

Хмельницький національний університет
Факультет інформаційних технологій
Кафедра комп'ютерної інженерії та інформаційних систем

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА МАГІСТРА

Галузь знань _____ 12 – Інформаційні технології _____

Спеціальність _____ 123 – Комп'ютерна інженерія _____

на тему «Метод і система структурного синтезу підсистем первинних перетворювачів відновлюваної енергії систем електрозабезпечення технічних засобів»

КВРКІ. 016016.27.01.01 ПЗ

Виконав: студент 2 курсу, група КІ2м-20-1



Підпис

Савчук О.О.
Ініціали, прізвище

Керівник кандидат техн. наук, доцент
Науковий ступінь, вчене звання



Підпис

Боровик О.В.
Ініціали, прізвище

До захисту допускаю:
Зав. кафедри КІС, д.т.н., проф.

Т.О. Говорущенко



_____ 2022 р.

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Кафедра КОМП'ЮТЕРНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ

Освітній рівень МАГІСТР

Галузь знань 12 ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ

Спеціальність 123 КОМП'ЮТЕРНА ІНЖЕНЕРІЯ

Освітня програма ОСВІТНЬО-НАУКОВА ПРОГРАМА «КОМП'ЮТЕРНА ІНЖЕНЕРІЯ ТА ПРОГРАМУВАННЯ»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. кафедри Т.О.Говорущенко



“ 01 ” 09 2021 р.

ЗАВДАННЯ НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ (РОБОТУ)

Савчуку Олексію Олеговичу

Прізвище, ім'я, по батькові студента

1. Тема проекту (роботи) Метод і система структурного синтезу підсистем первинних перетворювачів відновлюваної енергії систем електрозабезпечення технічних засобів

Керівник проекту (роботи) Боровик О.В., д.т.н., професор

Прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання

Затверджена наказом ректора університету від 06.01.2022 р. № 1

2. Строк подання студентом проекту (роботи) на кафедру 20.05.2022 р.

3. Вихідні дані до проекту (роботи) Завдання на дипломне проектування



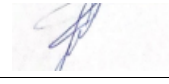

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) _____
Аналіз систем електрозабезпечення технічних засобів та структурного синтезу підсистем первинних перетворювачів відновлювальної енергії

Проектування структури досліджувальних підсистем первинних перетворювачів відновлювальної енергії

Удосконалення методу структурного синтезу підсистем первинних перетворювачів відновлювальної енергії

5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслень) _____

6. Консультанти розділів дипломного проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Нормоконтроль	Лисенко С.М., професор кафедри КПС		
Антиплагіат	Нічепорук А.О., доцент кафедри КПС		

7. Дата видачі завдання « 06 » 09 2021р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№з/п	Назва етапів (розділів) дипломного проекту (роботи)	Термін виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	Вибір напряму дослідження та узгодження тематики ДРМ з керівником	05.09.2021	виконано
2	Ознайомлення з предметною областю; формулювання мети та задач дослідження; визначення об'єкта та предмета дослідження	05.10.2021	виконано
3	Робота над розділом 1 – аналіз відомих моделей, методів за темою; постановка задачі	14.01.2022	виконано
4	Робота над розділом 2 – розробка моделей для вирішення поставленої задачі	04.02.2022	виконано
5	Робота над науковою статтею	12.02.2022	виконано
6	Робота над розділом 3 – розробка методів для вирішення поставленої задачі	25.02.2022	виконано
7	Робота над розділом 4 – проектування та розробка ПЗ для вирішення поставленої задачі, експериментальна частина	14.03.2022	виконано
8	Оформлення пояснювальної записки згідно вимог	15.04.2022	виконано
9	Попередній захист ДРМ	29.04.2022	виконано
10	Захист ДРМ на засіданні ЕК	До 20.05.2022	

Студент



Підпис

О.О. Савчук

Ініціали, прізвище

Керівник проекту (роботи)



Підпис

О.В. Боровик

Ініціали, прізвище

РЕФЕРАТ

Тема дипломної роботи: Система профілювання вразливостей при керуванні розумним будинком.

Автор роботи: Савчук Олексій Олегович.

Керівник роботи: Боровик Олег Васильович.

Пояснювальна записка: 118 с., 48 рис., 4 табл., 3 дод., 52 джерела.

Інтернет речей, розумний будинок, автоматизація, профіль активів, оцінка ризиків, безпека системи.

Об'єктом дослідження є структурний синтез підсистем первинних перетворювачів.

Предметом дослідження є методи структурного синтезу підсистем первинних перетворювачів.

Метою даної роботи є удосконалення методу функціонування системи структурного синтезу підсистем первинних перетворювачів.

Для розв'язання поставлених задач використовувалися аналітичні та математичні методи дослідження, засоби комп'ютерних мереж, персональний комп'ютер.

Наукова новизна отриманих результатів:

– Удосконалений метод структурного синтезу підсистем первинних перетворювачів відновлювальної енергії систем електрозабезпечення технічних засобів;

– Набула подальшого розвитку інформаційна технологія обробки інформації у підсистемах первинних перетворювачів відновлюваної енергії систем електрозабезпечення технічних засобів.

На основі проведених досліджень запропонована система профілювання вразливостей при керуванні розумним будинком.

Практична значимість отриманих результатів полягає у тому, що удосконалено метод та запропоновано алгоритм, котрий реалізує логіку потрібної обробки даних про функціонування первинних перетворювачів.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
1 ХАРАКТЕРИСТИКА СИСТЕМ ЕЛЕКТРОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ І ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ СТРУКТУРНОГО СИНТЕЗУ ЇХ ПІДСИСТЕМ ПЕРВИННИХ ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ ВІДНОВЛЮВАНОЇ ЕНЕРГІЇ.....	7
1.1.Аналіз схем систем електрозабезпечення технічних засобів підсистем первинних перетворювачів відновлюваної енергії	7
1.2.Аналіз структурно-логічних схем систем електрозабезпечення та існуючого науково-методичного апарату структурного синтезу підсистем первинних перетворювачів відновлюваної енергії систем електрозабезпечення технічних засобів	17
1.2.1 Структурно-логічні схеми систем електрозабезпечення технічних засобів	17
1.2.2 Аналіз принципів схем фотоелектричних систем.....	20
1.2.3 Аналіз існуючого програмного забезпечення підсистем первинних перетворювачів відновлюваної енергії систем електрозабезпечення технічних засобів	23
1.3.....Постановка задачі структурного синтезу підсистем первинних перетворювачів відновлюваної енергії систем електрозабезпечення технічних засобів	40
1.4Висновки.....	41
2 ПРОЕКТУВАННЯ СХЕМИ АПАРАТНИХ ЗАСОБІВ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ З БЛОКОМ НЕЧІТКОГО УПРАВЛІННЯ ТА УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДУ СТРУКТУРНОГО СИНТЕЗУ ПІДСИСТЕМ ПЕРВИННИХ ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ	

ВІДНОВЛЮВАНОЇ ЕНЕРГІЇ СИСТЕМ ЕЛЕКТРОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ	42
2.1 Удосконалення методу структурного синтезу підсистем первинних перетворювачів відновлюваної енергії систем електрозабезпечення технічних засобів	42
2.2 Розробка структури досліджуваних підсистем	47
2.3 Технології апаратних автоматизованих систем та узагальнена схема апаратних засобів інтелектуальної системи управління з блоком нечіткого управління	55
2.4 Висновки	64
3 АЛГОРИТМИ ТА ТЕХНОЛОГІЯ ОБРОБКИ ІНФОРМАЦІЇ У ДОСЛІДЖУВАНИХ ПІДСИСТЕМАХ ПЕРВИННИХ ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ ВІДНОВЛЮВАНОЇ ЕНЕРГІЇ СИСТЕМ ЕЛЕКТРОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ	67
3.1 Алгоритми обробки інформації	67
3.2 Технологія обробки інформації	77
3.3 Проектування програмного забезпечення досліджуваних підсистем первинних перетворювачів відновлюваної енергії систем електрозабезпечення технічних засобів	82
3.4 Висновки	95
4 ПРОГРАМНО-ТЕХНІЧНА СИСТЕМА ОБРОБКИ ІНФОРМАЦІЇ У ДОСЛІДЖУВАНИХ ПІДСИСТЕМАХ ПЕРВИННИХ ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ ВІДНОВЛЮВАНОЇ ЕНЕРГІЇ СИСТЕМ ЕЛЕКТРОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ	96
4.1 Опис середовища розробки програмно-технічної системи.....	96
4.2 Програмна реалізація обробки інформації у досліджуваній програмно- технічній системі.....	100
4.3 Висновки	113
ВИСНОВКИ	114
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	116

ДОДАТКИ	120
ДОДАТОК А.....	121
ДОДАТОК Б	121
ДОДАТОК В.....	121

СКОРОЧЕННЯ ТА УМОВНІ ПОЗНАКИ

ПП – первинні перетворювачі

ФЕУ – фотоелектричні установки

АКБ – акумуляторні батареї

АРМ – автоматизованих робочих місць

ПЗ – програмне забезпечення

ПАЕ – пристрій акумуляції енергії

ЦПМ – центральної промислової мережі

АвЕС – автономних електростанцій

СЕЗ – систем електрозабезпечення

ПУ – підсистемні утиліти

ВСТУП

На сьогоднішній день досить актуальним є завдання в області удосконалення функціонування системи структурного синтезу підсистем первинних перетворювачів.

Вказаним питанням присвячувалась увага в ряді наукових праць, зокрема [13-54]. У цих роботах в основному увага приділялася розробці механізмів та підходів в області забезпечення системної оцінки функціонування системи структурного синтезу підсистем первинних перетворювачів. З метою визначення оптимального варіанту програмних розробок в даній області, як правило, досліджувалися питання підвищення ефективності опрацювання інформації про ПП, або удосконалення системи їх використання.

Метою даної роботи є удосконалення методу функціонування системи структурного синтезу підсистем первинних перетворювачів.

Поставлена мета передбачає вирішення наступних задач:

- аналізу систем структурного синтезу підсистем первинних перетворювачів відновлюваної енергії;
- проектування структури досліджуваних підсистем первинних перетворювачів відновлюваної енергії систем електрозабезпечення технічних засобів;
- розробки алгоритмів та обрання технології обробки інформації у досліджуваних підсистемах первинних перетворювачів відновлюваної енергії систем електрозабезпечення технічних засобів;
- розробка програмно-технічної системи обробки інформації у досліджуваних підсистемах первинних перетворювачів відновлюваної енергії систем електрозабезпечення технічних засобів.

Об'єктом дослідження є структурний синтез підсистем первинних перетворювачів.

