

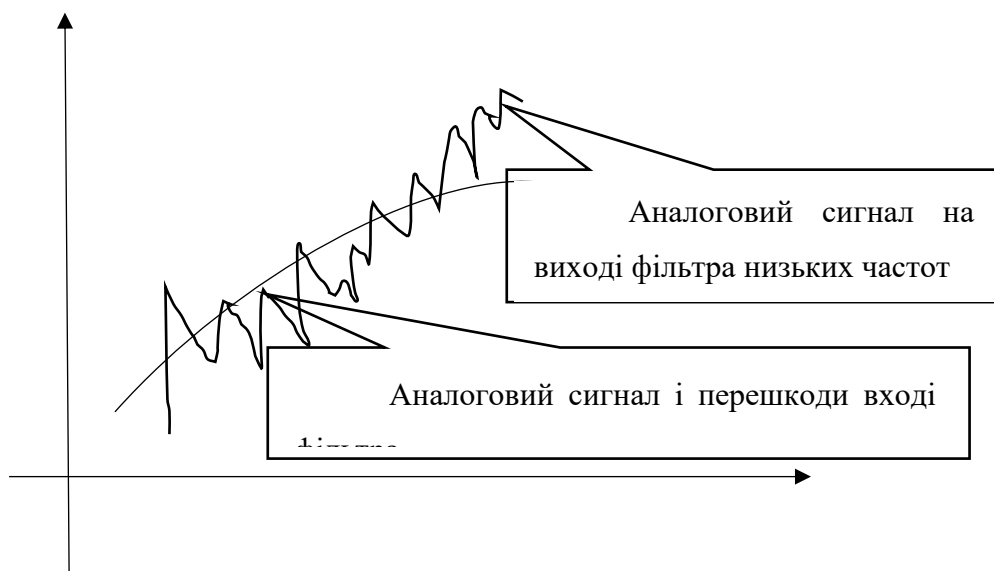


Рисунок 1.8. Види сигналів на вході і виході фільтрів.

Під фільтрацією розуміється процес зміни частотного спектра сигналу з метою посилення або виділення одних частот і ослаблення або придушення інших. За принципами реалізації розрізняють фільтри аналогові (безперервні) і цифрові. Аналогові фільтри перетворюють безперервний в часі  $t$  аналоговий сигнал  $x(t)$  на вході в аналоговий сигнал  $y(t)$  на

виході. Цифрові фільтри обробляють рівномірно розподілені, квантові в часі, послідовності вхідних чисел  $x(i * \Delta T)$ , де  $\Delta T$  - постійна величина (крок квантування), а  $i$  - ціле число. У дискретні моменти часу  $t = iT$  дискретний сигнал  $x(i\Delta T)$  може досить точно, з похибкою перетворення, відтворювати свій аналоговий спосіб  $x(t)$ . Результатом обробки вхідних в фільтр даних  $x(i\Delta T)$  є послідовність вихідних даних  $y(i\Delta T)$  - реакція фільтра на вхідний вплив.

Властивості аналогових фільтрів, за винятком деяких спеціальних, описуються в тимчасовій області звичайними диференціальними рівняннями, а в частотній - частотними характеристиками. Для опису цифрових фільтрів застосовуються різницеві рівняння.

Останнім часом значного розвитку отримали теорія, методи проектування та програмне забезпечення цифрової фільтрації сигналів. Основними характеристиками фільтрів є: смуга пропускання - діапазон частот ( $\omega_1, \omega_2$ ) в якому вихідні сигнали, по крайній мере, не ослаблені (посилені або злегка ослаблені); смуга затримання - діапазон частот ( $\omega_1, \omega_2$ ), в якому вихідні сигнали мають нульові або близькі до нульових, значення; перехідна смуга - діапазон частот між смугою пропускання і смугою затримання [1].

Для застосування в інформаційно-вимірювальних та інших автоматизованих системах управління технологічними процесами, як правило, інтерес представляють фільтри із заданою пропускнуою здатністю нижніх частот, вузькою перехідною смугою і заданою смугою затримання.

### 1.5.2 Цифрова фільтрація вимірюваних значень сигналів в ПТК

Властивості одного із часто вживаних в ПТК фільтрів, простого за структурою, з обмеженим переліком параметрів настройки і мінімальними вимогами до ресурсів часу і пам'яті процесора, описуються в тимчасовій області звичайним диференціальним рівнянням першого порядку виду

$$T * \frac{dy(t)}{dt} + y(t) = x(t), \quad (1.12)$$

де  $x(t)$  - сигнал на вході фільтра;  $y(t)$  - сигнал на виході фільтра;  $T$  - постійна часу фільтра.

Структурна схема фільтра показана на рис. 1.9.

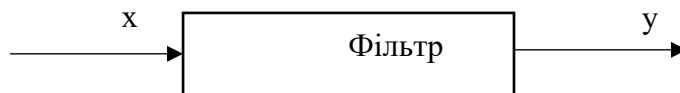


Рисунок 1.9. Структурна схема фільтра.

Властивості фільтрів встановлюють за допомогою аналізу їх рівнянь в операторній формі.

$$(Tp + 1)y(p) = x(p). \quad (1.13)$$

Передатна характеристика фільтра (відношення зображення сигналу, на виході фільтра до його зображення на його вході) має вигляд:

$$W(p) = \frac{1}{Tp+1} \quad (1.14)$$

З рівняння передавальної характеристики знаходиться залежність зміни амплітуди вихідного сигналу на обраній частоті  $\omega$  і залежність запізнювання сигналу на виході фільтра по відношенню до сигналу на вході, тобто амплітудна і фазова характеристики фільтра. Модуль фільтра  $A(\omega)$  першого порядку і зрушення фаз  $\varphi(\omega)$  описуються виразами:

$$A(\omega) = \frac{1}{\sqrt{T^2\omega^2+1}}, \varphi(\omega) = -\arctg(T * \omega). \quad (1.15)$$

Модуль  $A(\omega)$  амплітудно-частотної характеристики показує у скільки разів збільшується (або зменшується) амплітуда вихідного сигналу в порівнянні з амплітудою вхідного сигналу при заданій частоті  $\omega$  гармонійного впливу. Аргумент  $A(\omega)$  - кут зсуву вихідного сигналу по відношенню до вхідного.

Зі збільшенням частоти  $\omega$  амплітуда  $A(\omega)$  убуває і тим швидше, чим більше  $T$ . Постійна  $T$  характеризує інерційність фільтра. Амплітудна характеристика має перегин у точці  $\omega = 1 / T$ . Вважається, що фільтр першого порядку пропускає всі частоти  $\omega$  від 0 до  $1 / T$  і пригнічує частоти вище  $\omega = 1 / T$ . Частота  $\omega = \omega_c = 1 / T$  називається частотою зрізу фільтра. Іншими словами, якби фільтрований сигнал  $x(t)$  представити сумою гармонійних сигналів (поруч Фур'є) і до такого сигналу застосувати фільтр, то на його виході частоти вище  $\omega_c = 1 / T$  практично були відсутні б. І якби з будь-яких міркувань вдалося задати значення  $A(\omega)$  для

частоти  $\omega$  - з рівняння амплітудної характеристики можна було б отримати значення постійної часу  $T$ .

Розглянемо цифровий еквівалент аналогового фільтра першого порядку. У різній формі наведене вище диференціальне рівняння має вигляд:

$$T * y_i - \frac{y_{i-1}}{\Delta T} + y_i = x_i, \quad (1.16)$$

індексом  $i$  в рівнянні позначений момент часу  $t = i\Delta T$ , де  $\Delta T$  - крок квантування вхідного сигналу за часом, величина постійна;  $y_i$  значення сигналу (в цифровому вигляді) на виході фільтра, якщо на вхід фільтра в цей же момент часу поданий сигнал  $x_i$ . Рішенням рівняння щодо виходу фільтра (щодо  $y_i$ ) буде:

$$y_i = \frac{T}{T+\Delta T} y_i + \frac{\Delta T}{T+\Delta T} x_i = k y_{i-1} + (1-k) x_i. \quad (1.17)$$

Очевидними властивостями коефіцієнтів  $k$  і  $(1-k)$  рівняння цифрового фільтра є:

$$\frac{T}{T+\Delta T} + \frac{\Delta T}{T+\Delta T} = k + (1-k) = 1; \quad 0 \leq k \leq 1. \quad (1.18)$$

При  $k = 0$  фільтр відключений - пропускає всі частоти. При  $k = 1$  всі частоти придушуються. Важливою особливістю цифрового фільтра є те, що його вихід залежить не тільки від постійної часу  $T$  (як це має місце у аналогового фільтра), але і від кроку  $\Delta T$  квантування вхідного сигналу за часом. Так як постійна часу  $T$  фільтра визначається частотою зрізу  $\omega_c$  (і, навпаки), для  $k$  можна прийняти

$$k = \frac{T}{T+\Delta T} = \frac{1}{1+\omega_c \Delta T}. \quad (1.19)$$

Для отримання оцінки частоти зрізу  $\omega_c$  повинен бути досліджений спектральний склад сигналу  $x(t)$ , виявлені частоти, властиві власне технологічним процесом, і частоти перешкоди, джерелом якої технологічний процес не є.

Важливим з точки зору реалізації цифрового фільтра є підтримання сталості кроку  $\Delta T$  квантування вхідного сигналу в часі.

Непостійна  $\Delta T$ , його випадкові значення, можуть стати джерелом істотних додаткових похибок послідовності даних у  $(i-\Delta T)$  на виході фільтра.

### 1.5.3 Фільтрація вхідних сигналів методом ковзного усереднення

У попередньому пункті розглянуто застосовуваний в ПТК для обробки вхідних сигналів один з класичних цифрових фільтрів - лінійний фільтр першого порядку. Іншим, часто вживаним методом фільтрації вимірних значень параметрів, є усереднення вимірювань на змінному інтервалі. В основі методу лежить заміна вимірюваного значення параметра (сигналу) середнім значенням параметра, взятим за заданим (постійному) безлічі вимірювань. Для отримання змінного середнього значення  $y(i\Delta T)$  на інтервалі  $m * \Delta T$  на кожному кроці  $i$  вимірювань обчислюється змінна сума

$$S(i\Delta T) = \sum_{m=0}^{k-1} x((i - m)\Delta T) \quad (1.20)$$

Більш ефективною з обчислювальної точки зору є схема рахунку, в якій  $S(i\Delta T) = S((i-1)\Delta T) + x(i\Delta T) - X(i-m)\Delta T$ . Середнє значення  $y(i\Delta T)$  вимірюваної величини в момент часу  $t = i\Delta T$  дорівнює

$$Y(i\Delta T) = S(i\Delta T) / m. \quad (1.21)$$

З обчислювальної точки зору алгоритм ефективний при  $m=2^n$ , де  $n$  - ціле.

### 1.5.4 Лінеаризація вимірних значень сигналів термопар і термоперетворювачів опору. Компенсація впливу термоелектрорушійної сили вільних кінців термопар

#### 1.5.4.1 Вимірювання температури і обчислювальні проблеми

Для вимірювання температури в промислових умовах застосовуються термоелектричні перетворювачі (термопари) і термоперетворювачі опору. Термоелектроди, що застосовуються для виготовлення термопар, і терморезистори термометрів опору генерують вихідний сигнал (електрорушійну силу або опір), пов'язаний, як правило, нелінійною залежністю з вимірюваним параметром - температурою  $T$ . Відповідність (номінальні статичні характеристики перетворення - НСХ між температурою і вихідними сигналами датчиків - термоелектрорушійні силою  $E$  і, для термометрів опору, опором  $R$ ) встановлено міждержавними стандартами.

НСХ як термопар, так і термометрів опору мають суттєві нелінійності. Для забезпечення точності апроксимація НСХ виконана поліномами виду:

$$t = \sum_{k=0}^N d_k * E^k, \quad (1.22)$$

де: N змінюється в межах від 8 до 12 і залежить від типу перетворювача,  $d_k$  коефіцієнти полінома.

Для отримання за вимірюваним значенням E (або R) температури t розрахунок повинен здійснюватися із застосуванням речової арифметики подвійної точності і, очевидно, вимагає значних ресурсів процесорного часу. Якщо взяти до уваги той факт, що в інформаційно-вимірювальних і управляючих системах основним видом вимірювань є температурні (до 70% від загального числа параметрів), а кількість контрольованих параметрів температури досягає декількох сотень і що вимірювання параметрів повинні виконуватися з періодом від 100 ms до 1 s - пошук і застосування в АСУ ТП ефективних методів розрахунку температури є одними з найважливіших завдань математичного забезпечення.

Одним з широко застосовуваних на практиці методів розрахунку температури є зниження порядку апроксимаційного НСХ полінома до другого або третього, так що

$$t = \sum_{k=0}^2 c_k E^k, \quad (1.23)$$

де  $c_k$ - речові коефіцієнти апроксимаційного полінома другого ступеня.

Можливість зниження порядку досягається при цьому за рахунок звуження області визначення полінома за допомогою обмеження її (області) межами вимірювання температури в конкретних умовах. Так, наприклад, при вимірюванні температури в компенсаційній коробці, встановленої в опалювальному приміщенні, досить вимірювати температуру в діапазоні від 0 до 100 ° C і, отже, НСХ датчика температури повинна бути апроксимаційний тільки в даному діапазоні.

Незважаючи на можливість мінімізації вимог до ресурсів процесорного часу, запропонований шлях не позбавлений істотного недоліку, а саме: апроксимаційні поліноми повинні бути створені персонально для кожного каналу вимірювання температури. З цієї ж причини програмно-технічний комплекс втрачає властивість автоматичної адаптації при його перенесення на інший об'єкт, зростають трудовитрати розробки математичного, програмного та інших видів забезпечення.



