

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:

**КОМПЛЕКСНА ТЕМА: SMART GRID. МЕТОДИ РОЗРОБКИ
ФУНКЦІОНАЛЬНИХ БЛОКІВ СИСТЕМИ
РЕЛЕЙНОГО ЗАХИСТУ ТА АВТОМАТИКИ**

Освітньо-кваліфікаційний рівень “Магістр”
Спеціальність 122 – “Комп'ютерні науки”

Науковий керівник роботи:

(підпис)

В. В. Єлісєєв

(ініціали, прізвище)

Консультант з охорони праці:

(підпис)

Я. О. Критська

(ініціали, прізвище)

Студент:

(підпис)

В. О. Чернобровкіна

(ініціали, прізвище)

Група:

КН-173м

Севєродонецьк 2019

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 122 – «Комп'ютерні науки»
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Завідувач кафедри _____
І.С. Скарга-Бандурова
« _____ » _____ 20__ р.

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

Чернобровкіної Вероніки Олегівни
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи **КОМПЛЕКСНА ТЕМА: SMART GRID. МЕТОДИ РОЗРОБКИ
ФУНКЦІОНАЛЬНИХ БЛОКІВ СИСТЕМИ РЕЛЕЙНОГО ЗАХИСТУ
ТА АВТОМАТИКИ**

керівник проекту (роботи) Єлісеєв В. В., д.т.н., професор
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від _____ " " _____ 2019 р. № _____

2. Термін подання студентом роботи _____

3. Вихідні дані до роботи _____

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Аналіз методів розробки функціональних блоків системи РЗА у Smart Grid.

Архітектура функціональних блоків

Програмна реалізація функціональних блоків

Питання охорони праці, екології.

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

Електронні плакати

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада Консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці	Критська Яна Олександрівна		

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	Аналітичний огляд літератури за темою роботи	1.09.18 – 1.10.18	
2	Аналіз стандартів ІЕС-61499 і ІЕС-61850	1.09.18 - 1.10.18	
3	Розробка вимог до ФБ і бібліотеки ФБ	2.10.18 – 9.10.18	
4	Програмна реалізація ФБ	10.10.18 – 24.10.18	
5	Програмна реалізація бібліотеки ФБ	25.10.18 – 25.11.18	
6	Розгляд питань охорони праці та основних напрямків їх дотримання	14.11.18 – 15.12.18	
7	Оформлення пояснювальної записки	22.12.18 – 29.12.18	
8	Оформлення презентації роботи	30.12.18 – 6.01.19	

Студент _____

(підпис)

_____ (прізвище та ініціали)

Керівник _____

(підпис)

_____ (прізвище та ініціали)

АННОТАЦІЯ

Чернобровкіна Вероніка Олегівна. Комплексна тема: Smart grid. Методи розробки функціональних блоків системи релейного захисту та автоматики.

В роботі проведено аналіз існуючих методів розробки функціональних блоків (ФБ) релейного захисту і автоматики та вибрано актуальний функціонально-блоковий підхід. Визначені вимоги до ФБ і бібліотеки ФБ та наведена концепція реалізації алгоритмів ФБ. Розроблені ФБ і бібліотека ФБ релейного захисту і автоматики відповідно до міжнародних стандартів IEC-61850, IEC-61499.

Ключові слова: функціональні блоки, бібліотека функціональних блоків, програмне забезпечення, релейний захист та автоматика, smart grid.

АННОТАЦИЯ

Чернобровкина Вероника Олеговна. Комплексная тема: Smart grid. Методы разработки функциональных блоков системы релейной защиты и автоматики.

В работе проведен анализ существующих методов разработки функциональных блоков (ФБ) релейной защиты и автоматики и выбран актуальный функционально-блочный подход. Определены требования к ФБ и библиотеке ФБ и приведена концепция реализации алгоритмов ФБ. Разработаны ФБ и библиотека ФБ релейной защиты и автоматики в соответствии с международными стандартами IEC-61850, IEC-61499.

Ключевые слова: функциональные блоки, библиотека функциональных блоков, программное обеспечение, релейная защита и автоматика, smart grid.

ABSTRACT

Chernobrovkina Veronika Olegivna. Cross-cutting theme: Smart grid. Methods for the development of functional blocks of the system of relay protection and automation.

The paper analyzes the existing methods for the development of functional blocks (FB) of relay protection and automation and selects the actual functional block approach. The requirements for the FB and the FB library are defined and the concept of the implementation of the FB algorithms is given. Developed by FB and library FB of relay protection and automation in accordance with international standards IEC-61850, IEC-61499.

Keywords: functional blocks, library of functional blocks, software, relay protection and automation, smart grid.

ЗМІСТ

ВСТУП	9
РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ МЕТОДІВ РОЗРОБКИ ФУНКЦІОНАЛЬНИХ БЛОКІВ СИСТЕМИ РЗА У SMART GRID. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ ДОСЛІДЖЕНЬ	12
1.1 Визначення Smart Grid і Microgrid. Основні структурні компоненти Smart Grid і Microgrid.	12
1.2 Система РЗА	15
1.2.1 Цифрові пристрої РЗА	15
1.2.2 Удосконалення системи релейного захисту	16
1.2.3 Вимоги до сучасних пристроїв РЗА і порядку їх застосування	17
1.3 Функціональне призначення ФБ та їх місце в системі РЗА	18
1.3.1 Структурна схема і основні керуючі компоненти РЗА.....	18
1.3.2 Визначення ФБ і бібліотеки ФБ	20
1.3.3 Склад ImPR1 та функції СПЗ.....	21
1.4 Постановка завдання	23
1.5 Висновки до першого розділу.....	24
РОЗДІЛ 2 АРХІТЕКТУРА ФУНКЦІОНАЛЬНИХ БЛОКІВ.....	25
2.1 Огляд стандарту IEC-61499	25
2.1.1 Модель системи IPMCS, пристрою, ресурсів та додатку	26
2.1.2 Модель і характеристика екземплярів ФБ.....	30
2.1.3 Моделі розподілу, управління та моделі операційного стану	33
2.2 Огляд стандарту IEC-61850	41
2.3 Існуюче рішення розробки ФБ та зв'язок між пристроями.....	44
2.4 Розробка вимог до ФБ	47
2.4.1 Вимоги до логічних ФБ	47
2.4.2 Вимоги до базових ФБ.....	48
2.4.3 Вимоги до композиційних ФБ	49

	5
2.4.4 Вимоги до сервісних ФБ	50
2.5 Концепція реалізації алгоритмів ФБ	50
2.5.1 Типи алгоритмів ФБ	50
2.6 Розробка вимог до бібліотеки ФБ	52
2.7 Висновки до другого розділу	53
РОЗДІЛ 3 ПРОГРАМНА РЕАЛІЗАЦІЯ ФУНКЦІОНАЛЬНИХ БЛОКІВ	54
3.1 Розробка алгоритмів функцій ФБ	54
3.2 Розробка базового ФБ	60
3.3 Розробка композиційних ФБ	61
3.4 Виклик прикладної програми	64
3.5 Розробка алгоритмів прикладної програми	66
3.6 Розробка бібліотеки ФБ	69
3.6.1 Опис типів даних для ФБ первинної обробки і формувачів, використовуваних у функціях	70
3.6.2 Опис типів даних, що використовуються у функціях	71
3.6.3 Опис функцій бібліотеки ФБ	72
3.7 Висновок до третього розділу	73
РОЗДІЛ 4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ. ЕКОЛОГІЯ	74
4.1. Загальні питання з охорони праці	74
4.1.1 Правові та організаційні основи охорони праці	75
4.1.2 Організаційно-технічні заходи з безпеки праці	75
4.2 Аналіз стану умов праці	75
4.2.1 Вимоги до приміщень	76
4.2.2 Вимоги до організації місця праці	76
4.2.3 Навантаження та напруженість процесу праці	77
4.3 Виробнича санітарія	78
4.3.1 Аналіз небезпечних та шкідливих факторів при виробництві (експлуатації) виробу	78

4.3.2 Пожежна безпека	80
4.3.3 Електробезпека.....	80
4.4 Гігієнічні вимоги до параметрів виробничого середовища.....	81
4.4.1 Мікроклімат	81
4.4.2 Освітлення	81
4.5 Вентилювання	82
4.6 Заходи з організації виробничого середовища та попередження виникнення надзвичайних ситуацій	83
4.7 Охорона навколишнього природного середовища	84
4.7.1 Загальні дані з охорони навколишнього природного середовища	84
4.7.2 Вимоги до збору, пакування та розміщення відходів ІТ галузі	85
4.7.3 Визначення впливу та заходів щодо поводження з відходами ІТ галузі...85	
4.8 Висновки до четвертого розділу.....	86
ВИСНОВОК	87
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	88
Додаток А. Комп'ютерна презентація	91

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧОК, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ,**СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ**

ARM – (Advanced RISC Machine) вдосконалена RISC-машина;

Cortex-A – сімейство високопродуктивних мікропроцесорів з ARM архітектурою;

DDR3L – (Double-data-rate Three Low Power) синхронна динамічна пам'ять з довільним доступом і подвоєною швидкістю передачі даних, третє покоління, зі зниженим енергоспоживанням;

eMMC – (embedded MultiMedia Card) вбудована портативна флеш-карта пам'яті;

IED – пристрій - Intellectual Electronic Device (інтелектуальний електронний пристрій).

ImPR1_AIDOM – модуль вводу аналогових і виведення дискретних сигналів;

ImPR1_AIM – модуль вводу аналогових сигналів;

ImPR1_CPUM – модуль центрального процесора;

ImPR1_DIDOM – модуль введення та формування дискретних сигналів;

ImPR1_DIM – модуль введення дискретних сигналів;

ImPR1_DOM – модуль формування дискретних сигналів;

ImPR1_HMIU – панель індикації і управління ImPR1 HMIU;

ImPR1_PSM – модуль живлення;

Linux-RT – операційна система реального часу сімейства Linux;

RS-485 – (Recommended Standard 485) стандарт фізичного рівня для асинхронного інтерфейсу;

SD – (Secure Digital Memory Card) формат карт пам'яті (флеш-пам'ять);

Sitara AM4378 – мікропроцесор серії Sitara модель AM4378 фірми Texas Instruments;

SMARC – (Smart Mobility Architecture) специфікація універсального комп'ютерного модуля малогабаритного форм-фактора;

SPI – (Serial Peripheral Interface) послідовний синхронний стандарт передачі даних;

TCP – (Transmission Control Protocol) протокол управління передачею;

TI – Texas Instruments;

USB – (Universal Serial Bus) послідовний інтерфейс для підключення периферійних пристроїв до обчислювальної техніки.

ABP – автоматичне включення резервних джерел;

АПВ – автоматичне повторне включення;

АСУ – автоматизована система управління;

АЧР – автоматичне частотне розвантаження;

ЕС – електростанція;

ЕЕС – електростанція енергосистеми;

ЛЕП – лінії електропередачі;

МП – мікропроцесорний;

МП РЗА – мікропроцесорний пристрій релейного захисту;

ПЗО – модуль зв'язку з об'єктом;

ОС – операційна система;

ОСРЧ – операційна система реального часу;

ПЛК – програмований логічний контролер;

ПС – підстанція;

РЗА – релейний захист та автоматика;

СПЗ – системне програмне забезпечення;

ФБ – функціональні блоки;

ЦПС – цифрова підстанція;

ВСТУП

У світовій енергетичній сфері відбулися значні зміни щодо стратегії розвитку енергетики. Головний наголос зроблено на забезпеченні нерозривності та узгодженості дій при забезпеченні трьох складових: енергозабезпечення (безперебійне постачання електричної енергії відповідної якості), енергодоступність (енергоощадність та доступна ціна на електроенергію) та енергоприйнятність (мінімальний вплив на навколишнє середовище). Зазначені складові розглядаються як основа в умовах переходу до реалізації сучасних та перспективних «інтелектуальних» технологій для забезпечення стабільного розвитку, що гарантує стале зростання економіки, рівня життя населення, захист навколишнього природного середовища. За кордоном активно використовуються різні підходи до практичної реалізації концепції Smart Grid – інтелектуальних систем, ведуться роботи щодо їх комплексного впровадження [1] [2] [3].

Оцінки рівня «інтелектуалізації» енергетики у світі здійснюється на основі положень концепції Smart Grid – повністю інтегрованої, саморегулюючої і самовідновлюваної електроенергетичної системи, що має мережеву топологію і включає в себе всі генерувальні джерела, магістральні та розподільчі мережі і всі типи споживачів електричної енергії, керовані єдиною мережею інформаційно-керуючих пристроїв і систем в режимі реального часу. Впровадження технологій Smart Grid сприятиме інтеграції в електромережу поновлюваних джерел енергії.

Основні її переваги над традиційною системою електропостачання:

- інтелектуалізація мережі
- здатність самоконтролю і надання інформації про будь-якому учаснику мережі.
- висока надійність мережі. Навіть при перемиканні джерела, користувач не помітить збоїв.
- підвищення ефективності за рахунок зменшення втрати в проводах і оптимального розподілу навантаження.

Мікроенергосистеми (Microgrid) були запропоновані в якості мережевої архітектури розподільних мереж в рамках концепції Smart Grid, здатних повною мірою використовувати вигоди від інтеграції великого числа джерел РГ малої потужності (загальною потужністю до 1 МВт) в системах розподілу електроенергії низької напруги для забезпечення необхідного рівня якості електропостачання споживачів [4].

Системи Microgrid включають в себе розподільні мережі низької напруги з джерелами РГ, акумулюючими пристроями і керованими навантаженнями, що працюють підключеними до основної мережі живлення або в острівному режимі, керовано, скоординованим чином.

В електричній частині енергосистем можуть виникати пошкодження і ненормальні режими роботи електрообладнання електростанцій (ЕС) та підстанцій (ПС) ліній електропередачі (ЛЕП) і електроустановок споживачів електроенергії. Для зменшення руйнувань в місці пошкодження і забезпечення нормальної роботи неушкодженою частини енергосистеми (ЕЕС) необхідно швидше виявляти і відокремлювати місце пошкодження від неушкодженої частини ЕЕС [5].

Вагомий внесок в розвиток питання оптимізації енергосистем за потоками потужності, втратами, напругою зробили провідні вчені світу: Я. Д. Баркан [6], Л. А. Герман [7], П. Д. Лежнюк [8] та ряд інших.

Система релейного захисту та автоматики (РЗА) – сукупність пристроїв релейного захисту (РЗ) на одному або декількох енергооб'єктах, що забезпечує виконання функцій відключення пошкоджених ЛЕП, обладнання енергосистеми з заданими параметрами: селективності, швидкості дії, чутливості, надійності, ступеня резервування (ближнього і далекого). РЗ є основним видом електричної автоматики, без якої неможлива нормальна і надійна робота сучасних енергетичних систем і призначена для захисту енергосистем і її елементів від небезпечних наслідків пошкоджень і ненормальних режимів. РЗ проводить автоматичну ліквідацію аварій (при виникненні ненормальних режимів) або її локалізацію (відключення пошкодженого елемента). Вона тісно пов'язана з іншими видами електричної автоматики, призначеної для запобігання розвитку аварійних порушень і швидкого відновлення нормального режиму роботи енергосистеми і електропостачання споживачів; автоматичного повторного включення (АПВ); автоматичного включення резервних джерел живлення (АВР); автоматичного частотного розвантаження (АЧР) і ін.

В ПрАТ "СНВО "Імпульс" [9] проводиться розробка МП РЗА (ImPR1) для якого необхідно розробити бібліотеку ФБ, яка застосовується у складі системного програмного забезпечення (СПЗ) і виконується в середовищі операційної системи реального часу (ОСРЧ) Linux-RT. Необхідність розробки методів ФБ обумовлена подальшою розробкою бібліотеки ФБ.

Тому обґрунтованою є тема магістерської роботи, у якій вирішується науково-прикладне завдання дослідження методів проектування та розробки функціональних блоків (ФБ) інформаційної технології системи РЗА.

Об'єкт дослідження – програмне забезпечення РЗА.

Предмет дослідження – методи розробки ФБ системи РЗА.

Метою роботи є дослідження методів проектування ФБ, які дозволять перетворити структурну схему досліджуваного об'єкта в логічну структуру перетворення інформаційних координат, встановити взаємозв'язок між вхідними і внутрішніми інформаційними координатами і блоками перетворення інформаційних потоків в об'єкті дослідження, та розробка бібліотеки ФБ. Для досягнення цієї мети в роботі необхідно вирішити такі завдання:

- виконати аналіз вимог до функціональних характеристик Smart Grid та Microgrid;
- виконати аналіз вимог до сучасних МП РЗА;
- виконати аналіз існуючих методів розробки ФБ та бібліотеки ФБ системи РЗА;
- розробити вимоги до ФБ та бібліотеки ФБ;
- розробити методи розробки ФБ системи РЗА;
- розробити бібліотеку ФБ системи РЗА.

В роботі досліджуються існуючі рішення розробки ФБ та міжнародні стандарти, які стосуються розробки архітектури ФБ в системі РЗА.

В результаті дослідження планується розробити оптимальний метод розробки ФБ з урахуванням характеристик ImPR1 стосовно його СПЗ, яке виконується в операційній системі реального часу Linux-RT.

Методи дослідження. Для вирішення поставлених завдань були застосовані методи теорії графів, NCES мережі, що є результатом розвитку мереж Петрі.

Особистий внесок здобувача. В роботі запропоновано нове рішення розробки ФБ, яке буде надаватиметься у вигляді бібліотеки ФБ.

Апробація матеріалів роботи. Основні положення, ідеї, висновки магістерської роботи доповідалися та обговорювалися на форумі «ІТ-Ідея», наукових семінарах кафедри КНІ протягом 2017-2018 рр.

Практичне значення отриманих результатів полягає в тому, що основні наукові положення магістерської роботи використовуються при розробці ряду пристроїв релейного захисту ImPR1 в ПрАТ "СНВО "Імпульс".

Публікації. За темою магістерської роботи з викладенням її основних результатів опубліковано 3 наукових праці, серед яких 1 стаття у наукових фахових виданнях України; 2 тези доповідей.

Магістерська робота складається зі вступу, трьох розділів, висновків і списку використаної літератури. Робота викладена на 98 сторінках машинописного тексту, містить 33 рисунків, 15 таблиць. Бібліографічний список містить 36 найменувань.

РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ МЕТОДІВ РОЗРОБКИ ФУНКЦІОНАЛЬНИХ БЛОКІВ СИСТЕМИ РЗА У SMART GRID. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ ДОСЛІДЖЕНЬ

1.1 Визначення Smart Grid і Microgrid. Основні структурні компоненти Smart Grid і Microgrid.

Головним трендом, який впливає на розвиток інформаційних систем в енергетиці, є концепція Smart Grid. Особливої актуальності в Україні набуває питання розвитку відновлюваних джерел енергії. Технології Smart Grid можуть забезпечувати оптимальний розподіл потоків потужності електричної мережі, зменшення втрат в ній, швидку скоординовану реакцію при аваріях, можливість об'єднання в єдину енергосистему як великих електростанцій, так і сучасних відновлюваних джерел енергії. Ефективність технології визначається автоматизацією прийняття рішень з керування, підвищенням оперативності керування нормальними та аварійними режимами. Створення такої системи є необхідністю, що зумовлена багатьма чинниками: суттєве ускладнення завдань структурної організації та управління в електроенергетиці в умовах реформування, зростання попиту на енергетичні послуги в їх кількісному і якісному вигляді, змінився статус споживача як активного суб'єкта організаційно-господарських відносин, нові вимоги, що пред'являються суспільством до екологічного, соціального та інституційного вигляду енергетики [10].

Smart Grid ("інтелектуальні мережі електропостачання") — це модернізовані мережі електропостачання, які використовують інформаційні і комунікаційні мережі і технології для збору інформації про енерговиробництві і енергоспоживанні, що дозволяє автоматично підвищувати ефективність, надійність, економічну вигоду, а також стійкість виробництва і розподілу електроенергії.

Технологічні рішення Smart Grid можуть бути розділені на п'ять ключових областей:

- вимірювальні прилади і пристрої, що включають, в першу чергу, smart-лічильники і smart-датчики;
- вдосконалені методи управління;
- вдосконалені технології і компоненти електричної мережі: гнучкі системи передачі змінного струму FACTS, надпровідні кабелі, напівпровідникова, силова електроніка, накопичувачі;

- інтегровані інтерфейси і методи підтримки прийняття рішень, технології управління попитом на енергію, розподілені системи моніторингу та контролю), розподілені системи поточного контролю за генерацією, автоматичні системи вимірювання процесів, що протікають, а також нові методи планування та проектування як розвитку, так і функціонування енергосистеми і її елементів;
- інтегровані засоби комунікації.

Створення частково або повністю автономних мікроенергосистем (Microgrid) з власними джерелами енергії і/або накопичувачами електроенергії стає все більш реальною і ефективною альтернативою традиційним заходам з реконструкції та розширення мережевого комплексу. В силу потенційної інвестиційної привабливості Microgrid, як способу вирішення завдань технологічного приєднання, а також з урахуванням того, що створення Microgrid і автономізація споживачів стало інвестиційною альтернативою змістом протяжної мережевої інфраструктури, мережеві компанії починають бачити в створенні таких мікроенергосистем новий розворот свого бізнесу.

Microgrid - система, яка включає власні джерела генерації енергії і в кризові ситуації здатна взяти на себе завдання задоволення попиту споживачів. Це свого роду зменшена версія централізованої системи електропостачання.

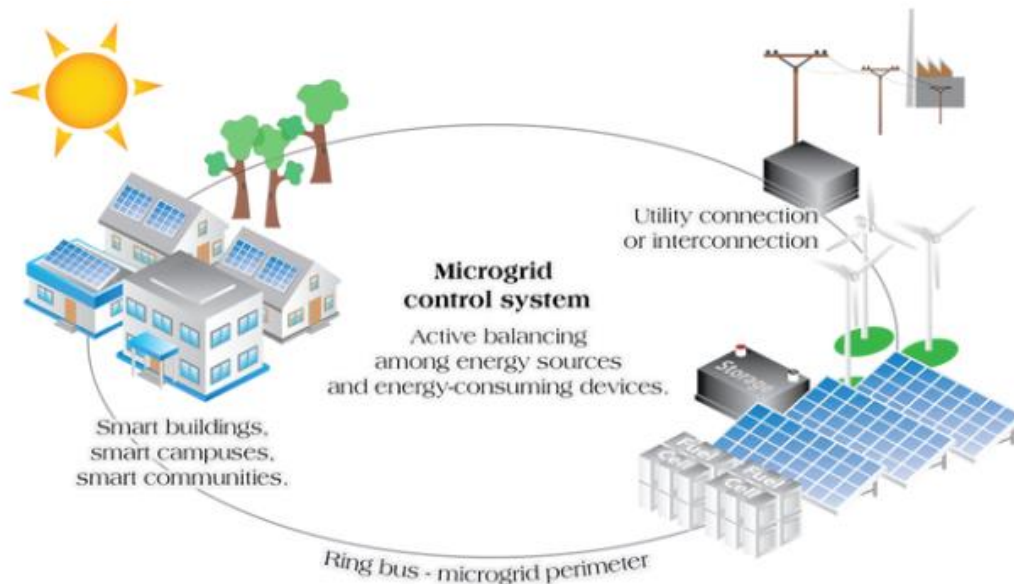


Рисунок 1.1 – Схема роботи системи Microgrid [4]

Microgrid, як правило, працює при підключенні до загальної центральної мережі, але в будь-який момент він може відключитися і працювати за рахунок своєї власної генерації

енергії. І найважливіше – ці Smart Grid здатні успішно використовувати вищезгадані поновлювані джерела енергії. Одним з різновидів систем Microgrid є локальні електротехнічні системи – ЛЕС, з розосередженими джерелами енергії та децентралізованою архітектурою, які виявляють більшу гнучкість в керуванні, вони дозволяють децентралізовано керувати та розподіляти керуючі впливи між багатьма зворотними зв'язками, не покладаючись на централізовану ієрархію. Особливості побудови таких систем, вибір конкретних типів елементів та конфігурацій цих систем, визначаються їх функціональним призначенням, зокрема, вимогами забезпечення оптимального енергообміну, покращення якості електроенергії, вимогами до стійкості, надійності та ефективності роботи системи, потужністю, характером і місцем розташування джерел спотворень, типами і місцем розташування генераторів та навантажень системи, необхідністю досягнення оптимальних значень техніко-економічних показників (ТЕП) системи в цілому [11].

Розподільна мережа повинна забезпечити виконання цих трьох завдань:

- відновлювальна енергія,
- електричні транспортні засоби,
- контроль попиту на енергію,

одночасно покращуючи якість електропостачання та контролюючи вартість маршрутизації.

Перша вимога розміщення технологій виробництва полягає в тому, що Smart Grid повинна бути здатна застосовувати будь-які технології виробництва, включаючи нові розсіяні генератори, а також пристрої зберігання. Ця вимога має технічну складову: наприклад, щоб гарантувати, що ці нові пристрої не створюють скупчення або дисбаланс між попитом і пропозицією, а також створити нормативно-економічні умови для розміщення цих пристроїв приватних економічних агентів.

Друга вимога перспективи якісної енергетики починається з спостереження, що не всі споживачі мають однакову потребу з точки зору якості поставок: потреби житлових клієнтів не обов'язково збігаються з потребами окремих промислових процесів. Smart Grid могли б доповнити пропозицію стандартного рівня якості новими і більш точними методами контролю якості, наприклад, при діагностиці і обходу резонансу напруги.

Третя вимога до технічних та експлуатаційних характеристик – Smart Grid повинні дозволяти оптимізувати використання засобів (ліній, трансформаторів та ін.), Використовуючи нові концепції, які все ще потрібно винаходити, щоб спробувати управляти мережею по максимуму.