Предметом дослідження є методи структурного синтезу підсистем первинних перетворювачів.

У ході виконання роботи було застосовано методи структурного синтезу та моделювання.

Основні наукові результати

- удосконалений метод структурного синтезу підсистем первинних перетворювачів відновлювальної енергії систем електрозабезпечення технічних засобів.

- набула подальшого розвитку інформаційна технологія обробки інформації у підсистемах первинних перетворювачів відновлюваної енергії систем електрозабезпечення технічних засобів.

Структура роботи складається із вступу, 4 розділів, висновків, переліку використаних джерел та додатку.

У розділі 1 було проведено:

- 1) аналіз систем електрозабезпечення технічних засобів підсистем первинних перетворювачів відновлюваної енергії;
- 2) аналіз структурно-логічних схем систем електрозабезпечення та існуючого науково-методичного апарату структурного синтезу підсистем первинних перетворювачів відновлюваної енергії систем електрозабезпечення технічних засобів;
- 3) зроблено постановку задачі структурного синтезу підсистем первинних перетворювачів відновлюваної енергії систем електрозабезпечення технічних засобів.

У розділі 2 були вирішені питання, які пов'язані з проектуванням структури досліджуваних підсистем первинних перетворювачів відновлюваної енергії систем електрозабезпечення технічних засобів.

У розділі 3 вирішені завдання, які пов'язані із алгоритмічною обробкою інформації про реальний стан ПП та розглянуто технологічні засади обробки даної інформації. У результаті запропоновано алгоритм, котрий реалізує логіку потрійної обробки даних про функціонування ПП.

У розділі 4 вирішено завдання, які пов'язані із програмною реалізацією методикою структурного синтезу особливостей ПП АЕК з ЕП.

1 ХАРАКТЕРИСТИКА СИСТЕМ ЕЛЕКТРОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ І ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ СТРУКТУРНОГО СИНТЕЗУ ЇХ ПІДСИСТЕМ ПЕРВИННИХ ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ ВІДНОВЛЮВАНОЇ ЕНЕРГІЇ

1.1. Аналіз схем систем електрозабезпечення технічних засобів підсистем первинних перетворювачів відновлюваної енергії

Результати аналізу відомих схем сонячних автономних фотоелектричних установок (ФЕУ). Схему традиційної ФЕУ зображено на рисунок 1.1. Вона складається з двох типів перетворювачів DC/DC постійної напруги: 36/72 та 72/400 В та інвертора DC/AC 400В – 230 В 50 Гц [15].

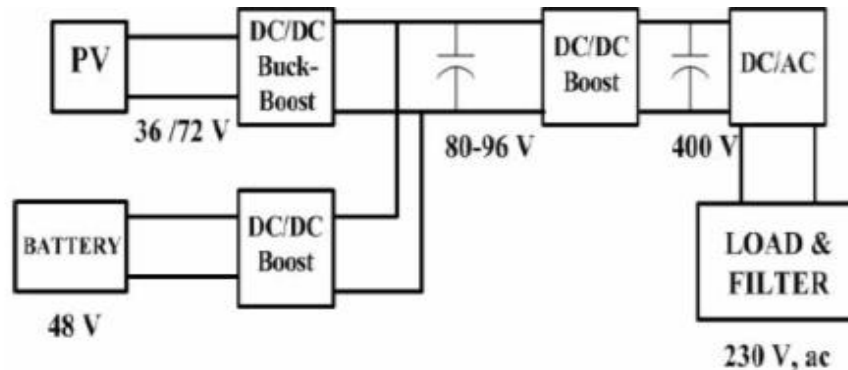


Рисунок 1.1. Блок схема багатокаскадної ФЕУ

Для цієї схеми використовується інвертор на основі трьох рівнів напруги: 0 , $0,5U_n$, U_n , що дозволяє зменшувати значення маси пасивного L - C фільтра.

Силова схема інвертора із трьома рівнями напруги показана на рис.1.2. В інверторі комутаційні пристрої працюють із частотою перемикування 50 кГц для системи 5 до ВА [15].

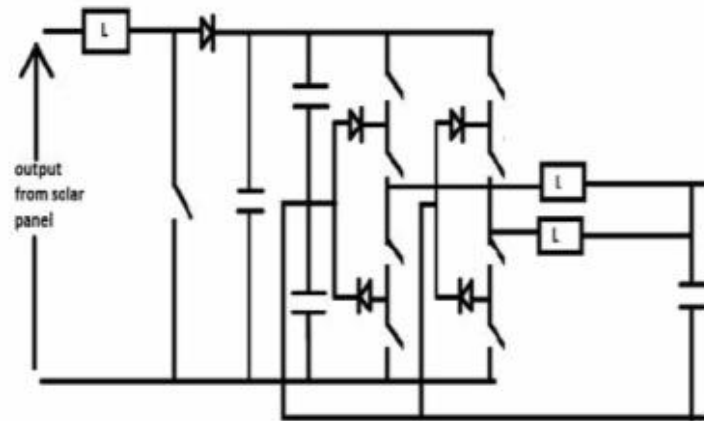


Рисунок 1.2 Схема інвертора з 3 рівнями напруги для ФЕУ

Зниження втрат у сонячних фотоелектричних системах. Недоліком традиційної схеми ФЕУ, показаної на рисунку 1.2 є велика кількість ступенів перетворення енергії (3 ступені).

Якщо зменшити кількість етапів перетворення енергії, загальна ефективність системи може бути збільшена і одночасно надійність системи може бути підвищена [19].

В межах дослідження було проаналізовано дві топології системи ФЕУ, що описані нижче. Ефективність цих схем перевіряється за допомогою детальних досліджень під час моделювання. Трансформаторна схема, що поєднує інверторну та конверторну частини ФЕУ. Принципова схема показана на рисунку 1.3. В цьому випадку потік потужності від СБ та АБ, що знаходяться під керуванням загальної шини постійного струму, передається у навантаження через високочастотний трансформатор, який забезпечує гальванічні ізоляції між навантаженням та системою СБ та АБ та підвищення напруги від ланцюга постійного струму до навантаження.

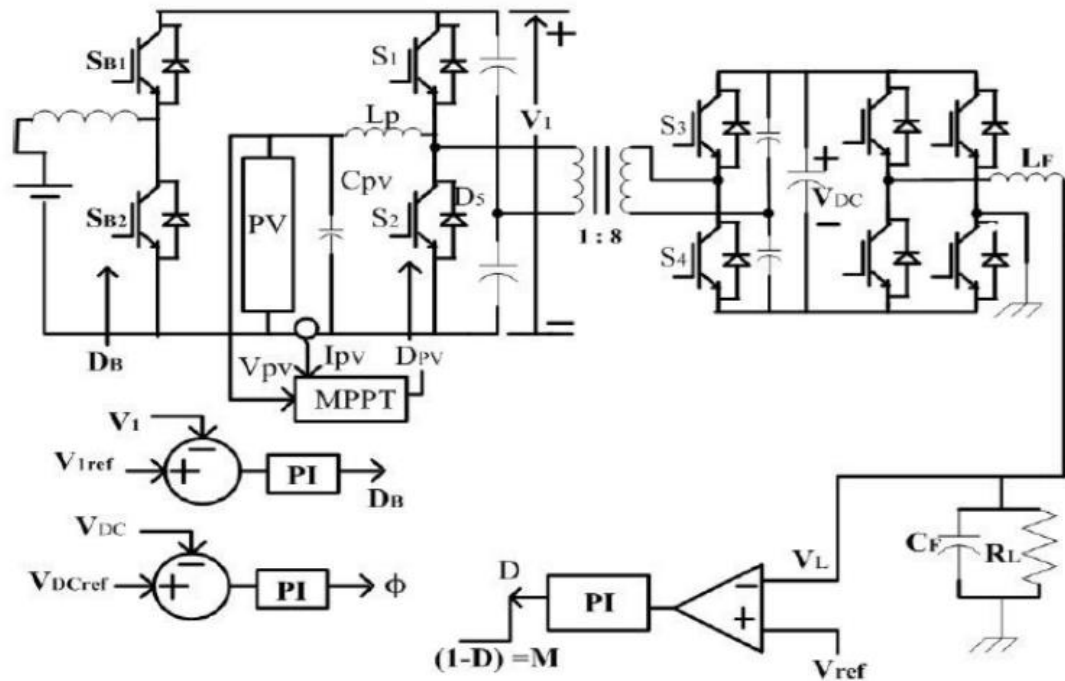


Рисунок 1.3. Принципова трансформаторська схема ФЕУ

Одноступінчаста система підвищення напруги та інвертування. Принципова схема перетворювача, що реалізує ці функції, наведена на рисунку 1.4 [56].

У цьому випадку функція перетворювача постійного струму та інвертора виконується чотирма транзисторами VT_1/VT_4 .

Підвищують напругу транзистори VT_1, VT_3 , що утворюють з дроселями L_1, L_2 пушпульні конвертори напруги. Підвищена напруга, яка виникає на дроселях L_1, L_2 при комутації транзистори VT_1, VT_3 подається на вихідний конденсатор C_2 через діоди VD_1, VD_2 і транзистори VT_2, VT_4 .

Позитивна напівхвиля вихідної напруги створюється діодом VD_1 та транзистором VT_2 , а негативна напівхвиля створюється діодом VD_2 та транзистором VT_4 . Транзистори VT_2, VT_4 включені по половині періоду частоти 50 Гц. Дроселі L_1, L_2 виконує функцію накопичувачів енергії, що

відбирається від СБ і передається через діоди транзистори VD_1 , VD_2 та VT_2 , VT_4 та конденсатор C_2 .

Конвертор напруги на транзисторах VT_1 , VT_3 виконує функцію регулятора напруги на СБ, забезпечуючи його роботу у точці максимальної потужності (операція MPPT) [25] повідомляється, що перетворювач за такою схемою має характеристики:

- 1) вхідна напруга постійного струму: 40 В;
- 2) вихід інвертора напруги: 230 В 50 Гц;
- 3) потужність: 500 ВА.