### 1.5.4.2 Лінеаризація номінальних статичних характеристик термоперетворювачів і розрахунок температур

У порівнянні з описаним вище підходом з властивими йому недоліками, метод розрахунку температур просунутий в наступних основних двох напрямках. По-перше, в якості інтервалу апроксимації НСХ датчика прийнятий не робочий діапазон зміни температур конкретного об'єктового параметра, а діапазон зміни сигналів низького рівня на вході вимірювальних каналів. По-друге, в діапазоні прийому каналом вхідного сигналу апроксимація НСХ виконаний не квадратичними поліномами, а кусочно-лінійними функціями похибки апроксимації двосторонньої. На кінцях діапазону (на початку і кінці шкали) похибка дорівнює нулю - апроксимується і апроксимуюча функції збігаються. Найбільша похибка досягається, як правило, в вузлових точках. Величина межі допустимої похибки апроксимації є параметром настройки методу апроксимації і є функцією межі інструментальної похибки вимірювального каналу (прийнята меншою її в два - три рази). Для прецизійних вимірювальних каналів з межею допустимої зведеної похибки  $\pm 0.04\%$  похибка прийнятого методу апроксимації не перевищує  $\pm 0.04^\circ\text{C}$ ,

Підтримка двосторонньої похибки дозволило скоротити кількість вузлів, орієнтовно, в два рази. В середньому, кількість вузлів коливається від двох до десяти і залежить як від пред'явлених вимог до точності апроксимації та характеру нелінійності НСХ, так і від діапазону прийнятих вимірювальним каналом вхідних сигналів. У проміжку між сусідніми вузлами ( $E_i, T_i$ ) і ( $E_{i+1}, T_{i+1}$ ) температура розраховується за лінійним рівнянням зв'язку, так що

$$T = \frac{T_{i+1} - T_i}{E_{i+1} - E_i} * (E - E_i) + T_i. \quad (1.24)$$

Для спрощення обчислень процедури розрахунку температури надаються не значення температури  $T_i$ , напруги  $E$  і  $E_i$  (опору  $R$  і  $R_i$ ) в вузлах  $i$ , а їх відносні значення (коди)

$$N_i = Ent \left[ \frac{E_i + 0.5h}{h} \right], i = 1, 2, \dots, \quad (1.25)$$

де  $N_i$  - цифрове значення (код аналогу-цифрового перетворювача);  $Ent []$  - символ, що визначає цілу частину числа;  $E_i$  - значення напруги (або опору в вузлу)  $h$  - номінальна ступінь квантування, в одиницях перетворюється величини.

Розрахунок значень температури здійснюється в ПТК, таким чином, за допомогою застосування цілочисленної арифметики 16-розрядної формату. Лінеаризація НСХ датчиків

температури не тільки створила умови для ефективного використання процесорного часу, але і пам'яті.

### 1.5.4.3 Компенсація впливу термоелектрорушійні сили вільних кінців термопар

Необхідність компенсації термоелектрорушійні сили вільних кінців термопар викликана фізичним явищем, при якому в спаї робочого кінця, поміщеного в вимірювану (робочу) середу з температурою  $t_i$  і спаї вільного кінця з температурою  $t_0$  виникають термоелектрорушійні сили  $E_{t1}$  і  $E_{t0}$  відповідно, спрямовані зустрічно. У ланцюзі термопар діє при цьому результуюча термоелектрорушійна сила  $E_{t1} = E_p + E_{t0}$ .

З рівняння випливає метод компенсації впливу електрорушійної сили вільного кінця: для отримання термоелектрорушійної сили робочого кінця термопар до результуючої термоелектрорушійної сили  $E_p$  слід додати величину термоелектрорушійні сили  $E_{t0}$  її вільного кінця, тобто  $E_{t1} = E_p + E_{t0}$ .

Зауважимо, що підмінити наведене вище вираз простий різницею температур робочого і вільного кінця термопар з метою отримання дійсної температури робочого середовища  $T_p = T_1 - T_0$ . В загальному випадку, не можна через нелінійної залежності термоелектрорушійної сили від температури. Такий спосіб, хоча він і досить широко застосовується на практиці, може привести до значних похибок визначення температури  $T_p$ .

На жаль, прямі методи вимірювання  $E_{t0}$  відсутні. Для її оцінювання застосовується, в зв'язку з цим, метод непрямих вимірювань. Суть методу полягає у вимірюванні  $T_0$  і подальшому розрахунку по відомо температуру  $T_0$  величини термоЕДС, яка була б розвинена даної термопарою при даній температурі. Для вимірювання температури  $T_0$  застосовуються мідні і, рідше, платинові термометри опору.

При відомому значенні  $T_0$  розрахунок  $E_{t0}$  здійснюється в порядку, зворотному порядку, описаному в п.1.3.4.2 за значенням температури  $T_0$  за номінальною статичною характеристикою термопар обчислюється значення  $E_{t0}$ , яке перетворюється потім в відносні одиниці  $N_{E_{t0}}$  - масштаб кодів аналого-цифрового перетворювача каналу вимірювання результуючої термоЕДС. Отриманий таким чином код  $N_{E_{t0}}$  і є та величина компенсує поправки, на яку ослаблена (або посилена, в залежності від знаку  $E_0$ ) результуюча термоЕДС, а величиною, еквівалентної електрорушійної силі  $E_{t1} = E_p + E_{t0}$  є її (електрорушійної сили) код  $N_{E_{t1}} = N_{E_p} + N_{E_{t0}}$ .

## 1.6 Постановка завдання

Мета даної роботи є дослідження методів реалізації первинної обробки аналогових і дискретних сигналів, методів збору первинної обробки вимірювальної інформації. Необхідно проаналізувати існуючі мови програмування і реалізувати ФБ, які будуть виконувати первинну обробку аналогових і дискретних сигналів.

Основні задачі магістерської роботи:

- проаналізувати методи первинної обробки аналогових і дискретних сигналів;
- проаналізувати архітектуру функціонального блоку та методи програмування;
- реалізувати алгоритми функціональних блоків.

## **1.7 Висновки до першого розділу**

У першому розділі були розглянуті основні поняття про цифрову обробку сигналів та їх види (аналогові і дискретні).

Були розглянуті методи збору первинної обробки вимірювальної інформації такі як: фільтрація сигналів, лінеаризація з нелінійними характеристиками, компенсація температури холодних спайів термоелектричних перетворювачів, масштабування.

Сформульована постановка задачі

## **2 АНАЛІЗ РЕАЛІЗАЦІЇ ФУНКЦІОНАЛЬНИХ БЛОКІВ**

### **2.1 Основні поняття про функціональні блоки стандарту МЕК 61131**

#### **2.1.1 Базова функціональна структура системи з програмованим контролером**

Загальна структура із зазначенням основних функціональних компонентів системи з програмованим контролером представлена на рисунк 2.1. Дані функції здійснюють обмін даними між собою і обробляють сигнали машини / процесу, що підлягає контролю.

Функція ЦП полягає в зберіганні прикладної програми, зберіганні даних, операційної системи (е) і виконанні функцій прикладної програми.

ЦП обробляє сигнали, що надходять з датчиків, а також з внутрішнього сховища даних і генерує сигнали для приводів і внутрішнього сховища даних відповідно до прикладної програмою.

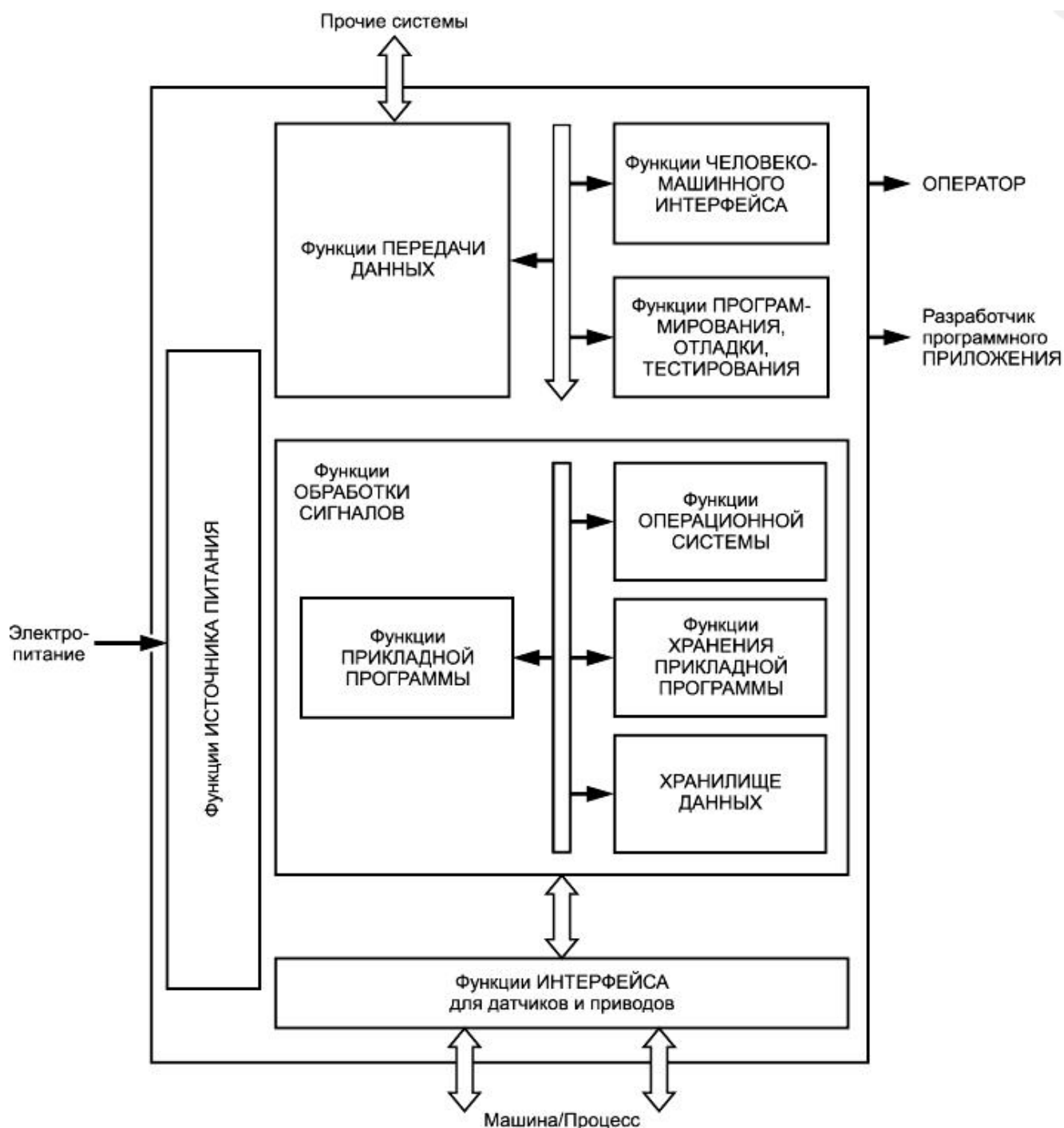


Рисунок 2.1. Базова функціональна структура ПЛК-системі

Функції інтерфейсу для датчиків і приводів перетворює:

- вхідні сигнали і / або дані, що надходять з машини / процесу в сигнали рівня, необхідного для обробки;
- виходять сигнали і / або дані, що надходять від функції обробки сигналів в сигнали рівня, необхідного для роботи приводів і / або дисплеїв.

Сигнали, що входять / виходять з функцій інтерфейсу, можуть надходити зі спеціальних модулів, які виконують попередню обробку сигналів зовнішніх датчиків відповідно до певними функціями, що містяться в самих модулях. У число таких модулів входять модуль PID (ідентифікаційного номера процесу), модуль нечіткого контролю, модуль швидкодіючого лічильника, модуль руху та інші.

Функція передачі даних забезпечує обмін даними з іншими системами (сторонніми пристроями), наприклад, з іншими ПЛК-системами, пристроями керування роботами, комп'ютерами і т.д.

Функція людино-машинного інтерфейсу (ЧМІ) забезпечує взаємодію між оператором, функцією обробки сигналів і машиною / процесом.

Функції програмування, налагодження, тестування і документації забезпечують генерування та завантаження прикладної програми, моніторинг та налагодження, а також документацію та архівування прикладної програми.

Функції джерела живлення забезпечують перетворення і ізоляцію джерела живлення ПЛК-системи від мережевого електроживлення.

Функції операційної системи відповідає за управління внутрішніми, взаємозалежними функціями ПЛК-системи (контроль конфігурації, діагностика, управління пам'яттю, управління виконанням прикладної програми, обмін даними з периферійними пристроями та функції інтерфейсу для датчиків і приводів, і т.д.).

Після виключення електроживлення або спотворення переданих сигналів ПЛК-система може бути перезапущено трьома різними способами: холодний перезапуск, теплий перезапуск та гарячий перезапуск.

### **2.1.1.1 Пам'ять для зберігання даних прикладної програми**

Зберігання прикладної програми передбачає виділення осередків пам'яті для зберігання серії інструкцій, періодичне або кероване подіями виконання яких визначає послідовність роботи машини або просування процесу. Зберігання прикладної програми також може

передбачати виділення осередків пам'яті для зберігання первинних значень даних прикладної програми.

Зберігання даних прикладної програми передбачає виділення осередків пам'яті для зберігання образу введення / виведення і даних (наприклад, набори значень для таймерів, лічильників, стану сигналізації, параметрів і наборів команд для машини або процесу), необхідних для виконання прикладної програми.

Використовуються різні типи пам'яті: пам'ять читання-запису (RAM), пам'ять тільки для читання (ROM), програмована постійна пам'ять (PROM), перепрограмувальна постійна пам'ять (EPROM / UV-PROM, EEPROM). Збереження даних в пам'яті при збої електроживлення досягається вибором належного типу пам'яті, якщо є (наприклад, EPROM, EEPROM), або завдяки використанню аварійного кошти пам'яті для енергозалежних типів пам'яті (наприклад, батарея).

Ємність пам'яті визначається числом елементів пам'яті в кілобайтах, яке зарезервоване для зберігання прикладної програми і даних прикладної програми. Параметри ємності пам'яті:

- ємність в мінімально придатною конфігурації;
- розмір (и) для інкрементів розширення;
- ємність (і) при максимальній конфігурації (ях).

Будь-яка програмована функція, застосовувана прикладної програмою, займає осередку пам'яті. Число необхідних осередків, як правило, залежить від програмованих функцій і типу ПЛК.

Обсяг пам'яті, необхідний для зберігання даних прикладної програми, залежить від обсягу і формату даних [10].

## **2.2 Архітектура функціонального блоку**

Функціональні блоки застосовуються для моделювання та проектування систем автоматизації і для підтримки всього життєвого циклу системи, включаючи проектування, виготовлення, функціонування, валідацію і обслуговування.

Стандарт МЕК 611131 встановлює узагальнену архітектуру функціональних блоків і надає керівництво для їх застосування в розподілених системах промислової автоматизації. У таких системах програмне забезпечення розподілене між кількома фізичними пристроями (ПЛК) та декількома функціональними блоками (ФБ), а промислова мережа розглядається як складова частина системи.