Таким чином, Smart Grid можуть складатися, з одного боку, з нових експлуатаційних засобів, що дозволяють, наприклад, варіювати витрати і виробничі потужності для

задоволення мережевих обмежень, а з іншого боку - нові технічні рішення, що дозволяють спостерігати за мережею за допомогою датчиків, телекомунікацій та інструменти обробки інформації, щоб поліпшити розуміння стану мережі і тим самим забезпечити більш точний контроль над новими експлуатаційними засобами, згаданими вище. При роботі з сіткою виникає питання про можливість вибору і активації найбільш ефективного засобу з найменшими витратами в залежності від поточної ситуації. Більш того, задовго до етапу експлуатації ці кошти повинні бути змодельовані і враховані на етапі планування мережі, тобто у виборі для проектування мережі і, можливо, нових робочих засобів, або, іншими словами, в інвестиційних рішеннях в цілому. Наприклад, можна припустити, що Smart Grid вимагає певних капіталовкладень, але дозволяє уникнути іншого, затримуючи необхідність зміцнення мережі. Крім того, рекомендується розробити так звані «прогностичні» методи обслуговування, щоб краще розуміти явища старіння обладнання, щоб ідеально їх замінити «незадовго до пробою», щоб максимізувати використання обладнання, що мінімізує появу резонансів.

Четверта вимога - це безпека системи – Smart Grid повинна бути інфраструктурою, здатної протистояти різним несправностям навколишнього середовища. Передбачені несправності можуть бути незначними, наприклад, місцеве КЗ, яке мережа повинна бути здатна усувати без втручання людини і гарантувати швидке відновлення обслуговування; або основні, такі як узагальнені відключення, щодо яких повинен бути підготовлений план захисту і реконструкція мережі після інциденту. Тому Smart Grid, повинна бути захищена від цих різних типів уразливості [12].

1.2 Система РЗА

1.2.1 Цифрові пристрої РЗА

Сучасні цифрові пристрої РЗА поєднують в рамках єдиного комплексу функції релейного захисту, вимірювання, регулювання та управління електроустановкою. Цифрові пристрої РЗА відрізняються за різним функціональним призначенням:

- захист і автоматика фідера 6-35 kV;
- захист і автоматика фідера з диференціальним захистом 6-35 kV;
- захист і автоматика трансформатора до 110 kV;
- захист і автоматика лінії і обхідного вимикача 35 і 110 kV;
- захист і автоматика шин 35 kV і 110 kV.

1.2.2 Удосконалення системи релейного захисту

Розвиток технологій передачі і розподілу електричної енергії, вдосконалення силового обладнання, розвиток комунікаційних технологій ведуть до необхідності створення нових принципів побудови РЗА на основі широкого застосування адаптивних програмно-апаратних комплексів.

Розвиток РЗА має враховувати зміни, що відбуваються в електроенергетиці:

- розвиток генерації малої і середньої потужності і підключення цих джерел в мережу;
- впровадження технологій Smart Grid, передбачають врахування інтересів всіх сторін (генерація, передача і розподіл електроенергії, споживач), включаючи можливість участі споживача у виробленні електроенергії та управлінні її споживанням;
- поява пристроїв, що працюють безпосередньо поблизу від основного обладнання, в т.ч. під потенціалом робочої напруги;
- впровадження нового керованого силового обладнання в активно-адаптивну мережу;
- впровадження цифрових ПС (ЦПС) з урахуванням розвитку цифрової обробки даних і технологій зв'язку.
- Перераховані вище тренди в електроенергетиці ставлять перед РЗА наступні завдання:
- збереження і поліпшення показників надійності в умовах зміни елементної бази та архітектури;
- автоматизація проведення технічного обслуговування, виконання розрахунків уставок і вибору параметрів налаштувань;
- перерозподіл функцій в службах РЗА: можливість централізованого дистанційного вирішення складних завдань і мінімізація робіт на енергооб'єктах, що вимагають високої кваліфікації персоналу;
- використання можливостей МП РЗА для систем телеметрії і телесигналізації;
- забезпечення інформаційної безпеки, в тому числі в умовах двостороннього інформаційного обміну та впровадження дистанційного моніторингу та управління РЗА.

Впровадження технологій Smart Grid вимагає зміни підходу до організації РЗА і ставить такі завдання:

- створення централізованих захистів на базі високопродуктивних обчислювальних систем;

- перерозподіл функцій РЗА між терміналами, при цьому з'являється гнучка можливість по перенесенню функцій РЗА між рівними пристроями;
- створення захистів на основі нових адаптивних алгоритмів РЗА, здатних до обробки більшого обсягу інформації, яка захищається на енергооб'єкті;
- створення алгоритмів захистів на основі використання синхронних векторних вимірювань.

Розвиток РЗА розподільних мереж має передбачати рішення (На основі сформованих вимог) наступних завдань:

- адаптація і вдосконалення відомих алгоритмів з урахуванням специфіки розподільних мереж, що містять електростанції малої і середньої потужності;
- розробка нових алгоритмів, що володіють адаптивними властивостями і побудованих, в тому числі з використанням можливостей сучасних комунікаційних технологій (цифрових каналів зв'язку, інформації від систем моніторингу перехідних процесів).

1.2.3 Вимоги до сучасних пристроїв РЗА і порядку їх застосування

Для забезпечення енергетичної безпеки країни технічна політика в області РЗА повинна базуватися на застосуванні МП з такими експлуатаційними характеристиками:

- пристрій повинен бути блочно-модульного виконання для можливості модернізації і ремонту персоналом експлуатуючої організації з отриманням технічної підтримки від виробників;
- пристрій повинен мати засоби самодіагностики з можливістю виявлення несправного блоку;
- в пристрої має бути передбачений набір елементів вільно програмованої логіки, використовуваної, в тому числі, для реалізації додаткових логічних функцій;
- в пристрої має бути завантажена бібліотека ФБ, яка розроблена згідно стандартів ІЕС-61850 [13] та ІЕС-61499 [14];
- пристрій повинен мати оптичні та (або) електричні інтерфейси;
- застосовувані пристрої повинні мати здатність інтеграції в АСУ ТП з використанням стандартних протоколів;
- повинна бути передбачена можливість зміни уставок і конфігурації пристрою з використанням віддаленого доступу;

- інтерфейс «людина-машина» пристрою повинен бути ергономічним, інформативним і інтуїтивно зрозумілим;
- пристрій повинен забезпечувати можливість оптимальної інтеграції функцій в одному терміналі;
- поєднання функцій РЗ і ПА (протиаварійної автоматики) в одному пристрої допустимо тільки при відповідному обґрунтуванні;
- реалізація в одному пристрої РЗА декількох приєднань вимагає позитивних результатів дослідно-промислової експлуатації;
- пристрій повинен бути укомплектований керівництвом по експлуатації, методичними вказівками щодо розрахунку уставок і вибору параметрів настроювання, а також методичними вказівками з технічного обслуговування, паспортами на пристрій і компоненти в складі шафи, ліцензійним програмним забезпеченням для проведення налагодження і технічного обслуговування, комплектом з'єднувальних кабелів для зв'язку з персональним комп'ютером і приладами.

Удосконалення пристроїв РЗА має передбачати створення терміналів, які не потребують періодичного обслуговування за рахунок підвищення якості самодіагностики і організації дистанційного моніторингу стану і якості роботи РЗА.

1.3 Функціональне призначення ФБ та їх місце в системі РЗА

1.3.1 Структурна схема і основні керуючі компоненти РЗА

Структурні схеми застосовуються для зображення загальної структури пристроїв РЗА без виділення окремих реле та інших апаратів. Вони зображуються не за допомогою умовних позначень, а в вигляді цілих вузлів або ФБ, або керуючих компонентів пристрою і взаємних зв'язків між ними. ФБ і зв'язку між органами зображуються прямокутниками, в які поміщаються написи і умовні індекси, що пояснюють функціональне призначення даного ФБ або керуючого компоненту. Прикладом структурної схеми може бути схема, яка зображена на рис. 1.2.

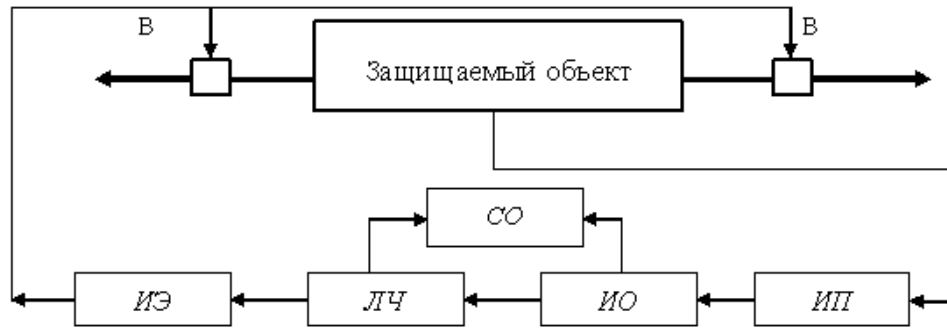


Рисунок 1.2 – Структурна схема РЗА [15]

Релейний захист для виконання функцій, відповідних її призначенням, складається, як правило, з вимірювальних (пускових) компонентів і логічної частини.

Вимірювальні (пускові) компоненти безпосередньо і безперервно контролюють стан і режим роботи обладнання, яке підлягає і реагують на виникнення короткого замикання (КЗ) або порушення нормального режиму роботи.

Логічна частина являє собою схему, яка запускається вимірювальними (пусковими) компонентами і формує команди на відключення вимикачів миттєво або з витримкою часу, запускає інші пристрої, подає сигнали і виробляє інші передбачені алгоритмом захисту дії. Будь-яку схему релейного захисту можна уявити у вигляді функціональної схеми, наведеної на рис. 1.2.

Інформація про стан об'єкта, що захищається (зазвичай в якості контрольованих параметрів виступає струм і напруга) надходить на вхід вимірювального органу (ВО) від вимірювальних перетворювачів (ВП), в якості яких зазвичай застосовуються трансформатори струму і напруги.

Вимірювальні органи безперервно контролюють стан і режим роботи об'єкта, що захищається (ВО включають в себе реле струму, напруги, потужності, опору, частоти).

Логічний орган захисту ЛО (логічна частина) обробляє відомості, що надійшли від вимірювального органу і формує керуючий вплив через виконавчі елементи (ВЕ) на комутаційну апаратуру (вимикачі В), звукову та світлову сигналізацію. (Логічна частина складається в основному з реле часу і проміжних реле).

Сигнальний орган (СО) фіксує спрацювання захисту в цілому або її окремих елементів. (Сигнальний орган зазвичай виконується за допомогою вказівних реле) [15].

1.3.2 Визначення ФБ і бібліотеки ФБ

Функціональні блоки - це зумовлені програми (або функції), що містяться в одному програмному елементі, який може використовуватися в релейного діаграмі. Для запуску функції потрібен контактний елемент, але входи і виходи доступні для редагування за допомогою параметрів, використовуваних в релейного схемою. Функції можуть бути повторно використані як один і той же елемент (та ж сама пам'ять) або як новий елемент з призначеної йому власною пам'яттю [16].

Smart FB Library (Інтелектуальна бібліотека ФБ) - це набір елементів ФБ, які покращують взаємодію між модулями ПЛК OMRON і компонентами FA (Регулятор температури, інтелектуальний датчик, ID датчик, датчик зору і тощо). Якщо ця бібліотека використовується, немає необхідності створювати сходову програму для використання основних функцій компонента і компонента FA. Це дозволяє користувачеві скоротити час, що витрачається на виконання попереднього завдання, наприклад, визначити, як використовувати функції пристрою.

Бібліотека ФБ являє собою набір прикладів ФБ, які спрямовані на поліпшення підключення блоків ПЛК та компонентів FA, виготовлених компанією OMRON [16]. Перелік переваг, які можна отримати від використання бібліотеки:

(1) Немає необхідності створювати схеми трапів за допомогою основних функцій блоків ПЛК та компонентів FA. Більше часу можна витратити на спеціальні програми для зовнішніх пристроїв, а не створювати базові схеми, оскільки вони вже доступні.

(2) Простий у використанні, програма функціонування досягається завантаженням файлу ФБ для виконання цільової функціональності, потім введенням екземпляра (виклик виклику ФБ) до програми діаграм тракту і встановлення адрес (параметрів) для входів і виходів.

(3) Тестування роботи програми є непотрібним. OMRON перевіряв бібліотеку ФБ. Налаштування програм для роботи компонентів пристрою та FA для ПЛК для користувача не потрібне.

(4) Легко зрозумілий, ФБ має чітко виражену назву для свого тіла та екземплярів. До процесу можна застосувати фіксоване ім'я. Екземпляр (оператор виклику ФБ) має вхідні та вихідні параметри. Оскільки тимчасове реле та дані обробки не відображаються, значення входів і виходів є більш помітними. Крім того, оскільки модифікація параметрів локалізована, то легше контролювати під час налаштування та інше. Оскільки внутрішня обробка ФБ не відображається, коли екземпляр використовується в діаграмі трапів, програма діаграми сходової схеми виглядає простіше для кінцевого користувача.

(5) Розширюваність в майбутньому OMRON не змінить інтерфейс між діаграмою сходів і ФБ.

1.3.3 Склад ImPR1 та функції СПЗ

ImPR1 представляють собою багатофункціональні пристрої, що поєднують різні функції захисту, автоматики, контролю, місцевого та дистанційного керування. ImPR1 призначені для використання на електростанціях (теплових, атомних і ін.), Підстанціях і розподільних мережах всіх класів напруги (від 6 до 750 kV). ImPR1 відповідає вимогам серій стандартів IEC-60255 (IEC-60255-1, IEC-60255-26, IEC-60255-27) и IEC 61850 (IEC/TR 61850-1, IEC 61850-8-1, IEC 61850-9-2).

До складу ImPR1 входять:

- модуль центрального процесора ImPR1_CPUM;
- модуль вводу аналогових сигналів ImPR1_AIM;
- модуль вводу аналогових і формування дискретних сигналів ImPR1_AIDOM;
- модуль введення дискретних сигналів ImPR1_DIM;
- модуль формування дискретних сигналів ImPR1_DOM;
- модуль введення та формування дискретних сигналів ImPR1_DIDOM;
- панель індикації і управління ImPR1_HMIU.

ImPR1_CPUM здійснює основні функції ImPR1 по обробці інформації, що надходить від пристроїв зв'язку з об'єктом (ПЗО), а також управління місцевого інтерфейсу «людина-машина» (ЛІМ).

СПЗ виконується в середовищі операційної системи реального часу Linux-RT в модулі центрального процесора (ImPR1_CPUM) в рамках технології SMARC, орієнтовані на використання модуля SMARC-T4378 фірми Embedian, що базується на процесорі Sitara AM4378 з одним ядром Cortex-A9 виробництва Texas Instruments.

Модуль SMARC-T4378 має наступні характеристики:

- процесор Texas Instruments AM4378 ARM Cortex-A9 (1 GHz);
- оперативна пам'ять 1 GB DDR3L, шина даних 32-біта;
- незалежна пам'ять 4 GB eMMC Flash і 4 MB SPI NOR Flash;
- мережа Ethernet 2 порти 10/100/1000 Mbps;
- порт дисплея 24-біта Parallel LCD (максимум 24-біта 1400 × 1050 @ 60);
- порти розширення 2 x SDHC / SDIO, 1 x USB 2.0 Host;
- USB інтерфейс 1 порт USB 2.0 Host, 1 x USB 2.0 OTG.

СПЗ забезпечує виконання таких функцій:

- функції під час запуску (сброс, початкове завантаження, початкова самодіагностика ImPR1_CPUM);
- обмін інформацією з зовнішніми абонентами по каналах зв'язку Ethernet;
- періодичний обмін з каналами введення аналогових сигналів (модулі ImPR1_AIM, ImPR1_AIDOM), введення дискретних сигналів (модулі ImPR1_DIM, ImPR1_DIDOM) і виведення дискретних сигналів (модулі ImPR1_AIDOM, ImPR1_DOM, ImPR1_DIDOM) при запитах їх поточного стану та результатів самодіагностики, при формуванні дискретних сигналів;
- функції ведення часу:
- циклічного запуску прикладних програм з періодом, заданим при конфігуруванні, і виконання заданої логіки захистів, контролю та управління за допомогою, зазначеної в прикладних програмах, послідовностей викликів ФБ;
- функції захисту;
- функції автоматики;
- функції контролю ланцюгів;
- функції логіки;
- функції стандартних логічних блоків;
- функції місцевого ЛІМ;
- функції вимірювання;
- контролю і захисту від несанкціонованого доступу до ImPR1;
- реєстрації подій;
- осцилографування аварійних процесів;
- обробки команд з ImPR1_HMIU;
- виведення даних на дисплей ImPR1_HMIU;
- виведення індикації на світлодіодні панелі ImPR1_HMIU;
- безперервного контролю працездатності технічних і програмних засобів ImPR1 в процесі функціонування засобами фонові діагностики.

Налаштування СПЗ на необхідний варіант роботи виконується за даними прикладної конфігурації, що завантажується в ImPR1 за допомогою інструментального програмного забезпечення (ІПЗ).

Прикладна програма являє собою набір, в якому послідовно викликаються ФБ. Запуск прикладної програми повинен виконуватися циклічно з періодом, заданим в прикладній конфігурації часом циклу.

СПЗ підтримує роботу ImPR1 в декількох режимах:

- режим «РАБОТА» – основний режим функціонування ImPR1;
- режим «ТЕСТ» – сервісний режим функціонування ImPR1, призначений для тестування (перевірки) апаратних або програмних модулів (функцій захисту);
- режим «БЛОКИРОВКА» – допоміжний режим функціонування ImPR1, призначений для конфігурації пристрою або для переключення в безпечний стан при відмові;
- режим «КОНФИГУСТ» – допоміжний режим функціонування ImPR1, призначений для зміни уставок.

1.4 Постановка завдання

Актуальність розробки бібліотеки функціональних блоків полягає в тому, що вона буде використовуватись в усіх різновидах (за типом захисту) пристроїв релейного захисту ImPR1.

З виконаного аналізу видно, щоб розробити ФБ, а також бібліотеку ФБ на рівні «Smart Grid», потрібно проаналізувати стандарти IEC-61850 і IEC-61499, тому що саме ці стандарти використовуються для архітектур Smart Grid та Microgrid. Наступним кроком буде аналіз існуючих методів розробки ФБ і бібліотеки ФБ, що дозволить сформулювати вимоги та напрям для даної розробки. Завдяки досить великій бібліотеці ФБ, скорочуються час і засоби при розробці прикладної програми. Також, спрощується обслуговування АСУ ТП за рахунок знайомства зі стандартною структурою прикладної програми і принципами її роботи.

В ПрАТ "СНВО "Імпульс" поставлена задача розробити ФБ і бібліотеку ФБ згідно з міжнародними стандартами IEC-61850 та IEC-61499. Для цього у магістерській роботі необхідно виконати наступні кроки:

- виконати аналіз стандартів IEC-61850 і IEC-61499;
- виконати аналіз існуючих методів проектування ФБ та розробки бібліотеки ФБ системи РЗА;
- розробити вимоги до проектування ФБ;
- розробити концепцію реалізації алгоритмів ФБ;
- розробити вимоги до бібліотеки ФБ;
- розробити бібліотеку ФБ.

Реалізація алгоритмів ФБ повинно бути виконано у вигляді бібліотеки ФБ. Алгоритми ФБ повинні бути написані на мові С.

1.5 Висновки до першого розділу

Важливим елементом в дослідженні є розробка бібліотека ФБ, тому що її застосування дозволяє зробити систему управління Smart Grid більш гнучкою і сучасною.

Проаналізовано вимоги функціональних характеристик Smart Grid і Microgrid та їх особливості архітектури побудови локальних електротехнічних систем в рамках концепції Smart Grid. Досліджено особливості оцінки впливу джерел розосередженої генерації на процеси в локальних електротехнічних системах.

Розглянуто цифрові пристрої РЗА та наведені рекомендації до удосконаленню систем РЗА і вимоги до сучасних пристроїв РЗА. Було визначено функціональне призначення ФБ і бібліотеки ФБ в системі РЗА. Наведено визначення ФБ та бібліотеки ФБ, а також представлено склад ImPR1 і функції СПЗ для якого розробляються ФБ.

Згідно з вищевикладеним виникла необхідність у розробленні ФБ та бібліотеки ФБ, тому було поставлено завдання на проектування ФБ і розробки бібліотеки ФБ.

Такі вимоги стали основою концепції та комплексу перетворень системи енергозабезпечення з переходом до розвитку інтелектуальних енергосистем Smart Grid.

РОЗДІЛ 2 АРХІТЕКТУРА ФУНКЦІОНАЛЬНИХ БЛОКІВ

Виділяється два стандарти, які найбільш легко задовольняють вимогам і дизайну пристроїв для розподіленої взаємодії. Впровадження системного інженерного підходу, який полегшує проектування розподілених систем управління – промислові стандарти ІЕС-61850 і ІЕС-61499.

В даний час існує декілька дослідних робіт, які включають ІЕС-61850 і ІЕС-61499 з запропонованої архітектурою і середовищем спільного виконання. У роботах [17] [18] пропонується інтелектуальна архітектура логічного вузла, яка представляє кожен логічний вузол ІЕС-61850, як ІЕС-61499 ФБ.

Відповідно до поставлених завдань в пункті 1.4, необхідно виконати:

- огляд міжнародних стандартів ІЕС-61499 і ІЕС-61850;
- аналіз існуючих методів розробки ФБ;
- розробку вимог до проектування ФБ;
- розробку концепції реалізації алгоритмів ФБ;
- розробку вимог до бібліотеки ФБ.

2.1 Огляд стандарту ІЕС-61499

Стандарт ІЕС-61499 визначає відкриту архітектуру для розподіленого управління і автоматизації, представлену у вигляді реалізованих еталонних моделей, текстового синтаксису та графічному вигляді. Програмним блоком ІЕС-61499 є ФБ, з яких можуть бути побудовані складні програми управління. Стандарт визначає три типи ФБ: базові, композиційні та сервісні ФБ. Базові ФБ виконують елементарні функції управління, такі як зчитування датчика або встановити свій статус приводу шляхом виконання різних інкапсульованих алгоритмів відповідно за діаграмою управління виконанням (ЕСС). Функціональність композиційних ФБ (КФБ) визначається мережею взаємозв'язаних ФБ всередині. Сервісні ФБ служать для абстрагування певних функцій апаратної платформи, дозволяючи розробнику зосередитися на логіці управління.

Додатки управління побудовані (згідно ІЕС-61499), як мережі ФБ, які можуть бути розподілені на декілька пристроїв. Модель пристрою ІЕС-61499 містить один або кілька ресурсів, на які можуть бути відображені частини мережі ФБ для виконання (рисунки 2.1-2.4).

У цій частині стандарту ІЕС 61499 визначається загальна архітектура і представлені керівні вказівки по використанню ФБ в розподілених системах виміру і управління виробничими процесами ІРМCS (Industrial-Process Measurement and Control Systems). Ця архітектура представлена у вигляді реалізованих еталонних моделей, текстового синтаксису та графічному вигляді. Ці моделі, уявлення і синтаксис можуть бути використані для:

- специфікація і стандартизація типів ФБ;
- функціональна специфікація і стандартизація елементів системи;
- незалежна від реалізації специфікація, аналіз і перевірка розподілених ІРМCS;
- конфігурація, впровадження, експлуатація та обслуговування розподілених ІРМCS;
- обмін інформацією між програмними засобами для виконання вищевказаних функцій.

Мета цього стандарту є надання еталонних моделей для використання ФБ в інших стандартах, що стосуються підтримки життєвого циклу системи, включаючи планування, проектування, реалізацію, перевірку, експлуатацію та обслуговування системи. Моделі, наведені в цьому стандарті, призначені для того, щоб бути загальними, незалежними від області і розширюваними для визначення і використання ФБ в інших стандартах або для конкретних додатків або областей застосування [14].

Стандарт ІЕС-61499 дозволяє реалізувати ієрархічну модель - безліч пристроїв з'єднані між собою за допомогою певної мережі. Додатки ж розподіляються по пристроям, в цьому суть розподілених систем управління стандарту ІЕС-61499. Виходячи з ієрархічної моделі, роль пристрою виконує контролер або будь-яке інше залізо з процесором, пам'яттю і можливістю приєднання до загальної мережі. У ролі мережевий шини стандартом ІЕС-61499-1 передбачається використання протоколів Profibus, DeviceNet, Industrial Ethernet.

Згідно [14], ресурсом вважається «ФБ, що міститься в пристрої, який має незалежне управління його роботою. Він може бути створений, параметризований, запущений, вилучений, не зачіпаючи інші ресурси в пристрої».

2.1.1 Модель системи ІРМCS, пристрою, ресурсів та додатку

Додаток містить в собі кілька циклів управління. Згідно з ІЕС-6149 допускається варіант, що кожна операція, будь-то зчитування датчиків, обробка даних, перетворення виконувалося на різних пристроях. Все це стає просто здійснимо завдяки ієрархічній моделі (система-пристрій-ресурс-додаток-фб), яку вводить ІЕС-61499.

Ієрархічна модель розподіленої системи управління стандарту ІЕС-61499 включає в себе наступні елементи:

- система (system) - набір спеціальних пристроїв включаючи мережу, що дозволяє їх взаємодію;
- ресурс (resource) - одиниця, що забезпечує сервіси та інтерфейси для додатків;
- додаток (application) - програмна одиниця, яка вирішує проблеми в мережах управління;
- пристрій (device) - фізична одиниця з конкретним набором функцій.

Для цілей ІЕС 61499 система ІРМС (рис. 2.1) моделюється, як сукупність пристроїв, з'єднаних між собою і здійснюють зв'язок один з одним за допомогою мережі зв'язку, що складається з сегментів і ліній зв'язку. Пристрої підключені до сегментів мережі по посилянню.