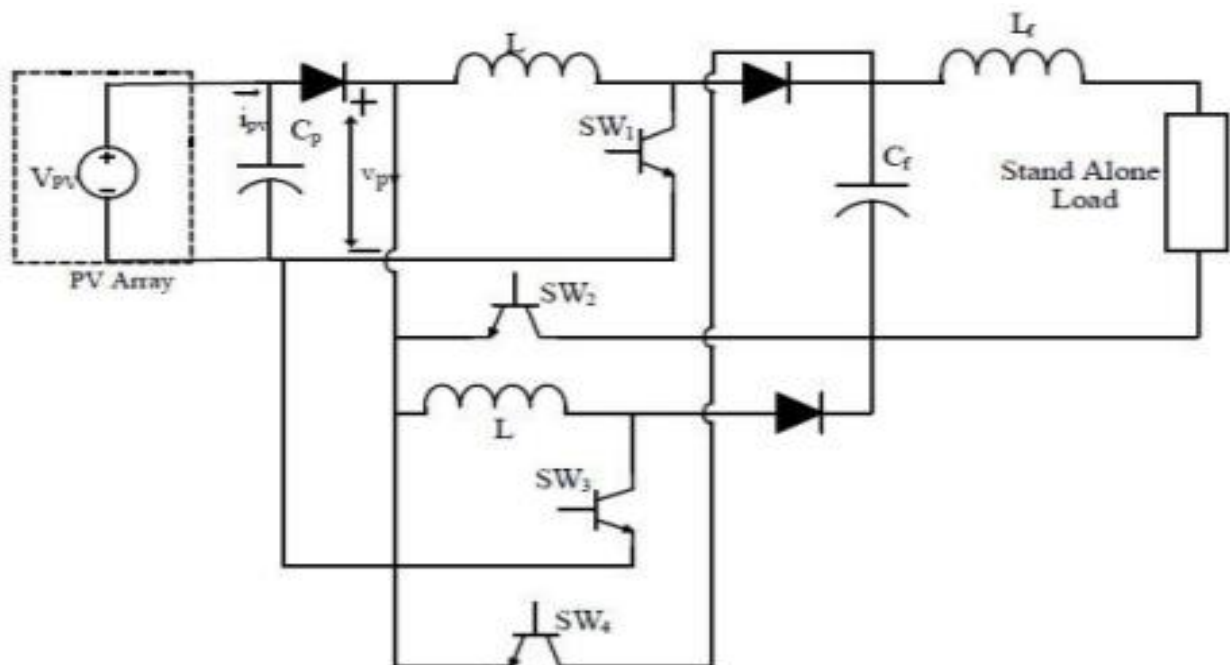


Рисунок 1.4 – Принципова схема перетворювача

Схема управління ФЕУ виконує дві групи функції: формування вихідної напруги з низьким коефіцієнтом гармонік та сервісні функції ФЕУ як нового елемента житлового будинку: робота з різним характером навантажень (хрест-фактор $1 \div 4$), захист персоналу та АБ від перенапруг та перерозряду, видача персоналу інформації про стан ФЕУ у всіх відомих схемах інверторів управління силовими транзисторами здійснюється схемою управління, що

містить сигнальний мікропроцесор, що формує задану синусоїдальну напругу з заданою частотою, схему вимірювання миттєвого значення вихідної напруги інвертора, схему формування струмового коридору між заданим значенням синусоїдальної напруги і вимірюваним напр, що управляють ШІМ імпульсів на високій частоті, що управляють транзисторами інвертора [32].

Недоліком цих схем (рисунок 1.1-1.4) є наявність імпортованих мікросхем, складність системи формування синусоїдальної ШІМ, інерційність вимірювального органу напруги, що призводить до появи паразитних стрибків напруг поблизу нульового значення, поява модуляції напруги на частоті 25 Гц, модуляції вхідного навантаження при зміні номінального навантаження ($\cos\varphi=0,4\div 1$).

Як правило ці системи третього порядку, що не стійкі, вимагають коригувальних пристроїв, що підвищують швидкодію.

Окрім сонячних електростанцій в Україні та ЄС суттєвого поширення здобуло використання вітряних електростанцій.

Для вітрової енергетики застосування енергії вітрового потоку для генерації електричної енергії за допомогою ВЕУ пов'язане з складністю. Швидкість вітру є не постійною величиною, і в більшості випадків має випадковий характер внаслідок зміни погодних умов на території розташування ВЕУ.

Даний факт призводить до значних змін швидкості обертання вітроколеса ВЕУ в результаті чого варіюється вихідна напруга на валу генератора (Д), що призводить до мінливості його характеристик за амплітудою, частотою та фазою. Скидання або відключення навантаження так само є факторами, що дестабілізують, які призводять до зміни характеристик генерованої енергії. ВЕУ виробляють електрику за рахунок енергії повітряних мас, що переміщуються - вітру. Вітер обертає лопаті турбіни вітроколеса, і вони починають обертатися за рахунок кінетичної енергії вітру. Ротор генератора, що знаходиться на одному валу з турбіною, починає обертатися. Повертаючись, ротор виробляє трифазний змінний струм. Вироблений генератором струм передається на контролер.

Контролер перетворює його на постійний і заряджає АБ. Проходячи через них, струм надходить на інвертор, який, у свою чергу, перетворює його в змінну напругу 220, частотою 50 Гц і заданої амплітуди і фази. Однак, можливості інвертора щодо підтримки заданих параметрів вихідної напруги установки обмежені, а за відсутності вітру у ізолюваного від єдиної енергетичної системи (ЄЕС) споживача виникає ризик залишитися без електроенергії.

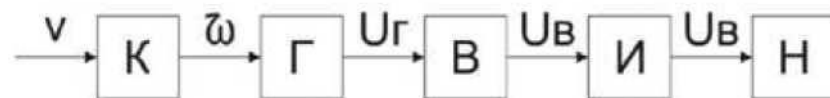


Рисунок. 1.5 – Модель генерації електричної енергії за допомогою ВЕУ

На практиці графік вироблення електроенергії ВЕУ не збігається з графіком навантаження споживача енергії. Таким чином, виникають потреби для створення запасу енергії, які надалі можна використовувати у разі дефіциту енергії.

З метою зменшення ймовірності виникнення подібної ситуації, у конструкції ВЕУ має бути передбачене електропостачання, що не залежить від змін погодних умов. На даний час у складі вітроенергетичної установки малої потужності використовують акумуляторні батареї (АКБ). АКБ встановлюють на постійну напругу між випрямлячем і інвертором. Під час надлишку потужності, що генерується, батарея заряджається, а під час дефіциту - віддає накопичену енергію інвертору(рисунок 1.6.).

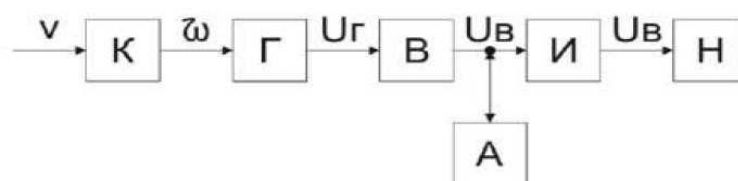


Рисунок. 1.6 -Модель генерації електричної енергії за допомогою ВЕУ із застосуванням АКБ

Така схема має свої недоліки, один із них - обмежена ємність батарей. При досить тривалій відсутності потужності, що генерується (погані метеоумови, вихід з ладу частини генеруючого обладнання і т.д.) запасена енергія витратиться споживачем. Для забезпечення енергопостачання споживача в локальних енергосистемах на базах ВЕУ доцільно встановлювати додаткові джерела енергії, наприклад сонячні панелі, дизель-генератори, біоетанолові установки. Це дозволить зменшити залежність споживача від одного виду джерел енергії, відповідно підвищить надійність енергопостачання.

Другим недоліком є характеристики АКБ, які встановлюються на вітроенергетичних установках малої потужності. На сьогоднішній день широкого поширення набули свинцево-кислотні акумулятори, створені за технологіями AGM (AbsorbentGlassMat) та GEL (гелеві). У цих типів батарей є свої особливості циклів заряду-розряду, свої переваги та недоліки.

У разі різкого збільшення потужності навантаження можуть виникнути провали напруги, які не зможуть компенсувати акумулятори через свої характеристики.

Для створення подібної комбінованої системи зберігання енергії потрібна розробка спеціального блоку управління, який повинен керувати всіма можливими джерелами енергії відповідно до найбільш оптимальних режимів функціонування кожного вузла системи з метою забезпечення якісного та безперебійного енергопостачання споживача. В основі роботи такого модуля може бути нечітка логіка. Приклад застосування нечіткої логіки для узгодження режимів роботи ВЕУ з графіком навантаження розглянутий у роботі [45] .

На рисунку 1.7 представлена принципова схема установки виконаної з урахуванням ВЕУ із застосуванням у системі акумуляування енергії, і навіть додатковим джерелом енергії як дизель-генератора.

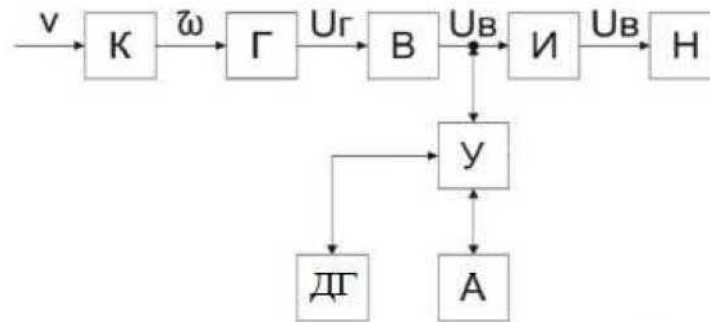


Рисунок. 1.7 - Модель генерації електричної енергії за допомогою ВЕУ з додатковими блоками

Таким чином, проблеми генерації електричної енергії за допомогою ВЕУ пов'язані з мінливістю швидкості вітрового потоку, тому виникає потреба поєднувати різні типи джерел генерації енергії, а також створювати системи акумуляції енергії, здатні довго зберігати великий запас електроенергії. Створення такої системи вимагатиме розробки додаткового блоку управління та алгоритмів його роботи.

Технічними проблемами децентралізованих систем електропостачання, що використовують енергоустановки відновлюваної енергетики, є:

- 1) непостійність у часі енергії первинного енергоносія та стохастичний характер навантаження споживача – потрібне гарантоване джерело живлення, яке забезпечує споживача електроенергією в періоди відсутності або недостатності первинного відновлюваного енергоресурсу;
- 2) потужності генеруючих джерел та електричного навантаження знижує загальний рівень надійності електропостачання споживачів та негативно позначається на якості генерованої електроенергії - необхідне гарантоване джерело живлення, що забезпечує споживача якісною електроенергією у статичних та динамічних режимах зміни навантаження;
- 3) яскраво-виражена залежність вироблюваної потужності генеруючими установками відновлюваної енергетики від параметрів відновлюваного

енергоресурсу (для вітроенергетичних установок кубічна залежність вихідної потужності від швидкості вітру) вимагає наявності в енергетичній системі спеціальних пристроїв, що обмежують вихідну потужність, періоди пікової потужності первинного енергоносія.

Схема забезпечення електроенергією без централізованого електропостачання на рисунку 1.8, де представлена робота ВЕУ в автономному режимі.