Однією з істотних особливостей МЕК 611131 є орієнтація на системи, в яких ФБ управляються подіями, в той час як традиційні системи автоматизації будуються зазвичай на базі тактування або управління за тимчасовим розкладом. Подійне управління використано тому, що в розподілених системах воно є більш загальним. Будь-яка система з тактуванням може бути представлена у вигляді системи з подійним управлінням, але зворотне не завжди можливо.

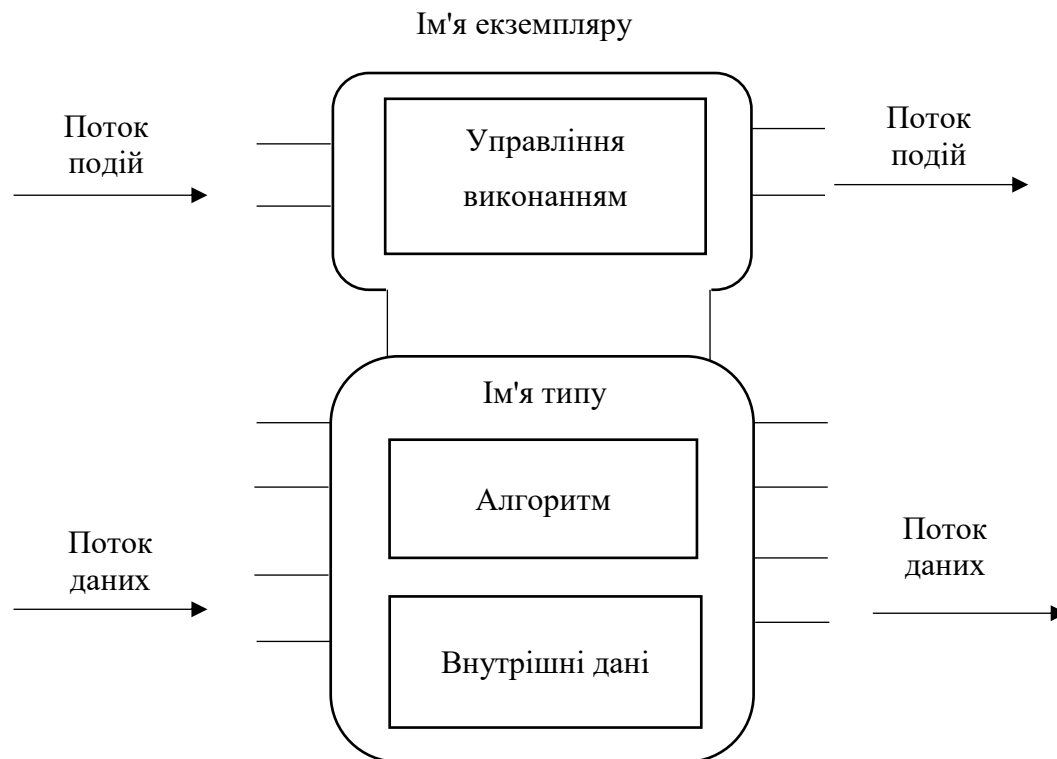


Рисунок 2.2 Функціональний блок

Архітектура функціональних блоків представляється на рис. 2.2. Функціональний блок характеризується ім'ям типу і ім'ям екземпляру блоку. Наприклад, ім'ям типу може бути "ФВ", а імен примірників може бути багато: "ФВ1, ФВ 2, ФВ3, ...", за кількістю ФБ, використаних в конкретній системі.

Кожен ФБ має безліч входів і виходів для прийому і передачі потоку подій. Прийняті події можуть ініціювати виконання деяких алгоритмів всередині блоку, в результаті чого можуть вироблятися події, які передаються іншим блокам системи.

ФБ має також безліч входів, через які надходить потік даних. Вхідні дані відображаються у вхідні змінні, які обробляються алгоритмами блоку, після чого можуть передаватися іншим ФВ у вигляді виходить потоку даних. Блок може містити також внутрішні дані і відповідні їм внутрішні змінні.

Кожен ФБ має свої функціональні характеристики, які визначаються комбінацією внутрішніх даних, станів і алгоритмів, а також функціональними можливостями ресурсів пристрою.

Ресурс - це функціональний елемент, що міститься в фізичному пристрої і незалежно керує його операціями, а також забезпечує різні сервіси для додатків, включаючи планування та виконання алгоритмів. Ресурс може бути створений, налаштований, стартував, вилучений і т. п. Без впливу на інші ресурси в пристрої.

### 2.3 Модель програмування

На рисунку 2.3 показано зведення елементів мов програмування ПЛК. Комбінація цих елементів повинна підкорятися такими правилами:

1 Типи даних оголошуються з використанням стандартних типів даних і будь-яких раніше визначених типів даних.

2 Функції оголошуються з використанням стандартних або певних користувачем типів даних, стандартних функцій і будь-яких раніше визначених функцій.

Дані оголошення повинні використовувати механізми, визначені для мов IL, ST, LD або FBD.

3 Типи функціональних блоків оголошуються, використовуючи стандартні і визначені користувачем типи даних, функції, стандартні типи функціональних блоків і будь-які раніше певні типи функціональних блоків.

Дані оголошення використовують механізми, визначені для мов IL, ST, LD або FBD, і можуть включати в себе елементи послідовних функціональних схем (SFC).

Додатково, можна визначати об'єктно-орієнтовані типи функціональних блоків або класи, які використовують методи і інтерфейси.

4 Програма оголошується, використовуючи стандартні або певні користувачем типи даних, функції, функціональні блоки і класи.

Дані оголошення використовують механізми, визначені в мовах IL, ST, LD або FBD і можуть в себе включати елементи послідовних функціональних схем (SFC).

5 Програми можуть збиратися в конфігурації, використовуючи елементи, тобто: глобальні змінні, ресурси, завдання і шляхи доступу.

Посилання на "раніше певні" типи даних, функції і функціональні блоки означає, що після того як певний елемент був оголошений, його визначення є (наприклад, в "бібліотеці" раніше визначених елементів) для використання в подальших визначеннях [11].

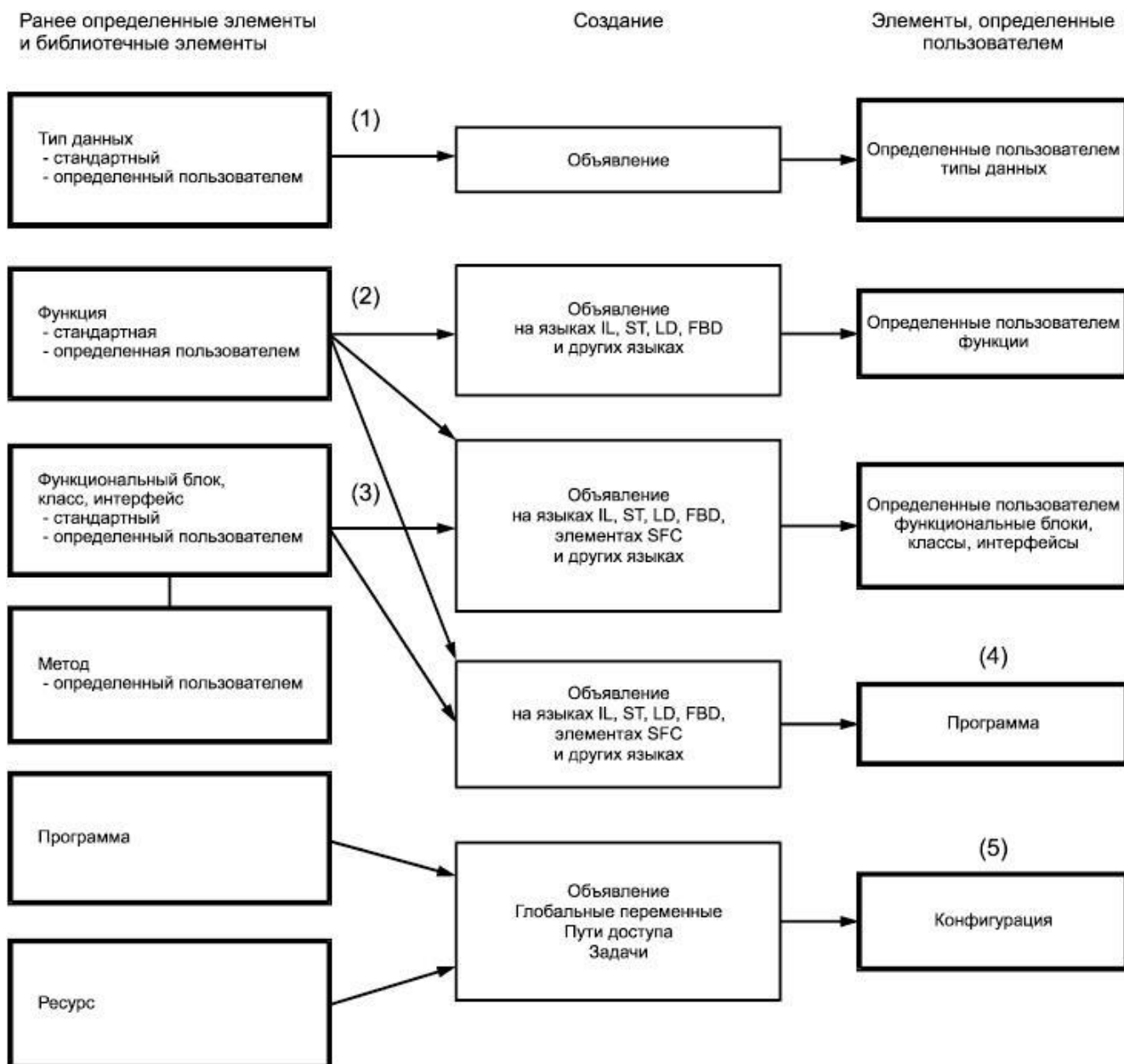


Рисунок 2.2. Поєднання елементів мови програмування контролерів

де LD - мова релейно-контактних схем;

FBD - мова функціонально-блокових діаграм;

IL - мова списку інструкцій;

ST - мова структурованого тексту;

Числа від (1) до (5) в дужках відносяться до відповідних параграфів 1) -5) вище.

### 2.3.1 Мова релейно-контактних схем

Мова релейно-контактних схем (LD) призначена для програмування ПЛК. Синтаксис мови зручний для заміни логічних схем, виконаних на релейній техніці. Орієнтований на інженерів по автоматизації, які працюють на промислових підприємствах. Забезпечує наочний інтерфейс логіки роботи контролера, який полегшує не тільки завдання власне програмування і введення в експлуатацію, але і швидкий пошук неполадок в підключається до контролера обладнанні.

Програма на мові релейної логіки має наочний і інтуїтивно зрозумілий інженерам-електрикам графічний інтерфейс, який представляє логічні операції, як електричний ланцюг з замкнутими і роз'єднаними контактами. Хід або відсутність струму в цьому ланцюзі відповідає результату логічної операції (істина - якщо струм тече; брехня - якщо струм не тече).

Основними елементами мови є контакти, які можна образно порівняти з парі контактів реле або кнопки. Пара контактів ототожнюється з логічної змінної, а стан цієї пари - зі значенням змінної [12].

### **2.3.2 Мова функціонально-блокових діаграм**

Мова функціонально-блокових діаграм (FBD) призначена для програмування програмованих логічних контролерів (ПЛК). Програма утворюється зі списку ланцюгів, які виконуються послідовно зверху вниз. Ланцюги можуть мати мітки. Інструкція переходу на мітку дозволяє змінювати послідовність виконання ланцюгів для програмування умов і циклів.

При програмуванні використовуються набори бібліотечних блоків і власні блоки, також написані на FBD або іншими мовами МЕК 61131-3. Блок (елемент) - це підпрограма, функція або функціональний блок (I, АБО, НЕ, тригери, таймери, лічильники, блоки обробки аналогового сигналу, математичні операції і ін.).

Кожна окрема ланцюг являє собою вираз, складене графічно з окремих елементів. До виходу блоку підключається наступний блок, утворюючи ланцюг. Всередині кола блоки виконуються строго у порядку їх сполуки. Результат обчислення ланцюга записується у внутрішнє змінну або подається на вихід ПЛК [13].

### **2.3.3 Мова структурованого тексту**

Мова структурованого тексту ST (Structured Text) призначений для універсального аналізу даних. Є мовою високого рівня (типу Паскаля, Ассемблер, C/C++). Зручний для програм, що включають числовий аналіз або складні алгоритми. Може використовуватися в головних програмах, в тілі функції або FBD. Має високу читабельністю вихідного коду,

ключові слова, такі як AND, OR, NOT, IF, THEN, ELSE, WHILE і т. п., легко зрозумілі. Простий в супроводі, якщо імена змінних зрозумілі, є коментарі, код добре структурований.

Мова ST можна використовувати, наприклад, для того, щоб викликати функціональні блоки, виконувати функції і розподілу, умовно виконувати і повторювати їх.

При введенні ключових слів, роздільників і коментарів здійснюється безпосередня перевірка по буквах. При виявленні ключового слова, роздільник або коментаря, вони ідентифікуються через кольорове підкреслення. При введенні несанкціонованих ключових слів (тверджень або операторів) вони також ідентифікуються через кольорове підкреслення [14].

### **2.3.4 Мова списку інструкцій**

Мову списку інструкцій IL (Instruction List) відноситься до асемблероподобним мов, тобто до мов низького (машинного) рівня, що істотно полегшує, наприклад, виклик функціональних блоків і функцій «умовно» або «безумовно», виконання призначень і умовних або безумовних переходів всередині секції.

Мова IL, дозволяє створювати високоефективні і оптимізовані функції. Його можна рекомендувати для написання найбільш критичних місць в програмі.

Асемблероподобні мови використовувалися для програмування комп'ютерів в 50-ті роки минулого століття і все ще пропонуються деякими виробниками ПЛК, особливо програмістами, що підтримують мікроРС. Програму можна написати за допомогою будь-якого текстового редактора.

При введенні ключових слів, роздільників і коментарів в редакторі передбачена безпосередня по буквах перевірка. При виявленні ключового слова, роздільник або коментаря вони ідентифікуються через колірне отенение. При введенні несанкціонованих ключових слів (призначень або операторів) вони будуть також ідентифікуватися через колірне отенение [15].