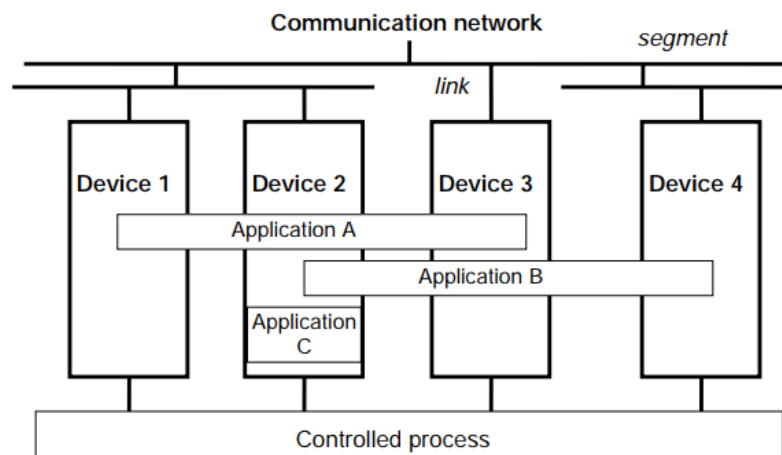


Рисунок 2.1 – Модель системи ІРМС [14]

Функція, виконувана ІРМС, моделюється як додаток, яка може перебувати в одному пристрої, такому, як додаток С на рис. 2.1, або може бути розподілена між кількома пристроями, такими, як додатки А і В на рис. 2.1. Наприклад, програма може складатися з одного або декількох контурів керування, в яких вибірка вхідних даних виконується на одному пристрої, обробка керування виконується в іншому, а вихідна конверсія - у третій.

Комунікаційні канали (рис. 2.2) можуть бути пов'язані безпосередньо з пристроєм або з екземпляром певного типу ресурсу (ресурсу зв'язку), до якого з частин розподіленої програми може бути або не може бути віднесено залежно від типу ресурсу.

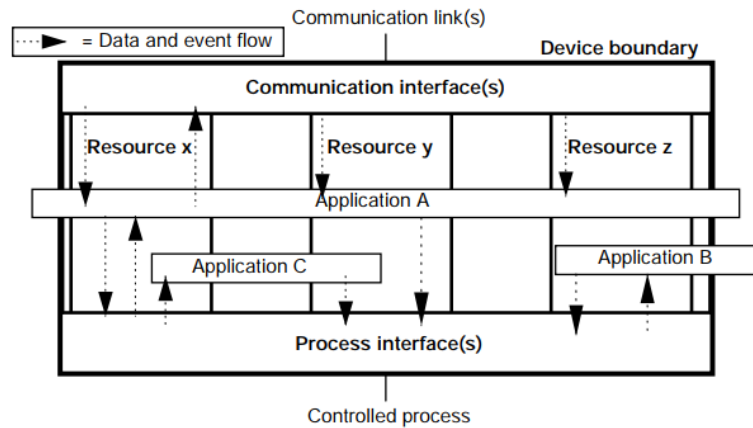


Рисунок 2.2 – Модель пристрою [14]

Як показано на рис. 2.2, пристрій має містити принаймні один інтерфейс, тобто інтерфейс обробки або інтерфейс зв'язку, і може містити нуль або більше ресурсів. "Інтерфейс процесу" забезпечує відображення між фізичним процесом (аналогові виміри, дискретний вхід/вихід тощо) та ресурси. Інформація, якою обмінюється фізичний процес, представлена ресурсу як дані або події, або обидва.

Інтерфейси зв'язку забезпечують відображення між ресурсами та інформацією, що обмінюється через мережу зв'язку. Послуги, що надаються інтерфейсами зв'язку, можуть включати:

- представлення переданої інформації ресурсу, як дані або події або обидва;
- додаткові послуги, що підтримують програмування, конфігурування, діагностику.

Для цілей стандарту IEC 61499 ресурс вважається функціональною одиницею, яка має незалежний контроль над його функціонуванням, що міститься в пристрою. Ресурс може бути створений, налаштован, параметризований, запущений, вилучений та ін., не впливаючи на інші ресурси. Функції ресурсу – приймати дані та/або події з процесу та/або інтерфейсів зв'язку, обробляти дані та/або події та повертати дані та/або події до процесу та/або інтерфейсів зв'язку, як зазначено в програмі, що використовують ресурс. Як показано на рисунку 2.3, ресурс моделюється наступним чином. Один або кілька "локальних програм" (або локальних частин розподілених програм). Змінні та події, що обробляються в цій частині, полягають у вводі та виводі змінних та подій на вхідних події та події виходу функціональних блоків, які виконують операції, необхідні для застосування.

Частина "відображення процесу", функція якої полягає у виконанні відображення даних та подій між додатками та інтерфейсами процесу.

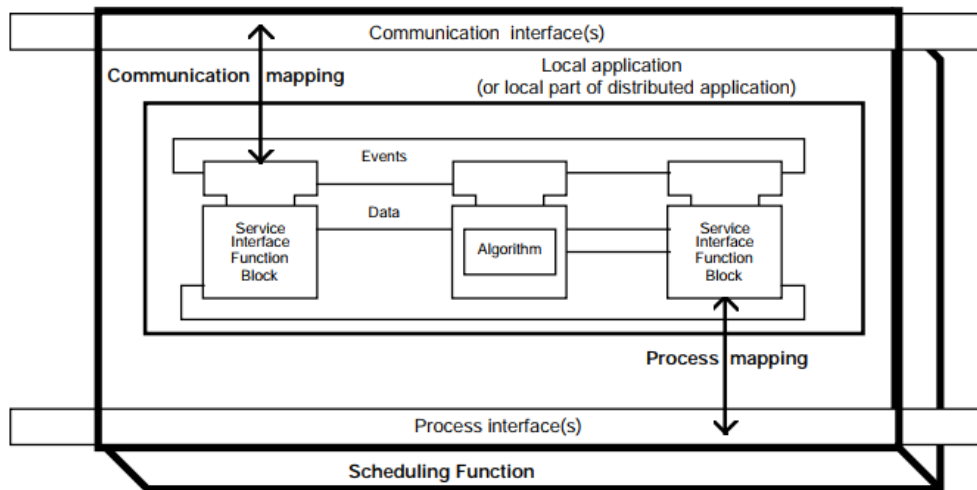


Рисунок 2.3 – Модель ресурсів [14]

Як показано на рис. 2.3, це відображення може бути моделюється функціональними блоками сервісного інтерфейсу, спеціалізованими для цієї мети. "Відображення зв'язку", частина, функція якої полягає у виконанні відображення даних і подій між додатками та інтерфейсами зв'язку. Як показано на рисунку 2.3, це відображення може бути моделюється функціональними блоками сервісного інтерфейсу, спеціалізованими для цієї мети. Функція планування, яка впливає на виконання та передачу даних між функціональними блоками в програмах відповідно до вимог часу та послідовності, визначених:

- виникнення подій;
- фб взаємозв'язків;
- планування інформації, таких як періоди та пріоритети.

Програма складається з мережі функціонального блоку, вузли якої є ФБ або підзадачами та їх параметрами, а відділеннями яких є з'єднання даних та з'єднання подій.

Підзадачі – це випадки типів застосування, як додатки, складаються з мереж ФБ. Таким чином, імена додатків, підзапису та імена елементів ФБ можуть бути використані для створення ієрархії ідентифікаторів, які можуть однозначно ідентифікувати кожний приклад ФБ у системі. Додаток може бути розподілений між кількома ресурсами на тих самих або різних пристроях. Ресурс використовує причинні зв'язки, визначені додатком для визначення доцільних відповідей на події, які можуть виникнути через інтерфейси зв'язку та обробки, або від інших функцій ресурсу. Ці відповіді можуть включати:

- планування та виконання алгоритмів;
- модифікація змінних;
- генерація додаткових подій;
- взаємодія з комунікаційними та технологічними інтерфейсами.

Додатки визначаються мережами ФБ, що визначають подію та потік даних між додатками ФБ або застосування, як це показано на рисунку 2.4.

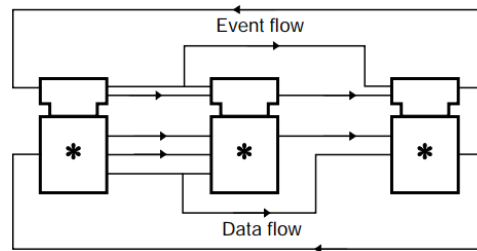


Рисунок 2.4 – Модель додатку [14]

Потік подій визначає планування та виконання пов'язаним ресурсом операцій, визначених алгоритмами (алгоритмами) кожного ФБ. Стандарти, компоненти та системи, що відповідають цьому стандарту, можуть використовувати альтернативні способи планування виконання. Такі альтернативні засоби повинні точно визначатися, використовуючи елементи, визначені в цьому стандарті.

2.1.2 Модель і характеристика екземплярів ФБ

Екземпляр ФБ – це функціональна одиниця програмного забезпечення, що складається з індивідуальної іменованої копії структури даних, яка визначається типом ФБ, який зберігається при одночасному виклику ФБ на інший.

Елемент ФБ демонструє такі характеристики, як показано на рисунку 2.5:

- ім'я його типу та ім'я екземпляра;
- набір входів подій, кожен з яких може отримувати події з події, яке може впливати на виконання одного або декількох алгоритмів;
- набір виходів подій, кожен з яких може видавати події для підключеної події залежно від виконання алгоритмів або з деякими іншими функціональними можливостями ресурсу, в якому розташований ФБ;
- набір входів даних, який може бути зіставлений з відповідними вхідними змінними;
- набір вихідних даних, які можуть бути віднесені до відповідних вихідних змінних;
- внутрішні дані, які можуть бути віднесені до набору внутрішніх змінних;
- функціональні характеристики, які визначаються шляхом об'єднання внутрішніх даних або інформації про стан або обидва з набором алгоритмів, функціональних

можливостей пов'язаного ресурсу або обох. Ці функціональні характеристики визначені у специфікації типу ФБ.

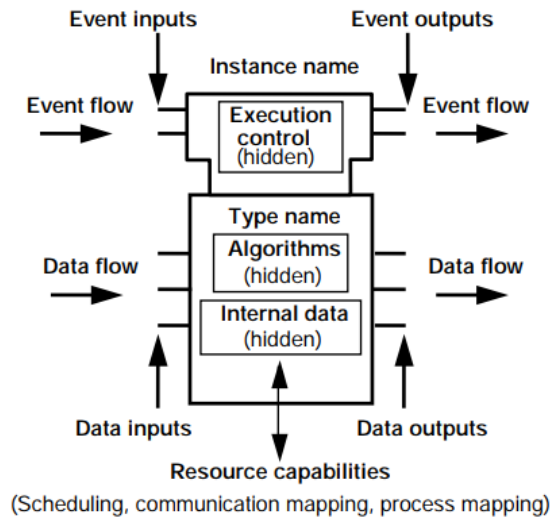


Рисунок 2.5 – Характеристика функціональних блоків [14]

Алгоритми, що містяться в межах ФБ, принципово невидимі ззовні ФБ, за винятком того, що формально або неформально описано постачальником ФБ. Крім того, ФБ може містити внутрішні змінні або інформацію про стан, або обидва, що зберігаються між викликами алгоритмів ФБ, але не доступними через з'єднання потоку даних ззовні ФБ. Доступ до внутрішніх змінних та інформації про стан об'єктів ФБ може бути забезпечений додатковими функціональними можливостями відповідного ресурсу.

Тип ФБ – елемент програмного забезпечення, який визначає характеристики всіх екземплярів типу, у тому числі:

- назва його типу;
- номер, імена, назви типів та порядок входів подій та виходів подій;
- номер, імена, тип даних і порядок вводу, виводу та внутрішніх змінних.

Крім того, специфікація типу ФБ визначає функціональність екземплярів типу. Ця функціональність може бути виражена наступним чином:

- основні типи ФБ для специфікації алгоритмів, які працюють на значеннях вхідних змінних, вихідних змінних та внутрішніх змінних для створення нових значень вихідних змінних та внутрішніх змінних. Асоціації між викликом алгоритмів та появою подій на входах і виходах події виражаються в термінах контрольної діаграми виконання (ЕСС), використовуючи механізми декларування;

- функціональні можливості екземпляра типу композитного ФБ або типу запису оголошуються за допомогою механізмів, відповідно, у термінах підключень даних та подій підключення між його ФБ компонентів або застосуваннями, а також введенням та виведенням події та даних складної функції блок або застосування;
- функціональність екземпляру типу ФБ службового інтерфейсу описується відображенням службових примітивів на вхідні події, виведення подій, введення даних та виведення даних за допомогою механізмів декларування;
- інші засоби, такі як текст природного тексту, можуть бути використані для опису функціональності типу ФБ; однак специфікація таких засобів виходить за рамки цього стандарту.

Як показано на рисунку 2.6, виконання алгоритмів для основних ФБ викликається контрольної частиною виконання елемента ФБ у відповідь на події на вході події. Після завершення виконання алгоритму, керування виконанням генерує нуль або більше подій на виході події, якщо це доречно [14].

Події на входах подій забезпечуються шляхом підключення до подій виходів інших екземплярів ФБ або одного і того ж екземпляра ФБ. Події на подібних виходах можуть бути сформовані керуванням виконанням, як описано вище, або " картування зв'язку", " картування процесу", " планування" або інша функціональна спроможність ресурсу.

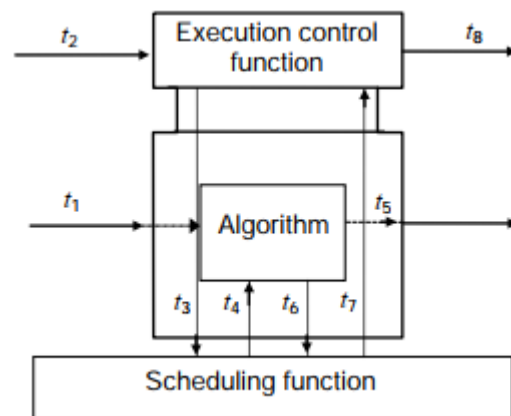


Рисунок 2.6 – Модель виконання [14]

На рисунку 2.6 зображено порядок виконання подій та виконання алгоритму для випадку, коли асоціюється окремий вхід події, єдиний алгоритм та окремий випуск події. Відповідні часи на цій діаграмі визначаються наступним чином:

- t_1 : доступні відповідні вхідні значення змінної;
- t_2 : відбувається подія на вході події;

- t_3 : функція керування виконанням повідомляє функцію планування ресурсів для запланованого алгоритму виконання;
- t_4 : розпочинається виконання алгоритму;
- t_5 : алгоритм завершує встановлення значень для вихідних змінних, пов'язаних з виходом події;
- t_6 : функція планування ресурсів повідомляється, що виконання алгоритму закінчилося;
- t_7 : функція планування викликає функцію керування виконанням;
- t_8 : функція керування виконанням сигналізує про подію на виході події.

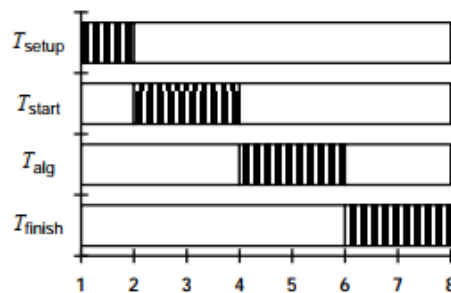


Рисунок 2.7 – Час виконання [14]

Як показано на рис. 2.7, значні часові затримки у цьому випадку, які представляють інтерес для дизайну додатків, є:

- $T_{\text{setup}} = t_2 - t_1$;
- $T_{\text{start}} = t_4 - t_2$ (час від події при введенні події до початку виконання алгоритму);
- $T_{\text{alg}} = t_6 - t_4$ (час виконання алгоритму);
- $T_{\text{finish}} = t_8 - t_6$ (час від закінчення виконання алгоритму до події на виході події).

2.1.3 Моделі розподілу, управління та моделі операційного стану

Як показано на рис.2.8 додаток може бути розподілен, виділяючи його об'єкти ФБ на різні ресурси на одному або декількох пристроях. Оскільки внутрішні деталі ФБ приховані від будь-якої програми або запису, використовуючи її, ФБ повинен утворювати атомний блок розподілу. Тобто всі елементи, що містяться в певному прикладі ФБ, містяться в одному і тому ж ресурсі.

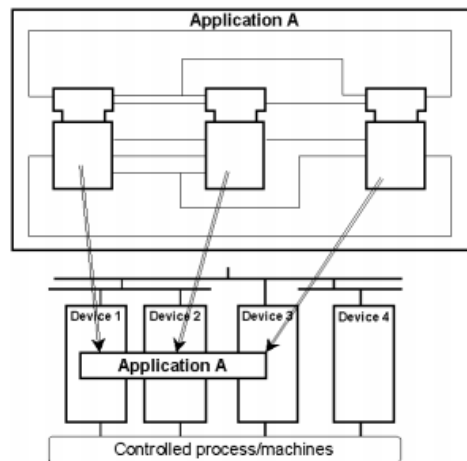


Рисунок 2.8 – Модель розподілу [14]

Функціональний зв'язок між ФБ додатка або застосування не повинна впливати на її розподіл. Проте, на відміну від додатків обмежених лише одним ресурсом, терміни та надійність функцій зв'язку впливають на терміни та надійність розподіленої програми або застосування. Наступні положення застосовуються, коли додатки розподіляються між кількома ресурсами:

- вимоги до послуг зв'язку для підтримки розповсюдження додатків або задач між кількома пристроями;
- вимоги до випадку, коли кілька додатків або задач розподіляються між кількома ресурсами та пристроями.

На рисунках 2.9 і 2.10 наведено схематичне представлення керування ресурсами та пристроями.

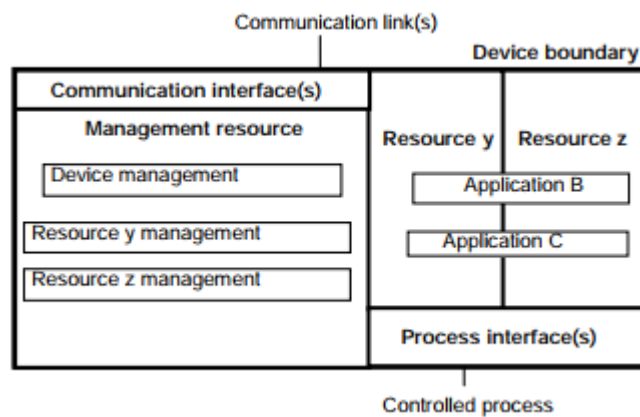


Рисунок 2.9 – Спільна модель управління [14]

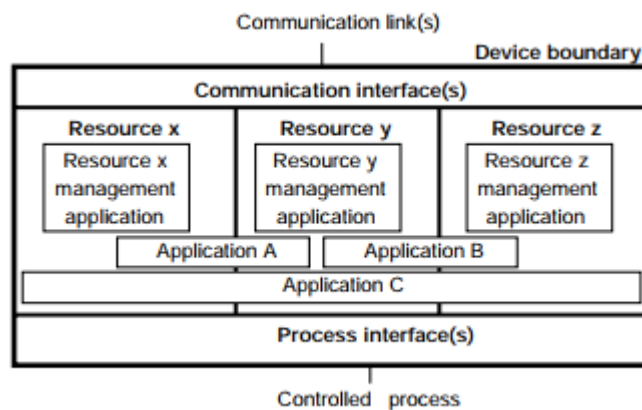


Рисунок 2.10 – Розподілена модель управління [14]

На рис. 2.9 ілюструється ситуація, в якій ресурс управління надає спільні можливості для управління іншими ресурсами всередині пристрою, тоді як на рис. 2.10 ілюструється розподіл управлінських послуг між ресурсами всередині пристрою. Прикладні програми для управління можуть бути модельовані з використанням ФБ інтерфейсу служби, що залежать від виконання, та ФБ зв'язку.

Будь-яка дана система повинна бути розроблена, введена в експлуатацію. Це моделюється за допомогою концепції системи "життєвий цикл". У свою чергу, система складається з декількох ФБ, таких як пристрої, ресурси та програми, кожен з яких має свій життєвий цикл.

Можливо, для підтримки функціональних підрозділів на кожному етапі життєвого циклу необхідно буде виконувати різні дії. Щоб охарактеризувати, яку дію можна виконати,

і зберегти цілісність функціональних одиниць, слід визначити "операційні стани", наприклад, OPERATIONAL, CONFIGURABLE, LOADED, STOPPED та ін.

Кожен операційний стан функціонального підрозділу визначає, які дії дозволено разом із очікуваною поведінкою. Система може бути організована таким чином, що певні функціональні одиниці можуть мати або набувати право змінювати операційні стани інших функціональних одиниць.

Прикладами використання операційних станів є:

- функціональна одиниця у стані RUNNING, тобто у виконанні, може не мати змоги отримати дію завантаження;
- розподіленій функціональній одиниці може знадобитися підтримка послідовного експлуатаційного стану по його компонентах та розробка стратегії поширення змін через операційне стан.

На рисунках 2.11-2.13 представлено засоби для специфікації типу трьох видів блоків:

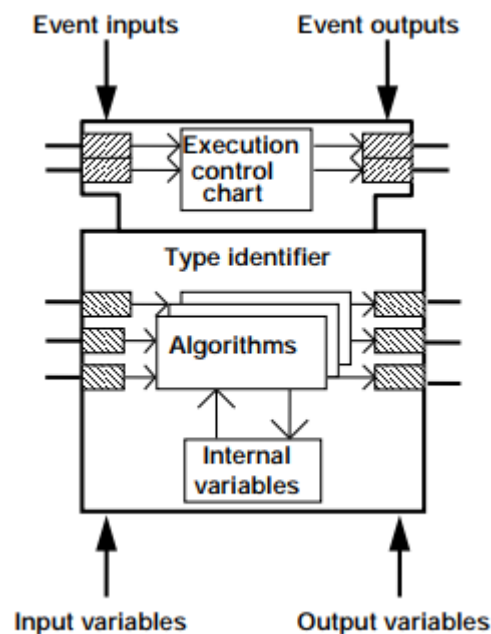


Рисунок 2.11 – Базовий ФБ [14]

На рисунку 2.11 показано засоби для специфікації та визначення поведінки екземплярів базових типів ФБ. У цьому типі ФБ керування виконанням визначається контрольною схемою виконання ECC (Execution Control Chart), а виконані алгоритми, оголошуються як зазначено у відповідних стандартах, як визначено в IEC-61499-4 [19].

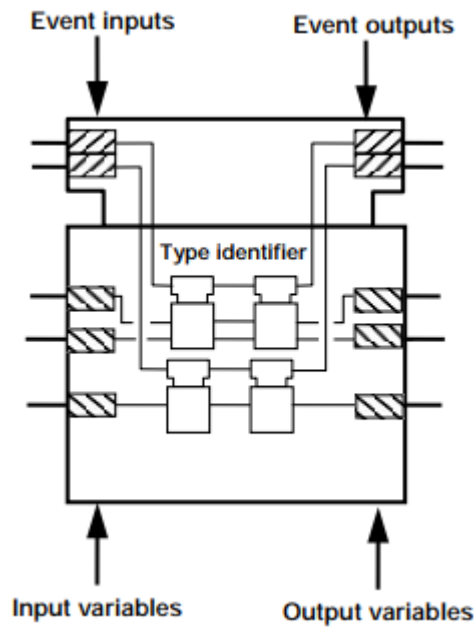


Рисунок 2.12 – Композиційні ФБ [14]

На рис. 2.12 показано засоби для вказування типів композиційних ФБ. У цьому типі ФБ алгоритми та їх керування виконанням визначаються шляхом підключення подій і даних в одній або декількох мережах ФБ.

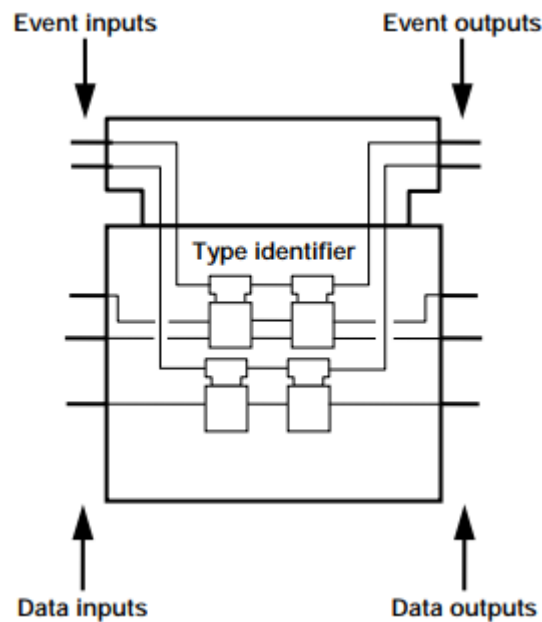


Рисунок 2.13 – Під-додатки ФБ [14]

На рис. 2.13 показано засоби для визначення типів під-додатків. У цьому блоці алгоритми та їх керування виконанням визначаються як для композиційних типів ФБ, так і з конкретною властивістю, що ФБ компонентів задачі можуть бути розподілені між

кількома ресурсами. Задачі можуть бути вкладеними, так що тіло додаткового подання може також містити під-додаткові компоненти.

Інтерфейси адаптера можуть бути використані для забезпечення компактного представлення певного набору потоків подій та даних. Як показано на рис. 2.14, тип інтерфейсу адаптера забезпечує засіб для визначення підмножини (адаптера штекера) входів та виходів ФБ постачальника, який може бути вставлений у відповідну підмножину відповідних виходів та входів (адаптер роз'ємів) акцепторного ФБ.