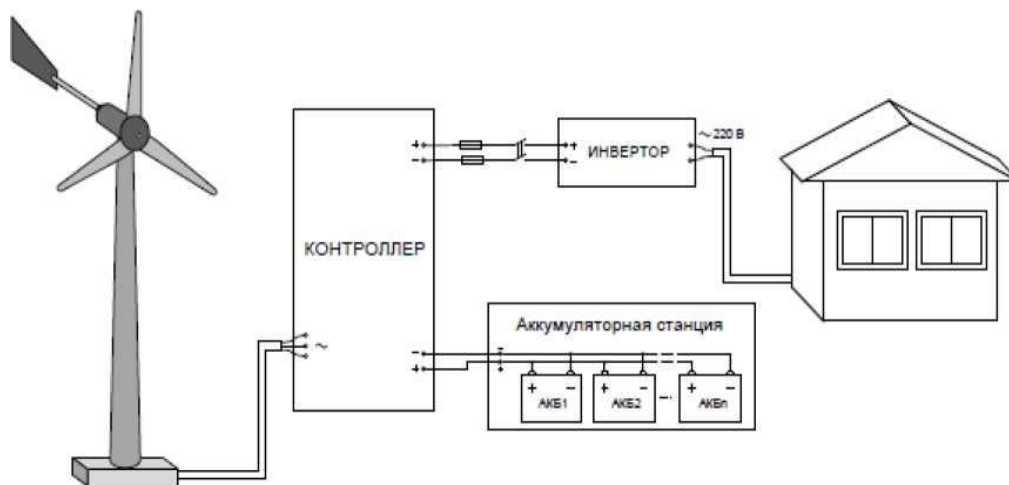


Рисунок 1.8 – Схема забезпечення електроенергією без централізованого електропостачання

Щоб забезпечити електропостачання споживача за відсутності вітру, автономну ВЕУ з іншими джерелами енергії (рисунок 1.9) (сонячні модулі, мікроГЕС, дизель-генератор і т. д.). [26] Це надійний та ефективний спосіб автономного електропостачання. Спільна робота цих джерел залежить від погодних умов і часу доби, оскільки в сонячну погоду ефективно працюють сонячні батареї, а вітрогенератор працює за наявності вітру, наприклад, вночі і в похмуру погоду АБ заряджаються від вітрової установки [5]. Такий варіант електроживлення забезпечить безперебійне електропостачання.

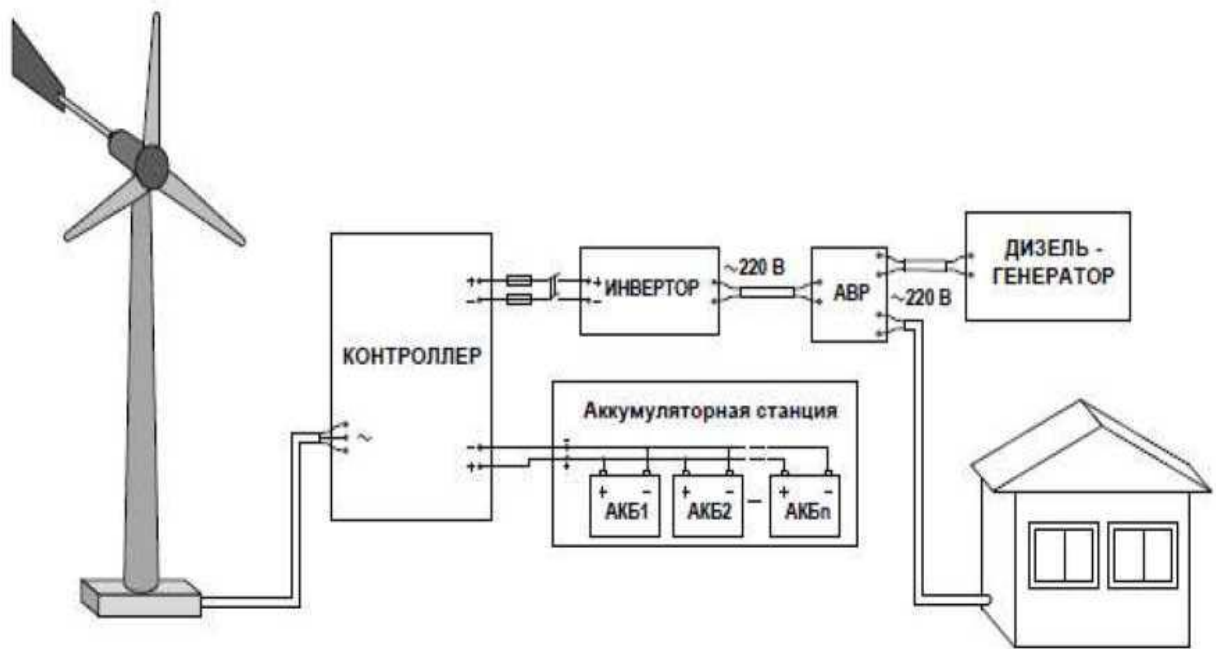


Рисунок 1.9 – Схема забезпечення електроенергією з дизель-генератором.

За наявності централізованого електропостачання застосовується комбінована схема резервного електропостачання при частих відключеннях мережевого електроживлення (рисунок 1.10).

При сильному вітрі мережевий вітрогенератор виробляє електроенергію у надмірній кількості і її надлишок можна перенаправити у загальну мережу, а за відсутності або ослаблення вітру споживач електроприладів отримує електроенергію від загальної електромережі. [5].

Якщо напруга в мережі є, контролер заряджає акумулятори і передає в ланцюг споживачів електроенергію мережі через вбудований стабілізатор напруги. Перемикання в режим інвертора при відключенні мережі відбувається за 4 мс за допомогою АВДР, яке не позначається на роботі жодних побутових споживачів.

Таким чином з даного підрозділу встановлено що в Україні та ЄС суттєвого поширення здобили сонячні та вітрові електростанції, для яких характерна досить суттєва кількість варіацій схем забезпечення електроенергією.

В межах подальшого їх розвитку досить актуальним є аналіз структурно-логічних схеми систем електрозабезпечення та існуючого науково-методичного

апарату структурного синтезу підсистем первинних перетворювачів відновлюваної енергії систем електрозабезпечення технічних засобів.

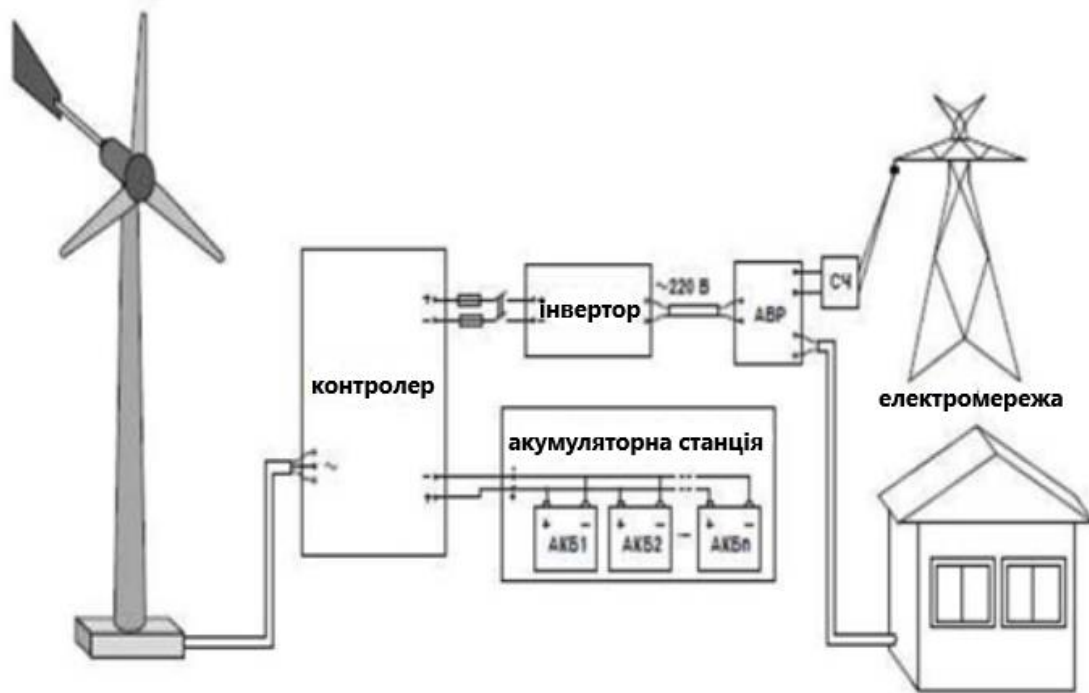


Рисунок 1.10 – Схема забезпечення електроенергією з централізованим електропостачанням

1.2 Аналіз структурно-логічних схем систем електрозабезпечення та існуючого науково-методичного апарату структурного синтезу підсистем первинних перетворювачів відновлюваної енергії систем електрозабезпечення технічних засобів

1.2.1 Структурно-логічні схеми систем електрозабезпечення технічних засобів

Організація електрозабезпечення ТЗ на основі використання ВДЕ має передбачати можливість отримання та перетворення енергії з різних за видами джерел (у відповідності до конкретних фізико-географічних умов), в тому числі

і від центральної промислової мережі (ЦПМ) чи автономних електростанцій (АвЕС) на органічному паливі, а також реалізацію низки умов і обмежень, зокрема, щодо кількості отриманої енергії та площі для розміщення обладнання.

Забезпечення електроенергією стаціонарно розміщених ТЗ для їх безперервного функціонування може здійснюватись різними способами, як існуючими (рисунок 1.11. а, б), так і перспективними (рисунок 1.11. в, г, д). При цьому безперебійність електрозабезпечення досягається використанням у складі СЕЗ таких джерел, як: ЦПМ, АвЕС, підсистема первинних перетворювачів потенціалу ВДЕ з підсистемою утиліт (ПП+ПУ), пристрій акумуляції енергії (ПАЕ).

Перехід від одного до іншого джерела електрозабезпечення в умовах динамічної зміни зовнішніх та внутрішніх зв'язків системи може здійснюватись за рішенням оператора чи пристрою автоматики.

Множина таких зв'язків та умов дозволяє висунути припущення, що СЕЗ з комбінованим використанням різних джерел може бути багатоцільовою за природою свого функціонування, а оптимізація зв'язків повинна здійснюватись із застосуванням математичних методів, що будуть враховувати специфіку визначених завдань.

Найскладніше реалізовувати у випадках проектування децентралізованих систем електрозабезпечення ТЗ (рисунок 1.11. б, г, д).