## **2.4 Висновки до другого розділу**

У другому розділі була розглянена архітектура МЕК 61131 для програмування функціональних блоків первинної обробки сигналів. Також були розглянуті мови програмування МЕК 61131, і для розробки функціональних блоків була обрана мова структурованого тексту Сі, який є мовою високого рівня, легко зрозумілий та простий в супроводі.

### 3 РЕАЛІЗАЦІЯ ФУНКЦІОНАЛЬНИХ БЛОКІВ ПЕРВИННОЇ ОБРОБКИ СИГНАЛІВ

#### 3.1 Структура викликаючих послідовностей

Прикладна програма являє собою кілька впорядкованих множин структур викликаючих послідовностей, оброблюваних диспетчером в кожному циклі. Диспетчер викликає модулі який має виконання ФБ, які в свою чергу приймають, обробляють і повертають дані в оперативну базу даних (ОБД) відповідно до параметрів викликаючих послідовностей.

Структури викликаючих послідовностей описується в тілі модуля ФБ. Кожна структура має конвенціональний ім'я `Structb {N}`, де `N` - номер функціонального блоку і його, відповідно, позиція в таблиці ФБ.

Така конвенція зручна тим, що встановлює однозначну зв'язок між блоком і його структурою, хоча при цьому вона і вимагає багаторазового копіювання однакових структур для однотипних блоків, збільшуючи кількість коду, що не вносить очевидного вкладу в функціональність програми.

Структура може включати в себе:

- номер блоку, розташований на самому початку структури.
- число типу слово, що означає кількість вхідних або вихідних параметрів;
- адресу вхідного або вихідного параметра в короткій пам'яті типу слово;
- адресу вхідного або вихідного параметра в довгій пам'яті типу подвійне слово;
- адреси вхідного або вихідного параметра в короткій пам'яті типу слово;
- адреси вхідного або вихідного параметра в довгій пам'яті типу подвійне слово;
- адресу тимчасового буфера в далекій пам'яті типу подвійне слово.

Номер блоку є обов'язковим для кожної структури, так як саме він відповідає за зв'язок структури і власне модуля ФБ, решта складу може змінюватися в залежності від призначення самого блоку.

Для прикладу розглянемо викликаючу структуру на мові Ассемблер зображену на рис. 3.1. Блок бере два байта з ОБД по зсувах вхідних параметрів, виконує їх кон'юнкцію і записує результат щодо зміщення вихідного параметраю

```

Strucb1  Struc
y_1      dw ?      ; адрес  Y
x1_1     dw ?      ; адрес X1
x2_1     dw ?      ; адрес X2
Strucb1  Ends

```

Рисунко 3.1 Приклад викликаючої структури на мові Ассемблер

В цій структурі:

Strucb1 – имя структуры;

y\_1 – зміщення вихідного параметра в короткій пам'яті;

x1\_1, x2\_1 – зміщення вхідних параметрів в короткій пам'яті.

На жаль, структури не несуть в собі метаданих про тип параметрів викликаючих послідовностей і елементів ОБД..

У мові Сі зберігається структура викликачей послідовності, тобто фактично бінарну сумісність (рис 3.2).

```

typedef struct Strucb2      // #AND
{
    uint16_t km; //код модуля (2)
    uint16_t y;  //адрес  Y
    uint16_t x1; //адрес X1
    uint16_t x2; //адрес X2
} Strucb2;

```

Рисунко 3.2. Викликаюча послідовність на мові Сі

Структури на мові Сі і раніше не мали метаданих про тип параметрів і тим більше елементів ОБД. Директива «db» просто відображається в тип «uint8\_t», «dw» - в «uint16\_t», «dd» - в «uint32\_t». Використання змінних інших типів можливо тільки на рівні виконуваних модулів ФБ, де такі змінні вимагають приведення в цільовій тип з беззнакового цілого.

Використання повноцінного контролю типів при роботі з ОБД було б бажаним для полегшення налагодження та супроводження програми, але практично є неможливим через те, що сама база даних не є типизированной в рамках мови Сі.

### 3.2 Використовувана пам'ять

Функціональний блок для зберігання даних використовує:

- сегмент стека для зберігання і передачі параметрів, а також для зберігання тимчасових значень;
- ОБД в ближній пам'яті, що адресується короткими адресами для параметрів;
- ОБД в далекій пам'яті, що адресується довгими адресами для параметрів;
- частина далекої пам'яті для організації робочих буферів.

На початку сегмента стека за згодою знаходяться змінні, відкриті для читання будь-яким функціональним блоком. Передбачається, що реєстр сегмента стека *ss* виставлений правильно до виклику функціональних блоків. Так кожна змінна знаходиться в стеку за адресою, вказаною зміщенням.

ОБД в ближній пам'яті займає один сегмент. Передбачається, що перед виконанням функціональних блоків на цей сегмент виставлений реєстр сегмента даних *ds*. Тоді адреси параметрів зберігаються в керуючих послідовностей у вигляді слова - зміщення в сегменті даних.

ОБД в далекій пам'яті займає два сегмента. Адресація здійснюється парою реєстрів, які задають адресу сегмента і зміщення елемента ОБД. Відповідно, параметри зберігаються в послідовності у вигляді подвійного слова.

### 3.3 Пристрій функціональних блоків

Виконуваний модуль функціональних блоків являє собою фрагмент коду, який запускається з диспетчера переходом по таблиці ФБ згідно з номером блоку - першим словом структури поточної запускає послідовності. Старший байт слова - номер групи - відповідає функціональному призначенню диспетчера, молодший - вказує безпосередньо на місце адреси модуля блоку в таблиці.

Код всередині блоку працює виходячи з припущення, що за адресою *es: si* знаходиться сама послідовність. При такому допущенні, параметри послідовності доступні через імена відповідної структури. Реєстр *si* на позицію наступного блоку при виході з блоку переводить сам функціональний блок.

Алгоритм виконання циклу ФБ наступний(рис. 3.3):



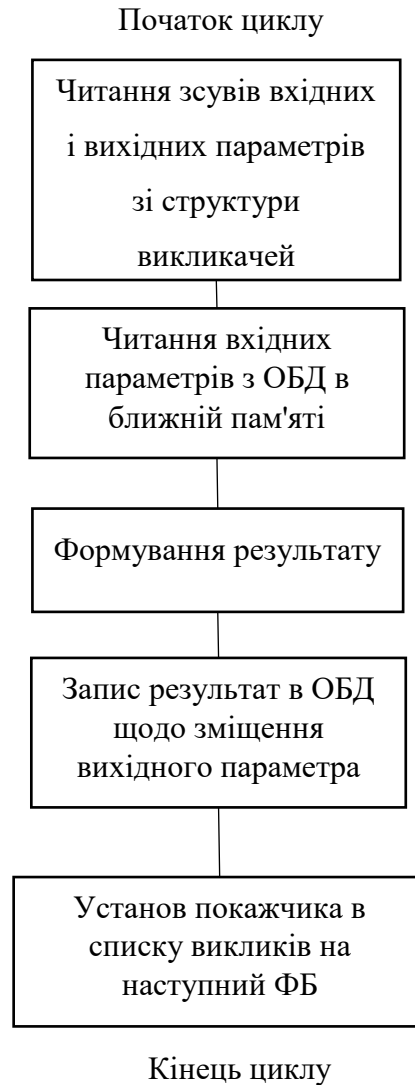


Рисунок 3.3 Алгоритм ФБ

- читання зсувів вхідних і вихідних параметрів зі структури викликає послідовності;
- читання вхідних параметрів з ОБД в ближній пам'яті;
- формування результату;
- запис результат в ОБД щодо зміщення вихідного параметра;
- установ покажчика в списку викликів на наступний ФБ.

У виконанні на Сі кожен функціональний блок являє собою функцію, яка приймає покажчик на структуру функціонального блоку і повертає розмір цієї структури з необхідною модифікацією в разі структур змінного розміру. Наприклад:

```
uint32_t fb_1(void* fb_call)
```

Варто відзначити, що конвенція найменування самих блоків зберігається за деяким винятком.

За замовчуванням літери назви рядкові, тому що це відповідає поширеній практиці іменування функцій в мові Сі.

Нижня підкреслення на початку функції опускається з тієї ж причини.

У разі, якщо функція працює з ОБД в далекій пам'яті, вона отримує суфікс "L" великої літерою, а не малої щоб виключити її візуальне схожість з одиницею [NUREG].

Таким чином, блок, який має точку входу «\_AA\_AND\_2\_L:», буде перенесений в Сі у вигляді функції з сигнатурою:

```
uint32_t fb_1_L (void* fb_call);
```

Показчик на структуру передається у вигляді нетипізованого показчика, що в загальному випадку вважається поганою практикою [NUREG], але в даному випадку необхідно, так як диспетчер не має функцією відповідності номера ФБ (читається з коду прикладної програми) типу його структури. Таке відповідність реалізується в кожному конкретному блоці окремо.

У тілі функціонального блоку здійснюється читання параметрів зі структури керуючої послідовності шляхом приведення показчика fb\_call до типу показчика відповідної структури. Наприклад:

```
uint16_t x = (*(Strucb1*) fb_call).x;
```

Як правило, в керуючої послідовності знаходиться показчик на елемент ОБД, в такому випадку приведення до індексу у відповідному буфері здійснюється відніманням зміщення переданого фрагмента ОБД:

```
uint16_t x_in_sm = (*(Strucb242*) fb_call).x - SHORT_MEM.offset;
```

Вичитування з ОБД змінної певного типу відбувається шляхом приведення типу елемента масиву байт до показчика на елемент в ОБД:

```
uint32_t td = *((uint16_t*)&SHORT_MEM.data[td_in_sm]);
```

Аналогічно здійснюється і запис в ОБД:

```
*((uint16_t*)&SHORT_MEM.data[y_in_sm]) = y;
```

### 3.4 Алгоритм реалізація функціонального блоку лінеаризації вимірних сигналів від термометрів опору і термопар

Лінеаризація вимірних сигналів від термометрів опору і термопар відбувається в результаті обчислення коду температури за поточним кодом сигналу опору або сигналу напруги.

Код температури  $x.TD$  обчислюється за поточним кодом значення вхідного сигналу опору або сигналу напруги ( $x.CVAI$ ) методом кусочно-лінійної апроксимації за наступним алгоритмом:

- якщо  $x.TD = 0$  ( $x.TD$  - код типу датчика), то лінеаризація не виконується;
- якщо  $x.TD \neq 0$ , то виконується обчислення коду температури за поточним вимірюваним кодом сигналу опору, напруги або різниці термоелектрорушійні сили термопар ТХК (L):

1) обчислення коду температури ( $y$ ) відповідно до таблиці вузлів апроксимації - при переповненні в процесі обчислень  $y$  обмежується діапазоном від мінус 32768 до 32767:

$$\text{при } k \leq K_2 \quad y = \frac{(k - K_1) \times (T_2 - T_1)}{(K_2 - K_1)} + T_1 ;$$

$$\text{при } K_{i-1} < k \leq K_i, i = 3, \dots, N-1 \quad y = \frac{(k - K_{i-1}) \times (T_i - T_{i-1})}{(K_i - K_{i-1})} + T_{i-1} ;$$

$$\text{при } k > K_{N-1} \quad y = \frac{(k - K_{N-1}) \times (T_N - T_{N-1})}{(K_N - K_{N-1})} + T_{N-1} ;$$

$y = y - T_{290}$  при  $x.TD = \text{ТХК\_L\_DIFF}$ ,

де  $k = x.CVAI$  або  $k = x.CVAI \times 2$  – для сигналів від термопар і термометрів опору.

$k = x.CVAI + k_{290}$  – для сигналів різниці термоелектрорушійні сили термопар ТХК(L)

при  $x.TD = \text{ТХК\_L\_DIFF}$ ;

$k_{290}$  – код вхідного сигналу, відповідний температурі 290 °С для термопар типу ТХК(L);

$T_{290} = 290 \times 80$  – код температури 290 °С;

$N$  – кількість вузлів апроксимації;

$i-1, i, N$  – номери вузлів апроксимації;

$K_{i-1}, K_i, K_N$  – код сигналів у вузлах апроксимації

$T_{i-1}, T_i, T_N$  – коди температур у вузлах апроксимації;

2) обчислення коду температури з поправкою (тільки для температур, вимірюваних за допомогою термопар):

$$y = y + x.ADDT;$$

3) облік діапазону вимірювання температури (з забезпеченням до 10% запасу коду за межами діапазону):

$$zB = x.TVB \times 80 - (x.TVE - x.TVB) \times 80 \times 0.1 \text{ (при негативному переповненні } zB=-32768);$$

$$zE = x.TVE \times 80 + (x.TVE - x.TVB) \times 80 \times 0.1 \text{ (при позитивному переповненні } zE=32767);$$

$$x.TV = y, \text{ если } zB \leq y \leq zE;$$

$$x.TV = zB, \text{ если } y < zB;$$

$$x.TV = zE, \text{ если } y > zE.$$

Обчислення виконуються у форматі LONG (32-розрядних чисел).

### 3.5 Алгоритм функціонального блоку компенсації температури холодних спаїв термопар

Код для компенсації температури холодних спаїв термопар  $x.COMPV$  обчислюється за поточним кодом значення вхідного сигналу опору  $x.CVAI$  методом кусочно-лінійною апроксимацією за наступним алгоритмом:

- якщо  $x.TD = 0$ , то процедура не виконується;
- якщо  $x.TD \neq 0$  ( $x.TD$  - код типу датчика), то виконуються обчислення коду компенсації за поточним вимірюваним кодом сигналу опору - при переповненні в процесі обчислень у обмежується діапазоном від мінус 32768 до 32767:

1) при  $k \leq R_1$   $y = COMPV_1$ ;

$$\text{при } R_{i-1} < k \leq R_i, i = 2, \dots, N \quad y = \frac{(k - R_{i-1}) \times (COMPV_i - COMPV_{i-1})}{(R_i - R_{i-1})} \quad COMPV_{i-1}$$

при  $k > R_N$   $y = COMPV_N$ ,

де  $k = x.CVAI$  – поточний код значення вхідного сигналу опору;

$N$  – кількість вузлів апроксимації ( $N=29$ );

$i-1, i, N$  – номери вузлів апроксимації;

$R_{i-1}, R_i, R_N$  – коди значень опорів в вузлах апроксимації;

$COMPV_{i-1}, COMPV_i, COMPV_N$  – коди значень компенсації в вузлах апроксимації;

2) облік діапазону зміни кодів компенсації:

$$x.COMPV = y, \text{ якщо } COMPV_0 \leq y \leq COMPV_{N+1};$$

$$x.COMPV = COMPV_0, \text{ якщо } y < COMPV_0;$$

$$x.COMPV = COMPV_{N+1}, \text{ якщо } y > COMPV_{N+1},$$

де  $COMPV_0=254$  – мінімально-допустимий код компенсації;

$COMPV_{N+1}= 3199$  – максимально-допустимий код компенсації.