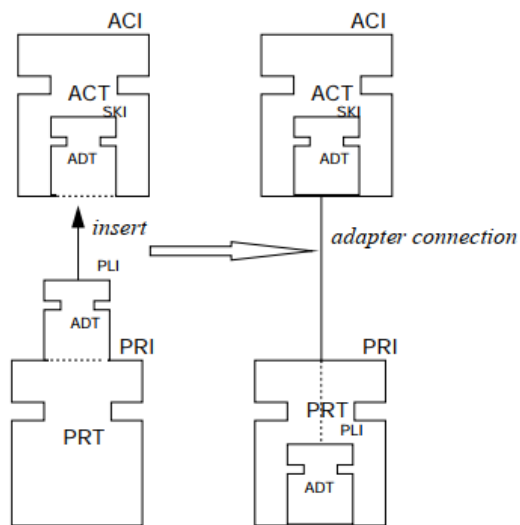


Рисунок 2.14 – Інтерфейси адаптера – концептуальна модель [14]

Ключі:

PRT – тип провайдера

PRI – екземпляр постачальника

ACT – тип приймача

ACI – екземпляр приймача

ADT – тип адаптера

PLI – екземпляр штекера

SKI – екземпляр сокета

Таким чином, інтерфейс адаптера представляє шляхи подій та даних, за допомогою яких постачальник надає сервіс акцептору або навпаки, залежно від шаблонів взаємодії провайдера/акцептора, які можуть бути представлені послідовностями службових примітивів.

Правила для конфігурування систем вимірювання та контролю промислових процесів (IPMCS) згідно з наступною моделлю:

— IPMCS складається з взаємопов'язаних пристроїв;

- пристрій – це екземпляр відповідного типу пристрою;
- функціональні можливості пристрою типу описані з точки зору пов'язаних з ним ресурсів;
- ресурс – це екземпляр відповідного типу ресурсу;
- функціональні можливості типу ресурсу описуються в термінах типів ФБ, які можуть бути у вигляді екземплярів, а також конкретні екземпляри ФБ, що існують у всіх випадках типу ресурсу.

Таким чином, конфігурація IPMCS складається з конфігурації пов'язаних з ним пристроїв та програм, включаючи виділення екземплярів ФБ в кожній програмі на ресурси, пов'язані з пристроями. Визначено наступні набори правил для підтримки цього процесу:

- правила для функціональної специфікації типів ресурсів та пристроїв;
- правила щодо конфігурації IPMCS з точки зору пов'язаних з ними пристроїв та програм.

Функціональна специфікація типу ресурсу включає в себе:

- назва типу ресурсу;
- ім'я екземпляра, тип даних та ініціалізація кожного з параметрів ресурсу;
- оголошення типів даних і типів ФБ, які кожен екземпляр типу ресурсу здатний створювати екземпляри;
- імена, типи та початкові значення екземплярів будь-яких екземплярів ФБ, які завжди присутні в кожному екземплярі типу ресурсу;
- будь-які з'єднання даних, з'єднання адаптерів і з'єднання подій, які завжди присутні в кожному екземплярі типу ресурсу.

Функціональна специфікація типу пристрою включає:

- назву типу пристрою;
- ім'я екземпляра, тип даних та ініціалізація кожного з параметрів пристрою;
- ім'я екземпляра, ім'я типу та ініціалізація кожного екземпляру ФБ, який завжди присутній у кожному екземплярі типу пристрою;
- будь-які з'єднання даних, з'єднання адаптерів і з'єднання подій, які завжди присутні в кожному екземплярі типу пристрою;
- декларації екземплярів ресурсів, які присутні в кожному екземплярі типу пристрою.

Кожна така декларація повинна містити:

- ім'я екземпляру ресурсу та ім'я типу;
- ім'я екземпляра, ім'я типу та ініціалізація кожного екземпляра ФБ, який завжди присутній в екземплярі ресурсу у кожному екземплярі типу пристрою;

— будь-які з'єднання даних, з'єднання адаптерів і з'єднання подій, які завжди присутні в екземплярі ресурсу у кожному екземплярі типу пристрою.

Функціональна специфікація типу сегмента включає:

- назва типу сегмента;
- ім'я екземпляра, тип даних та ініціалізація кожного з сегментних параметрів.

Вимоги до конфігурації систем, додатків, пристроїв та ресурсів стандарту ІЕС-61499. Конфігурація системи включає в себе:

- назва системи;
- специфікація кожної заявки в системі;
- конфігурацію кожного пристрою та пов'язаних з ним ресурсів;
- конфігурацію кожного мережевого сегменту та пов'язані з ним посилання на пристрої або ресурси.

Специфікація заявки складається з:

- його найменування у вигляді ідентифікатора;
- ім'я екземпляра, ім'я типу, дані з'єднання, події з'єднання та адаптер
- з'єднання кожного ФБ та застосування в додатку.

Це повинно бути помилкою, якщо назва програми не є унікальною в рамках системи.

Конфігурація пристрою складається з:

- ім'я екземпляра та ім'я типу пристрою;
- конфігураційні значення для параметрів пристрою;
- типи ресурсів, що підтримуються екземпляром пристрою, крім тих, що вказані для типу пристрою;
- ім'я екземпляра та ім'я типу кожного екземпляра ФБ, присутні в екземплярі пристрою, крім тих, що визначені для типу пристрою;
- будь-які з'єднання даних, з'єднання адаптерів і з'єднання подій, присутні в екземплярі пристрою, крім тих, що визначені для типу пристрою;
- типи ресурсів, що підтримуються екземпляром пристрою, крім тих, що вказані для типу пристрою;
- конфігурацію кожного з ресурсів у пристрої.

Вони складаються з будь-яких екземплярів ресурсів, визначених у специфікації типу пристрою, а також будь-яких додаткових ресурсів, пов'язаних із конкретним прикладом пристрою.

Це буде помилкою, якщо ім'я екземпляра кожного пристрою не є унікальним у межах системи. Конфігурація ресурсу складається з:

- його назва екземпляра та ім'я типу;
- типи даних і типи ФБ, що підтримуються екземпляром ресурсу;
- ім'я екземпляра, ім'я типу та ініціалізація кожного екземпляра ФБ, присутні в екземплярі ресурсу;
- будь-які з'єднання даних, з'єднання подій та з'єднання адаптерів, присутні в екземплярі ресурсу.

Конфігурація мережевого сегмента складається з:

- ім'я екземпляра та назву типу сегмента;
- конфігураційні значення для параметрів сегмента мережі.

Конфігурація посилання складається з:

- ім'я пристрою або ієрархічне ім'я ресурсу зв'язку у пристрої, а також назва сегмента мережі, до якого підключено пристрій або ресурс;
- специфічні значення для параметрів посилання.

Висновок: стандарт ІЕС-61499 описує парадигму управління, на основі якої будується вся система управління. В якості одиниці управління виступають ФБ. ІЕС-61499 є еталонною архітектурою для розробки розподілених системи автоматизації управління і впроваджує програмні компоненти, звані функціональними блоками для розподілених систем автоматизації. Отже, необхідно взяти за основу розглянуту архітектуру ІЕС-61499.

2.2 Огляд стандарту ІЕС-61850

ІЕС-61850 є відносно новим стандартом (2004), призначеним для поліпшення зв'язку між пристроями автоматизації на підстанціях. На відміну від застарілих протоколів, орієнтованих на те, як байти передаються по проводах, в стандарті також розглядається внутрішня організація даних в пристроях, що сприяє кращій сумісності між ними і зниження витрат на настройку.

Стандарт приймає модельно-орієнтований підхід шляхом стандартизації моделей пристроїв, об'єктів і послуг. Пристрій фізичної автоматизації зазвичай визначається його мережевою адресою і містить одне або кілька логічних пристроїв. Кожен логічний пристрій містить один або кілька LN, які називаються угрупованням даних і асоційованими службами, логічно пов'язаними з деякою функцією енергосистеми (рис. 2.15). Різні типи логічних вузлів визначені, наприклад, для автоматичного управління, для вимірювань і вимірювань, для диспетчерського управління, захисту, розподільних пристроїв та ін.

Екземпляри логічних вузлів мають стандартизовані імена, що складаються з частини з чотирьох букв (наприклад, XCBR, для управління автоматичним вимикачем) і суфікса, що представляє ідентифікатор екземпляра. (Наприклад, XCBR1, XCBR2). Необов'язковий, специфічний для додатка префікс також може використовуватися як частина імені екземпляру LN. Кожен логічний вузол містить один або кілька елементів даних, імена і типи яких визначені стандартом. Кожен елемент даних в логічному вузлі відповідає специфікації загального класу даних (CDC), яка описує тип і структуру даних. Атрибути даних загальних класів даних фактично містять дані логічного вузла. Наприклад, логічний вузол типу XCBR включатиме в себе елемент даних з ім'ям Pos, що містить атрибут stVal, значення якого представляє положення автоматичного вимикача [20].

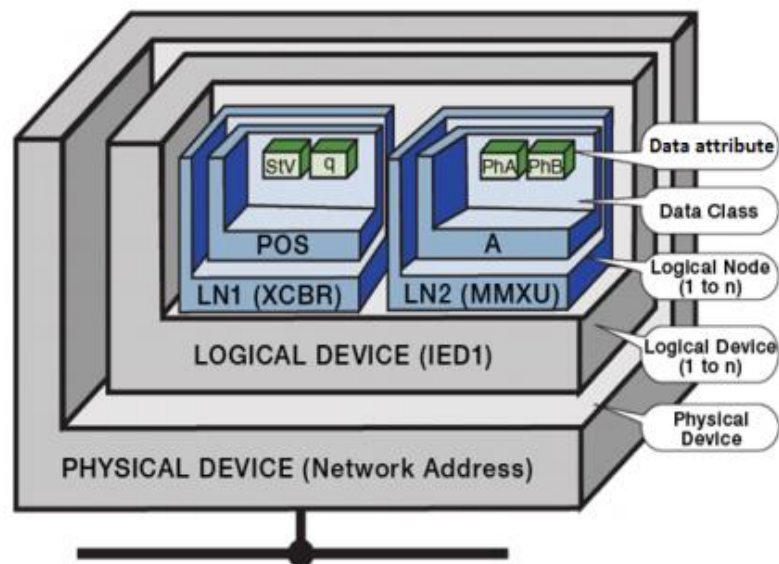


Рисунок 2.15 – Організація даних в IED згідно IEC-61850 [13]

Визначаються два типи зв'язку: один на основі механізму клієнт-сервер для читання і настройки даних на пристроях і одноранговий тип зв'язку для швидкого і надійного загальносистемного розподілу подій на основі механізму видавця-передплатника. Вибіркові виміряні значення також передаються через цей механізм видавець-передплатник.

Абстрактна модель пристрою і комунікаційні сервіси відображаються в певний стек протоколів зв'язку на основі MMS (Специфікація виробничого обміну повідомленнями – ISO 9506), TCP/IP і Ethernet [20].

Можливості пристрою IED можуть бути описані з використанням мови опису конфігурації підстанції на основі XML – SCL, який забезпечує обмін інформацією між інструментами розробки різних виробників.

Що стосується архітектури підстанції, то стандарт поміщає обладнання для моніторингу та управління на три рівні, а саме рівень процесу, відсіку і підстанції, як показано на рис. 2.16. Пристрої на рівні процесу призначені для збору інформації, такої як напруга, струм, і інформацію про стан від основного устаткування і передавати їх в цифровому вигляді на верхній рівень. Рівень приєднання включає в себе пристрої IED, на яких виконуються додатки для захисту і управління, а рівень підстанції призначений для додатків для моніторингу та управління всією підстанцією.

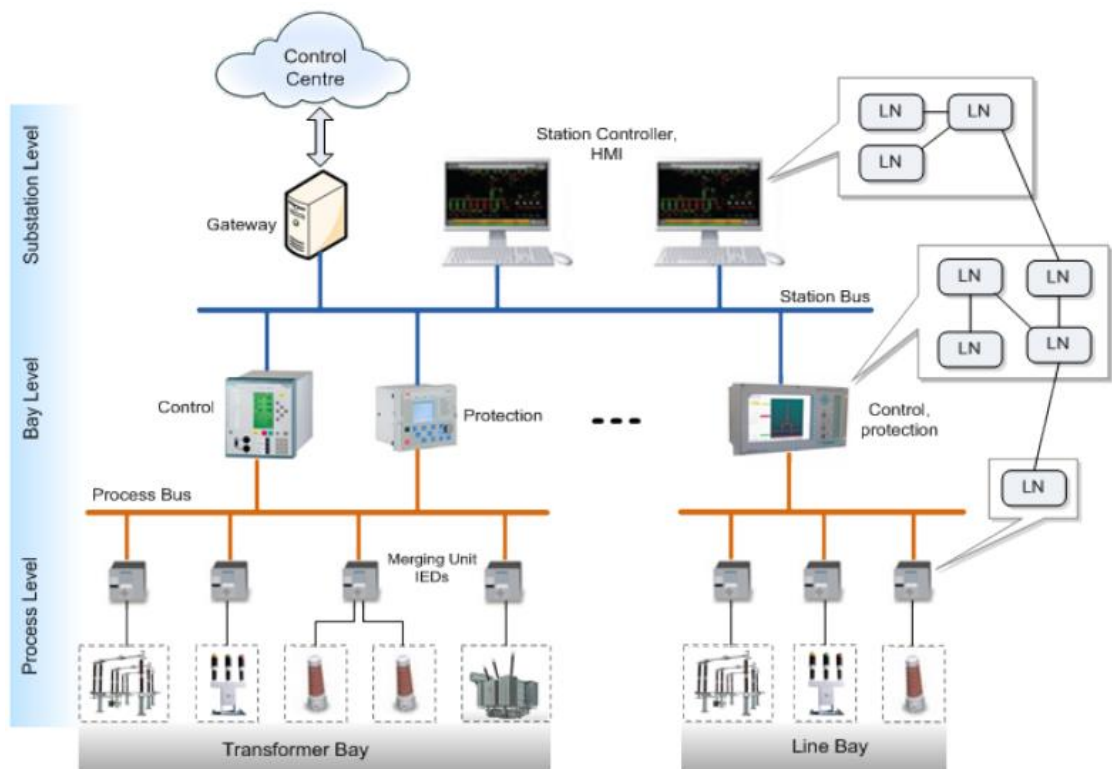


Рисунок 2.16 – Архітектура підстанції відповідно до стандарту ІЕС 61850 [20]

Висновок: ІЕС-61850 – це стандарт автоматизації підстанції, який вводить стандартизовані протоколи зв'язку і моделі даних в системи підстанцій для інтероперабельності зв'язку всередині підстанції. Зокрема, в ІЕС-61850 визначені компонентні моделі артефактів і системної інженерії, які засновані на використанні підходу зверху вниз, який дозволяє створювати і конструювати автоматизацію зв'язку підстанції розподіленим способом. В ІЕС-61850 стандарті існує кілька типів файлів SCL, але в даній роботі становить інтерес тільки тип файлу SCD. Файл SCD повністю описує конфігурацію ЦПС, включаючи пристрої, зв'язку між ними, а також визначає інформаційну модель як сукупність LN.

2.3 Існуюче рішення розробки ФБ та зв'язок між пристроями

Передача подій у вигляді повідомлень GOOSE (Події загальних підстанцій, орієнтованих на об'єкт) або вибіркових значень з використанням багатоадресної передачі може бути реалізована за допомогою ФБ спеціалізованого інтерфейсу обслуговування, передаючи дані через регулярні інтервали або за запитом MFB [19].

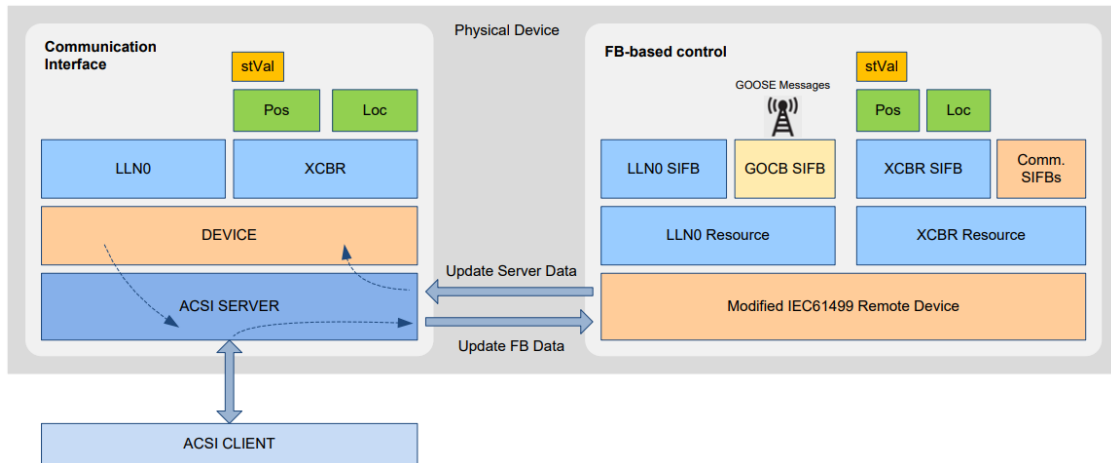


Рисунок 2.17 – Пропонована архітектура управління і зв'язку (приклад для пристрою автоматичного вимикача)) [20]

Сценарій захисту (показаний на рис. 2.18) включає передачу повідомлень GOOSE між декількома логічними вузлами IEC-61850 для відключення автоматичного вимикача і публікації його нового положення.

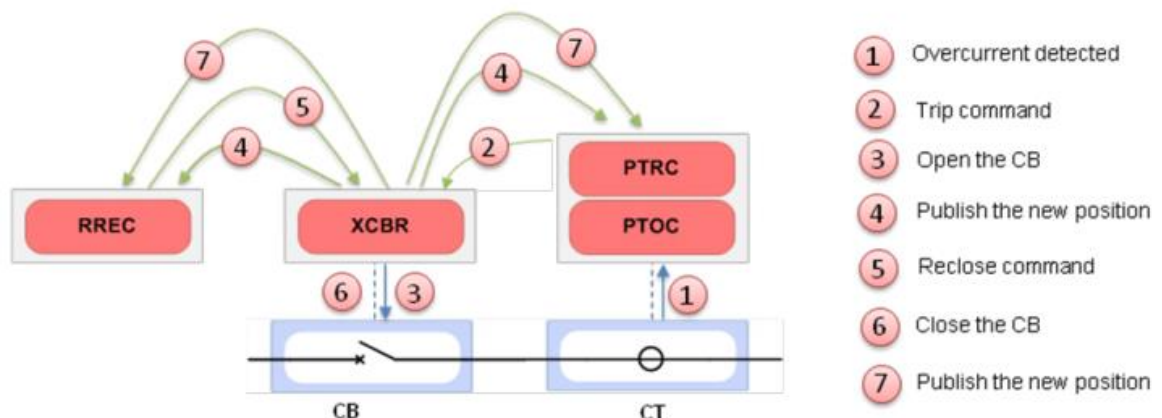


Рисунок 2.18 – Сценарій захисту від збоїв [20]

Значення, виміряні трансформатором струму (СТ), передаються на логічний вузол РТОС (захист від перевантаження по струму). При виявленні перевантаження по струму РТОС повідомляє про аномальний стан LN PTRC (умова захисного відключення), який

видає команду відключення (у формі повідомлення GOOSE) в LN XCBR. В результаті автоматичний вимикач розімкнений, і новий стан передається (також через повідомлення GOOSE) на логічні вузли PTRC і RREC (автоматичне повторне включення). Через короткий час RREC видає команду повторного включення в LN XCBR, що замикає автоматичний вимикач і публікує його новий статус. Якщо ненормальний стан триватиме, RREC блокується після трьох операцій, при цьому автоматичний вимикач залишається розімкненим.

Логіка управління була реалізована у вигляді системи IEC-61499 з п'ятьма пристроями, як показано на рис. 2.19. Чотири з п'яти пристроїв моделюють інтелектуальні електронні пристрої, що інкапсулює логіку управління, в той час як п'яте (DISPLAY) містить ФБ для моделювання обладнання енергосистеми.

ФБ, що моделюють логічні вузли, були вміщені в ресурси IEC-61499 з іменами, відповідними специфікаціям IEC-61850 для імен логічних вузлів. MFB логічних вузлів реалізовані у вигляді ФБ інтерфейсу служби і обмінюються даними з модельований силовим обладнанням та іншими логічними вузлами через ФБ типу публікації/підписки. Блок управління GOOSE був змодельований як сервісний ФБ, включений в ресурс логічного вузла LLN0.

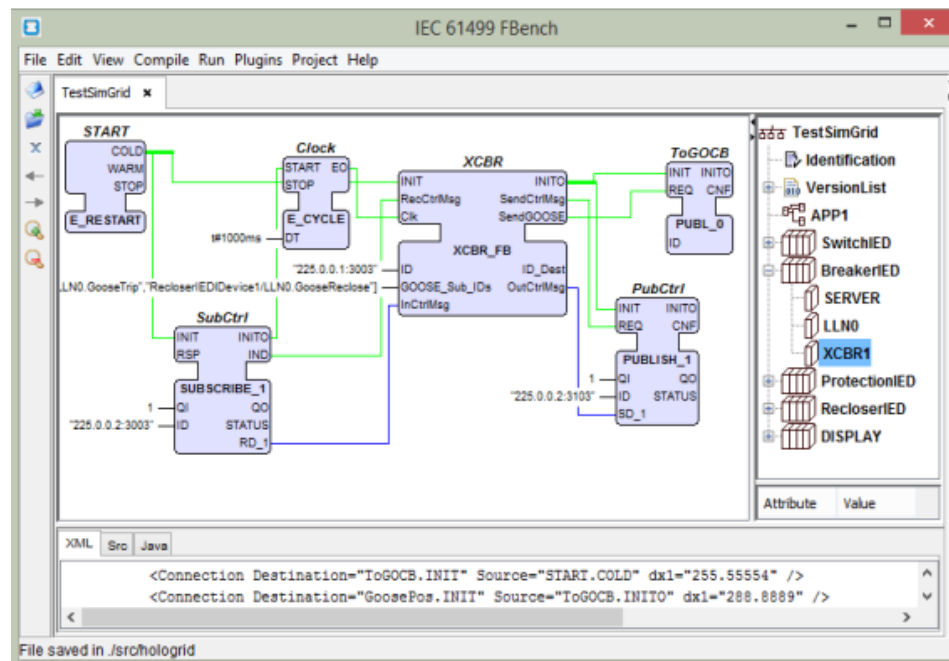


Рисунок 2.19 – Система IEC-61499, що реалізує логіку управління [20]

Кожен елемент енергосистеми моделюється через складений ФБ, включаючи сервісні ФБ для моделювання фізичної поведінки елемента і для зв'язку з логікою

управління. На рис. 2.20 представлена мережа ФБ, що моделюють фізичну систему, і вміст складеного ФБ, що імітує автоматичний вимикач.

У кожному пристрої був створений спеціальний ресурс (званий SERVER) для запуску сервера IEC-61850 для зовнішнього зв'язку. Дані, представлені сервером, визначаються через файл SCL, який повинен відповідати даним, реалізованим в логічних вузлах на основі ФБ. Сторонній клієнт IEC-61850 використовувався для перевірки синхронізації даних між серверної стороною і логікою управління на основі ФБ.

Для реалізації сервера IEC-61850 використовували бібліотеку з відкритим вихідним кодом Java, представлена в [21].

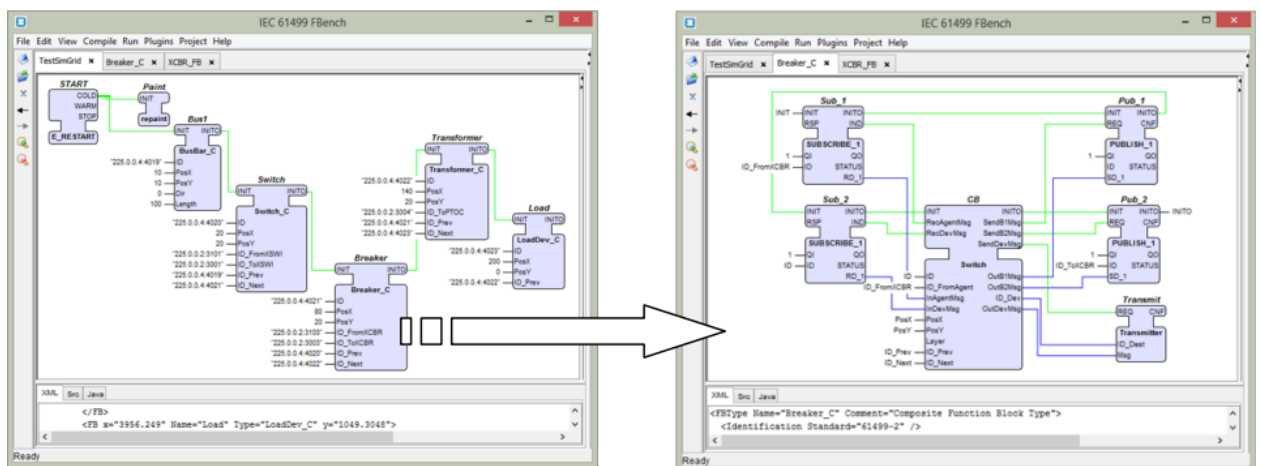


Рисунок 2.20 – Рішення для моделювання обладнання енергосистеми з ФБ IEC-61499 [20]

У стандарті IEC-61850 архітектура ЦПС описується з використанням спеціальної мови опису системної конфігурації SCL (System Configuration Language), представленого в форматі XML.

Висновок: Було розглянуто інформаційну модель ЦПС на основі стандарту IEC-61850, представлена у вигляді набору структурних схем. Відповідно до представлені моделі LN, що відповідає одному елементу розподіляється на IED на рівні робочої станції.

В якості вихідної моделі можна вибрати мову опису підстанції SCL, оскільки він є XML-орієнтованою мовою, що дозволяє при роботі з ним використовувати готові парсери. Дана мова описаний в стандарті IEC-61850.

2.4 Розробка вимог до ФБ

Пристрій ImPR1 повинен виконувати функції відповідно до пункту 1.3.3, тому необхідно розробити логічні, базові, композиційні та сервісні ФБ. Процес розробки ФБ повинен описуватись на основі аналізу діаграми управління ЕСС і включати наступні етапи:

- ініціалізація і виклик екземпляра для перевірки вхідної події;
- перевірка на появу події;
- виконання алгоритму ФБ;
- генерація вихідного події.