Проте саме такі локальні СЕЗ потенційно спроможні забезпечити доцільне в економічному та екологічному відношеннях електроживлення віддалених споживачів.

Тому в методиці структурного синтезу ПП розглядатиметься децентралізований варіант СЕЗ ТЗ.

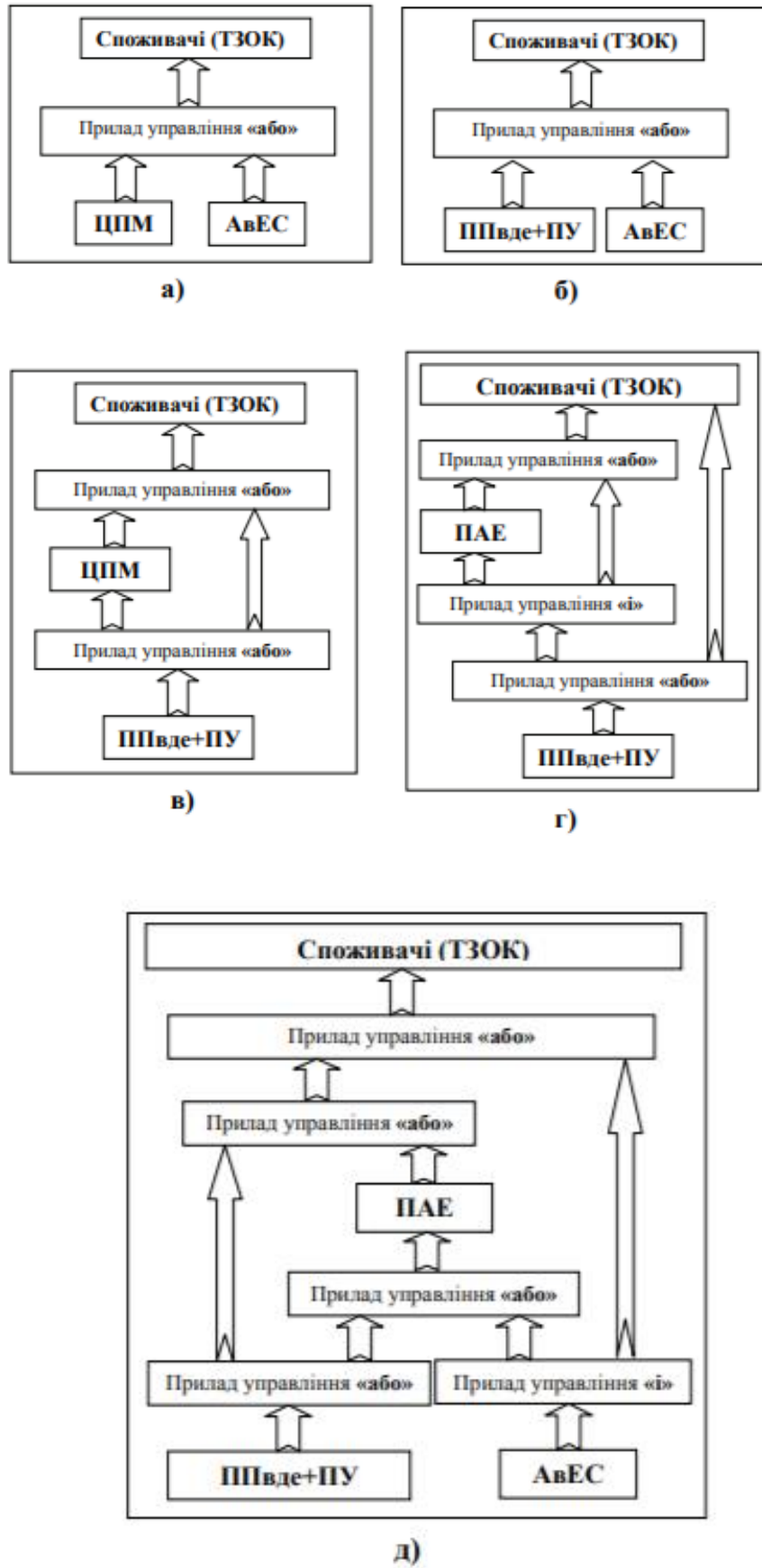


Рисунок 1. 11. Структурно-логічні схеми систем електрозабезпечення технічних засобів

1.2.2 Аналіз принципів схем фотоелектричних систем

У межах піднятого аналізу варто відзначити, що сонячну енергію можна перетворювати на інші види енергії різними способами. Сучасні технології включають параболічні концентратори, сонячні параболічні дзеркала та геліоенергетичні установки баштового типу [37]. Існують і інші типи сонячних установок, в цьому розділі будуть згадані найчастіше використовувані. Сонячні фотоелектростанції (ФЕС): Основним компонентом ФЕС є ФЕМ, який відповідає за пряме перетворення сонячної енергії на електричну [ГОСТ 51594-2000] .

Залежно від потужності ФЕС та способу підключення до мережі можуть включати до свого компонентного складу – акумуляторні батареї, перетворювачі, контролери та інші складові. Такі установки призначені для отримання електроенергії із сонячних променів з її подальшим резервуванням або подачею до мережі [52].

Перевагою ФЕС є мінімальне обслуговування та ремонт. Сучасні сонячні панелі здатні виробляти електроенергію навіть в умовах короткого світлового дня та малої сонячної активності.

Сонячні панелі є основним елементом фотоелектричних систем, але без допоміжних компонентів така система не функціонуватиме правильно. Існує три типи фотоелектричних систем: автономні, резервні та безакумуляторні, з'єднані з мережею централізованого електропостачання (мережева система). Причому останні два типи можуть об'єднуватися між собою, утворюючи резервно-мережеву систему. Принципові схеми роботи фотоелектричних систем показано на рисунку 1.13.

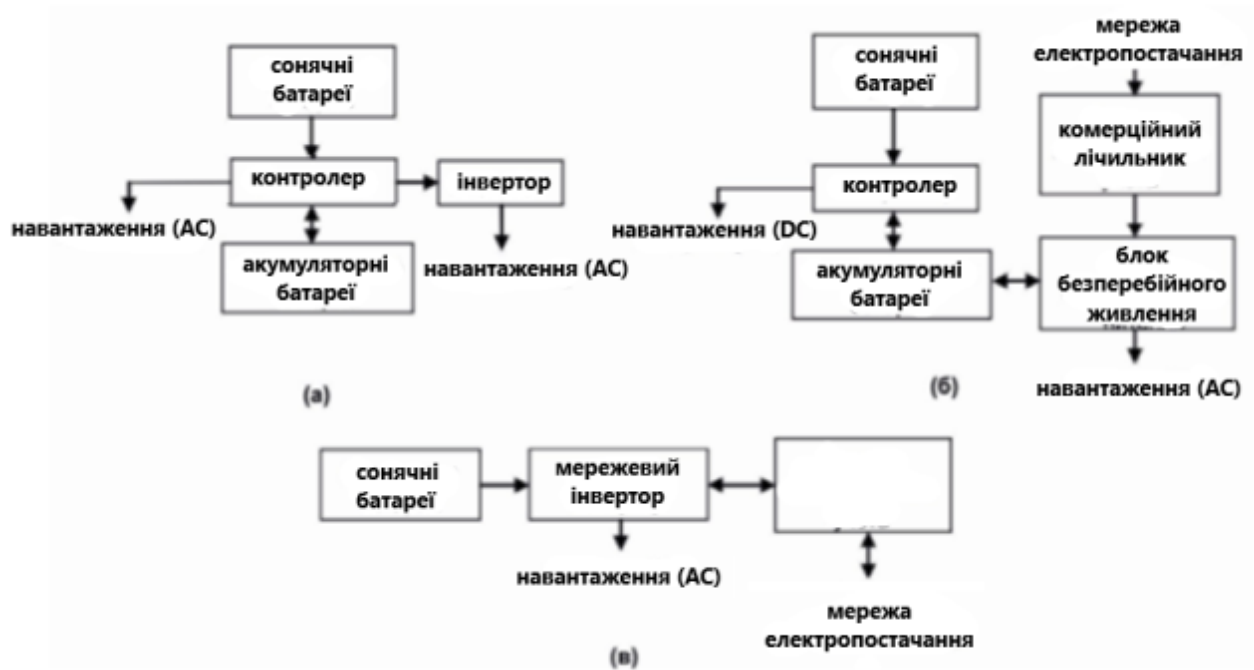


Рисунок 1.13. Принципові схеми фотоелектричних систем: (а) – автономна, (б) – резервна, (в) – безакумуляторна, з'єднана із мережею централізованого електропостачання

Безакумуляторні фотоелектричні системи не вимагають акумуляції енергії та відправляють вироблену енергію відразу в мережу, яка є для об'єкта енергопостачання "акумулятором" із стовідсотковим ККД [1]. Мережевий інвертор (on-grid, grid-connection) – це пристрій, що перетворює постійний струм високої якості для подальшого відправлення електричної енергії в мережу електропостачання, з якою він синхронізується і має ККД 92-99%.

В Україні немає виробництва мережевих інверторів, тому вони імпортуються з інших країн.

Питома вартість такої системи на 1 кВт станом на 2022р. встановленої потужності становить приблизно 17-25 тис. грн залежно від виробника компонентів системи.

Такі системи мають один істотний недолік: за відсутності напруги в мережі система перестав генерувати електричну енергію і відключається. Але, незважаючи на це, безакумуляторні фотоелектричні системи набули

найбільшого використання у світі завдяки своїй відносній дешевизні та високій ефективності. Для підтримки розвитку використання відновлюваних джерел енергії необхідно, щоб законодавчому рівні існували механізми стимулювання цього розвитку.

В Україні діє Закон «Про електроенергетику», де встановлюється «зелений» тариф, який визначає підвищені тарифи на електроенергію, вироблену за рахунок таких нетрадиційних джерел енергії, як вітер, сонце, біомаса та ін. [1]. Цей механізм є одним із найкращих видів стимуляції використання нетрадиційних джерел енергії.

Автономні системи використовуються, коли об'єкт немає доступу до мережі централізованого електропостачання. Оскільки сонячна енергія не є постійним джерелом енергії, виникає потреба в акумуляуванні енергії.