Обчислення виконуються у форматі LONG (32-розрядних чисел).

### 3.6 Алгоритм функціонального блоку лінеаризації витрати з нормуванням

Нормований код витрати  $x.NV$  обчислюється за поточним кодом значення вхідного сигналу струму ( $x.CVAI$ ) за таким алгоритмом:

- якщо  $x.TD = 0$ , то процедура не виконується;
- якщо  $x.TD \neq 0$  то виконуються обчислення: при  $x.CVAI \leq CVAI_{min}$   $x.NV = 0$ :

$$\text{при } x.CVAI > CVAI_{min} \quad x.NV = \text{SQRT} \left( \frac{x.CVAI - CVAI_{min}}{CVAI_{max} - CVAI_{min}} \right) \times 32000$$

де  $x.CVAI$  – вимірний код струму;

$x.NV$  – нормований код значення витрати (діапазон значень - від 0 до 32000);

$x.TD$  – код типу датчика витрати (F0\_5 - датчик витрати з квадратичною шкалою з діапазоном вихідного сигналу від 0 до 5 mA; F4\_20 - датчик витрати з квадратичною шкалою з діапазоном вихідного сигналу від 4 до 20 mA);

$CVAI_{min}$ ,  $CVAI_{max}$  – початок і кінець діапазону виміряного коду струму ( $CVAI_{min} = 0$ ,  $CVAI_{max} = 32000$  для датчика витрати з діапазоном вихідного сигналу від 0 до 5 mA;  $CVAI_{min} = 6400$ ,  $CVAI_{max} = 32000$  для датчика витрати з діапазоном вихідного сигналу від 4 до 20 mA).

Обчислення виконуються у форматі LONG (32-розрядних чисел).

### 3.7 Функціональний блок фільтрації значень аналогових параметрів

Фільтрація значення аналогового параметра виконується цифровим фільтром, описуваних диференціальним рівнянням першого порядку з передавальної функцією

$$W\delta = \frac{1}{\delta\delta \times D + 1}, \text{ за наступним алгоритмом:}$$

$$FV_i = A \times FV_{i-1} + (1 - A) \times x = A \times (FV_{i-1} - x) + x,$$

$$\text{де } A = \frac{1}{1 + \frac{20}{TF \times 100}} \quad \text{коефіцієнт фільтрації, } A=0 \text{ при } TF=0;$$

20 - період виконання операції (в мілісекундах);

TF - період виконання операції (в мілісекундах постійна годині фільтра в одиниць по 100 ms (значення атрибута  $x.TF_{max}$ );

$x$  - код значення вхідного параметра;

$FV_{i-1}$  - значення параметра на виході фільтра в попередньому циклі обробки;

$FV_i$  - значення параметра на виході фільтра в поточному циклі обробки.

Обчислення виконуються у форматі LONG (32-розрядних чисел) за такими правилами:

- вибирається з таблиці відповідно до значення  $x.TF$  значення  $a = A \times 2^{16}$  (LONG);
- обчислюється  $LFV_i = a \times [LFV_{i-1} - x \times 2^{16}] / 2^{16} + x \times 2^{16}$ , где  $LFV_i, LFV_{i-1}$  – (значення сигналу на виході фільтра)  $\times 2^{16}$  в поточному і попередньому циклах обробки (LONG);
- обчислюється  $FV_i = LFV_i / 2^{16}$  (з округленням до найближчого цілого).

### 3.8 Висновки до третього розділу

У третьому розділі розроблені алгоритми функціональних блоків первинної обробки аналогових і дискретних сигналів:

- функціональний блок лінеаризація виміряних сигналів від термометрів опору і термопар;
- функціональний блок компенсація температури холодних спаїв термопар;
- функціональний блок лінеаризація витрати з нормуванням;
- функціональний блок фільтрація значень аналогових параметрів.

## 4 ОХОРОНА ПРАЦІ

В даному розділі проведено аналіз потенційних небезпечних та шкідливих виробничих факторів, причин пожеж. Розглянуті заходи, які дозволяють забезпечити гігієну праці і виробничу санітарію. На підставі аналізу розроблені заходи з техніки безпеки та рекомендації з пожежної профілактики.

Завданням даної роботи магістра був розроблений ФБ, який первинну обробку аналогових і дискретних сигналів, і як результат було створено даний проект. Так як в процесі проектування використовувалося електричне обладнання, то аналіз потенційно небезпечних і шкідливих виробничих чинників виконується для персонального комп'ютера на якому буде розроблена дипломна робота.

### 4.1 Правові та організаційні основи охорони праці

Основним організаційним напрямом у здійсненні управління в сфері охорони праці є усвідомлення пріоритету безпеки праці і підвищення соціальної відповідальності держави, і особистої відповідальності працівників.

Державна політика в галузі охорони праці визначається відповідно до Конституції України Верховною Радою України і спрямована на створення належних, безпечних і здорових умов праці, запобігання нещасним випадкам та професійним захворюванням. Відповідно до статті 3 Закону України «Про охорону праці» (далі – Закону) законодавство про охорону праці складається з Закону, Кодексу законів про працю України, Закону України "Про загальнообов'язкове державне соціальне страхування від нещасного випадку на виробництві та професійного захворювання, які спричинили втрату працездатності" та прийнятих відповідно до них нормативно-правових актів, норм міжнародного договору (ратифіковані Конвенції і Рекомендації МОТ, директиви Європейської Ради).

На законодавчому рівні визначено такі пріоритетні напрямки з безпеки праці:

- кожен працівник несе безпосередню відповідальність за порушення зазначених Законом, нормами і правилами вимог;
- напрямки реалізації конституційного права громадян на їх життя і здоров'я в процесі трудової діяльності:

- пріоритет життя і здоров'я працівників по відношенню до результатів виробничої діяльності підприємства;
- соціальний захист працівників, повне відшкодування збитків особам, які потерпіли від нещасних випадків на виробництві та професійних захворювань;
- комплексне розв'язання завдань охорони праці;
- підвищення рівня промислової безпеки шляхом забезпечення суцільного технічного контролю за станом виробництв, технологій та продукції, а також сприяння підприємствам у створенні безпечних та нешкідливих умов праці;
- соціальний захист працівників, повне відшкодування збитків особам, які потерпіли від нещасних випадків на виробництві та професійних захворювань;
- використання економічних методів управління охороною праці, участь держави у фінансуванні заходів щодо охорони праці.

Користувачі персональних комп'ютерів, для яких ця робота є головною, підлягають медичним оглядам: попереднім — під час влаштування на роботу і періодичним — протягом професійної діяльності раз на два роки. Жінок з часу встановлення вагітності та в період годування дитини грудьми до роботи з ПК не допускають.

Найвні трудові відносини між працівниками і роботодавцями в Україні за темою дипломного проекту регулюються Кодексом законів про працю (КЗпП) України, відповідно до якого права працюючої людини на охорону праці охороняються всебічно та норми охорони праці неухильно інтегровані до правил внутрішнього розпорядку організації/підприємства [15]

## **4.2 Вимоги до приміщень**

Згідно з розмір площі для одного робочого місця оператора персонального комп'ютера має бути не менше 6 кв. м, а об'єм — не менше 20 куб. м. Отже, дане приміщення цілком відповідає зазначеним нормам.

Для зручності спільної роботи з іншими працівниками (обговорення ідей, з'ясування проблем і т.д.) в кімнаті є дивани і журнальний стіл, обставлені живими квітами. Також робочий процес пов'язаний з багатьма документами, теками, журналами для чого приміщення облаштоване принтером і шафою для зручності. Задля дотримання визначеного рівня мікроклімату в будівлі встановлено систему опалення та кондиціонування.

Для забезпечення потрібного рівного освітленості кімната має вікно та систему загального рівномірного освітлення, що встановлена на стелі. Для дотримання вимог пожежної безпеки встановлено порошковий вогнегасник та систему автоматичної пожежної сигналізації.



### 4.3 Вимоги до організації місця праці

Робочий стіл на досліджуваному місці також містить достатньо простору для ніг. Крісло, що використовується в якості робочого сидіння, є підйомно поворотним, має підлокітники і можливість регулювання за висотою і кутом нахилу спинки, також воно м'яке і виконане з екологічної шкіри, що дає можливість працювати у комфорті. Екран монітору знаходиться на відстані 0.8 м, клавіатура має можливість регулювання кута нахилу 5-15°. Отже, за всіма параметрами робоче місце відповідає нормативним вимогам. Приміщення кабінету знаходиться на третьому поверсі дев'яти поверхової будівлі і має об'єм 78 м<sup>3</sup>, площу – 20 м<sup>2</sup>. У цьому кабінеті обладнано одне місце праці .[16]

Температура в приміщенні протягом року коливається у межах 18–24°C, відносна вологість — близько 50%. Швидкість руху повітря не перевищує 0,2 м/с. Шум в лабораторії знаходиться на рівні 50 дБА. Система вентилявання приміщення — природна неорганізована, а опалення — централізоване.

Розміщення вікон забезпечує природне освітлення з коефіцієнтом природного освітлення не менше 1,5%, а загальне штучне освітлення, яке здійснюється за допомогою восьми люмінесцентних ламп, забезпечує рівень освітленості не менше 200 Лк.

У кабінеті є електрична мережа з напругою 220 В, яка створює небезпеку ураження електричним струмом. ПК та периферійні пристрої можуть бути джерелами електромагнітних випромінювань, аерозолів та шкідливих речовин (часток тонеру, оксидів нітрогену та озону).

За ступенем пожежної безпеки приміщення належить до категорії В. Кабінет оснащений переносним вуглекислотним вогнегасником ВВК-5 .

Наявна аптечка для надання долікарської допомоги, а також у кабінеті роблять вологе прибирання та щоденно провітрюють приміщення.

#### 4.4 Виробнича санітарія

На підставі аналізу небезпечних та шкідливих факторів при виробництві (експлуатації), пожежної безпеки можуть бути надалі вирішені питання необхідності забезпечення працюючих достатньою кількістю освітлення, вентиляції повітря, організації заземлення, тощо.[17]

##### 4.4.1 Аналіз небезпечних та шкідливих факторів при виробництві (експлуатації) виробу

Аналіз небезпечних та шкідливих виробничих факторів виконується у табличній формі (табл. 4.1). Переважно роботи за проектами виконують у кабінетах чи інших приміщеннях, де використовують різноманітне електрообладнання, зокрема персональні комп'ютери (ПК) та периферійні пристрої. Основними робочими характеристиками персонального комп'ютера є:

- робоча напруга  $U=+220\text{В} \pm 5\%$ ;
- робочий струм  $I=2\text{А}$ ;
- споживана потужність  $P=350\text{ Вт}$ .

Таблиця 4.1 – Аналіз небезпечних і шкідливих виробничих факторів

Небезпечні і шкідливі виробничі фактори	Джерела факторів(види робіт)	Кількісна оцінка	Нормативні документи
1	2	3	4
<b>фізичні:</b>			
– підвищена температура поверхонь обладнання	експлуатація ЕОМ, принтерів, сканерів чи/або серверного обладнання для роботи	2	[18]
– підвищений рівень шуму на робочому місці	-//-	2	[18]

– підвищений рівень вібрації	-//-	2	[18], [19]
– підвищена або знижена вологість повітря	//-	2	[18]
– підвищена або знижена рухливість повітря	-//-	1	[18]
– підвищений рівень іонізуючого випромінення в робочій зоні	-//-	2	[18], [20]
– підвищений рівень електромагнітного випромінення	-//-	2	[20]
– підвищений рівень напруги електричної мережі, замикання якої може відбутися через тіло людини	-//-	4	[21],[ 22]
– підвищений рівень статичної електрики	-//-	2	[21]
– підвищена напруженість електричного поля	-//-	2	[20]
– підвищена напруженість магнітного поля	-//-	2	[20]
– недостатність природного світла	порушення умов праці (вимог до приміщень)	2	[23]
– недостатнє освітлення робочої зони	порушення гігієнічних параметрів виробничого середовища	3	[16]
– підвищена яскравість світла	порушення умов праці (організації місця праці-налагодження моніторів)	1	[16]
– понижена контрастність	-//-	1	[16]

<b>хімічні:</b>			
– загазованість повітря робочої зони, яка впливає на організм людини через органи дихання та надає токсичну і канцерогенну дію	від експлуатації сканерів, принтерів для роботи – O <sub>3</sub> , оплавлення електричних і комутаційних кабелів, резисторів, конденсаторів, напівпровідникових діодів, транзисторів й інше в ЕОМ та системах кондиціонування повітря - CO, CO <sub>2</sub> , SO <sub>2</sub> , P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , H <sub>2</sub> S, HCl, H, NH <sub>3</sub> , ClF <sub>3</sub> , F <sub>2</sub> O <sub>2</sub> , F <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , SeO <sub>2</sub> . SeF <sub>6</sub> , TeF <sub>6</sub> , COCl <sub>2</sub> , SO <sub>2</sub> F <sub>2</sub> , інш.	3	[23], [24], [25], [26]
<b>психологічні:</b>			
– нервово-психічна перевантаження (розумове, перенапруження аналізаторів-зорових)	– пошук інформації для постановки теми; – пошук та аналіз аналогів і літератури; – пошук наявних технологій, моделювання та аналіз алгоритмів; – виконання роботи за темою диплома, тестування; – оформлення роботи	4	[15], [16]
– фізичні (статичне – сидіння)	порушення умов праці (організації місця праці- сидіння користувача,) та організації робочого часу - безпервна робота)	2	[15], [16]

#### 4.5 Пожежна безпека

Небезпека розвитку пожежі на обчислювальному центрі обумовлюється застосуванням розгалужених систем електроживлення ЕОМ, вентиляції і кондиціонування,. Небезпека загоряння пов'язана з особливістю комп'ютерів - із значною кількістю щільно розташованих на монтажній

платі і блоках електронних вузлів і схем, електричних і комутаційних кабелів, резисторів, конденсаторів, напівпровідникових діодів і транзисторів. Надійна робота окремих елементів і мікросхем в цілому забезпечується тільки в певних інтервалах температури, вологості і при заданих електричних параметрах. При відхиленні реальних умов експлуатації від розрахункових можуть виникнути пожежонебезпечні ситуації.