Для всіх ФБ в структурах визначаючих даних, необхідно розташовувати параметри за порядком зменшення розміру. Це допоможе зекономити пам'ять за рахунок вирівнювання типів у пам'яті.

2.4.1 Вимоги до логічних ФБ

Логічні ФБ (ЛФБ) повинні виконувати наступні функції:

- «OR» – логічне складання;
- «AND» – логічне множення;
- «INV» – інвертор;
- «TIMER» – таймер;
- «PULSETIMER» – імпульсний таймер;
- «GATE» – керований логічний елемент;
- «XOR» – логічна виключення АБО;
- «TIMERSET» – установлюваний таймер;
- «RS- TRIGGER» – RS-тригер;
- «SR- TRIGGER» – SR-тригер.

До логічних ФБ повинні входити наступні дані:

- вхідні і вихідні змінні;
- вхідні і вихідні події;
- уставки;
- алгоритм блоку.

Вхідні/вихідні дані ЛФБ повинні описуватись структурами, функції розрахунку алгоритму ЛФБ повинні описуватись відповідно до пункту 3.1.

2.4.2 Вимоги до базових ФБ

Базові ФБ відповідно до пункту 1.3.3 повинні виконувати наступні функції:

- логічні операції;
- вибір значень величин фаз А, В, С: струмів/напруг з кутовими характеристиками; комплексної форми струмів/напруг з кутовими характеристиками; струму і кута нульової послідовності або розрахункових значень величин струму й кута нульової послідовності;
- реле потужності, визначає розрахункові значень величин струму й кута нульової послідовності;
- контроль наявності КЗ, формує вихід наявності КЗ;
- управління логікою вихідних впливів;
- контроль ланцюгів струму/напруги;
- контроль за перевищення /зниження струму/напруги;
- вибір уставки по струму;
- блокування по току другої гармоніки;
- сигналізація перевищення величини уставки по струму I2;
- затримка часу на повернення I2 на заданий час;
- контроль струмів небалансу по перевищенню значення уставки;
- контроль щодо зниження нульового струму/напруги;
- розрахунок опору міжфазного КЗ;
- дистанційна захист з полігональною і круговою характеристикою;
- вибору виду розраховується потужності;
- індикація режиму пуску двигуна;
- лічильник спрацьовувань.

До базового ФБ (БФБ) повинні входити наступні данні:

- вхідні і вихідні змінні;
- вхідні і вихідні події;
- уставки;
- діаграму управління виконанням (ЕСС - Execution Control Chart);
- алгоритм блоку.

Діаграма управління виконанням ЕСС - це опис реакцій на зовнішні впливи, в якому задається, що саме потрібно зробити, якщо сталося конкретну подію.

Вхідні події ініціюють і керують виконанням функціонального блоку ІЕС61499. Крім зовнішніх (вхідних) подій вказується (при необхідності), які події будуть генеруватися при закінченні виконання функцій-обробників.

Алгоритм БФБ повинен бути представлений у вигляді функціонально-логічної схеми, де повинні бути зображені:

- зовнішні вхідні/вихідні сигнали;
- уставки;
- логічні блоки.

Вхідні/вихідні дані БФБ повинні описуватися структурою, функція розрахунку логіки БФБ повинна виконуватися вбудованою функцією `inline`.

2.4.3 Вимоги до композиційних ФБ

Композиційні ФБ (КФБ) – це набір із БФБ. Відповідно до пункту 1.3.3, КФБ повинні мати наступні групи захисту:

- струмові захисти;
- захист по напрузі;
- дистанційні захисти;
- автоматика;
- додаткові захисти;
- контроль ланцюгів.

До КФБ повинні входити наступні дані:

- вхідні і вихідні змінні;
- вхідні і вихідні події;
- уставки;
- діаграму управління виконанням (ЕСС - Execution Control Chart);
- БФБ;
- алгоритм блоку.

Алгоритм КФБ повинен бути представлений у вигляді функціонально-логічної схеми, де повинні бути зображені:

- зовнішні вхідні/вихідні сигнали;
- уставки;
- БФБ.

Вхідні/вихідні дані КФБ повинні описуватись структурами, функції розрахунку алгоритму КФБ повинні описуватись згідно пункту 3.1.

2.4.4 Вимоги до сервісних ФБ

Відповідно до пункту 1.3.3, сервісні ФБ (СФБ) повинні виконувати наступні функції:

- обробка сигналів аналогових входів;
- управління режимом роботи ImPR1;
- первинна обробка даних з/на ПЗО.

До СФБ повинні входити наступні дані:

- вхідні і вихідні змінні;
- вхідні і вихідні події;
- уставки;
- алгоритм блоку.

Алгоритм СФБ повинен бути представлений у вигляді функціонально-логічної схеми, де повинні бути зображені:

- зовнішні вхідні/вихідні сигнали;
- уставки.

Вхідні/вихідні дані СФБ повинні описуватись структурами, функції розрахунку алгоритму СФБ повинні описуватись згідно пункту 3.1.

2.5 Концепція реалізації алгоритмів ФБ

2.5.1 Типи алгоритмів ФБ

Алгоритми виконання ФБ відповідно до пункту 1.3.3, повинні мати певні типи:

- тип 1 – ФБ з контролем режиму ImPR1 (РАБОТА, ТЕСТ, КОНФИГУСТ, БЛОКУВАННЯ), з контролем достовірності вхідних сигналів, з контролем стану функція включена / відключена;
- тип 2 – ФБ з контролем режиму ImPR1 (КОНФИГУСТ), з контролем достовірності вхідних сигналів, з контролем стану функція включена / відключена;
- тип 3 – ФБ з контролем режиму ImPR1 (КОНФИГУСТ), з контролем достовірності вхідних сигналів;
- тип 4 – ФБ первинної обробки аналогових каналів ПЗО;
- тип 5 – ФБ первинної обробки дискретних каналів ПЗО.

У кожному з режимів роботи менеджер виклику ФБ повинен викликати на виконання розрахунків логіки ФБ. При роботі ImPR1 в режимі КОНФИГУСТ виконання менеджера ФБ повинне бути призупинено, на період зміни активних настроювальних параметрів ImPR1.

ФБ незалежно від типу, повинен описувати входи/виходи:

- технологічні входи, призначені для прийому сигналів, що беруть участь в розрахунку логіки ФБ для підключення сигналів від інших ФБ;
- системні входи для розрахунку логіки ФБ з урахуванням роботи ImPR1 або перевірки достовірності вхідних даних, або для підключення сигналів формуються іншими ФБ/програмами СПЗ при генерації прикладної конфігурації;
- технологічні виходи, призначені для видачі сигналів, що формуються логікою ФБ для підключення сигналів до інших ФБ;
- системні виходи, призначені для видачі сигналів, що формуються логікою ФБ, в залежності від функціонального призначення виходу можуть бути автоматично підключені до інших ФБ або для взаємодії з програмами СПЗ.

Залежно від типу ФБ повинен описуватися набором входів-виходів відповідно до таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Входи-виходи типів ФБ

Напрямок	Функц. тип	Опис	ФБ тип 1	ФБ тип 2	ФБ тип 3	ФБ тип 4	ФБ тип 5	ФБ тип 6
Вход	Сист.	Режим роботи ImPR1	+	+	+	-	-	+
Вход	Сист.	Розблокування при тестуванні	+	-	-	-	-	-
Вход	Сист.	Достовірність даних відповідного входу	+	+	+	-	-	+
Вход	Сист.	Груповий вхід з даними буфера кадру відповіді	-	-	-	+	+	-
Вход	Сист.	Час циклу виклику ФБ (ms)	+/-	+/-	+/-	-	-	-
Вход	Сист.	Сигнал від ін. ФБ/програми СПЗ	+/-	+/-	+/-	-	-	-
Вход	Техн.	Сигнал від ін. ФБ	+/-	+/-	+/-	-	-	+
Вход	Техн.	Груповий сигнал від ін. ФБ	+/-	+/-	+/-	-	-	-
Виход	Техн.	Сигнал для підключення до ін. ФБ	+/-	+/-	+/-	+	+	-
Виход	Сист.	Сигнал достовірності даних видаються ФБ/каналу, якому видається ФБ	+	+	+	+	+	-
Виход	Сист.	Груповий вихід в буфер кадру запиту	-	-	-	-	-	+
Виход	Сист.	Сигнал в ін. ФБ/програми СПЗ	+/-	+/-	+/-	-	-	-

2.6 Розробка вимог до бібліотеки ФБ

Бібліотека ФБ призначена для застосування в ImPR1 в модулі центрального процесора (ImPR1_CPUМ) та призначається для реалізації функцій ФБ.

Бібліотека ФБ повинна бути зібрана у вигляді динамічно-підвантажуваної бібліотеки libimprza.so за допомогою інструментальних засобів пакету Linaro GCC 4.9-2015.03.

Бібліотека ФБ повинна бути розроблена для застосування в ImPR1 з різним функціональним призначенням:

- захист і автоматика фідера 6-35 kV;
- захист і автоматика фідера з диференціальним захистом 6-35 kV;
- захист і автоматика трансформатора до 110 kV;
- захист і автоматика лінії і обхідного вимикача 35 і 110 kV;
- захист і автоматика шин 35 kV і 110 kV.

Бібліотека ФБ повинна забезпечувати виконання наступних функцій:

- захисту;
- автоматики;
- контролю ланцюгів;
- логіки;
- стандартних конфігуруються логічних блоків;
- місцевого ЛІМ;
- моніторингу;
- вимірювань;
- первинної обробки даних.

Налаштування ФБ на необхідний варіант застосування виконується за допомогою уставок заданих в конфігураційних файлах прикладного програмного забезпечення (ППЗ). Файли ППЗ формуються за допомогою системи автоматизованого проектування (САПР) інструментального програмного забезпечення (ІПЗ).

Бібліотека ФБ повинна забезпечувати виконання функцій, реалізованих у вигляді підпрограм, що представляють собою функціонально закінчені алгоритми з набором вхідних, вихідних і налаштовувальних параметрів – ФБ.

2.7 Висновки до другого розділу

Перевагою при створенні систем автоматизації на основі стандарту IEC-61499 і стандарту IEC-61850 – є декомпозиція складної системи на більш дрібні компоненти, що дозволяє організувати їх повторне використання, що збільшує функціональну сумісність між системами і зменшує складність всього проекту. Перевагами застосування IEC-61499 являється адаптивність під конкретні потреби, що дозволить інженерам або системним інтеграторам вирішити задачу самостійно.

Об'єктно-орієнтований підхід до програмування і проектування реалізований у вигляді окремих функціональних блоків. Ці блоки можуть інкапсулювати в собі поняття: контролер, технологічні об'єкти та ін. Концепція перспективна і в майбутньому вона набуде широкого поширення. Зараз все більша кількість постачальників обладнання впроваджує у свою продукцію функції "інтелекту".

На основі детального аналізу було вибрано функціонально-блоковий підхід до проектування, який дозволяє уявити функціонування розподіленої автоматизованої системи Smart Grid у вигляді взаємодії функціональних блоків незалежно від застосовуваних програмних і апаратних засобів, оновлювати виробництво шляхом зміни взаємодії функціональних блоків, синхронізувати потоки даних і подій в системі. З'являється можливість переходу від гнучкою до реконфігурованою виробничої системи. У таких системах замість зміни програм управління одиницями обладнання змінюють з'єднання функціональних блоків, взаємодіючих з потоками інформації в лінії зв'язку.

Згідно з проведеного аналізу, розроблені вимоги до ФБ та бібліотеки ФБ РЗА для цифрових підстанцій, яка відрізняється виділенням головного елемента захисту, відключення якого виводить з ладу всю систему, що дозволяє використовувати алгоритми досягнення консенсусу внаслідок чого система буде вкрай стійкою. Наведена концепція реалізації алгоритмів ФБ.

РОЗДІЛ 3 ПРОГРАМНА РЕАЛІЗАЦІЯ ФУНКЦІОНАЛЬНИХ БЛОКІВ

3.1 Розробка алгоритмів функцій ФБ

ФБ в бібліотеці ФБ описується двома функціями:

- функція розрахунку логіки ФБ - викликається при циклічному виконанні прикладної програми;
- функція ініціалізації ФБ - викликається при ініціалізації менеджера виклику ФБ.

Блок-схема алгоритму функції ініціалізації ФБ приведена на рисунку 3.1.



Рисунок 3.1 – Блок-схема алгоритму функції ініціалізації ФБ

У наведеній блок-схемі алгоритм функції ініціалізації ФБ виконується так: спочатку відбувається ініціалізація вказівників: локальних змінних, основних та групових налаштувань, потім ініціалізуються внутрішні змінні та вхідні змінні ФБ.

Блок-схема алгоритму функції розрахунку логіки ФБ типу 1 (з контролем режиму роботи ImPR1, з контролем достовірності, з контролем стану функції включена/відключена) приведена на рис. 3.2.

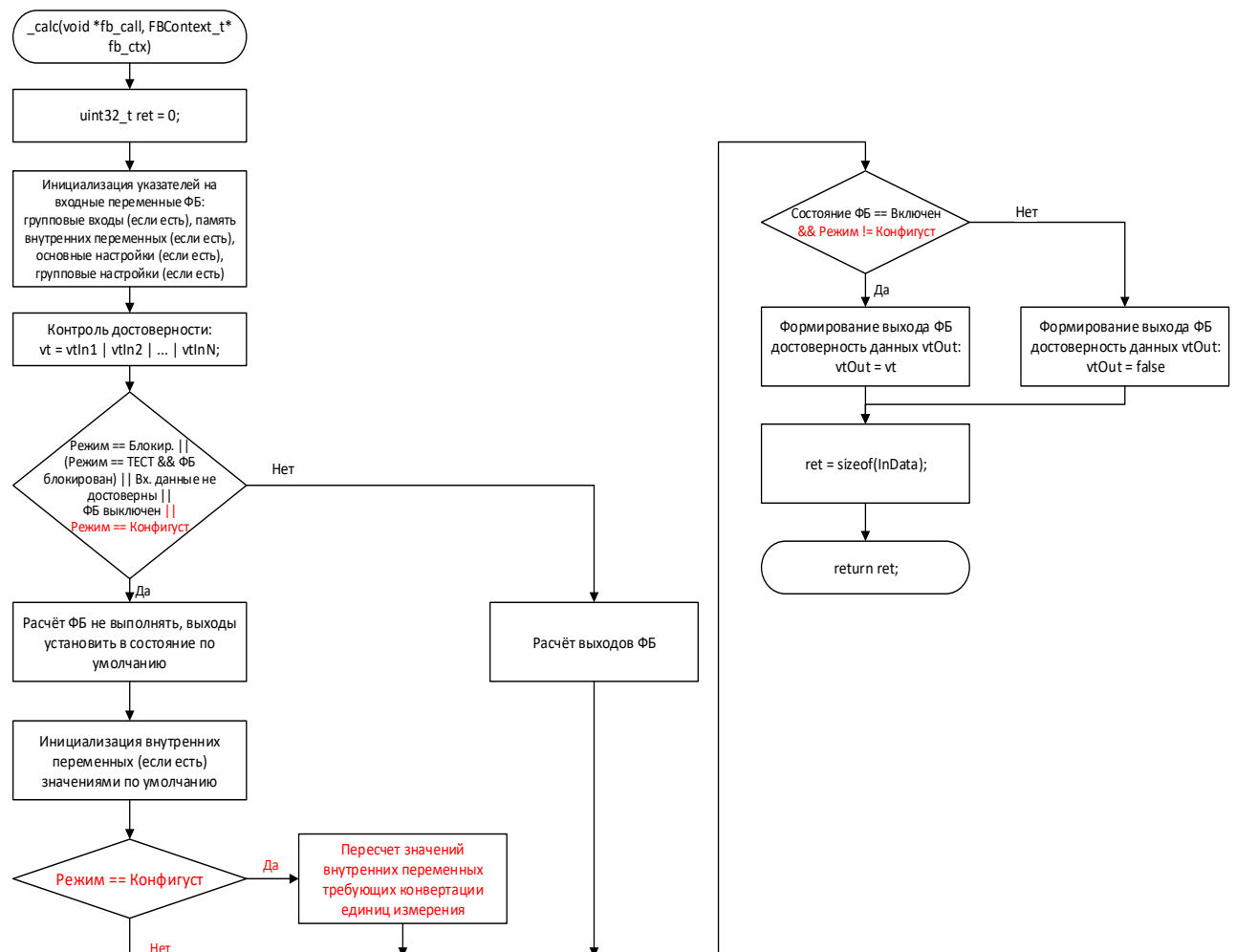


Рисунок 3.2 – Алгоритм функції розрахунку ФБ типу 1

Представлений алгоритм 1 типу функції розрахунку ФБ виконується наступним чином: спочатку виконується ініціалізація вказівників (вхідних, внутрішніх змінних ФБ, групових і основних налаштувань ФБ), потім формується ознака достовірності входів ФБ, та перевіряється умова виконання розрахунку ФБ. Розрахунок логіки ФБ може не виконуватися з наступних причин:

- не достовірні входи ФБ;
- встановлений режим «БЛОКИРОВКА» або «КОНФИГУСТ»;

— функція розрахунку логіки ФБ вимкнена.

Тому алгоритм логіки ФБ має кілька варіантів виконання: якщо одна із умов правдива, то розрахунок ФБ не виконується, виходи ФБ і внутрішні змінні встановлюються за замовчуванням. Потім перевіряється умова встановлення режиму «КОНФИГУСТ», якщо умова правдива, то виконується перерахунок внутрішніх змінних ФБ і перевіряється умова відключення функції розрахунку ФБ, якщо умова неправдива, то виходи ФБ встановлюються за замовчуванням, а якщо правдива, то виходи ФБ обнуляються; якщо всі умови неправдиві, то виконується розрахунок логіки ФБ і перевіряється умова відключення функції розрахунку ФБ, якщо умова неправдива, то встановлюються пораховані виходи ФБ, якщо правдива, то виходи ФБ обнуляються.

Блок-схема алгоритму функції розрахунку логіки ФБ типу 2 (з контролем достовірності, з контролем стану функції включена/відключена) приведена на рис. 3.3.

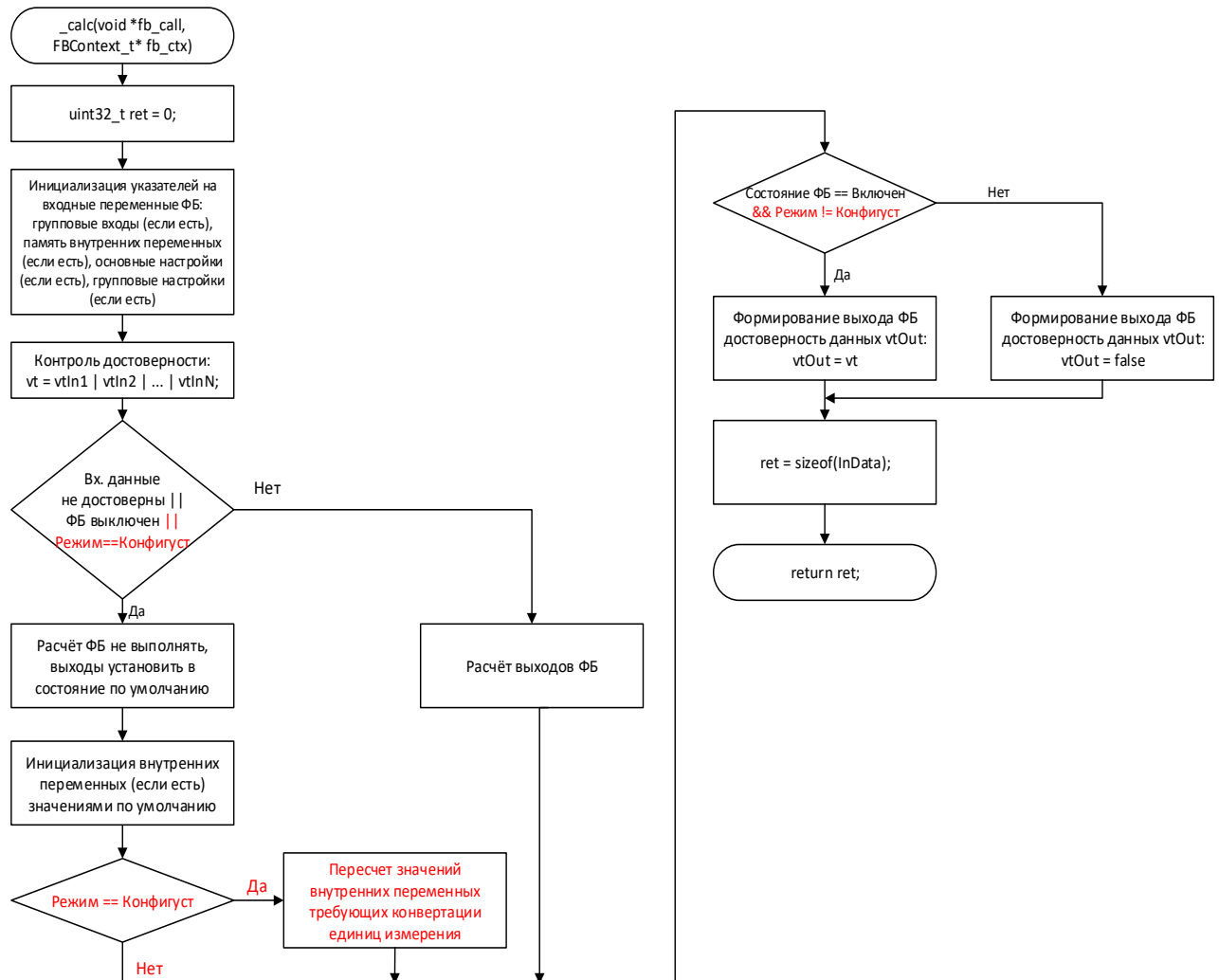


Рисунок 3.3 – Алгоритм функції розрахунку ФБ типу 2

Алгоритм функції розрахунку ФБ типу 2 виконується аналогічно типу 1, але без перевірки на режим «БЛОКИРОВКА».

Блок-схема алгоритму функції розрахунку логіки ФБ типу 3 (з контролем достовірності) представлена на рисунку 3.4.

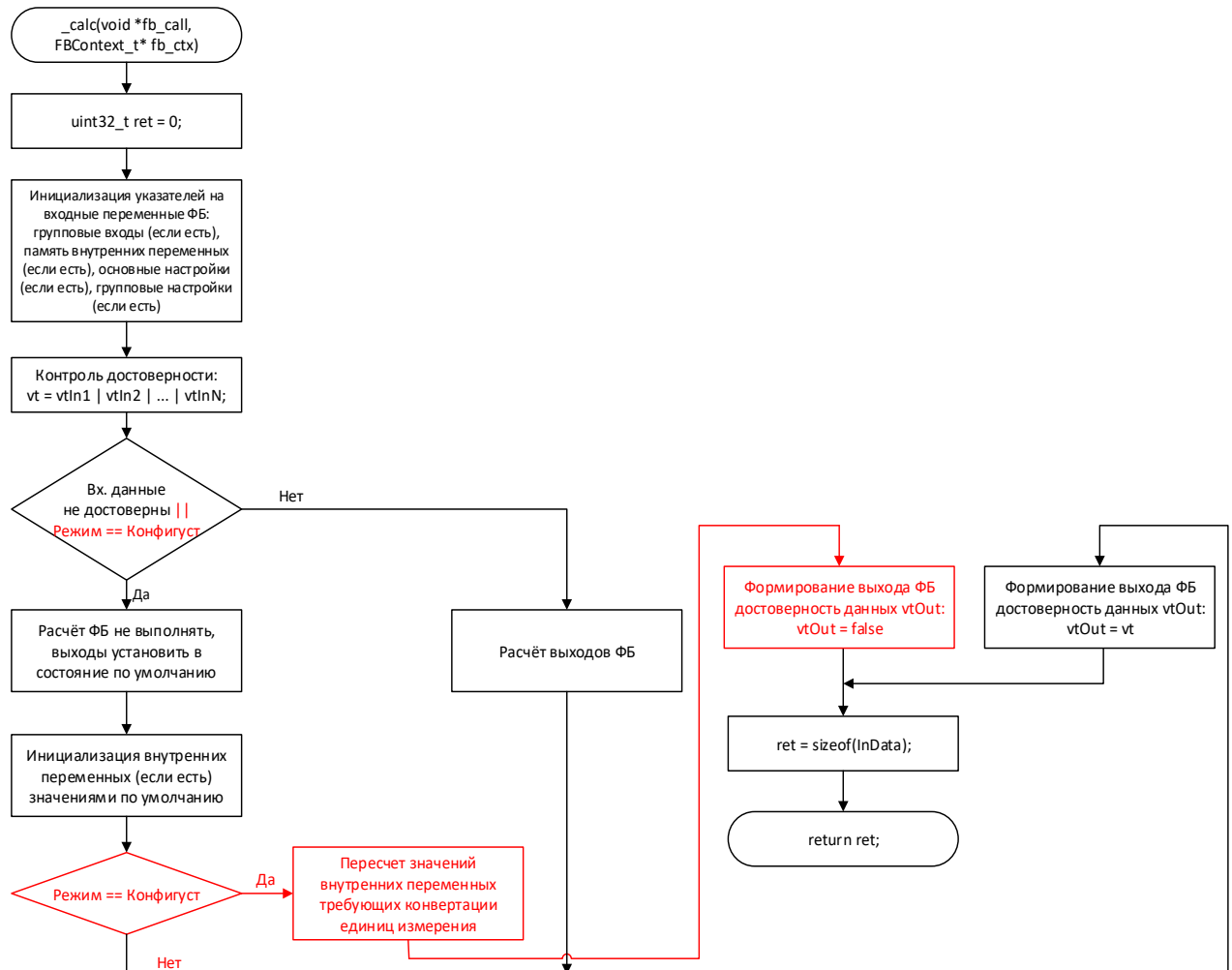


Рисунок 3.3 – Алгоритм функції розрахунку ФБ типу 3

Алгоритм функції розрахунку ФБ типу 2 виконується аналогічно типу 2, але без перевірки на режим «БЛОКИРОВКА» і умови відключення функції розрахунку ФБ.