Акумуляторні батареї необхідно використовувати в автономних та резервних системах через зміну сонячного випромінювання в часі. У сонячній енергетиці найбільшого поширення набули свинцево-кислотні акумуляторні батареї загального призначення таких типів, як AGM, GEL та OPzV. Питома вартість різних типів акумуляторних батарей у світі становить: AGM – 0,1-0,2 \$/Вт•год, AGM глибокого розряду – 0,15-0,25 \$/Вт•год, GEL – 0,2-0,3 \$/Вт•год, GEL глибокого розряду – 0,25-0,35 \$/Вт•год, OPzV – 0,3-0,5 \$/Вт•год

Сонячні електростанції із сонячним трекінгом. Плоскі фотоелектричні модулі (ФЕМ), що застосовуються на поверхні Землі, перетворюють пряме та розсіяне сонячне випромінювання у видимій частині спектру. ФЕМ генерують електроенергію незалежно від орієнтації їхньої поверхні на Сонці, однак, з різною ефективністю, тому для максимізації електричної енергії, що отримується від прямої складової сонячного випромінювання, застосовуються системи спостереження за Сонцем [13]. Сонячні трекери почали застосовувати, коли фотоелектричні системи стали використовуватися для генерації великої кількості електроенергії.

Резервно-мережні системи мають ряд переваг, які можуть сприяти зниженню їх терміну окупності, незважаючи на досить високу ціну. Швидкість

окупності такої системи залежатиме від заощадженої електроенергії внаслідок генерації та використання її на об'єкті та кількості надлишкової енергії, яка надходить у мережу централізованого електропостачання за ціною "зеленого" тарифу. При цьому коли в холодні місяці фотоелектрична установка генерує недостатню кількість енергії для споживання на об'єкті, частина електроенергії буде використовуватися з мережі електропостачання.

1.2.3 Аналіз існуючого програмного забезпечення підсистем первинних перетворювачів відновлюваної енергії систем електрозабезпечення технічних засобів

Станом на 2022р. для підсистем перетворювачів відновлюваної енергії систем електрозабезпечення технічних засобів існує досить чимала кількість різностороннього програмного забезпечення (ПЗ). В межах піднятого питання було досліджено ПЗ провідних виробників ЄС, США, Канади та Китаю.

В області вітроенергетики досить широкого розповсюдження дістало ПЗ з відкритим вихідним кодом QBlade, розроблене дослідницькою групою з вітроенергетики Hermann Föttinger Institute of TU Berlin (кафедра гідродинаміки) - це код ВЕМ у поєднанні з кодом моделювання профілю XFOIL.

Зазначена ПЗ дозволяє користувачеві розробляти/імпортувати форми аеродинамічного профілю, моделювати їх та використовувати їх для проектування та моделювання лопатей/роторів вітряних турбін з використанням теорії БЕМ у встановленому режимі. Програмне забезпечення побудоване на платформі Qt, тому воно включає графічний інтерфейс користувача.

ПЗ для моделювання вітрового потоку передбачає важливі характеристики вітру в місцях, де вимірювання недоступні.

Fugrow - це програмне забезпечення, яке пропонує лінійну модель потоку та обчислювальну гідродинамічну модель в тому самому програмному забезпеченні.

WAsP був створений у Національній лабораторії Рісьо Данії.

WAsP використовує модель потенційного потоку, як вітер обтікає місцевість на ділянці. Meteodyn WT, Windie, WindSim, WindStation і код з відкритим вихідним кодом ZephyTOOLS замість цього використовують обчислювальну гідродинаміку, що потенційно точніші, але вимагають великих обчислювальних ресурсів.

ПЗ з відкритим вихідним кодом, розроблене Baayen & Heinz GmbH у Берліні, є досить стабільним. Реалізація методу 3D панелей, що підходить для динамічного моделювання вітряних турбін з вертикальною та горизонтальною віссю. Дане ПЗ поєднується з іншими середовищами моделювання, такими як Simulink та Dymola, та підходить для оптимізації, управління системного електрозабезпечення.

Серед ПЗ з США та Канади особливої уваги заслуговує ПЗ RETSc, яке призначене для оцінки виробництва та економії енергії, витрат, скорочення викидів, фінансової життєздатності та ризиків для проектів вітроенергетики з централізованою мережею, ізольованою мережею та поза мережею, для кількох турбін та однієї турбіни. гібридні системи. Дане ПЗ є безкоштовним, багатомовним і включає посилання на карти вітроенергетичних ресурсів.

Також окремого розгляду ПЗ WDG - це програмний інструмент вітроенергетики, здатний запускати модель WRF погодні дослідження та прогнозування для створення атласу вітру та генерації дані про вітер з роздільною здатністю від 3 км до 10 км.

У Європі ПЗ має відповідати вимогам Директиви 2006/42/EC «Машини та механізми» де функціональна безпека кожного компонента є обов'язковою вимогою і для апаратного, і для програмного забезпечення.

Країнами ЄС серед різноманіття ПЗ особливої популярності в вітряній енергетиці здобуло ПЗ Phoenix Contact котре направлене на вирішенню будь-

якого завдання у вітроенергетиці відповідно до вимог Директиви 2006/42/ЕС. Використовуючи комплексні рішення Phoenix Contact для управління передачею енергії та моніторингу мережі за допомогою системи, що відповідає стандартам ЄС.

До завдань сучасного ПЗ в області вітроенергетики має входити протидія коливанням у мережі та збільшення її стабільності. ЗСУ повинні відповідати умовам підключення до мережі (наприклад, для Німеччини вони описані у VDE-AR-N 4105).

Також повинен використовуватися інтегрований захист мережі та установки, що реєструє стан мережі та при необхідності проводить аварійне відключення відповідно до певних процедур.

Згідно з цими вимогами, мають бути забезпечені безперебійна робота ПЗ та одночасний контроль мережі. Рішення для управління передачею енергії в мережу від Phoenix Contact дозволяють постійно контролювати мережу живлення, щоб пристрій управління установкою міг реагувати на події в мережі. ПЗ забезпечує моніторинговий контроль за постійною стандартизованою передачею енергією до мережі.

При застосуванні ПЗ Phoenix Contact враховується, що взаємодія установок у вітряній електростанції дедалі більше ускладнюється. Якщо раніше група різних установок існувала у вигляді окремих електростанцій, то сучасні вітропарки повинні діяти в електричній мережі, як єдині електростанції.

Щоб задовольняти все більш жорстким вимогам директив з передачі енергії в мережу, зв'язок між установками повинен відповідати значно вищим стандартам. При цьому створюється комплексний ланцюг регулювання, що постійно перебуває на зв'язку з мережею для своєчасного реагування на зміни з відповідною адаптацією передачі енергії. Крім того, мережні з'єднання через DSL повинні бути захищені від несанкціонованого доступу [30].

Мережі вітряної електростанції повинні бути високопродуктивними і, насамперед, безаварійними. Phoenix Contact забезпечує контроль за передачею енергії в систему енергомережі, що є відповідним комплексними рішеннями від

Phoenix Contact для передачі енергії в мережу від вашої вітряних електростанцій.

В системі Phoenix Contact також вимірювання струмів блискавок LM-S контролює стан лопатей гвинта при ударах блискавок і передає отримані дані в режимі онлайн

Концепції резервування Безаварійні системи автоматизації просто потрібні прибережним ЗСУ. У відповідному рішенні Phoenix Contact використано концепції резервного управління на базі високопродуктивних контролерів RFC 460R.

З ними ви забезпечите постійне функціонування автоматики навіть на великих вітряних електростанціях, оскільки при виході з експлуатації одного контролера відразу ж запусниться іншого.

Технологія підключення стійких до сольового туману клемних колодок до комбінованих промислових штекерних з'єднувачів, що служать для передачі даних та живлення – асортимент спеціалізованих продуктів Phoenix Contact відповідає строгим вимогам до роботи у прибережних умовах.

Стандартизовані протоколи та рішення безпеки забезпечують надійний зв'язок та моніторинг ТЗ встановленого на вітряних електростанцій за допомогою технологій віддаленого управління та програмних бібліотек. Використання таких протоколів, як ODP або MEK 60870-5-101/104, дозволяє приєднувати ЗСУ до системи керування енергозабезпечення ТЗ.

Для існуючих вітрових електростанцій існує кілька програмних систем, які дозволяють і середньострокові прогнози генерованої енергії (окремі ферми або повні прогнозні регіони) з використанням існуючих даних чисельного прогнозу погоди (ЧПП) та оперативних (SCADA) даних ферми як вхідні дані. Прикладами моделей чисельного прогнозу погоди, що використовуються для цієї мети, є європейська HiRLAM (модель з обмеженим простором з високою роздільною здатністю) та GFS (глобальна система прогнозів) від NOAA Також на вітряних електростанціях застосовується ПЗ прогнозування Publisher, яке дозволяє забезпечення візуалізації вітряної електростанції та графічно

представляє пропоновану вітряну електростанцію, що найважливіше з метою отримання дозволів на будівництво. Основні методи включають фотомонтажі, карти зон візуального впливу та тривимірну візуалізацію (перспективні види ландшафту, що часто включають аерофотозйомку, включаючи турбіни та інші об'єкти) [42].

В сонячній електроенергетиці підсистеми перетворювачів серед ПЗ досить широкого розповсюдження дістали наступні ПЗ:

System Advisor Model (SAM) (рисунок 1.15.), яка є досить складною, але при цьому в ній застосовується модель підвищеної точності, котра розрахована на професійних користувачів: інженерів, дослідників, розробників проектів та виробників обладнання. SAM здійснює розрахунок продуктивності сонячної електростанції, використовуючи відразу кілька комп'ютерних математичних моделей, які відтворюють технології генерації електроенергії. SAM дозволяє не тільки точно розраховувати продуктивність сонячних електростанцій, але й отримати вартість електроенергії, що виробляється з урахуванням проектних та експлуатаційних витрат. У програмі закладено вісім різних фінансових моделей можливого використання фотоелектричних систем.



Рисунок 1.15. Робоче вікно ПЗ System Advisor Model (SAM)

Перевагами застосування ПЗ SAM є

- більш точний облік екологічних факторів та мінливості природи – є можливість завантаження бази даних метеоспостережень за кілька років як з Інтернету, так і введення власних даних
- наявність кількох бібліотек даних, у яких занесено характеристики компонентів системи: фотоелектричних модулів, інверторів, параболічних приймачів та колекторів тощо.
- можливість коригування фінансових показників (ставки кредитування, рівня інфляції, тарифів для житлових будівель та комерційних підприємств)
- облік у фінансових моделях витрат на установку (включаючи закупівлю обладнання, виплати робітників, оренду техніки, проектні витрати, витрати на землю – оренду чи покупку), а також витрати на експлуатацію та технічне обслуговування.

- SAM дозволяє переглядати результати як у вигляді графіків, так і у вигляді таблиць, відображаючи різні показники, які цікавлять користувача, наприклад, добовий погодинний графік генерування електроенергії, річний обсяг виробництва електроенергії або деталізація річного прибутку за продаж електрики. Отримані звіти можна імпортувати та поміщати у презентації, звіти або комерційні пропозиції.