Висока щільність елементів в електронних схемах призводить до значного підвищення температури окремих вузлів (80...100°C). При проходженні електричного струму по провідниках і деталей виділяється тепло, що в умовах їх високої щільності може привести до перегріву, і може служити причиною запалювання ізоляційних матеріалів. Слабкий опір ізоляційних матеріалів дії температури може викликати порушення ізоляції і привести до короткого замикання між струмоведучими частинами обладнання (шини, електроди). Також ймовірна небезпека внаслідок перевантаження напруги, розрядки зарядів статичної електрики, пошкодження обладнання та електропроводки. Електростатичний розряд виникає під час тертя двох ізолюваних матеріалів. Розряд статичної електрики може виникнути під час роботи вентилятора або комп'ютера. Кабельні лінії є найбільш пожежонебезпечними місцем. Наявність пального ізоляційного матеріалу, ймовірних джерел запалювання у вигляді електричних іскор і дуг, розгалуженість і недоступність роблять кабельні лінії місцем найбільш ймовірного виникнення і розвитку пожежі. Для зниження займистості і здатності поширювати полум'я кабелі покривають вогнезахисними покриттями. Проектом передбачено прокладати проводку: приховано, під знімною підлогою розділяючи негорючими діафрагмами, в малодоступних місцях.

Для гасіння пожеж в офісному приміщенні пропонується використовувати порошкові або вуглекислотні вогнегасники, так як вони є універсальними. Заземлені конструкції, що знаходяться в приміщеннях, де розміщені робочі місця (батареї опалення, водопровідні труби, кабелі із заземленим відкритим екраном), надійно захищені діелектричними щитками та/або сітками з метою недопущення потрапляння працівника під напругу. Дане приміщення оснащено системою автоматичної пожежної сигналізації, має 1 вогнегасник ВП-5 із зарядом вогнегасної речовини 8-12 кг, відповідно до вимог чинного законодавства України. Проходи до засобів пожежогасіння вільні, не захаращуються та у разі потреби забезпечувати евакуацію всіх людей, які перебувають у приміщенні через один евакуаційний вихід з дверима на шляху евакуації, що відчиняється в напрямку виходу з будівлі від робочого місця. В приміщенні наявна затверджена «План-схема евакуації з кабінету (приміщення)».

Пожежна безпека при застосуванні ЕОМ забезпечується:

- 1) системою запобігання пожежі,
- 2) системою протипожежного захисту,
- 3) організаційно-технічними заходами.

Запобігти утворенню горючого середовища (замінити горючі речовини і матеріали на негорючі і важкогорючі) не надається технічно можливим. Тому проектом передбачаються способи і засоби запобігання утворення (або внесення) в горюче середовище джерел запалювання, таких як:

- 1) застосування електроустаткування, відповідної пожежонебезпечної і вибухонебезпечної зонам відповідно до ПУЕ;
- 2) застосування в конструкції швидкодійних засобів захисного відключення можливих джерел запалення;
- 3) виключення можливості появи іскрового розряду в горючому середовищі з енергією, рівної і вище мінімальної енергії запалення.

Приміщенню, у якому розташоване робоче місце, присвоюється II ступень вогнестійкості.

Потенційними джерелами запалювання можуть бути:

- 1) іскри і дуги короткого замикання;
- 2) електрична іскра при замиканні і розмиканні ланцюгів;
- 3) перегрів від тривалого перевантаження,
- 4) відкритий вогонь і продукти горіння,
- 5) наявність речовин, нагрітих вище за температуру самозаймання,
- 6) розрядна статична електрика.

Причинами можливого загоряння і пожежі можуть бути:

1. несправність електроустановки;
2. конструктивні недоліки устаткування;
3. коротке замикання в електричних мережах;
4. запалювання горючих матеріалів, що знаходяться в безпосередній близькості від електроустановки. [26]

#### **4.6 Електробезпека**

На робочому місці виконуються наступні вимоги електробезпеки: ПК, периферійні пристрої та устаткування для обслуговування, електропроводи і кабелі за виконанням та ступенем захисту відповідають класу зони за ПУЕ (правила улаштування електроустановок), мають апаратуру захисту від струму короткого замикання та інших аварійних режимів. Лінія електромережі для живлення ПК, периферійних пристроїв і устаткування для обслуговування, виконана як окрема групова три-провідна мережа, шляхом прокладання фазового, нульового робочого та нульового захисного провідників. Нульовий захисний провідник використовується для заземлення (занулення) електроприймачів. Штепсельні з'єднання та електророзетки крім контактів фазового та нульового робочого провідників мають спеціальні контакти для підключення нульового захисного провідника. Електромережа штепсельних розеток для живлення персональних ПК, укладено по підлозі поруч зі стінами відповідно до затвердженого плану розміщення обладнання та технічних характеристик обладнання. Металеві труби та гнучкі металеві рукави заземлені. Захисне заземлення включає в себе заземлюючих пристроїв і провідник, який з'єднує заземлюючий пристрій з обладнанням, яке заземлюється - заземлюючий провідник.

#### **4.7 Мікроклімат**

Мікроклімат робочих приміщень – це клімат внутрішнього середовища цих приміщень, що визначається діючою на організм людини з'єднанням температури, вологості, швидкості переміщення повітря. В даному приміщенні проводяться роботи, що виконуються сидячи і не потребують динамічного фізичного напруження, то для нього відповідає категорія робіт Ia. Отже оптимальні значення для температури, відносної вологості й рухливості повітря для зазначеного робочого місця відповідають. [17]

Дане приміщення обладнане системами опалення, кондиціонування повітря або припливно-витяжною вентиляцією. У приміщенні на робочому місці забезпечуються оптимальні значення параметрів мікроклімату: температури, відносної вологості й рухливості повітря[17]. Рівні позитивних і негативних іонів у повітрі мають відповідати. Для забезпечення оптимальних параметрів мікроклімату в приміщенні проводяться перерви в роботі співробітників, з метою його провітрювання. Існують спеціальні системи кондиціонування, які забезпечують підтримання в приміщенні балансу оптимальних параметрів мікроклімату.

Таблиця 4.2 – Норми мікроклімату робочої зони об'єкту

Період року	Категорія робіт	ТемператураС <sup>0</sup>	Відносна вологість %	Швидкість руху повітря, м/с
Холодна	легка-1 а	22 - 24	40 – 60	0,1
Тепла	легка-1 а	23 - 25	40 – 60	0,1

Контроль параметрів мікроклімату в холодний і теплий період року здійснюється не менше 3-х разів на зміну (на початку, середині, в кінці).



## 4.8 Освітлення

Світло є природною умовою існування людини. Воно впливає на стан вищих психічних функцій і фізіологічні процеси в організмі. Хороше освітлення діє тонізуюче, створює гарний настрій, покращує протікання основних процесів вищої нервової діяльності.

Збільшення освітленості сприяє поліпшенню працездатності навіть в тих випадках, коли процес праці практично не залежить від зорового сприйняття. При поганому освітленні людина швидко втомлюється, працює менш продуктивно, виникає потенційна небезпека помилкових дій і нещасних випадків.

Освітленість приміщення має велике значення при роботі на ПЕОМ. Вона багато в чому визначається колірною і мережевий обстановкою. Для зменшеного поглинання світла стеля і стіни вище панелей (1,5-1,7м.). Якщо вони не облицьовані звукопоглинальним матеріалом, фарбуються білою водоемульсійною фарбою (коефіцієнт відбиття повинен бути не менше 0,7). Для забарвлення стіни панелей рекомендується віддавати перевагу світлим фарбам.

Основний потік природного світла при цій повинен бути зліва. Не допускається спрямування основного світлового потоку природного світла праворуч, ззаду і спереду працівника на ПЕОМ.

Робота на ПЕОМ може здійснюватися за таких видах освітлення:

- загальному штучному освітленні, коли відео монітори розташовуються по периметру приміщення або при центральному розташуванні робочих місць у два ряди по довжині кімнати з екранами, звернені в протилежні сторони;
- суміщене освітлення (природне + штучне) тільки при одному і трьох рядном розташуванні робочих місць, коли екран і поверхню робочого столу знаходяться перпендикулярно світла несучій стіні. При цьому штучне освітлення буде виконане стельовими або підвісними люмінесцентними світильниками, рівномірно розміщеними по стелі рядами паралельно світловим прорізам так, щоб екран відео монітора знаходився в зоні захисного кута світильника, і його проєкції не доводилися на екран. Працюючі на ПЕОМ не повинні бачити відображення світильників на екрані. Застосовувати місцеве освітлення при роботі на ПЕОМ не рекомендується.

Природне освітлення, коли робочі місця з ПЕОМ розташовуються в один ряд по довжині приміщення на відстані 0,8 - 1,0 м від стіни з віконними прорізами, і екрани знаходяться перпендикулярно цієї стіни. Основний потік природного світла при цій повинен бути зліва. Не

допускається спрямування основного світлового потоку природного світла праворуч, ззаду і спереду працює на ПЕОМ. Оптимальна відстань очей до екрана відео монітора повинна становити 60-70 см, допустиме не менше 50 см. Розглядати інформацію ближче 50 см не рекомендується.

У проєкті, що розробляється, передбачається використовувати суміщене освітлення. У світлий час доби використовуватиметься природне освітлення приміщення через віконні отвори, в решту часу використовуватиметься штучне освітлення. Штучне освітлення створюється газорозрядними лампами.

Штучне освітлення в робочому приміщенні передбачається здійснювати з використанням люмінесцентних джерел світла в світильниках загального освітлення, оскільки люмінесцентні лампи мають високу потужність (80 Вт), тривалий термін служби (до 10000 годин), спектральний складом випромінюваного світла, близький до сонячного. При експлуатації ЕОМ виконується зорова робота IVв розряду точності (середня точність). При цьому нормована освітленість на робочому місці ( $E_n$ ) рівна 200 лк. Джерелом природного освітлення є сонячне світло.

У приміщенні, де розташовані ЕОМ передбачається природне бічне освітлення. Джерелом природного освітлення є сонячне світло. Регулярно повинен проводитися контроль освітленості, який підтверджує, що рівень освітленості задовольняє ДБН і для даного приміщення в світлий час доби достатньо природного освітлення [27].

*Розрахунок освітлення.*

Для побутових приміщень світловий коефіцієнт приймається не менше за 1/10:

$$S_b = \left( \frac{1}{5} \div \frac{1}{10} \right) \cdot S_n, \quad (4.1)$$

де  $S_b$  – площа віконних прорізів,  $m^2$ ;

$S_n$  = площа підлоги,  $m^2$

$$\begin{aligned} S_n &= a \cdot b = 4 \cdot 6 = 24 \text{ м}^2, \\ S &= 1/8 \cdot 24 = 3 \text{ м}^2. \end{aligned} \quad (4.2)$$

Приймаємо 1 вікно площею  $S = 2,5 \text{ м}^2$ .

Світильники загального освітлення розташовуються над робочими поверхнями в рівномірно-прямокутному порядку. Для організації освітлення в темний час доби передбачається обладнати приміщення, довжина якого складає 5 м, ширина 5 м, світильниками ЛПО2П, оснащеними лампами типу ЛБ (дві по 80 Вт) з світловим потоком 5400 лм кожна.

Розрахунок штучного освітлення виробляється по коефіцієнтах використання світлового потоку, яким визначається потік, необхідний для створення заданої освітленості при загальному рівномірному освітленні. Розрахунок кількості світильників  $n$  виробляється по формулі:

$$n = \frac{E \cdot S \cdot Z \cdot K}{F \cdot U \cdot M}, \quad (4.3)$$

де  $E$  – нормована освітленість робочої поверхні, визначається нормами – 300 лк;

$S$  – освітлювана площа, м<sup>2</sup>;  $S = 20$  м<sup>2</sup>;

$Z$  – поправочний коефіцієнт світильника ( $Z = 1,15$  для ламп розжарювання та ДРЛ;  $Z = 1,1$  для люмінесцентних ламп) приймаємо рівним 1,1;

$K$  – коефіцієнт запасу, що враховує зниження освітленості в процесі експлуатації – 1,5;

$U$  – коефіцієнт використання, залежний від типу світильника, показника індексу приміщення і т.п. – 0,575

$M$  – число люмінесцентних ламп в світильнику – 2;

$F$  – світловий потік лампи – 5400лм (для ЛБ-80).

Підставивши числові значення у формулу, отримуємо:

$$n = \frac{300 \cdot 20 \cdot 1,1 \cdot 1,5 \cdot 5400}{0,575 \cdot 2} \approx 1,6 \quad (4.4)$$

#### 4.9 Вентилювання

У приміщенні, де знаходяться ЕОМ, повітрообмін реалізується за допомогою природної організованої вентиляції (вентиляційні шахти), тобто при  $V$  приміщення  $> 40$  м<sup>3</sup> на одного

працюючого допускається природна вентиляція. Цей метод забезпечує приток потрібної кількості свіжого повітря, що визначається в СНіП.

Також має здійснюватися провітрювання приміщення, в залежності від погодних умов, тривалість повинна бути не менше 10 хв. Найкращий обмін повітря здійснюється при наскрізному провітрюванні

#### **4.10 Заходи з організації виробничого середовища та попередження виникнення надзвичайних ситуацій**

Застосовують різні електричні захисні засоби від ураження струмом:

*а) Ізолюючі* - ізолюють людини від струмоведучих або заземлених частин, а так-же від землі. Вони діляться на основні та додаткові.

*б) Основні* - володіють ізоляцією, здатної довго витримувати робоче напругу електроустановки і тому ними дозволяється стосуватися струмоведучих частин, знаходячи-трудящих під напругою. До них відносяться: в електроустановках до 1000 Вт - діелектричної рукавички, ізолюючі штанги, ізолюючі і електровимірювальні кліщі і т.д .; понад 1000 Вт - ізолюючі штанги, і електровимірювальні кліщі, а також кошти для ремонтних робіт під напругою понад 1000Вт.