Блок-схема алгоритму функції розрахунку логіки ФБ типу 4 (ФБ первинної обробки аналогових каналів ПЗО) представлено на рисунку 3.4.

Примечание – Действия блоков с 4 по 9 выполняются для каждого канала МСО.

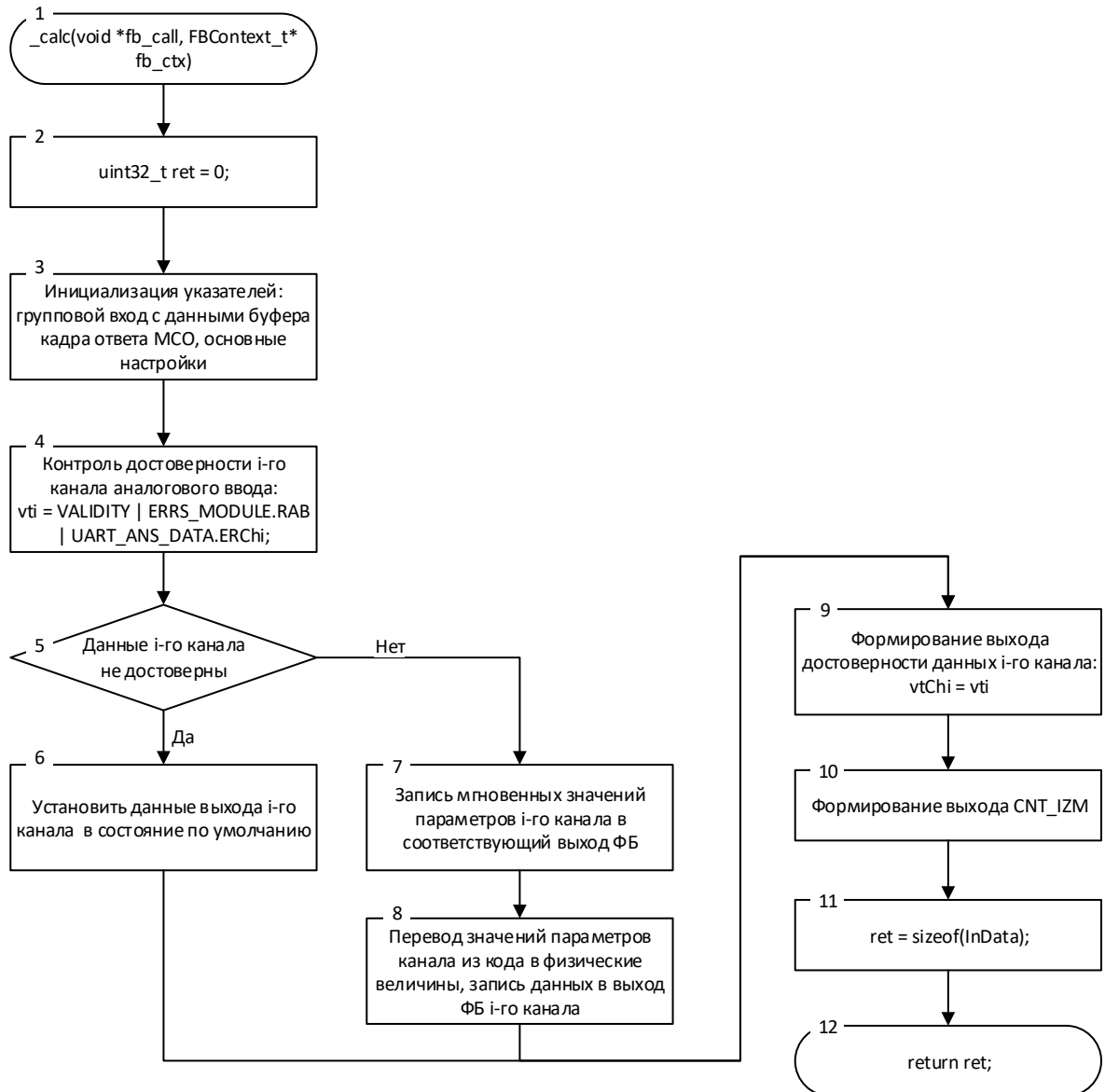


Рисунок 3.4 – Алгоритм функції розрахунку ФБ типу 4

Представлений алгоритм 4 типу розрахунку логіки ФБ виконується наступним чином: спочатку виконується ініціалізація вказівників (груповий вхід кадру відповіді ПЗО та основних налаштувань ФБ), потім формується ознака достовірності входів ФБ і перевіряється умова достовірності входів ФБ, якщо умова правдива, то виконується розрахунок логіки ФБ і встановлюються порашовані виходи ФБ, якщо умова неправдива, то виходи ФБ встановлюються за замовчуванням.

Блок-схема алгоритму функції розрахунку логіки ФБ типу 5 (ФБ первинної обробки дискретних сигналів) приведена на рисунку 3.5.

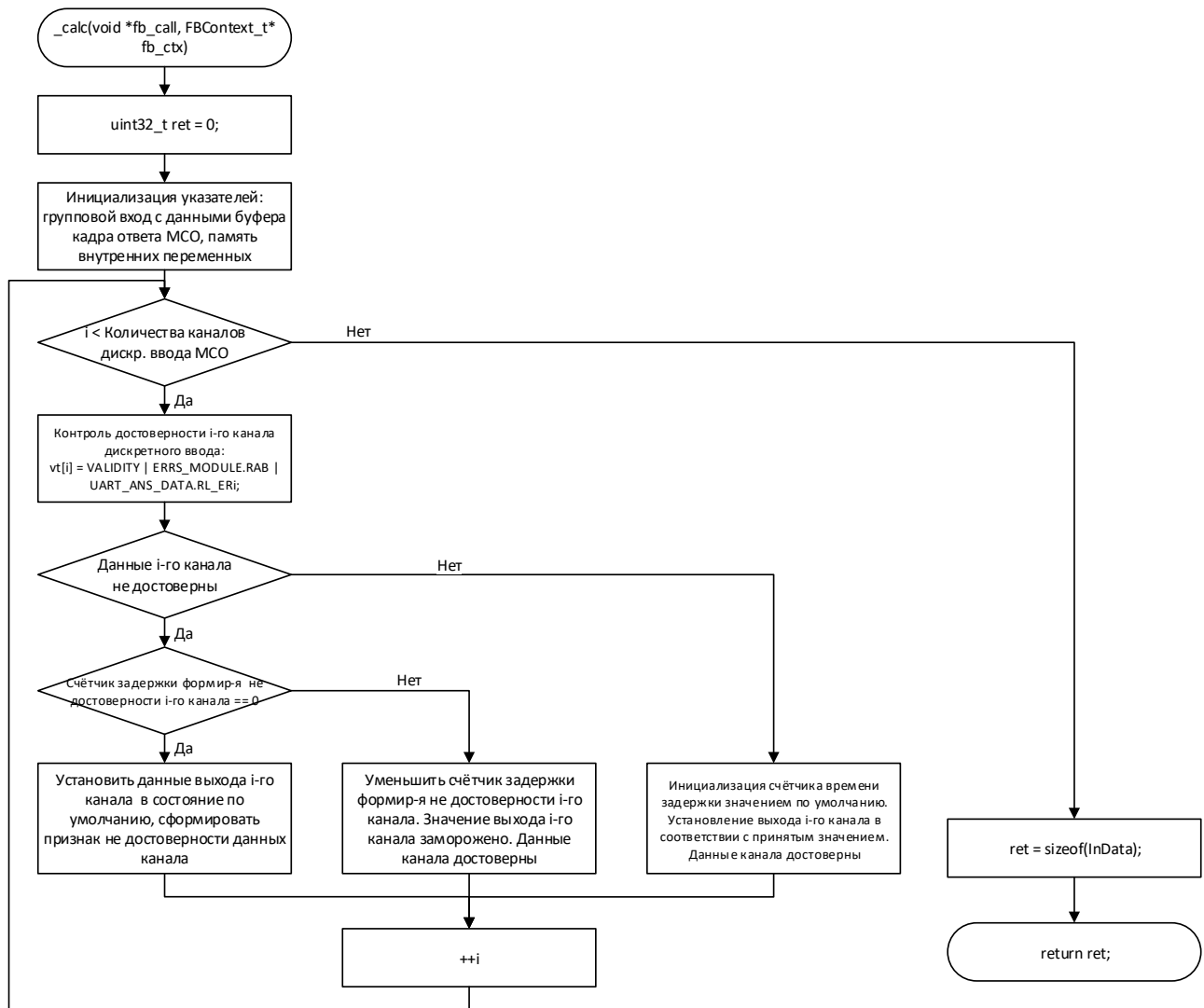


Рисунок 3.5 – Алгоритм функції розрахунку ФБ тип 5

Представлений алгоритм 5 типу розрахунку логіки ФБ виконується наступним чином: спочатку виконується ініціалізація вказівників (груповий вхід кадру відповіді ПЗО та внутрішніх змінних ФБ), потім циклічно для кожного входу ФБ перевіряється умова достовірності, якщо умова правдива то виконується логіка розрахунку ФБ і встановлюються порашовані виходи, якщо умова неправдива, то виходи ФБ встановлюються за замовчуванням.

3.2 Розробка базового ФБ

На рисунку 3.6 представлено алгоритм БФБ ТТР у вигляді функціонально-логічної схеми.

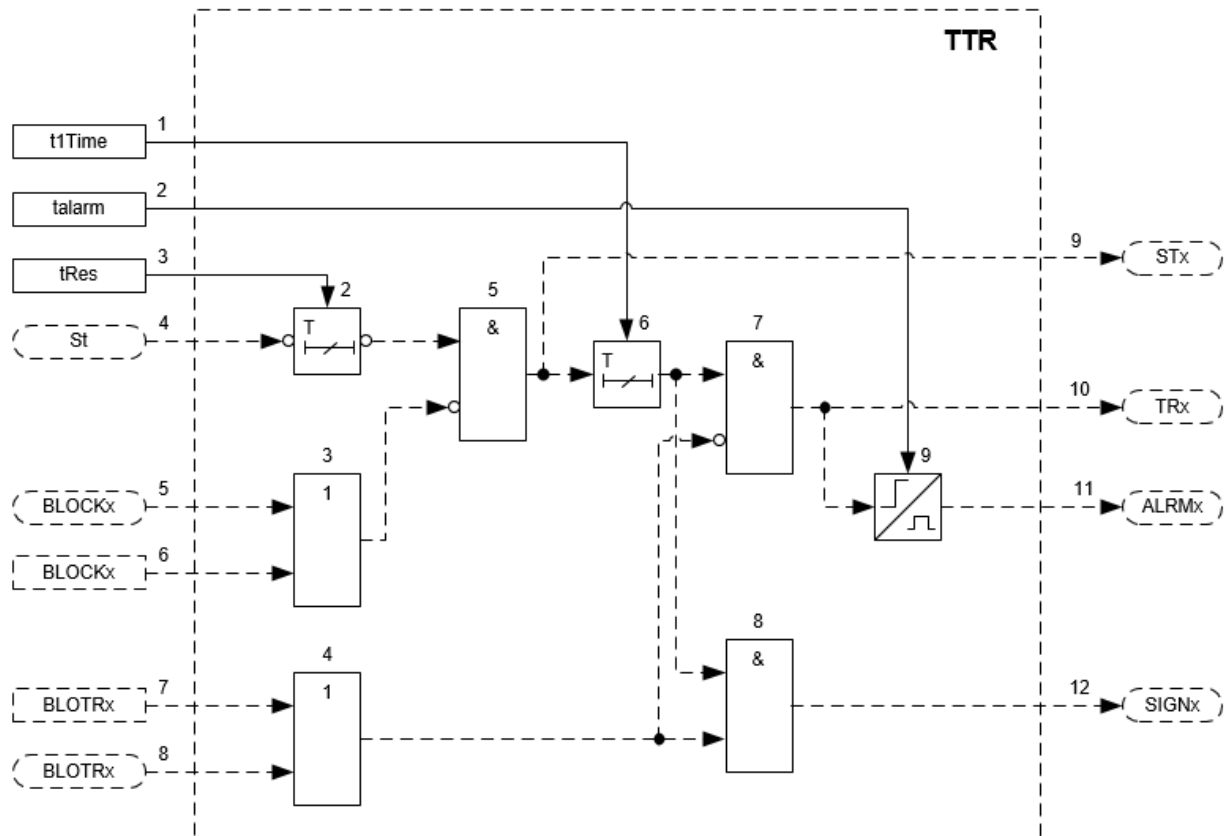


Рисунок 3.6 – Приклад функціонально-логічної схеми БФБ ТТР

БФБ ТТР складається з логічних елементів «OR» (3, 4), «AND» (5, 7, 8), елементів витримки часу Т (2, 6) і формувача імпульсу по передньому фронту вхідного сигналу (9).

БФБ ТТР приймає на вхід дані, які повинні описуватись структурою `tb_ttr`, представлені в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – структура даних **tb_ttr**

Ім'я змінної	Тип даних	Позначення входу/виходу	Опис
tof2	tb_tof	-	Таймер по задньому фронту спрацьовування
ton6	tb_ton	-	Таймер по передньому фронту спрацьовування
msmv9	tb_msmv	-	Одновібратор
_cycle	int *	-	Показчик на час циклу блоку
_txTime	int *	1 txTime	Показчик на уставку часу спрацьовування незалежної характеристики
_tRes	int *	3 tRES	Вказівник на уставку часу на повернення
_talarm	int *	2 talarm	Вказівник на уставку часу сигналізації
_BLOCK	bool *	5 BLOCKx	Вказівник на уставку
_BLOTR	bool *	7 BLOTRx	Вказівник на уставку
St	bool	4 St	Сигнал пуску роботи блоку
BLOCK	bool	6 BLOCKx	Ввід/вивід захисту
BLOTR	bool	8 BLOTRx	Переведення блоку на відключення/сигнал
out_ST	bool	Stx 9	Сигнал спрацьовування блоку
out_TR	bool	TRx 10	Сигнал на відключення вимикача
out_ALRM	bool	ALRMx 11	Сигнал аварійної сигналізації
out_SIGN	bool	SIGNx 12	Сигнал сигналізації

3.3 Розробка композиційних ФБ

КФБ N2PTOC являє собою двох-ступінчатий струмовий захист зворотної послідовності, призначений для захисту від несиметричних КЗ і сигналізації перевантаження струмами зворотної послідовності. Захист має два ступені. Передбачена

можливість роботи кожного ступеня на відключення або на сигнал з витримкою часу, що задається уставкой.

На рисунку 3.7 представлено алгоритм КФБ N2PTOC у вигляді функціонально-логічної схеми.

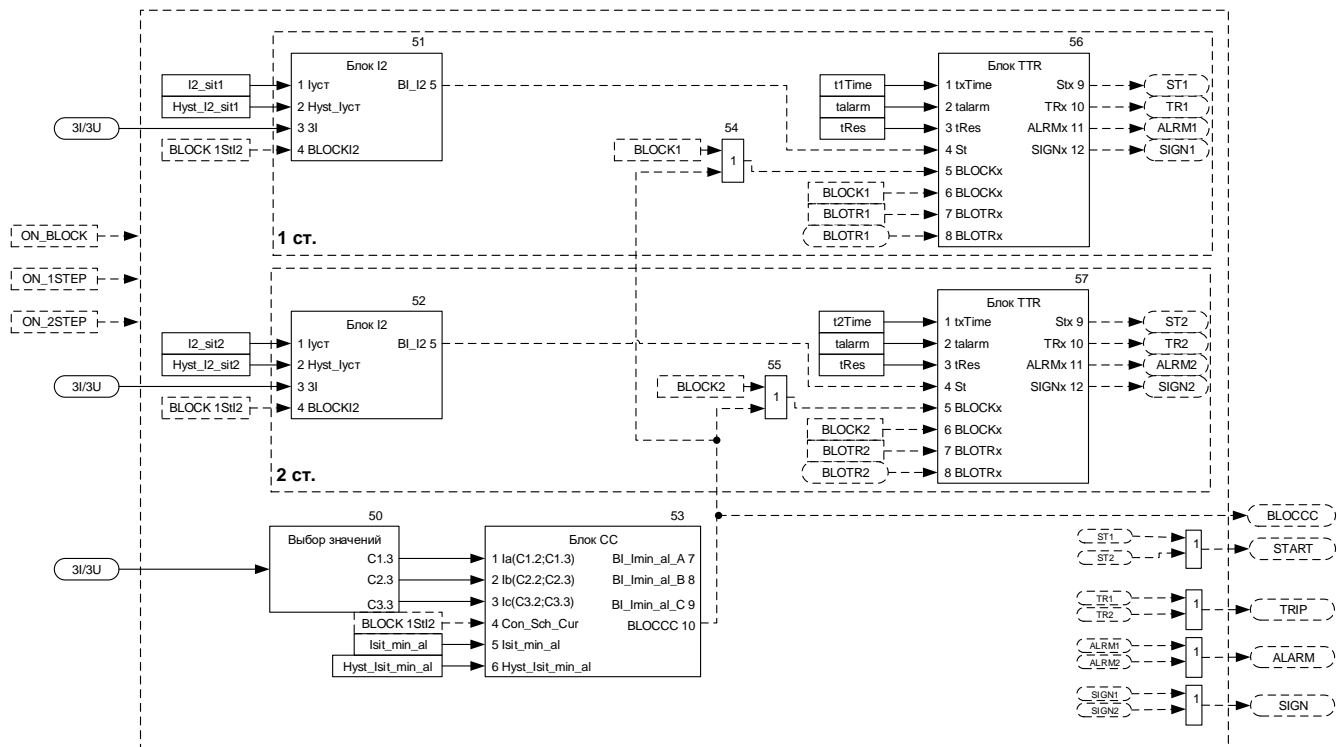


Рисунок 3.7 – Приклад функціонально-логічної схеми КФБ N2PTOC

N2PTOC складається з наступних БФБ:

- БФБ I2 - блок спрацьовування по струму I2;
- БФБ CC - блок контролю ланцюгів струму;
- БФБ TTR - блок тимчасових характеристик ступені і вихідних впливів.

До складу захисту входять наступні елементи:

- елемент 50 - елемент вибору даних (C1.3, C2.3, C3.3) від блоку SMAI;
- елементи 54, 55, 58-61 - елементи «AND».

Струм, обчислений I2 надходить в блок I2, де перевищення струмом I2 значення уставки призводить до спрацьовування компаратора, який змінює свій стан, подаючи сигнал «лог.1» на 4 вхід елемента 56 (блок TTR). При введеної ТЗОП (зовнішній сигнал BLOCKx) на вхід 8 елемента 56 надходить сигнал «лог.0» і елемент (56) спрацьовує, видаючи сигнал «лог.1» STx (вихід 9 елемента 56 - пуск ТЗОП). Детальна робота блоку TTR вказана в його описі.

ФБ N2PTOC приймає на вхід дані, представлені в таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 – Структура даних

Ім'я змінної	Тип даних	Позначення входу/виходу	Опис
Входи			
mode	uint32_t	-	Режим роботи ImPR1
isTestLock	bool	-	Розблокування функції при роботі ImPR1 в режимі ТЕСТ
tCycle	uint32_t	-	Час циклу виклику ФБ
A3CH	A3_CHANNEL *	3I	Показчик на структуру A3_CHANNEL з блоку MAI
BLOCK1	bool	BLOCK1	Загальна блокування 1 ступені
BLOCK2	bool	BLOCK2	Загальна блокування 2 ступені
BLOTR1	bool	BLOTR1	Переведення захисту на відключення або сигнал
BLOTR2	bool	BLOTR2	Переведення захисту на відключення або сигнал
vt_A3CH	bool	-	Достовірність входу
vt_BLOCK1	bool	-	Достовірність входу
vt_BLOCK2	bool	-	Достовірність входу
vt_BLOTR1	bool	-	Достовірність входу
vt_BLOTR2	bool	-	Достовірність входу
Виходи			
TRIP	bool	TRIP	Загальний сигнал відключення МТЗ
TR1	bool	TR1	Сигнал відключення МТЗ 1 ступені
TR2	bool	TR2	Сигнал відключення МТЗ 2 ступені
ALARM	bool	ALARM	Загальний сигнал аварійної сигналізації
ALRM1	bool	ALRM1	Сигнал аварійної сигналізації 1 ступені
ALRM2	bool	ALRM2	Сигнал аварійної сигналізації 2 ступені
SIGN	bool	SIGN	Загальний сигнал попереджувальної сигналізації

Подовження таблиці 2.3

SIGN1	bool	SIGN1	Сигнал попереджувальної сигналізації 1 ступені
SIGN2	bool	SIGN2	Сигнал попереджувальної сигналізації 2 ступені
START	bool	START	Загальний сигнал пуску МТЗ
ST1	bool	ST1	Сигнал пуску МТЗ 1 ступені
ST2	bool	ST2	Сигнал пуску МТЗ 2 ступені
BLOCCC	bool	BLOCCC	Спрацьовування блоку по струму
vt_out	bool	–	Достовірність ФБ
geset	GeSetN2PTOC	–	Основні параметри настройки
grset	GrSetN2PTOC	–	Групові параметри настройки

3.4 Виклик прикладної програми

При виконанні функції отримання адреси функцій розрахунку і ініціалізації ФБ для необхідних типів ФБ пошук в таблиці функцій виконується методом порівняння ідентифікатора типу ФБ і трьох параметрів (А, В, С) версії ФБ заданих в прикладній конфігурації, при збігу даних виконується копіювання адрес функцій.

На рис. 3.8 наведені дві прикладні програми з часом циклу 3 і 8 ms.

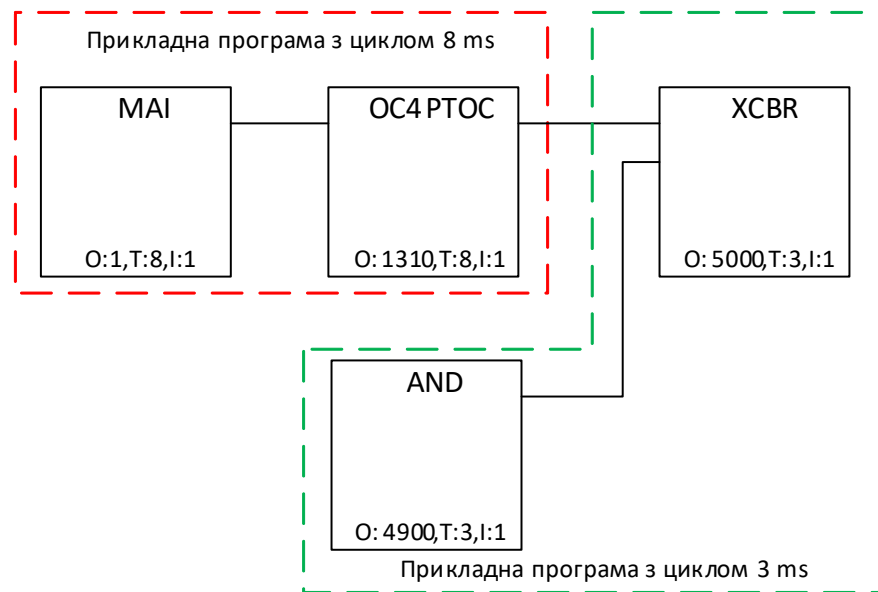


Рисунок 3.8 – Розділення ФБ за прикладними програмами

Прийняті скорочення:

MAI – матриця сигналів для аналогових входів;

OC4PTOC – ненаправлений чотирьох-ступінчастий максимальний струмовий захист (MTЗ);

XCBR – блок керування автоматичним вимикачем КЗ;

AND – виконує логічне множення двох і більше вхідних дискретних сигналів;

O – порядковий номер виконання ФБ;

T – час циклу виклику ФБ;

I – номер екземпляру ФБ.

Порядок виклику ФБ заданий в прикладній програмі за допомогою порядкового номера виконання. ФБ повинен бути викликаний на виконання протягом періоду часу циклу прикладної програми, в яку він входить.

Функція розрахунку ФБ і функція ініціалізації ФБ приймає такі дані:

- змінні прийнятих на входи ФБ;
- внутрішні змінні ФБ;
- змінні видаються на виходи ФБ;
- основні настроювальні змінні;
- активної групи налаштувань ФБ.

3.5 Розробка алгоритмів прикладної програми

Алгоритм прикладної програми з кількох ФБ AND, FXDSIGN (див. Рисунок 3.9) і склад змінних ОБД оголошуються по ФБ.

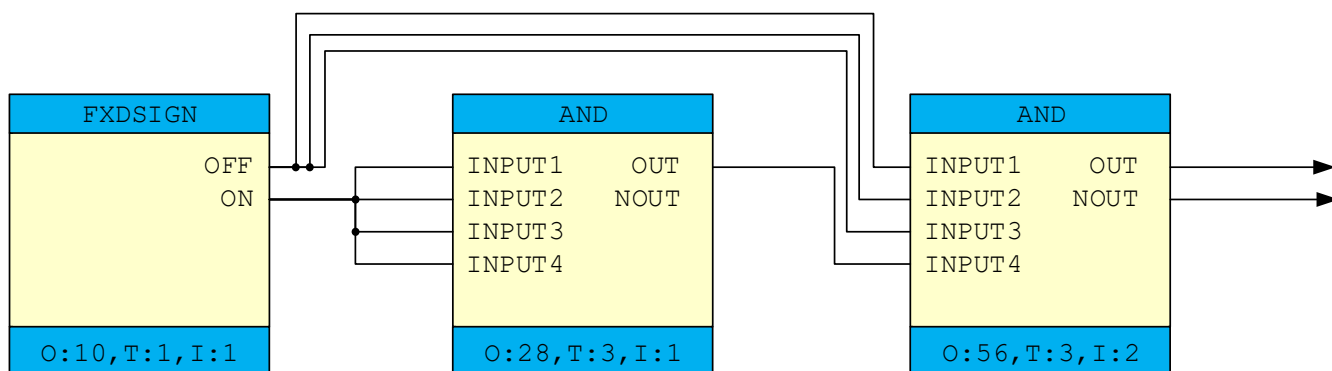


Рисунок 3.9 – Алгоритм прикладної програми з декількома ФБ

Таблиця 2.4 – Склад змінних ОБД оголошуються по ФБ в алгоритмі на рисунку 3.9

Змінна ОБД
FXDSIGN1.OFF
FXDSIGN1.ON
AND1.OUT
AND1.NOUT
AND2.OUT
AND2.NOUT

Інтерфейс виклику ФБ менеджером виклику ФБ буде розглянуто на прикладі ФБ AND. Для розрахунку логіки ФБ AND на 4 входи в бібліотеці ФБ розробляється функція *and4_calc()*.