Також доцільно розглянути ПЗ Helioscope Одна з найсучасніших розрахункових платформ, що з'явилася у 2014 році. Її цільова аудиторія - менеджери та розробники нових проектів, інженери, системні проектувальники, а також технічні фахівці, які займаються просуванням та продажем проектів. ПЗ дозволяє проводити розрахунок як дахових, так і наземних конструкцій сонячних батарей, його можна використовувати для проектування сонячних електростанцій як житлового фонду, так і комерційної нерухомості[41].

Спочатку програма Helioscope дозволяла моделювати сонячні електростанції потужністю до 5 МВт, але з початку 2016 року вона дозволяє проводити розрахунки для систем потужністю до 100 МВт. Крім того, програма дозволяє розраховувати фінансові показники, виходячи із запроваджених комунальних тарифів та інших даних.

Helioscope має простий, інтуїтивно зрозумілий інтерфейс користувача, який дозволяє легко навчитися і орієнтуватися в можливостях програми. Крім того, варто зазначити:

- наявність спеціального плагіна, що дозволяє будувати 3-D моделі для розрахунків втрат, спричинених затіненням;
- система дозволяє змоделювати фізичне розташування об'єктів на поверхні землі, використовуючи дані Google Earth;
- можливість передачі отриманих моделей у систему автоматизованого проектування, що дозволяє суттєво прискорити процес створення плану будівництва.

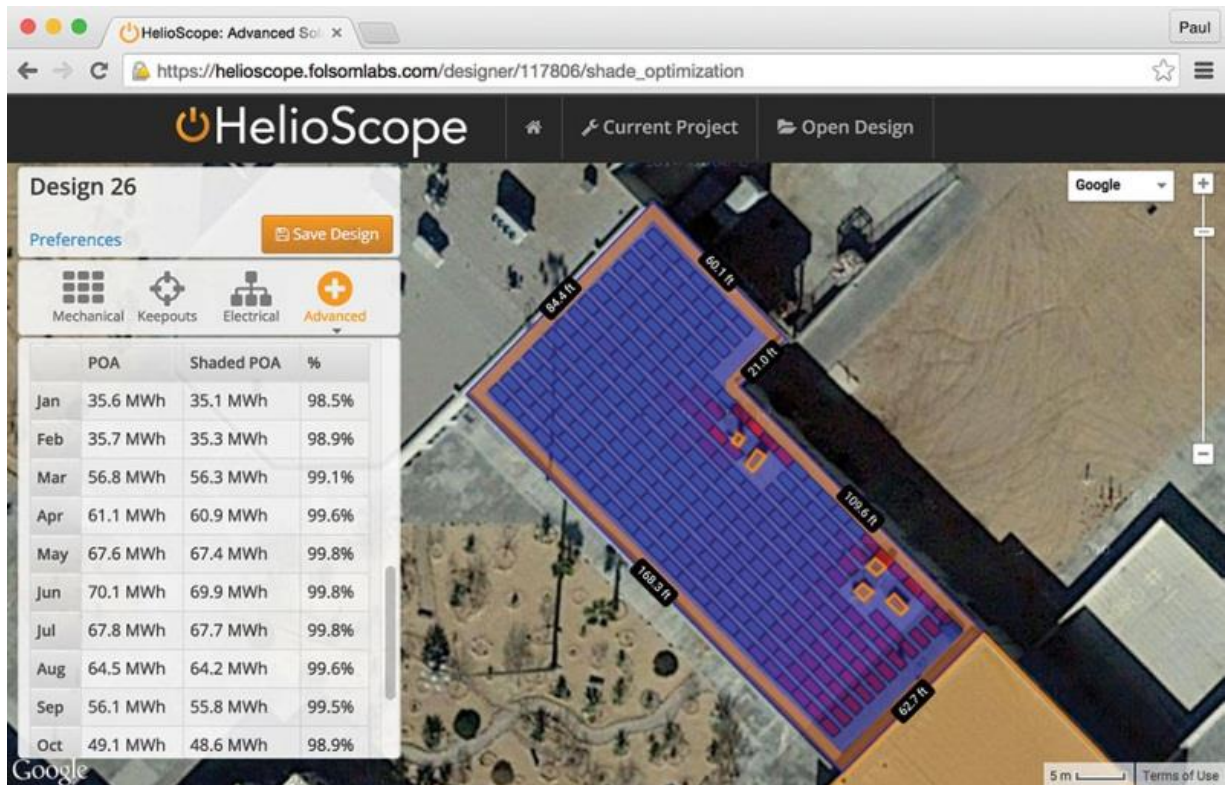


Рисунок 1.16. Робоче вікно ПЗ Helioscope

Оскільки Helioscope дозволяє змодельовати фізичне розташування всіх компонентів сонячної електростанції, архітектори часто використовують її для аналізу та оптимізації загального дизайнерського рішення будинку (об'єкта). Допустимо і зворотний процес, коли ґрунтуючись на архітектурному вирішенні будинку та прилеглих об'єктів, можна розрахувати, наскільки затінюватимуться сонячні батареї і до яких втрат це може призвести можливість використання різних метеорологічних баз, у тому числі - введення файлів користувача, що містять інформацію про погоду для конкретної місцевості.

ПЗ HOMER Pro Цільова аудиторія даного інструментарію – проектувальники, дослідники та системні інженери, що проектують/налаштовують електричні мікромережі для кампусів, невеликих селищ та сіл, військових баз або островів. Якщо для розрахунку потужності сонячної електростанції в програмі використовується досить проста формула, що дає загалом задовільний результат з досить великою похибкою, то основною перевагою її є можливість моделювання гібридних мікросистем –

складних енергетичних конструкцій, що включають кілька енергетичних ресурсів.

Програма дозволяє інтегрувати в єдину систему різні джерела енергії – вітрові та гідрогенератори, сонячні батареї, промислово/побутову електромережу, паливні елементи, комбіновані виробники тепла та електроенергії, а також різні пристрої накопичення та зберігання електроенергії.

Основний принцип, закладений основою моделювання енергосистем від ПЗ HOMER Pro – мінімізація витрат. Програма, виходячи зі стартових умов, може запропонувати одночасно до сотні різних системних конфігурацій, які потім проаналізує, виходячи з чинних цін на комунальні послуги та вартості обладнання, що використовується. Інший варіант – проведення розрахунку того, наскільки зміниться вартість електроенергії, що генерується, при заміні одного джерела/генератора на інший.

ПЗ Polysun Швейцарський SPF Institut für Solartechnik займається випуском та оновленням програми Polysun з 1992 року. На сьогоднішній день є два варіанти цієї програми:

- Professional – інструмент для щоденного використання, спрощений варіант, розрахований на фахівців відділів продажу та монтажників, дозволяє отримувати розрахунок та створювати комерційну пропозицію протягом лічені хвилини;

- Designer – програма, що дозволяє максимально гнучко та точно проектувати системи генерації електроенергії на основі відновлюваної енергії, точного моделювання централізованого теплопостачання та великомасштабних систем технологічного тепла. Основні користувачі програми – консультанти в галузі енергетики, проєктанти та інженери-розробники. Крім того, додаток дозволяє аналізувати та видавати пропозиції щодо оптимізації діючих енергосистем.

Користувач отримує всебічний та повний технічний розрахунок системи, що містить всю інформацію, яка дозволить легко переконати потенційного

клієнта у перспективності та економічній доцільності встановлення сонячної електростанції.

Відзначимо основні переваги програми:

- програма має російсько- та україномовну версію;
- достатньо вказати точку на карті, і програма самостійно підтягує дані за кілька років, використовуючи дані Meteotest;
- велика база готових шаблонних рішень для проектування систем опалення/охолодження приміщення, приготування гарячої води, функціонування басейнів, створення комбінованих систем, можливість внесення коректив;
- створення полів сонячних батарей (до 10 тисяч установок);
- тимчасова оцінка (погодинно, щодня, щотижня тощо) енергетичних потоків, зміни температур і теплових втрат, будь-якого компонента, що входить до системи, візуалізація даних у вигляді гістограм або графіків;
- проведення фінансового аналізу - річна економія витрат на паливе після встановлення сонячної електростанції, період окупності з урахуванням витрат на придбання обладнання, поточних витрат на ТО та експлуатацію;
- великий банк даних різних сертифікованих фотомодулів та іншого обладнання;
- облік у розрахунках факторів забруднення, вітру, затінку тощо.

ПЗ PV*SOL інструмент для моделювання сонячних електростанцій, що випускається німецькою компанією Valentin Software з 1999 року. Це динамічна програма, що дозволяє проводити розрахунки та проектування сонячних електростанцій, систем теплових насосів та геліотермічних установок, а також проводити фінансові розрахунки у сфері електро- та теплопостачання будівель. Основною перевагою якої є можливість моделювання з 3D-візуалізацією, що дає можливість провести точний аналіз затінювання фотоелектричних систем. Простий, інтуїтивно зрозумілий інтерфейс дозволяє точно відтворити місцевість, на якій планується установка сонячної електростанції, щоб на основі отриманої моделі отримати повну інформацію про затінення фотоелементів у

будь-яку пору року та доби. Отримана інформація дає можливість оптимізувати розташування фотоелементної бази для отримання оптимального значення потужності енергії, що генерується.



Рисунок 1.17. 3D-візуалізація в ПЗ PV*SOL

На сьогоднішній день активно використовуються три варіанти програми:

- PV*SOL premium — дозволяє проектувати підключення до мережі фотоелектричних установок, створена модель дає можливість отримати інформацію про генеровану та споживану енергію, можливості накопичення її в батарейних установках. Програма дозволяє створити візуалізацію місцевості із встановленням на ній до 5000 фотоелектричних модулів (і до 100 тисяч модулів у 2D). Крім того, саме в ній можна підібрати оптимальне розміщення фотоелектропанелей на дахах із складним профілем. PV*SOL premium дозволяє точно розрахувати втрати, викликані затіненням панелей. Крім того, у програмі реалізовано дуже точну математичну модель функціонування літій-іонних акумуляторів, що дуже важливо для розрахунку систем з накопиченням енергії;
- T*SOL — додаток, який дозволяє підібрати оптимальні параметри для сонячних установок, визначити необхідну площу поля та ємність акумуляторів, а також зробити підрахунок рентабельності експлуатації сонячної електростанції;

- GeoT*SOL – одна з найкращих програм для проектування систем опалення на основі теплових насосів.