*в) Запобіжні* - володіють ізоляцією нездатною витримати робоча напруга електроустановки, і тому вони не можуть самостійно захищати людину від ураження струмом під цим напругою. Їх значення - посилити захисні дії основних і ізолюючих засобів, разом з якими вони повинні застосовуватися, при чому при використанні основних захисних засобів достатньо застосування одного запобіжного захисного засобу. До запобіжних відносяться засоби в електроустановках до 1000 Вт - діелектричні калоші килимки, а також ізолюючі підставки.

Розрахунок захисного заземлення (забезпечення електробезпеки будівлі).

Згідно з класифікацією приміщень за ступенем небезпеки ураження електричним струмом, приміщення в якому проводяться всі роботи відноситься до першого класу (без підвищеної небезпеки). Під час роботи використовуються електроустановки з напругою живлення 36 В, 220 В, та 360 В. Опір контура заземлення повинен мати не більше 4 Ом.

Розрахунок проводять за допомогою методу коефіцієнта використання (екранування) електродів. Коефіцієнт використання групового заземлювача  $\eta$  – це відношення діючої провідності цього заземлювача до найбільш можливої його провідності за нескінченно великих

відстаней між його електродами. Коефіцієнт використання вертикальних заземлювачів  $\eta_v$  в залежності від розміщення заземлювачів та їх кількості знаходиться в межах 0,4...0,99. Взаємну екрануючу дію горизонтального заземлювача (з'єднувальної смуги) враховують за допомогою коефіцієнта використання горизонтального заземлювача  $\eta_c$ .

Послідовність розрахунку.

1) Визначається необхідний опір штучних заземлювачів  $R_{шт.з.}$ :

$$R_{шт.з.} = \frac{R_\partial \cdot R_{пр.з.}}{R_{пр.з.} - R_\partial}, \quad (4.5)$$

де  $R_{пр.з.}$  – опір природних заземлювачів;  $R_\partial$  – допустимий опір заземлення. Якщо природні заземлювачі відсутні, то  $R_{шт.з.} = R_\partial$ .

Підставивши числові значення у формулу, отримуємо:

$$R_{шт.з.} = \frac{4 \cdot 40}{40 - 4} \approx \quad (4.6)$$

4 Ом

2) Опір заземлення в значній мірі залежить від питомого опору ґрунту  $\rho$ , Ом·м. Приблизне значення питомого опору глини приймаємо  $\rho = 40$  Ом (табличне значення).

3) Розрахунковий питомий опір ґрунту,  $\rho_{розр.}$ , Ом·м, визначається відповідно для вертикальних заземлювачів  $\rho_{розр.в.}$ , і горизонтальних  $\rho_{розр.г.}$ , Ом·м за формулою:

$$\rho_{розр.} = \psi \cdot \rho, \quad (4.7)$$

де  $\psi$  – коефіцієнт сезонності для вертикальних заземлювачів I кліматичної зони з нормальною вологістю землі, приймається для вертикальних заземлювачів  $\rho_{розр.в.} = 1,7$  і горизонтальних  $\rho_{розр.г.} = 5,5$  Ом·м.

$$\rho_{розр.в.} = 1,7 \cdot 40 = 68 \text{ Ом}\cdot\text{м} \quad (4.8)$$

$$\rho_{розр.г.} = 5,5 \cdot 40 = 220 \text{ Ом}\cdot\text{м}$$

4) Розраховується опір розтікання струму вертикального заземлювача  $R_v$ , Ом, за.

$$R_g = \frac{\rho_{розр.г}}{2 \cdot \pi \cdot l_g} \cdot \left( \ln \frac{2 \cdot l_g}{d_{ст}} + \frac{1}{2} \cdot \ln \frac{4 \cdot t + l_g}{4 \cdot t - l_g} \right), \quad (4.9)$$

де  $l_B$  – довжина вертикального заземлювача (для труб - 2–3 м;  $l_B=3$  м);

$d_{ст}$  – діаметр стержня (для труб - 0,03–0,05 м;  $d_{ст}=0,05$  м);

$t$  – відстань від поверхні землі до середини заземлювача, яка визначається за ф.:

$$t = h_g + \frac{l_g}{2}, \quad (4.10)$$

де  $h_B$  – глибина закладання вертикальних заземлювачів (0,8 м); тоді  $h_g$  – глибина закладання вертикальних заземлювачів (0,8 м); тоді

$$t = 0,8 + \frac{3}{2} = 2,3 \text{ м} \quad (4.11)$$

$$R_g = \frac{68}{2 \cdot \pi \cdot 3} \cdot \left( \ln \frac{2 \cdot 3}{0,05} + \frac{1}{2} \cdot \ln \frac{4 \cdot 2,3 + 3}{4 \cdot 2,3 - 3} \right) = 18,5 \text{ Ом} \quad (4.12)$$

5) Визначається теоретична кількість вертикальних заземлювачів  $n$  штук, без урахування коефіцієнта використання  $\eta_B$ :

$$n = \frac{2 \cdot R_g}{R_d} = \frac{2 \cdot 18,5}{4} = 9,25 \quad (4.13)$$

$I$  визначається коефіцієнт використання вертикальних електродів групового заземлювача без врахування впливу з'єднувальної стрічки  $\eta_B = 0,57$  (табличне значення).

6) Визначається необхідна кількість вертикальних заземлювачів з урахуванням коефіцієнта використання  $n_B$ , шт:

$$n_g = \frac{2 \cdot R_g}{R_d \cdot \eta_g} = \frac{2 \cdot 18,5}{4 \cdot 0,57} = 16,2 \approx 16 \quad (4.14)$$

7) Визначається довжина з'єднувальної стрічки горизонтального заземлювача  $l_c$ , м:

$$l_c = 1,05 \cdot L_b \cdot (n_b - 1), \quad (4.15)$$

де  $L_b$  – відстань між вертикальними заземлювачами, (прийняти за  $L_b = 3$  м);

$n_b$  – необхідна кількість вертикальних заземлювачів.

$$l_c = 1,05 \cdot 3 \cdot (16 - 1) \approx 48 \text{ м} \quad (4.16)$$

8) Визначається опір розтіканню струму горизонтального заземлювача (з'єднувальної стрічки)  $R_2$ , Ом:

$$R_2 = \frac{\rho_{розп.г}}{2 \cdot \pi \cdot l_c} \cdot \ln \frac{2 \cdot l_c^2}{d_{см} \cdot h_г}, \quad (4.17)$$

де  $d_{см}$  – еквівалентний діаметр смуги шириною  $b$ ,  $d_{см} = 0,95b$ ,  $b = 0,15$  м;

$h_г$  – глибина закладання горизонтальних заземлювачів (0,5 м);

$l_c$  – довжина з'єднувальної стрічки горизонтального заземлювача  $l_c$ , м

$$R_2 = \frac{220}{2 \cdot \pi \cdot 48} \cdot \ln \frac{2 \cdot 48^2}{0,95 \cdot 0,15 \cdot 0,5} = 8,1 \text{ Ом} \quad (4.18)$$

9) Визначається коефіцієнт використання горизонтального заземлювача  $\eta_c$ , відповідно до необхідної кількості вертикальних заземлювачів  $n_b$ .

Коефіцієнт використання з'єднувальної смуги  $\eta_c = 0,3$  (табличне значення).

10) Розраховується результуючий опір заземлювального електроду з урахуванням з'єднувальної смуги:

$$R_{заг} = \frac{R_b \cdot R_2}{R_b \cdot \eta_c + R_2 \cdot n_b \cdot \eta_b} \leq R_0. \quad (4.19)$$

Висновок: дане захисне заземлення буде забезпечувати електробезпеку будівлі, так як виконується умова:  $R_{заг} < 4$  Ом, а саме:

$$R_{заг} = \frac{18,5 \cdot 8,1}{18,5 \cdot 0,3 + 8,1 \cdot 16 \cdot 0,57} = 1,9 \leq R_0 \quad (4.20)$$

3) При виникненню пожеж при роботі на ПЕОМ від таких можливими джерел запалювання як:

- іскри і дуги коротких замикань;
- перегрів провідників, резисторів та інших радіодеталей ПЕОМ, від тривалої перевантаження та наявності перехідного опору;
- іскри при розмиканні і розмиканні ланцюгів;
- розряди статичної електрики;
- необережному поводженню з вогнем, а також вибухи газо-повітряних і пароповітряних сумішей.

Важливу увагу слід звернути на пожежну безпеку підприємства в цілому і окремих його приміщень. В приміщеннях не повинно накопичуватися сміття, непотрібний папір, мотлох та ін. речі, які не використовуються у виробничому процесі. Наявний вільний аварійний вихід за межі приміщення в разі пожежі, бути передбачені вогнегасники. Вони повинні бути в робочому стані і перевірятися згідно з нормами. У приміщеннях повинна бути пожежна сигналізація, вогнегасник. У разі виникнення пожежі необхідно повідомити в найближчу пожежну частину, убезпечити інших працівників і по можливості прийняти кроки по запобіганню можливих наслідків та усуненню пожежі[28].

#### **4.11 Техногенне забруднення навколишнього середовища**

Сьогодні нас оточує величезна кількість бруду. Починаючи від простого пилу і закінчуючи шкідливими хімічними відходами на виробництві, залишаються непоміченими такі типи забруднення, як шумове, теплове та електромагнітне. Останні здебільшого впливають на здоров'я людини під час перебування у квартирах жилих будинках та офісах.

Виокремлюють чотири типи забруднення – інгредієнтне, біоценотичне, параметричне та стаціонально-деструктивне. Група забруднень, яка найбільш пронизана техногенним впливом – параметрична. У цій групі містяться п'ять типів забруднень: теплове, шумове, сміттєве, радіаційне, та електромагнітне. Розглянемо окремо кожне з забруднень [30].

##### **4.11.1 Теплове забруднення**

Тепло, що виділяється внаслідок обробки, виробництва, переробки чи використання деяких ресурсів завжди є небажаним і надмірним, за виключенням випадків, коли метою було



обігрівання об'єктів (наприклад, взимку). Теплове забруднення можна розділити на забруднення водних ресурсів та атмосфери.

Основними джерелами такого типу забруднення вод є атомні й теплові електростанції. Теплове забруднення прибережних морських акваторій і поверхні водойм виникає в результаті скидання нагрітих стічних вод. Це призводить до наступних наслідків:

- підвищення температури води часто підсилює сприйнятливість організмів до дії токсичних речовин;
- температура може перевищити критичні значення для «стенотермних» стадій життєвого циклу водних організмів;
- висока температура сприяє заміні звичайної флори водоростей на менш бажані синьо-зелені водорості, що викликають «цвітіння» води;
- при підвищенні температури води тваринам потрібно більше кисню, оскільки в теплій воді його вміст знижений у зв'язку з меншою розчинністю.

При викидах з труб промислових підприємств для опалення будинків, вихлопних труб двигунів внутрішнього згорання, лісових пожежах виділяються речовини, нагріті до більше ніж до 60°C. Середньорічна температура атмосферного повітря над великими містами та промисловими центрами на 6-7 градусів вище температури повітря прилеглих територій. Фахівці відзначають, що в останні 25 років середня температура тропосфери піднялася на 0,7 градусів Цельсія [31].

#### **4.11.2 Шумове забруднення**

Шуми відносяться до числа шкідливих забруднень атмосфери. Їх подразнююча дія для людини залежить від спектрального складу, інтенсивності і тривалості впливу. Найбільше роздратування викликає шум в діапазоні частот 3000-5000 Гц.

Чим гучніше грає музика у навушниках, тим швидше вухо буде звикати до такого рівня гучності і поступово зовсім перестане сприймати тихі звуки. Шум згубно діє не тільки на слуховий апарат, але і на центральну нервову систему людини, роботу серця, служить причиною багатьох інших захворювань.

Щодо роботи в умовах підвищеного шуму, то вона загострює слух на високих частотах та викликає швидку стомлюваність. При різних інтенсивностях шуму виникають різні недуги. Так при 145-140 дБ виникають вібрації у м'яких тканинах носа і горла, у кістках черепа та зубах. При інтенсивності більше за 140 децибел, з'являються біль у вухах і голові, починає

вібрувати грудна клітина, м'язи рук та ніг, сильна втома й дратівливість. При рівні шуму понад 160 децибел може відбутися розрив барабанних перетинок.

#### **4.11.3 Сміттєве забруднення**

Зі збільшенням кількості міст та промислових підприємств постійно збільшується кількість відходів, які вони виробляють. Промислові та побутові відходи створюють безліч проблем, таких як транспортування, зберігання, утилізація та ліквідація. Особливої уваги варто приділити різній сучасній техніці, що рано чи пізно відправляється на сміттєзвалище. У підземні води потрапляють шкідливі та отруйні речовини. Для запобігання негативного впливу на оточуючу місцевість та її екосистему необхідно утилізувати комп'ютерну техніку через спеціалізовані приймальні пункти.

Викидаючи сміття, люди порушують один з основних екологічних законів – кругообіг речовин у природі. Адже, вилучаючи з природи чимало речовин, людина змінює їх до невпізнанності та повертає у природу у вигляді сміття, яке не розкладається на вихідні речовини природним шляхом [32].

#### **4.11.4 Електромагнітне забруднення**

Кожного року ми спостерігаємо збільшення різноманітної техніки, технічний прогрес все більш прискорюється. Купуючи телефони, комп'ютери, побутову техніку, планшети та інші гаджети, ми намагаємось зробити своє життя якомога комфортнішим та простішим.

Побічні ефекти такого прогресу починаєш відчувати лише з плином часу. Повітря в квартирі починає ставати дедалі сухішим, а вільного місця для розташування різноманітної техніки з кожним днем потрібно все більше. Інша справа, що сумлінні виробники такої техніки самі починають усвідомлювати усі негативні її прояви, і починають прагнути до менш шкідливої продукції.

Серед незліченної кількості техніки, яка нас зараз оточує, електромагнітне випромінювання стає дедалі більш сильним. Несприятливий вплив на організм людини мають електромагнітні випромінювання промислової частоти (50 герц) та частот радіохвильового діапазону. У помешканнях електромагнітні поля різної потужності створюють будь-які електронні прилади – радіоапаратура, телевізори, холодильники тощо. Відповідно це створює певну небезпеку. І річ у тім, що кожен наш внутрішній орган працює на своїй певній частоті,

наприклад, серце – близько 700 герц, мозок у стані сну – 10 герц, бадьорості – 50 герц [33]. Якщо поруч знаходиться постійне джерело електромагнітного випромінювання, яке працює на аналогічній, чи кратній, частоті, то це може призвести до збільшення або зменшення нормальної частоти роботи органу. Наслідком цього може бути головний біль, порушення сну, перевтома, стенокардія. Найнебезпечніший час для опромінення, це коли людина, а особливо дитина, перебуває у стані глибокого сну.