При обчисленні логіки ФБ AND в функцію розрахунку *and4_calc()* передається буфер з адресою ОБД і зсувами за якими розташовані змінні в пам'яті:

```
uint32_t and4_calc (void *fb_call, FBContext_t *fb_ctx)
```

Функція розрахунку логіки ФБ AND4_Calc приймає дані згідно з таблицями 2.5-2.6.

Таблиця 2.5 - Параметри структури для зміщення даних

Параметр	Тип	Опис
offset1	uint32_t	Зсув даних щодо базового адреси для параметра приймається на вхід INPUT1
offset2	uint32_t	Зсув даних щодо базового адреси для параметра приймається на вхід INPUT2
offset3	uint32_t	Зсув даних щодо базового адреси для параметра приймається на вхід INPUT3
offset4	uint32_t	Зсув даних щодо базового адреси для параметра приймається на вхід INPUT4
offset5	uint32_t	Зсув даних щодо базового адреси для параметра видається на вихід OUT
offset6	uint32_t	Зсув даних щодо базового адреси для параметра видається на вихід NOUT

Таблиця 2.6 – Параметри для функції *and4_calc()*

Параметр	Тип	Опис
Obd	uint8_t*	Вказівник на ОБД, містить базову адресу області пам'яті в якій розміщені змінні беруть участь в обчисленні логіки прикладної задачі з циклом 3 ms
GrSettings	uint8_t*	Вказівник на область поточних групових налаштувань

Оскільки розглянутий ФБ AND не містить настроювальних змінних розглянемо склад змінних на прикладі ФБ РІОС, таблиця.

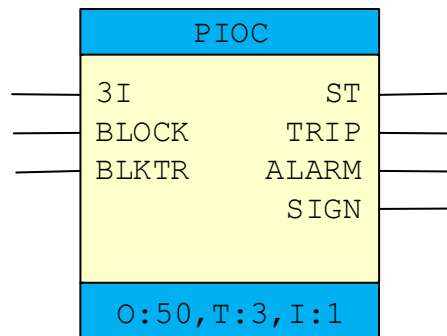


Рисунок 3.10 – ФБ РІОС

Таблиця 2.7 – Змінні ФБ РІОС екземпляр з номером 1

Параметр	Тип	Опис
Виходи ФБ		
РІОС1.ST	bool	Вихід ST
РІОС1.TRIP	bool	Вихід TRIP
РІОС1.ALARM	bool	Вихід ALARM
РІОС1.SIGN	bool	Вихід SIGN
Групові настройки ФБ		

Параметр	Тип	Опис
Група 1-6		
PIOC1.ON	int8_t	Стану функції, 0-вимкнена, 1-включена
PIOC1.IX	float	Уставка по струму спрацьовування, А
PIOC1.TX	uint32_t	Уставка за часом спрацьовування, ms
PIOC1.TA	uint32_t	Уставка часу сигналізації, ms

У таблиці 2.4 наведено склад змінних оголошуються в прикладної конфігурації ImPR1 за наявності в прикладної логікою екземпляру ФБ PIOC. Змінні надходять на вхід ФБ PIOC породжуються іншими ФБ, тому в таблиці не наведено.

Для розрахунку логіки ФБ PIOC в бібліотеці ФБ розробляється функція *pioc_calc* ().

При обчисленні логіки ФБ PIOC екземпляру з номером 1 в функцію розрахунку *PIOC_Calc* () передається буфер з адресою ОБД, адресою області пам'яті в якій зберігаються групові параметри настройки і зсувами за якими розташовані вхідні / вихідні змінні:

*uint32_t pioc_calc (void *fb_call, FBContext_t *fb_ctx)*

Функція розрахунку логіки ФБ *pioc_calc* () приймає дані згідно з таблицями 2.8-2.8а. В даному прикладі розглядається ФБ PIOC який вираховується в прикладній програмі з циклом 3 ms.

Таблиця 2.8 – Вхідні дані ФБ PIOC

Параметр	Тип	Опис
of_3I	uint32_t	Зсув даних щодо базового адреси для параметрів прийнятих на вхід 3I, вказує на першу змінну буфера
of_block	uint32_t	Зсув даних щодо базового адреси для параметра приймається на вхід BLOCK
of_blktr	uint32_t	Зсув даних щодо базового адреси для параметра приймається на вхід BLKTR
of_local	uint32_t	Зсув даних щодо базового адреси для внутрішніх змінних ФБ, вказує на першу змінну буфера
of_st	uint32_t	Зсув даних щодо базового адреси для параметра видається на вихід ST
of_trip	uint32_t	Зсув даних щодо базового адреси для параметра видається на вихід TRIP
of_alarm	uint32_t	Зсув даних щодо базового адреси для параметра видається на вихід ALARM
of_sign	uint32_t	Зсув даних щодо базового адреси для параметра видається на вихід SIGN

Параметр	Тип	Опис
of_grset	uint32_t	Зсув даних щодо базового адреси для групових настроювальних змінних, вказує на першу змінну буфера

Таблиця 2.8а – Вхідні дані ФБ РІОС

Параметр	Тип	Опис
Obd	uint8_t*	Показчик на ОБД, містить базову адресу області пам'яті в якій розміщені змінні беруть участь в обчисленні логіки прикладної задачі з циклом 3 ms
GrSettings	uint8_t*	Показчик на дані, містить базову адресу області пам'яті в якій зберігаються групові настроювальні змінні активної групи налаштувань

3.6 Розробка бібліотеки ФБ

Склад файлів для створення бібліотеки ФБ наведено в таблиці 2.9.

Таблиця 2.9 – Список файлів для створення бібліотеки ФБ

Ім'я файлу	Опис
mprza.h	Загальний файл включення, що містить оголошення структур для ФБ первинної обробки і формувачів
mprza_mk.h	Файл, що містить оголошення структур запиту / відповіді до МК
mprza_mso.h	Файл, що містить оголошення структур запиту / відповіді до МСО
imprfb.h	Інтерфейсний файл бібліотеки ФБ
libimprfb.c	Файл, що містить таблиці виконання і опису ФБ, службові функції
call.h	Файл, що містить оголошення структур викликають послідовностей ФБ
logical.h	Інтерфейсний файл функцій виконання логічних ФБ
logical.c	Реалізація функцій виконання логічних ФБ
preprocess.h	Інтерфейсний файл функцій ФБ первинної обробки і формувачів
preprocess.c	Реалізація функцій ФБ первинної обробки і формувачів
select.h	Інтерфейсний файл функцій ФБ працюють з груповими настройками
select.c	Реалізація функцій ФБ працюють з груповими настройками

Динамічно підключається завантажувється автоматично при запуску програми, що використовує функції бібліотеки.

Загальний механізм виклику функції:

```
#include «файл_включення_1»
```

```
...
```

```
#include «файл_включення_N»
```

```
...
```

опис

```

...
результат=i'мя_функції(параметри_функції);
или
i'мя_функції(параметри_функції);
...
де   файл_включення_1  – файли включення, що містять оголошення типів даних, що
    - файл_включення_N  використовуються у функціях бібліотеки ФБ;
    опис                – опис і, якщо необхідно, ініціалізація змінних, які будуть
                        передані в параметрах функції;

результат              – результат виконання функції (код завершення);
i'мя_функції            – ім'я викликуваної функції;
параметри_функції      – параметри викликуваної функції.

```

3.6.1 Опис типів даних для ФБ первинної обробки і формувачів, використовуваних у функціях

Тип даних `obd_type_t`

Тип даних `obd_type_t` є структурою, яка описує коди типів даних параметрів, які зберігаються в ОБД.

Прототип типа данных:

```

typedef enum{
    OBD_BOOL_T = 0,
    OBD_INT8_T,
    OBD_INT16_T ,
    OBD_INT32_T = 4,
    OBD_INT64_T,
    OBD_UINT8_T,
    OBD_UINT16_T,
    OBD_UINT32_T,
    OBD_FLOAT,
    OBD_BLOB_T,
    OBD_UINT64_T,
    OBD_DOUBLE,
} obd_type_t;

```

Поля:

OBD_BOOL_T
OBD_INT8_T
OBD_INT16_T
OBD_INT32_T
OBD_INT64_T
OBD_UINT8_T
OBD_UINT16_T
OBD_UINT32_T
OBD_FLOAT
OBD_BLOB_T
OBD_UINT64_T
OBD_DOUBLE

Опис:

Логічний тип даних
8- розрядне ціле число
16- розрядне ціле число
32- розрядне ціле число
64-розрядное целое число
8- розрядне беззнакове ціле число
16- розрядне беззнакове ціле число
32- розрядне беззнакове ціле число
32- розрядне дійсне число
Двійкова рядок (байтова рядок) для зберігання бінарних даних
64- розрядне беззнакове ціле число
64- розрядне дійсне число

3.6.2 Опис типів даних, що використовуються у функціях

Тип даних `_FBContext_t`

Тип даних `_FBContext_t` є структурою, яка описує контекст виклику ФБ.

Прототип типу даних:

```
typedef struct _FBContext_t{
    uint8_t* Obd;
    uint8_t* GrSettings;
} FBContext_t;
```

<u>Поля:</u>	<u>Опис:</u>
Obd	Вказівник на ОБД
GrSettings	Вказівник на область поточних групових налаштувань

Тип даних `FBCall`

Тип даних `FBCall`, який описує прототип виклику ФБ.

Прототип типу даних:

```
typedef uint32_t (*FBCall)(void* fb_call, const FBContext_t* fb_ctx);
```

<u>Поля:</u>	<u>Опис:</u>
fb_call	Описувач виклику (залежить від ФБ)
fb_ctx	Контекст виклику ФБ

Тип даних `FBTable_pin_type_t`

Тип даних `FBTable_pin_type_t` є структурою, яка описує коди типів контактів.

Прототип типу даних:

```
typedef enum{
    FB_PIN_TYPE_INPUT = 0, /*вхід*/
    FB_PIN_TYPE_OUTPUT, /*вихід*/
    FB_PIN_TYPE_SETTING, /* основні налаштування */
    FB_PIN_TYPE_GRSETTING, /* групові налаштування */
    FB_PIN_TYPE_INTERNAL, /* внутрішні змінні */
} FBTable_pin_type_t;
```

<u>Поля:</u>	<u>Опис:</u>
FB_PIN_TYPE_INPUT	Вхід
FB_PIN_TYPE_OUTPUT	Вихід
FB_PIN_TYPE_SETTING	Основні налаштування
FB_PIN_TYPE_GRSETTING	Групові налаштування

Тип даних `_FBTable_cycle_t`

Тип даних `_FBTable_cycle_t` є структурою, яка описує дозвіл виклику ФБ в циклі.

Прототип типу даних:

```
typedef struct _FBTable_cycle_t{
    uint32_t Cycle;
    uint32_t CountInstances;
} FBTable_cycle_t;
```


<u>Поля:</u>	<u>Опис:</u>
Cycle	Значення циклу
CountInstances	Кількість дозволених викликів в циклі

Тип даних `_FBTable_desc_t`

Тип даних `_FBTable_desc_t` є структурою, яка описує елемент таблиці описателя ФБ.

Прототип типу даних:

```
typedef struct _FBTable_desc_t{
    uint32_t Id;
    Version_t Ver;
    const char* Name;
    const char* Desc;
    uint16_t CountPins;
    const FBTable_pin_t* Pins;
    uint16_t CountCycles;
    const FBTable_cycle_t* Cycles;
    uint32_t CountGens;
    const FBTable_gen_t* Gens;
} FBTable_desc_t;
```

<u>Поля:</u>	<u>Опис:</u>
Id	Унікальний ідентифікатор ФБ
Ver	Версія ФБ
Name	Ім'я ФБ
Desc	Опис ФБ
CountPins	Кількість дескрипторів входів, виходів, налаштувань ФБ
Pins	Список дескрипторів входів, виходів, налаштувань ФБ
CountCycles	Кількостей дескрипторів циклів
Cycles	Список дескрипторів допустимих циклів
CountGens	Кількість дескрипторів породжуваних атрибутів
Gens	Список дескрипторів породжуваних атрибутів

3.6.3 Опис функцій бібліотеки ФБ

Функція `get_lib_desc`

Функція `get_lib_desc` призначена для отримання відомостей про бібліотеку ФБ.

Прототип функції:

```
const FBLib_desc_t* get_lib_desc(void);
```

Функція `get_lib_conf`

Функція `get_lib_conf` Призначено для отримання відомостей про підтримувані конфігураціях бібліотеки ФБ.

Прототип функції:

```
uint32_t get_lib_conf(const FLib_conf_t** conf);
```

<u>Параметри:</u>	<u>Тип:</u>	<u>Опис:</u>
conf	Вх.	Адреса заповнюється покажчика підтримуваних конфігурацій

Функція `free_lib_conf`

Функція `free_lib_conf` призначена для звільнення пам'яті, займаної відомостями про підтримуваних конфігураціях.

Прототип функції:

```
void free_lib_conf(const FLib_conf_t* conf);
```

<u>Параметри:</u>	<u>Тип:</u>	<u>Опис:</u>
conf	Вх.	Вказівник на дескриптор підтримуваних конфігурацій

3.7 Висновок до третього розділу

- 1) Обрано методику проектування ФБ і бібліотеки ФБ для автоматизації ЦПС відповідно ІЕС-61850, що відрізняється від існуючих можливістю внесення змін до структури початкової мережі для генерації оптимізованої системи управління, що дозволяє значно спрощувати (або ускладнювати) системи управління, але тільки якщо це необхідно.
- 2) У роботі були розроблені блок-схеми алгоритмів функцій ФБ, алгоритм прикладної програми.
- 3) Була розроблена бібліотека ФБ з функціями:
 - захисту;
 - автоматики;
 - контролю ланцюгів;
 - логіки;
 - стандартних конфігуруються логічних блоків;
 - місцевого ЛІМ;
 - моніторингу;
 - вимірювань;
 - первинної обробки даних.

РОЗДІЛ 4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ. ЕКОЛОГІЯ

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 на дипломне проектування є розробка методів проектування ФБ та розробка бібліотеки ФБ в системі P3A. Так як в процесі проектування використовувалося ПК, то аналіз потенційно небезпечних і шкідливих виробничих чинників виконується для робочого місця, з використанням персонального комп'ютера на якому було розроблені ФБ та бібліотека ФБ.

4.1. Загальні питання з охорони праці

В законі України «Про охорону праці» визначається, що охорона праці - це система правових, соціально-економічних, організаційно-технічних, санітарно-гігієнічних і лікувально-профілактичних заходів та засобів, спрямованих на збереження життя, здоров'я і працездатності людини у процесі трудової діяльності.

При роботі з обчислювальною технікою змінюються фізичні і хімічні фактори навколишнього середовища: виникає статична електрика, електромагнітне випромінювання, змінюється температура і вологість, рівень вміст кисню і озону в повітрі. Повітря забруднюється шкідливими хімічними речовинами антропогенного походження за рахунок деструкції полімерних матеріалів, які використовуються для обробки приміщень та обладнання. Неправильна організація робочого місця сприяє загальному і локальній напрузі м'язів шиї, тулуба, верхніх кінцівок, викривлення хребта і розвитку остеохондрозу. На всіх підприємствах, в установах, організаціях повинні створюватися безпечні і нешкідливі умови праці.

4.1.1 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.

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.

Обов'язки працівників щодо додержання вимог нормативно-правових актів з охорони праці (ст. 14), відповідальність робітників всіх категорій за порушення вимог щодо охорони праці (ст. 44) та структура організацій/виробництв системи управління охорони праці визначені у [22].

4.1.2 Організаційно-технічні заходи з безпеки праці

В організації/підприємстві проводиться навчання і перевірка знань з питань охорони праці відповідно до вимог Типового положення про порядок проведення навчання і перевірки знань з питань охорони праці, затвердженого наказом Держнаглядохоронпраці України від 26.01.2005 N 15, зареєстрованого в Міністерстві юстиції України 15.02.2005 за N 231/10511 [23].

Також впроваджені організаційні заходи з пожежної безпеки - навчання і перевірку знань відповідно до вимог Типового положення про інструктажі, спеціальне навчання та перевірку знань з питань пожежної безпеки на підприємствах, в установах та організаціях України, затвердженого наказом Міністерства України з питань надзвичайних ситуацій та у справах захисту населення від наслідків Чорнобильської катастрофи від 29.09.2003 N 368, зареєстрованого в Міністерстві юстиції України 11.12.2003 за N 1148/8469 [24].

4.2 Аналіз стану умов праці

Робота над створенням математичної моделі прогнозування критичного стану небезпечного процесу проходитиме в приміщенні відповідної установи. Для даної роботи достатньо однієї людини, для якої надано робоче місце зі стаціонарним комп'ютером.

4.2.1 Вимоги до приміщень

Геометричні розміри приміщення зазначені в табл. 4.1.

Таблиця 4.1 –Розміри приміщення

Найменування	Значення
Довжина, м	5
Ширина, м	5
Висота, м	3
Площа, м ²	25
Об'єм, м ³	75

Згідно з [25] 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 рівня 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.

4.2.2 Вимоги до організації місця праці

При порівнянні відповідності характеристик робочого місця нормативним основні вимоги до організації робочого місця за [26] (табл. 4.2) і відповідними фактичними значеннями для робочого місця, констатуємо повну відповідність.

Таблиця 4.2 – Характеристики робочого місця

Найменування параметра	Фактичне значення	Нормативне значення
Висота робочої поверхні, мм	750	680 ÷ 800

Подовження таблиці 4.2

Висота простору для ніг, мм	730	не менше 600
Ширина простору для ніг, мм	660	не менше 500
Глибина простору для ніг, мм	700	не менше 650
Висота поверхні сидіння, мм	470	400 ÷ 500
Ширина сидіння, мм	400	не менше 400
Глибина сидіння, мм	400	не менше 400
Висота поверхні спинки, мм	600	не менше 300
Ширина опорної поверхні спинки, мм	500	не менше 380
Радіус кривини спинки в горизонтальній площині, мм	400	400
Відстань від очей до екрану дисплея, мм	800	700 ÷ 800

4.2.3 Навантаження та напруженість процесу праці

Під час виконання робіт використовують ПК та периферійні пристрої (лазерні та струменеві), що призводить до навантаження на окремі системи організму. Такі перекося у напруженні різних систем організму, що трапляються під час роботи з ПК, зокрема, значна напруженість зорового аналізатора і довготривале малорухоме положення перед екраном, не тільки не зменшують загального напруження, а навпаки, призводять до його посилення і появи стресових реакцій.

Рекомендовано застосування екранних фільтрів, локальних світлофільтрів (засобів індивідуального захисту очей) та інших засобів захисту, а також інші профілактичні заходи на ведені в [26].

Роботу за дипломним проектом визнано, таку, що займає 50% часу робочого дня та за восьмигодинної робочої зміни рекомендовано встановити додаткові регламентовані перерви: – для розробників програм тривалістю 15 хв через кожен годину роботи.

4.3 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.

4.3.1 Аналіз небезпечних та шкідливих факторів при виробництві (експлуатації) виробу

Аналіз небезпечних та шкідливих виробничих факторів виконується у табличній формі (табл. 4.3). Роботу, пов'язану з ЕОМ з ВДТ, у тому числі на тих, які мають робочі місця, обладнані ЕОМ з ВДТ і ПП, виконують із забезпеченням виконання [27], які встановлюють вимоги безпеки до обладнання робочих місць, до роботи із застосуванням ЕОМ з ВДТ і ПП. 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 4.3 – Аналіз небезпечних і шкідливих виробничих факторів

Небезпечні і шкідливі виробничі фактори	Джерела факторів (види робіт)	Кількіс на оцінка	Нормативні документи
1	2	3	4
фізичні			
Підвищена температура поверхонь обладнання	експлуатація ЕОМ, принтерів, сканерів чи/або серверного обладнання для роботи	2	ДСН 3.3.6.042-99 [25]
підвищений рівень шуму на робочому місці	-//-	2	ДСН 3.3.6.042-99 [25]
підвищена або знижена вологість повітря	-//-	2	ДСН 3.3.6.042-99 [25]
підвищена або знижена рухливість повітря	-//-	1	ДСН 3.3.6.042-99 [25]

Подовження таблиці 4.3

підвищений рівень напруги електричної мережі, замикання якої може відбутися через тіло людини	-//-	4	ГОСТ 12.1.030-81 [28] ГОСТ 13109-97 [29]
недостатність природного світла	порушення умов праці (вимог до приміщень)	2	ДБН В.2.5-28:2015 [30]
недостатнє освітлення робочої зони	порушення гігієнічних параметрів виробничого середовища	3	ДБН В.2.5-28:2015 [30]
підвищена яскравість світла	порушення умов праці (організації місця праці - налагодження моніторів)	1	ДСанПіН 3.3.2.007-98 [26]
понижена контрастність	-//-	1	ДСанПіН 3.3.2.007-98 [26]
психофізіологічні:			
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	НПАОП 0.00-1.28-10 [27] ДСанПіН 3.3.2.007-98 [26]
фізичні (статичне – сидіння)	порушення умов праці (організації місця праці - сидіння користувача,) та організації робочого часу - безперервна робота)	2	НПАОП 0.00-1.28-10 [27] ДСанПіН 3.3.2.007-98 [26]

Робочі місця мають відповідати вимогам Державних санітарних правил і норм роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин, затверджених постановою Головного державного санітарного лікаря України від 10.12.98 N 7 [26].

4.3.2 Пожежна безпека

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.

Згідно [31] таке приміщення, площею 6 м², відноситься до категорії "В" (пожежонебезпечної) та для протипожежного захисту в ньому проектом передбачено устаткування автоматичною пожежною сигналізацією із застосуванням датчиків-сповіщувачів РІД-1 (сповіщувач димовий ізоляційний) в кількості 1 шт., і застосуванням первинних засобів пожежогасіння. Відповідно до норм первинних засобів пожежогасіння пропонується використовувати:

- ручний вуглекислий вогнегасник ОУ-5 в кількості 1 шт.;
- повість 1 1 м², кошму 2×1,5 м² або азбестове полотно 2×2 м² в кількості 1 шт.

4.3.3 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.

4.4 Гігієнічні вимоги до параметрів виробничого середовища

4.4.1 Мікроклімат

Мікроклімат робочих приміщень – це клімат внутрішнього середовища цих приміщень, що визначається діючою на організм людини з'єднанням температури, вологості, швидкості переміщення повітря. Оптимальні значення для температури, відносної вологості й рухливості повітря для зазначеного робочого місця відповідають [25] і наведені в табл. 4.4.

Таблиця 4.4 – Норми мікроклімату робочої зони об'єкту

Період року	Категорія робіт	Температура С ⁰	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

4.4.2 Освітлення

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.

Розрахунок освітлення.

Для виробничих та адміністративних приміщень світловий коефіцієнт приймається не менше -1/8, в побутових – 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, м²;

S_n – площа підлоги, м².

$$S_n = a \cdot b = 2 \cdot 3 = 6 \text{ м}^2,$$

$$S = 1/10 \cdot 6 = 0,6 \text{ м}^2.$$

Приймаємо 1 вікно площею $S=0,6 \text{ м}^2$ кожне.

Світильники загального освітлення розташовуються над робочими поверхнями в рівномірно-прямокутному порядку. Для організації освітлення в темний час доби передбачається обладнати приміщення, довжина якого складає 2 м, ширина 3 м, світильниками ЛПО2П, оснащеними лампами типа ЛБ (дві по 80 Вт) з світловим потоком 2850 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 (4.2):

$$n = \frac{E \cdot S \cdot Z \cdot K}{F \cdot U \cdot M}, \quad (4.2)$$

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

S – освітлювана площа, m^2 ; $S = 6 m^2$;

Z – поправочний коефіцієнт світильника ($Z = 1,1$ 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 – 3;

F – світловий потік лампи – 2850лм (для ЛБ-80).

Підставивши числові значення у формулу (4.2), отримуємо:

$$n = \frac{300 \times 6 \times 1.1 \times 1.5}{2850 \times 0.54 \times 3} = 0,6 \approx 1$$

Приймаємо освітлювальну установку, яка складається з одного світильника, який складається з трьох люмінесцентних ламп загальною потужністю 160 Вт, напругою – 220 В.

4.5 Вентилювання

У приміщенні, де знаходяться ЕОМ, повітрообмін реалізується за допомогою природної організованої вентиляції (вентиляційні шахти), тобто при V приміщення $> 40 m^3$ 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.