Щоб уникнути та попередити усі можливі проблеми, слід регулярно провітрювати приміщення, де знаходиться техніка, протирати пил та розташувати неподалік живі рослини. Важливо також і вміння організувати свій час, робити перерви та фізичні вправи під час довготривалої роботи за комп'ютером. Необхідно частіше виїжджати на природу, вживати здорову їжу.

#### 4.12 Висновки

В результаті проведеної роботи було зроблено аналіз умов праці, шкідливих та небезпечних чинників, з якими стикається робітник. Було визначено параметри і певні характеристики приміщення для роботи над запропонованим проектом написаному в кваліфікаційній роботі, описано, які заходи потрібно зробити для того, щоб дане приміщення відповідало необхідним нормам і було комфортним і безпечним для робітника.

Приведені рекомендації щодо організації робочого місця, а також важливу інформацію щодо пожежної та електробезпеки. Була наведена схема, розміри приміщення та наведено значення температури, вологості й рухливості повітря, необхідна кількість і потужність ламп та інші параметри, значення яких впливає на умови праці робітника, а також – наведені інструкції з охорони праці, техніки безпеки при роботі на комп'ютері.

## ВИСНОВКИ ТА ПРОПОЗИЦІЇ

Під час написання дипломної роботи виконано ряд поставлених задач:

- проаналізовано методи первинної обробки інформації;
- проаналізовано архітектуру функціональних блоків та методи програмування;
- реалізація функціонального блоків.

Розроблені алгоритми ФБ для диверсної реалізації ФПЗ та переносимості програм на контролери з іншою архітектурою.

Результатами виконання дипломної роботи досягнута її мета, котра є дослідження методів реалізації первинної обробки аналогових і дискретних сигналів, методів збору первинної обробки вимірювальної інформації, проаналізувано існуючі мови програмування і реалізовані функціональні блоки, які виконують первинну обробку аналогових і дискретних сигналів.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Єлісеєв В.В., Ларгін В.А., Пивоваров Г.Ю. Програмно-технічні комплекси АСУ ТП: Навч. посібник - К.: Видавничо-поліграфічний центр «Київський університет», 2003.
2. Бородакій Ю.В. Інформаційні технології. Методи, процеси, системи. М., Радіо і зв'язок, 2004.
3. Гонсалес Р., Вудс Р. Цифрова обробка зображень. // Пер. з англ Москва. - Техносфера. - 2006. -1072 с.
4. Губін А.В., Шарипін Є.В. Архітектура персональних систем обробки зображень. // Системи і засоби інформатики. -Ежегодник. - Вип.1. -1989. -с.74-81.
5. Купріянов М.С., Матюшкін Б.Д. Цифрова обробка сигналів: процесори, алгоритми, засоби проектування. СПб., Політехніка, 1999.
6. Сергієнко А.Б. Цифрова обробка сигналів. - СПб, Питер, 2007.
7. Цифрова обробка сигналів: Учеб. Посібник для вузів / Л.М. Гольденберг, Б.Д. Матюшкін, М. Н. Поляк. - 2-изд., Перераб. і доп. - М.: Радио и связь, 1990.- 256 с.: іл.
8. Програмовані логічні контролери [Електронний ресурс] <https://moodle.hitsa.ee/mod/book/view.php?id=493898&chapterid=40627> (Дата звернення 21.10.2018)
9. Багаторівневі системи функціональних блоків [Електронний ресурс] <https://cyberleninka.ru/article/n/mnogourovnevye-sistemy-funktsionalnyh-blokov-ies-61499-i-ih-preobrazovanie-k-odnourovnevym-modelyam> (Дата звернення 21.10.2018)
10. МЕК 61131-1:2003\* " Контролери програмовані. Частина 1. Загальна інформація " (IEC 61131-1:2003 "Programmable controllers - Part 1: General information", IDT).
11. МЕК 61131-3:2013\* " Контролери програмовані. Частина 3. Мови програмування (IEC 61131-3:2013, "Programmable controllers - Part 3: Programming languages", IDT)
12. LadderDiagram [https://ru.wikipedia.org/wiki/Ladder\\_Diagram](https://ru.wikipedia.org/wiki/Ladder_Diagram) (дата звертання: 29.11.18)
13. FBD <https://ru.wikipedia.org/wiki/FBD> (дата звертання: 02.12.18)
14. Structured Text [https://ru.wikipedia.org/wiki/Structured\\_Text](https://ru.wikipedia.org/wiki/Structured_Text) (дата звертання: 03.12.18)
15. Instruction List [https://ru.wikipedia.org/wiki/Instruction\\_List](https://ru.wikipedia.org/wiki/Instruction_List) (дата звертання: 05.12.18)
16. НПАОП 0.00-1.28-10 Правила охорони праці під час експлуатації електронно-обчислювальних машин

17. ДСанПіН 3.3.2.007-98 Гігієнічні вимоги до організації роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин
18. ДСН 3.3.6.042-99 Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень.
19. ДСТУ ГОСТ 12.1.012-90 ССБТ. Вибрационная безопасность. Общие требования.
20. ГОСТ 12.1.006-84 ССБТ Электромагнитные поля радиочастот. Общие требования безопасности. Допустимые уровни на рабочих местах и требования к проведению контроля.
21. ГОСТ 12.4.030-81 ССБТ. Электробезопасность. Защитное заземление. Зануление
22. ГОСТ 13109-97 „Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитных. Нормы качества электроэнергоснабжения общего назначения”
23. НПАОП 40.1-1.21-98 Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів
24. ДБН В.2.5-67:2013 Опалення, вентиляція та кондиціонування
25. ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны
26. ГОСТ 12.1.044-89 ССБТ. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов. Номенклатура показателей и методы их определения
27. НАПБ Б.03.002-2007 Норми визначення категорії приміщень будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною безпекою
28. ДБН В.2.5-28:2015 Освітлення у приміщеннях.
29. НПАОП 40.1-1.01-97 Класифікація приміщень за ступенем небезпеки ураження електричним струмом.
30. Н. А. Агаджанян, В.І. Торшин. «Екологія людини». ММП «Екоцентр», КРУК, 1994.
31. В. М. Лапін. «Безпека життєдіяльності людини». – Київ – Львів, 1999.
32. Є. О. Криксунов, В.В. Пасічник, А.П. Сидорин. «Екологія». Видавничий дім «Дрофа», 1995.
33. Є. П. Желібо, Н. М. Заверуха, В. В. Зацарний «Безпека життєдіяльності». Видавництво «Каравела», Київ, 2003.

**Додаток А**  
**Презентація**



# Методи реалізації первинної обробки аналогових і дискретних сигналів

---

КЕРІВНИК ДИПЛОМНОЇ РОБОТИ: К.Т.Н ДОЦЕНТ ЛАРГІН ВІКТОР АНАТОЛЬЙОВИЧ

СТУДЕНТ: КУРКЧІ АНТОН ПАВЛОВИЧ

## АКТУАЛЬНІСТЬ ТЕМИ І МЕТА ПРОЕКТУ

---

В ПрАТ «СНВО Імпульс» розробляються функціональне програмне забезпечення (ФПЗ), призначене для функціонування в промислових контролерів серії МСКУ. ФПЗ є набором функціональних блоків (ФБ). Поставлено завдання проаналізувати існуючі мови програмування, та розробити алгоритми модулів ФБ для диверсійної реалізації функціонального програмного забезпечення, яка підвищує надійність програмного забезпечення

**Мета даної роботи** є дослідження методів реалізації первинної обробки аналогових і дискретних сигналів, методів збору первинної обробки вимірювальної інформації. Проаналізувати існуючі мови програмування і реалізувати функціональні блоки, які будуть виконувати первинну обробку аналогових і дискретних сигналів.

## Постановка задачі

---

- проаналізувати методи первинної обробки інформації;
- проаналізувати архітектуру функціонального блоку та методи програмування;
- реалізація функціональних блоків.

## ЦИФРОВА ОБРОБКА СИГНАЛІВ

---

В останні десятиліття прогрес обчислювальної техніки привів до широкого впровадження методів цифрової обробки інформації практично у всіх галузях наукових досліджень і народно-господарської діяльності

При цьому виділяють наступні основні етапи цифрової обробки сигналів:

Попередня обробка - прийом, успішне перетворення з аналогової в цифрову форму подання.

Первинна обробка - оптимальний прийом і аналіз

Вторинна обробка - виділення сигналу заданого виду, класифікація, розпізнавання і т.п.

## ЦИФРОВА ОБРОБКА СИГНАЛІВ

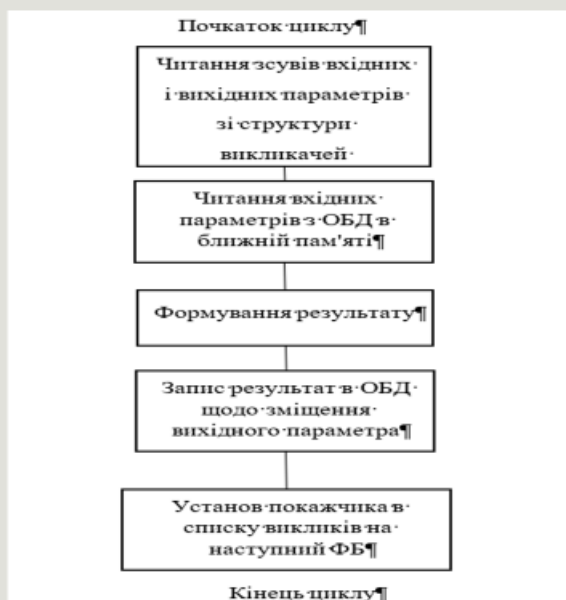
В останні десятиліття прогрес обчислювальної техніки привів до широкого впровадження методів цифрової обробки інформації практично у всіх галузях наукових досліджень і народно-господарської діяльності

При цьому виділяють наступні основні етапи цифрової обробки сигналів:

Попередня обробка - прийом, успішне перетворення з аналогової в цифрову форму подання.

Первинна обробка - оптимальний прийом і аналіз

Вторинна обробка - виділення сигналу заданого виду, класифікація, розпізнавання і т.п.



Алгоритм ФБ

## Алгоритм реалізація функціонального блоку лінеаризації вимірюваних сигналів від термометрів опору і термопар

якщо  $x.TD = 0$  ( $x.TD$  - код типу датчика), то лінеаризація не виконується;

якщо  $x.TD \neq 0$ , то виконується обчислення коду температури за поточним вимірюваним коду сигналу опору, напруги або різниці термоелектрорушійні сили термопар ТХК:

1) обчислення коду температури ( $y$ ) відповідно до таблиці вузлів апроксимації - при переповненні в процесі обчислень  $y$  обмежується діапазоном від мінус 32768 до 32767:

$$\begin{aligned} \text{при } k \leq K_2 \quad y &= \frac{(k - K_1) \times (T_2 - T_1)}{(K_2 - K_1)} + T_1 ; \\ \text{при } K_{i-1} < k \leq K_i, i = 3, \dots, N-1 \quad y &= \frac{(k - K_{i-1}) \times (T_i - T_{i-1})}{(K_i - K_{i-1})} + T_{i-1} ; \\ \text{при } k > K_{N-1} \quad &= \frac{(k - K_{N-1}) \times (T_N - T_{N-1})}{(K_N - K_{N-1})} + T_{N-1} ; \end{aligned}$$

2) обчислення коду температури з поправкою (тільки для температур, вимірюваних за допомогою термопар):

$$y = y + x.ADDT;$$

3) облік діапазону вимірювання температури (з забезпеченням до 10% запасу коду за межами діапазону):

$$zB = x.TVB \times 80 - (x.TVE - x.TVB) \times 80 \times 0.1 \text{ (при негативному переповненні } zB = -32768);$$

$$zE = x.TVE \times 80 + (x.TVE - x.TVB) \times 80 \times 0.1 \text{ (при позитивному переповненні } zE = 32767);$$

$$x.TV = y, \text{ если } zB \leq y \leq zE;$$

$$x.TV = zB, \text{ если } y < zB;$$

$$x.TV = zE, \text{ если } y > zE.$$

## Алгоритм функціонального блоку компенсації температури холодних спаїв термопар

Код для компенсації температури холодних спаїв термопар  $x.COMPV$  обчислюється за поточним кодом значення вхідного сигналу опору  $x.CVAI$  методом кусочно-лінійною апроксимації за наступним алгоритмом:

якщо  $x.TD = 0$ , то процедура не виконується;

якщо  $x.TD \neq 0$  ( $x.TD$  - код типу датчика), то виконується обчислення коду компенсації за поточним вимірюваним коду сигналу опору - при переповненні в процесі обчислень  $y$  обмежується діапазоном від мінус 32768 до 32767:

при  $k \leq R_1$   $y = COMPV_1$ ;

$$\text{при } R_{i-1} < k \leq R_i, i = 2, \dots, N \quad y = \frac{(k - R_{i1}) \times (COMPV_i - COMPV_{i-1})}{(R_i - R_{i-1})} + COMPV_{i-1}$$

при  $k > R_N$   $y = COMPV_N$ ,

## Алгоритм функціонального блоку лінеаризації витрати з нормуванням

Нормований код витрати  $x.NV$  обчислюється за поточним кодом значення вхідного сигналу струму ( $x.CVAI$ ) за таким алгоритмом:

якщо  $x.TD = 0$ , то процедура не виконується;

якщо  $x.TD \neq 0$  то виконуються обчислення: при  $x.CVAI \leq CVAI_{min}$   $x.NV = 0$ ;

$$\text{при } x.CVAI > CVAI_{min} \quad x.NV = \text{SQRT} \left( \frac{x.CVAI - CVAI_{min}}{CVAI_{max} - CVAI_{min}} \right) \times 32000$$

## ВИСНОВКИ

---

В результаті виконання магістерської роботи отримано такі результати:

- проаналізовано методи первинної обробки інформації;
- проаналізовано архітектуру функціональних блоків та методи програмування;
- реалізація функціональних блоків.

---

ДЯКУЮ ЗА УВАГУ