4.6 Заходи з організації виробничого середовища та попередження виникнення надзвичайних ситуацій

Загальний опір захисного заземлення визначається за формулою:

$$R_{\zeta\zeta i} = \frac{R_{\zeta} \cdot R_n}{R_n \cdot n \cdot \eta_{\zeta} + R_{\zeta} \cdot \eta_n} \quad (4.3)$$

де R_{ζ} - опір заземлення, якими можуть бути труби, опори, кути і т.п., Ом;

R_n - опір опори, яка з'єднує заземлювачі, Ом;

n - кількість заземлювачів;

η_{ζ} - коефіцієнт екранування заземлювача; приймається в межах $0,2 \div 0,9$; $\eta_{\zeta} = 0,7$

η_n - коефіцієнт екранування сполучної стійки; приймається в межах $0,1 \div 0,7$; $\eta_n = 0,5$;

Опір заземлення визначається за формулою:

$$R_{\zeta} = \frac{\rho}{2\pi \cdot l} \left(\ln \frac{2 \cdot l}{d} + \frac{1}{2} \ln \frac{4 \cdot t + l}{4 \cdot t - l} \right) \quad (4.4)$$

де ρ - питомий опір ґрунту, залежить від типу ґрунту, Ом·м;

для піску - $400 \div 700$ Ом·м; приймаємо $\rho = 400$ Ом·м;

l - довжина заземлювача, м; для труб - 2-3 м; $l = 3$ м;

d - діаметр заземлювача, м; для труб - 0,03-0,05 м; $d = 0,05$ м;

t - відстань від середини забитого в ґрунт заземлювача до рівня землі, м; $t = 2$ м.

$$R_{\zeta} = \frac{400}{2 \cdot 3,14 \cdot 3} \left(\ln \frac{2 \cdot 3}{0,05} + \frac{1}{2} \ln \frac{4 \cdot 2 + 3}{4 \cdot 2 - 3} \right) = 110, \text{ Ом}$$

Опір смуги, що з'єднує заземлювачі, визначається за формулою:

$$R_n = \frac{\rho}{2\pi \cdot L} \cdot \ln \frac{2 \cdot L^2}{b \cdot t_1} \quad (4.5)$$

де L - довжина смуги, що з'єднує заземлювачі (м) і приблизно дорівнює периметру будівлі: $P_{\text{буд}} = 42 \cdot 2 + 38 \cdot 2 = 160$ м; $L = 160$ м;

b - ширина смуги, м; $b = 0,03$ м;

t_1 - глибина заземлення від рівня землі, м; $t_1 = 0,5$ м.

$$R_n = \frac{400}{2 \cdot 3,14 \cdot 160} \cdot \ln \frac{2 \cdot 160^2}{0,03 \cdot 0,5} = 5,99, \text{ Ом}$$

Кількість заземлювачів захисного заземлення визначається за формулою:

$$n = \frac{2 \cdot R_{\zeta}}{4 \cdot \eta_{\zeta}} = \frac{2 \cdot 110}{4 \cdot 0,7} = 79 \text{ шт} \quad (4.6)$$

де 4 - допустимий загальний опір, Ом;

2 - коефіцієнт сезонності.

Визначаємо загальний опір захисного заземлення:

$$R_{ззп} = \frac{110 \cdot 5,99}{5,99 \cdot 79 \cdot 0,7 + 110 \cdot 0,5} = 1,7, \text{ Ом}$$

Висновок: дане захисне заземлення буде забезпечувати електробезпеку будівлі, так як виконується умова: $R_{ззп} < 4 \text{ Ом}$.

4.7 Охорона навколишнього природного середовища

4.7.1 Загальні дані з охорони навколишнього природного середовища

Діяльність за темою магістерської роботи, а саме: методи розробки ФБ в процесі її виконання впливає на навколишнє природне середовище і регламентується нормами діючого законодавства: Законом України «Про охорону навколишнього природного середовища», Законом України «Про забезпечення санітарного та епідемічного благополуччя населення», Законом України «Про відходи», Законом України «Про охорону атмосферного повітря», Законом України «Про захист населення і територій від надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру», Водний кодекс України.

Основним екологічним аспектом в процесі діяльності за даними спеціальностями є процеси впливу на атмосферне повітря та процеси поводження з відходами, які утворюються, збираються, розміщуються, передаються на видалення (знешкодження), утилізацію, тощо в ІТ галузі.

Вплив на атмосферне повітря при нормальних умовах праці не оказує, бо не має в приміщенні сканерів, принтерів та інших джерел викиду забруднюючих речовин в повітря робочої зони.

В процесі діяльності розробника математичної моделі за допомогою ПК виникають процеси поводження з відходами ІТ галузі. Нижче надано перелік відходів, що утворюються в процесі роботи:

Відпрацьовані люмінесцентні лампи - I клас небезпеки

Акумулятор для джерел безперебійного живлення -III клас небезпеки

Змінні носії інформації - IV клас небезпеки

Макулатура - IV клас небезпеки

Побутові відходи - IV клас небезпеки

4.7.2 Вимоги до збору, пакування та розміщення відходів ІТ галузі

Наводяться вимоги зберігання виявлених за своєю роботою відходів відповідно до вимог [32].

Відходи в міру їх накопичення збирають у тару, відповідну класу небезпеки, з дотриманням правил безпеки, після чого доставляють до місця тимчасового зберігання відходів відповідно до затвердженої схеми їх розміщення. Зазначені для зберігання відходів місця чи об'єкти повинні використовуватися лише для заявлених відходів.

Не допускається зберігання відходів у невстановлених схемою місцях, а також перевищення норм тимчасового зберігання відходів.

Способи тимчасового зберігання відходів визначаються видом, агрегатним станом і класом небезпеки відходів:

- відходи I класу небезпеки зберігаються в герметичній тарі (сталеві бочки, контейнери). У міру наповнення тару з відходами закривають герметично сталевий кришкою;
- відходи II класу небезпеки в залежності від агрегатного стану зберігаються в поліетиленових мішках, бочках, сховищах та інших видах тари, яка запобігає поширенню шкідливих речовин;
- відходи III класу небезпеки зберігаються в тарі, яка забезпечує локалізацію зберігання, дозволяє виконувати вантажно-розвантажувальні і транспортні роботи і виключає поширення в ОС шкідливих речовин;
- відходи IV класу небезпеки можуть зберігатися відкрито на промисловому майданчику у вигляді конусоподібної купи, звідки їх автотранспортом перевантажують у самоскид і доставляють на місце утилізації або захоронення;

4.7.3 Визначення впливу та заходів щодо поводження з відходами ІТ галузі

З метою визначення та прогнозування впливу відходів на навколишнє середовище, своєчасного виявлення негативних наслідків, їх запобігання відповідно до Закону України «Про відходи» повинен здійснюватися моніторинг місць утворення, зберігання, і видалення відходів. Відомості про місце утворення та місце розташування відходів зазначаються та наводяться у таблиці 4.5.

Таблиця 4.5 – Відомості про місце утворення та місце розташування відходів

№ з/п	Код та найменування відходів за ДК -005-96	Технологічний процес або виробництво, де утворюються відходи / клас небезпеки	Місце розташування відходу, тара та її кількість, місткість, розміри у разі наявності майданчиків розташування відходів (необхідно зазначити тип покриття та наявність даху)
1	2	3	4
1	7710.3.1.26 Лампи люмінесцентні, та відходи, які містять ртуть, інші зіпсовані або відпрацьовані (Відпрацьовані ртутьвмісні люмінесцентні лампи)	1	буд.1, кв. 1, площа 6 м ²
2	7710.3.1.01 Макулатура паперова та картонна (Макулатура)		буд.1, кв. 1, площа 6 м ²

4.8 Висновки до четвертого розділу

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 дипломній 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. Були наведені розміри приміщення та 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.

А також визначені основні екологічні аспекти впливу на навколишнє природне середовище та зазначені заходи щодо поводження з ними.

ВИСНОВОК

Проведено аналіз існуючих методів проектування ФБ і розробки бібліотеки ФБ і було вибрано функціонально-блоковий підхід до проектування, який дозволяє уявити функціонування розподіленої автоматизованої системи у вигляді взаємодії функціональних блоків незалежно від застосовуваних програмних і апаратних засобів, оновлювати виробництво шляхом зміни взаємодії функціональних блоків, синхронізувати потоки даних і подій в системі.

Особливу перспективність описуваної в даній магістерській роботі є розробка бібліотеки ФБ, призначеної для уніфікації правил створення розподілених додатків і застосування функціональних блоків в системах управління. Використання функціональних блоків забезпечує зрозуміле структурування даних менеджера, модульність і можливість повторного використання коду.

У магістерській роботі за результатами проведеного дослідження визначено, що інноваційні технології енергетики, спрямовані на розвиток Smart Grid і застосування функціональних блоків відповідно стандарту ІЕС-61499, дозволяє зробити систему управління більш гнучкою і сучасною.

Проведено дослідження методів проектування ФБ, та розробка бібліотеки ФБ. На основі проведеного аналізу були розроблені вимоги до методів проектування ФБ і розробки бібліотеки ФБ.

У ході практичної частини роботи були отримані наступні результати:

- розроблено алгоритми функцій ФБ;
- розроблено ФБ відповідно стандарту ІЕС-61499;
- розроблено алгоритм роботи прикладної програми;
- розроблена бібліотека ФБ.

Право на розроблені ФБ та бібліотеки ФБ належить до ПрАТ "СНВО "Імпульс". Результати роботи використовувалися при розробці ряду пристроїв релейного захисту ІmPR1 в ПрАТ "СНВО "Імпульс".

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

- [1] «CIGRE,» [Онлайновий]. Available: <http://www.cigre.org>.
- [2] Д. Г. Дерев'янку, К. Ю. Суменко та В. Г. Процько, «Матеріали конференції «Енергетика. Екологія. Людина». – С. 432–439.,» в *Аналіз особливостей забезпечення стійкості та надійності систем з інтеграцією джерел розосередженої генерації*, 2013.
- [3] V. Zhuikov та J. Petergerya, «Proceeding of 2-nd Conference "Power Electronic Devices Compatibility" Technical University Press. – P. 208–212.,» в *Intellectual systems to control energy generation and consumption in local objects*, Poland. – Zielona Gora: Technical University Press..
- [4] «MicroGrid – будущее электросетей. Кейсы, перспективы, возможности,» *Smart Energy*, 2018.
- [5] Н. В. Чернобровов та В. А. Семенов, Релейная защита энергетических систем, Энергоатомиздат. учеб. пособие для техникумов, 1998.
- [6] Я. Д. Баркан та Л. А. Орехов, Автоматизация энергосистем, Учебное пособие для студентов вузов. - М.: Высш. школа, 1981.
- [7] Л. А. Герман, М. И. Векслер та И. А. Шелом, Устройства и линии электроснабжения автоблокировки, 1987.
- [8] П. Д. Лежнюк, В. В. Кулик та О. А. Ковальчук, «Оптимізація режимів електричних мереж з відновлюваними джерелами енергії використанням Smart Grid технологій,» *Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка*, № Вип. 153, pp. С. 34-37., 2014.
- [9] «ПРАТ "СНВО "ІМПУЛЬС",» IMPULSE, 2018. [Онлайновий].
- [10] E. Yelisyev та T. Hilorme, «Power engineering development based on the principles of Smart Grid concept in Ukraine,» 2018.
- [11] S. P. Denysiuk, D. G. Derevianko та K. J. Sumenko, «Main features of assesment of quality of power supply in local electrotechnical systems with distributed generation,» 2015.

- [12] M. Ourahou, W. Ayra, B. Hassounia та A. Haddi, «Review on smart grid control and reliability in presence of renewable energies: Challenges and prospects,» 2018.
- [13] I. E. Commission, «Communication networks and systems for power utility automation - ALL PARTS,» *IEC 61850:2018 SER*, 2018.
- [14] I. E. Commission, «IEC 61499-1:2012. Function blocks - Part 1: Architecturehttps,» 07 11 2012. [Онлайновий]. Available: <https://webstore.iec.ch/publication/5506>.
- [15] Коршунов, «Курс лекций по релейной защите,» Саяно-Шушенский Филиал Сибирского Федерального Университета, 2017.
- [16] "FB Library Start-up Guide.," OMRON, [Online]. Available: <https://www.ia.omron.com>.
- [17] N. Higgins, «Distributed Power System Automation With IEC 61850, IEC 61499, and Intelligent Control,» *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Part C: Applications and Reviews.*, 2011.
- [18] C. Yang, «Towards implementation of Plug-and-Play and distributed HMI for the FREEDM system with IEC 61499,» *IEEE Industrial Electronics Society (IECON 2013) : 39th Annual Conference*, 2013.
- [19] "IEC 61499-4:2013. Function blocks - Part 4: Rules for compliance profiles," 2013. [Online]. Available: <https://webstore.iec.ch/publication/5508>.
- [20] D. P. Cezar, «A solution for applying IEC 61499 function blocks in the development of substation automation system,» 2015.
- [21] «Java implementation of IEC 61850 standard.,» SeriesOpenIEC61850, [Онлайновий]. Available: <http://www.openmuc.org>.
- [22] *НПАОП 0.00-6.03-93 «Порядок опрацювання та затвердження власником нормативних актів про охорону праці, що діють на підприємстві».*
- [23] *НПАОП 0.00-4.12-05 «Типове положення про порядок проведення навчання і перевірки знань з питань охорони праці».*
- [24] *НАПБ Б.02.005-2003 «Типове положення про інструктажі, спеціальне навчання та перевірку знань з питань пожежної безпеки на підприємствах, в установах та організаціях України».*

- [25] ДСН 3.3.6.042-99 «Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень».
- [26] ДСанПіН 3.3.2.007-98 «Правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин».
- [27] НПАОП 0.00.-1.28-10 «Правил охорони праці під час експлуатації електронно-обчислювальних машин».
- [28] ГОСТ 12.1.030-81 «ССБТ. Електробезпе́чність .Захисне заземлення. Занулення».
- [29] ГОСТ 13109-97 «Електрична енергія. Сумісність технічних засобів віелектромагнітних. Норми якості електроенергопостачання загального призначення ».
- [30] ДБН В.2.5-28:2015 «Природне і штучне освітлення».
- [31] НАПБ Б.03.002-2007 «Норми визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою».
- [32] ДСанПіН 2.2.7.029 «Гігієнічні вимоги щодо поводження з промисловими відходами та визначення їх класу небезпеки для здоров'я населення».
- [33] «Flexible Electricity Networks to Integrate the eXpected Energy Evolution,» 2009.
- [34] «European Smart Grids Technology Platform, Vision and strategy for Europe's Electricity Networks of the Future,» European Comission EUR22040, 2006.
- [35] R. Belhomme, «ADDRESS – Active demand for the smart grids of the future,» *Proceedings CIRED Seminar 2008: Smart Grids for Distribution*, № Paper No. 0080;, 2008.
- [36] *Методичні вказівки до виконання та захисту магістерської роботи за спеціальностями 122 "Комп'ютерні науки та інформаційні технології" (8.05010101 "Інформаційні управляючі системи та технології (за галузями)", 8.05010102 "ІТП"), 123 "Комп. Інженерія".*

Додаток А. Комп'ютерна презентація

СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
імені ВОЛОДИМИРА ДАЛЯ

Комплексна тема: Smart Grid. Методи розробки функціональних блоків системи релейного захисту та автоматики

студент гр. КН-17зм:
керівник проекту:

Чернобровкіна Вероніка Олегівна
Єлісєєв Володимир Васильович

Рисунок А.1 – Слайд №1

Актуальність

В ПрАТ "СНВО "Імпульс" проводиться розробка мікропроцесорного пристрою релейного захисту та автоматики (ImPR1), для якого необхідно розробити бібліотеку функціональних блоків (ФБ), яка повинна застосовуватись у складі системного програмного забезпечення (СПЗ).

Необхідність розробки методів ФБ обумовлена подальшою розробкою бібліотеки ФБ, а також економічною рентабельністю для "Імпульс".



2

Рисунок А.2 – Слайд №2

Мета:

Метою роботи є дослідження методів проектування ФБ, які дозволять перетворити структурну схему досліджуваного об'єкта в логічну структуру перетворення параметрів, встановити взаємозв'язок між вхідними і внутрішніми параметрами і блоками перетворення інформаційних потоків в об'єкті дослідження та розробка бібліотеки ФБ.

Основні задачі:

- виконати аналіз вимог до функціональних характеристик Smart Grid;
- виконати аналіз вимог до сучасних МП РЗА;
- виконати аналіз існуючих методів розробки ФБ та бібліотеки ФБ системи РЗА;
- розробити вимоги до ФБ та бібліотеки ФБ;
- розробити алгоритми ФБ системи РЗА;
- розробити бібліотеку ФБ системи РЗА.

3

Рисунок А.3 – Слайд №3

Постановка задачі:

- виконати аналіз стандартів IEC-61850 і IEC-61499;
- дослідити методи розробки ФБ;
- розробити вимоги до проектування ФБ;
- розробити алгоритми ФБ;
- розробити вимоги до бібліотеки ФБ;
- розробити бібліотеку ФБ.

Реалізація алгоритмів ФБ повинно бути виконано у вигляді бібліотеки ФБ. Алгоритми ФБ повинні бути написані на мові С.

4

Рисунок А.4 –Слайд №4

Вимоги до ФБ:

Процес розробки ФБ повинен описуватись на основі аналізу діаграми управління ЕСС і включати наступні етапи:

- ініціалізація і виклик екземпляра для перевірки вхідної події;
- перевірка на появу події;
- виконання алгоритму ФБ;
- генерація вихідного події.

Бібліотека ФБ повинна виконуватися в середовищі операційної системи реального часу (ОСРЧ) Linux-RT.

5

Рисунок А.5 – Слайд №5

Постановка задачі до бібліотеки ФБ відповідно ІЕС-61499

Логічні ФБ повинні приймати на входи значення сигналів, виконувати функції (OR, AND, XOR, GATE та ін.) та формувати значення сигналів на виходи.

Базові ФБ повинні приймати на входи результат роботи інших ФБ згідно конфігурації і виконувати розрахунок алгоритму ФБ відповідно до заданих уставок та формувати значення розрахунку на своїх виходах.

Композиційні ФБ – це набір із базових ФБ, вони повинні приймати на входи значення сигналів, уставки і виконувати функцію розрахунку алгоритму ФБ та формувати значення сигналів на виходи.

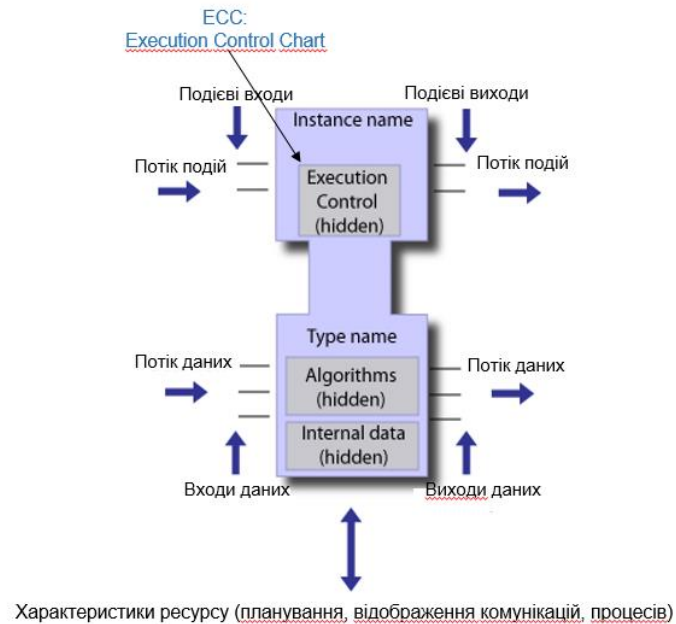
Сервісні ФБ повинні приймати на входи значення сигналів, уставки і виконувати функції:

- обробки аналогових сигналів;
- управління режимом роботи ImPR1;
- первинної обробки даних ПЗО.

6

Рисунок А.6 – Слайд №6

Функціональний блок



7

Рисунок А.7 – Слайд №7

Розробка алгоритмів функцій ФБ

ФБ описується двома функціями:

- функція розрахунку логіки ФБ - викликається при циклічному виконанні прикладної програми;
- функція ініціалізації ФБ - викликається при ініціалізації менеджера виклику ФБ.

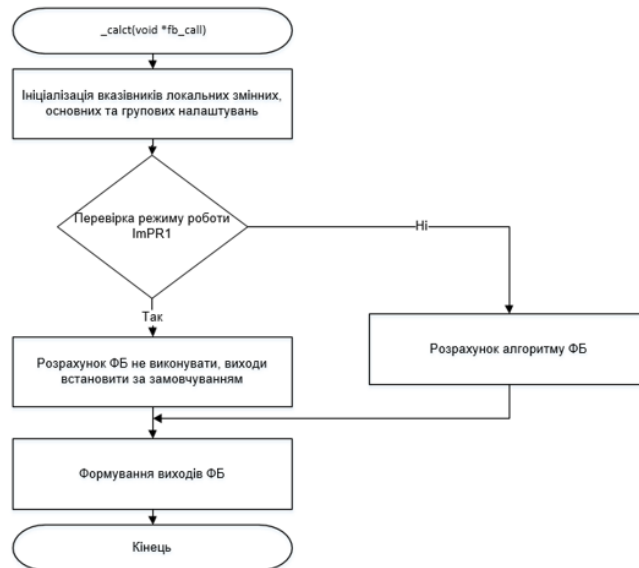


8

Рисунок А.8 – Слайд №8

Розробка алгоритмів функцій ФБ

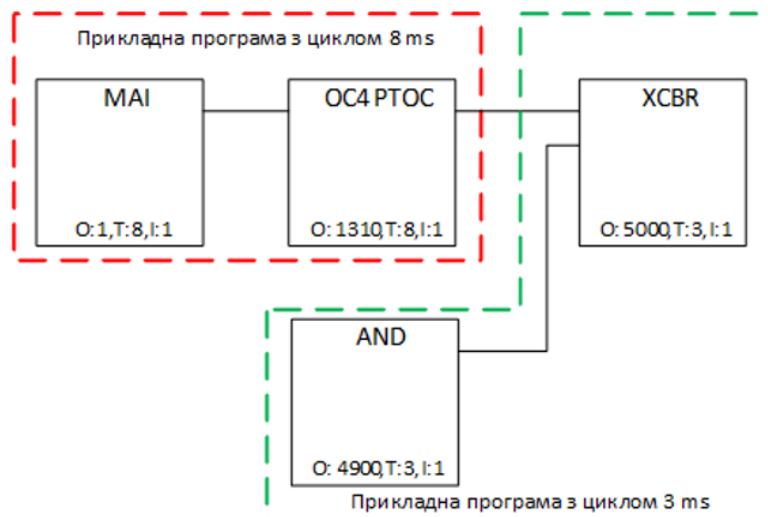
Алгоритм функції розрахунку ФБ



9

Рисунок А.9 – Слайд №9

Розділення ФБ за прикладними програмами



10

Рисунок А.10 – Слайд №10

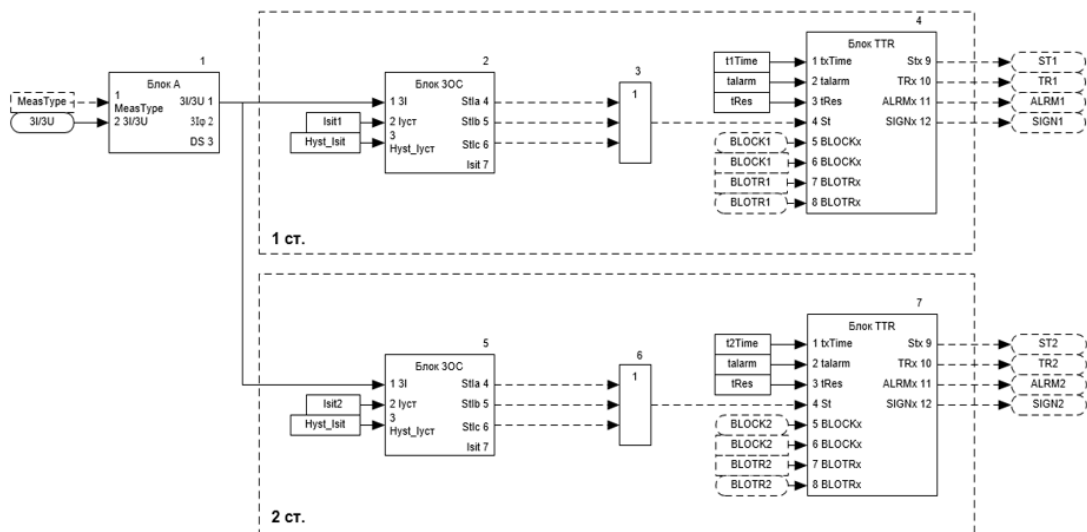
Базовий ФБ по перевищенню струму ЗОС



11

Рисунок А.11 – Слайд №11

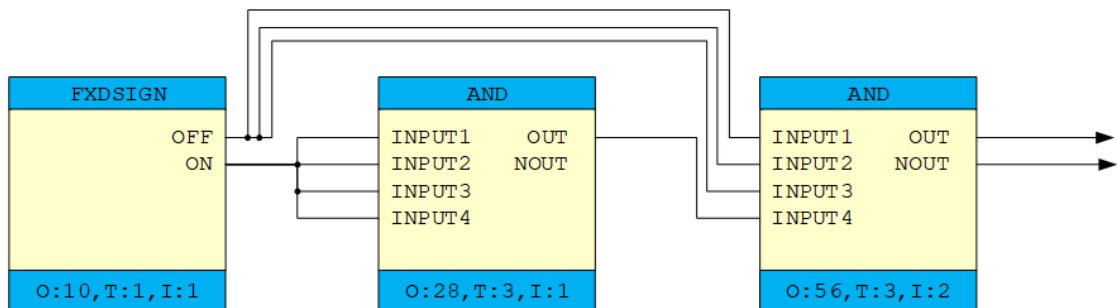
Композиційний ФБ логічного захисту шин 2РТОС



12

Рисунок А.12 – Слайд №12

Приклад алгоритма прикладної програми з декількома ФБ



13

Рисунок А.13 – Слайд №13

Висновок

У ході виконання роботи було виконано:

- аналіз стандартів IEC-61850 і IEC-61499;
- аналіз методів розробки ФБ;
- вимоги до проектування ФБ;
- розробку алгоритмів функцій ФБ;
- розробку ФБ відповідно стандарту IEC-61499;
- приклад прикладної програми для електростанцій;
- розробку бібліотеки ФБ.

14

Рисунок А.14 – Слайд №14