ПЗ PVsyst – пакет програмного забезпечення, розроблений в Університеті Женеви у 1992 році, активно використовується для моделювання, налагодження, вивчення та аналізу даних та процесів, що протікають у фотоелектричних системах. Основні користувачі пакету програмного забезпечення - інженери-розробники, дослідники та архітектори. Додаток дозволяє проводити розрахунки ефективності та виконувати економічно обґрунтовані оцінки виробництва енергії як для комерційного, так і для приватного використання. Програма підходить для проектування як статичних фотоелектричних систем, так і динамічних (з обертанням по одній або двох осях). Крім того, програма містить алгоритми, що дозволяють розраховувати зміну затінення для фотоелектричних систем, що обертаються.

Відзначимо та інші особливості та переваги:

- програма має велику бібліотеку даних за різними фотоелектричними системами та пристроями, у тому числі за тонкоплівковими елементами;

- отримання метеоданих для будь-якої точки місцевості з Meteonorm;

- висока точність проведення розрахунків, у середньому відхилення реальних показників потужності від проектних не перевищує 2%;

- використання оновлених алгоритмів, що дозволяють максимально точно моделювати затіненість елементів, у тому числі за рахунок побудови анімаційних 3D моделей. Вони можуть використовуватися як для проведення розрахунків, так і для архітектурного проектування чи презентацій для потенційних замовників;

- реалізація у програмі математичних моделей, що досить точно описують негативні фактори, що призводять до втрат генерації електроенергії та всередині системи – це дозволяє не тільки отримувати точні результати, але й шукати шляхи мінімізації втрат;

- представлення розрахунків у вигляді графіків та таблиць залежно від кута нахилу та азимуту установки панелей.

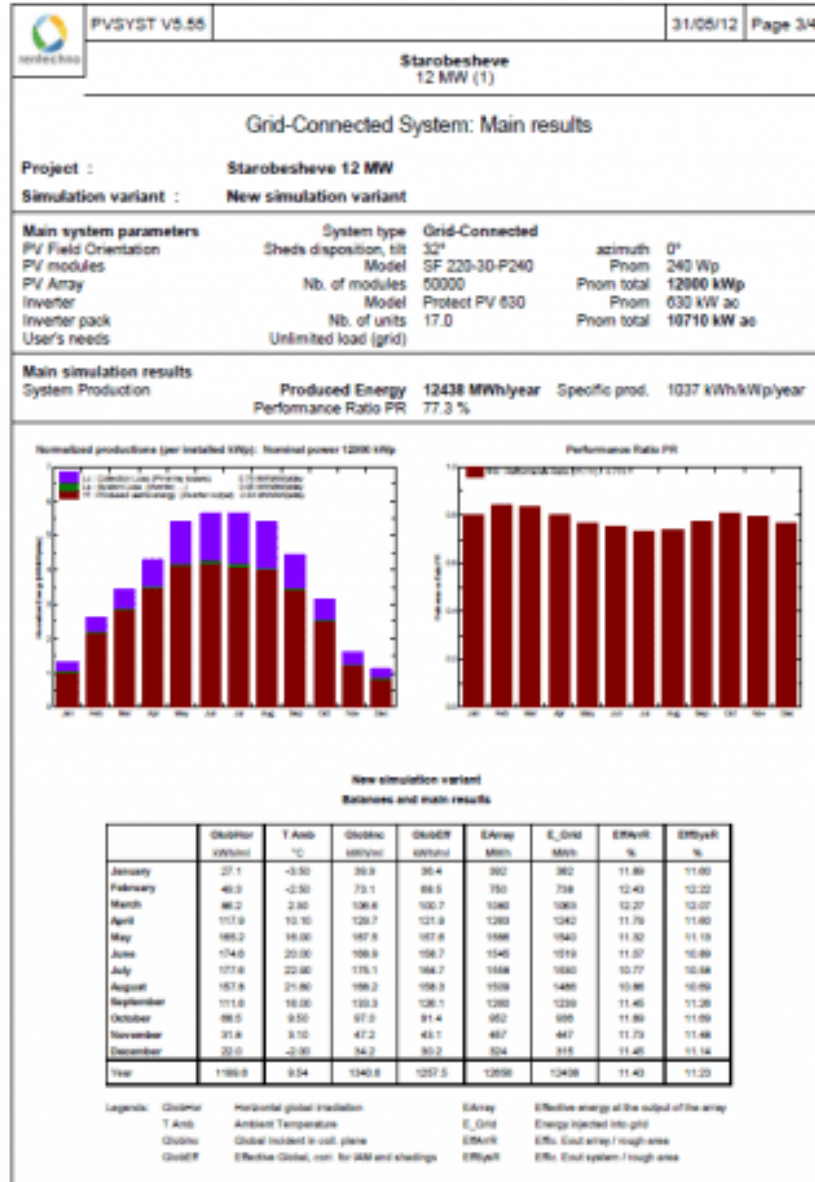


Рисунок 1.18. – Візуалізація вікна в ПЗ PVsyst

На сьогоднішній день PVsyst – один з найбільш затребуваних інструментів для моделювання сонячних електростанцій серед інженерів та менеджерів, які займаються реалізацією промислових сонячних електростанцій.

ПЗ моделювання archelios™ PRO Завдяки тривимірній імітаційній моделі програмне забезпечення відображає найточніший розрахунок врожайності, а

також повний аналіз рентабельності установки archelios™ Pro пропонує потужні, інноваційні та прості у використанні функції, що полегшують розробку та техніко-економічне обґрунтування фотоелектричних проєктів. Завдяки оновленій базі даних, програмне забезпечення забезпечує геолокалізований 3D-макет, що імітує довкілля та дає точні результати.

Також застосовують ПЗ для електричного розрахунку archelios™ CALC для електричного розрахунку, для перевірки, для визначення розмірів, контролю енергопостачання.

Як специфічний професійний інструмент, призначений для фотоелектричних інсталяторів, archelios Calc враховує будь-який вид фотоелектричної інсталяції у всій її сукупності: від фотоелектричних панелей до інвертора і від інвертора до мережі. archelios™ Calc є повним і глобальним поглядом на фотогальванічну установку, від фотогальванічних модулів до підключення до мережі загального користування. archelios™ Calc - це рішення, яке забезпечує оптимальну безпеку за допомогою фотоелектричного розрахунку установки та її контролю у реальному часі відповідно до стандартів. Основні технічні характеристики: Детальна синоптика всієї установки Електричні перетворювачі постійного та змінного струму, моно або мульти інвертори Детальне управління перетворювачами (багатоколіїні пристрої, багаторядкові пристрої, вбудовані засоби захисту...) Аналіз грозової небезпеки (розмір громовідводів) Обробка всіх типів фотоелектричних установок, в тому числі з напругою вище 250 кВА Обчислення в режимі реального часу та мультистандартні елементи управління Інтегрована або настроювана база даних мультівиробників Візуалізація невідповідних елементів Редакція повної нормативної папки для контролюючої організації.



Рисунок 1.19. – Робочий інтерфейс ПЗ archelios™ Calc

ПЗ для керування енергопостачання Pro.Energy™

Впровадження систем управління енергоспоживанням, як ніколи важливо в сучасному світі для досягнення цілей підвищення ефективності та зниження енергоспоживання, які займають велику частку поточних витрат компанії та витрат на управління будівлею. Pro.Energy© допомагає енергетичним менеджерам та користувачам аналізувати енергоспоживання компанії для більш ефективного управління енергією за допомогою правильних стратегій прийняття рішень. Просто, швидко та економічний Pro.Energy© розроблений для простоти та швидкості. Це універсальне програмне забезпечення з готовими до використання функціями та можливостями. Він поставляється з майстрами установки, які автоматично створюють ваші проекти моніторингу саме так, як вам потрібно з базою даних обчислень SQL Server, інструментальними панелями та звітами енергетичного аналізу. Майстер налаштування дозволяє вибрати польові змінні та автоматично створювати бази даних для збирання даних. Архітектура Pro.Energy© об'єднує технологію підключення Movicon, що дозволяє підключатися до будь-якого вимірювального приладу, аналізатора мережі, мультиметра, лічильника, ПЛК та

інших пристроїв. Драйвери, такі як Modbus, BacNet та багато інших, готові до використання та прості в налаштуванні. Pro.Energy© також погоджується на підключення ПоТ з використанням спеціальних протоколів. Відкритість та Інтеграція Pro.Energy© - це функціональний модуль Movicon.NExT, що пропонує максимальну відкритість для спостереження, сигналізації та повідомлення, а також логіку управління для розблокування енергетичного навантаження, модульну архітектуру клієнта, інтеграцію сервера та веб-доступу.

ПЗ для контролю MaxTalk (Швейцарія) Функція для контролю, для інтерфейсу, для вимірювань, місце застосування Ethernet для сонячної електростанції інтуїтивно зрозумілий інтерфейс користувача Інтуїтивно зрозумілий, простий в управлінні Дерево елементів забезпечує швидкий доступ до всіх зареєстрованих елементів та пристроїв Простий інтерфейс з чітко позначеними вкладками Підтримувані мови: німецька, англійська, французька, італійська, іспанська.

Китайське ПЗ моделювання ІТЕСН запускає новітні високошвидкісні високопродуктивні фотоелектричні / сонячні джерела живлення для моделювання, використовуючи джерело живлення постійного струму серії IT6500C, оснащений програмним забезпеченням моделювання сонячних батарей SAS1000, може точно імітувати криву IV сонячних батарей, максимальна напруга до 1 . Він відрізняється швидким часом відгуку, керуванням, повторюваністю, високою стабільністю, точністю та іншими характеристиками. Модель IT6500C має вбудований стандарт EN50530 / Sandia / NB/T32004 / CGC/GF004 / CGC/GF035 SAS, який дозволяє легко програмувати правила проведення випробувань, матеріали, параметри V_{mp} , P_{mp} для імітації характеристик виходу IV кривої та створення звітів та може бути використаний для тестування статичних та динамічних максимальних характеристик відстеження потужності фотогальванічних перетворювачів.



Рисунок 1.20. – Китайське ПЗ моделювання ІТЕСН

ПЗ Регулююча система SIMARC – це один із продуктів компанії «Егесім», що є комп'ютизованою системою автоматизованого апаратного та програмного забезпечення встановлює системи автоматичного контролю та операційні системи за допомогою програмного забезпечення Siemens PowerCC або WinCC SCADA для маленьких підприємств. У центрі системи знаходиться SCADA комп'ютер і в залежності від величини виробництва, умов або запитів, за допомогою опцій архітектури сервер-користувач та веб-сервера, система автоматичного контролю може бути організована з можливістю більш широкого моніторингу та аналізу з боку користувача.

Система автоматичного контролю може бути розроблена для установок низької напруги, як і для установок середньої напруги. Завдяки відповідним енергоаналізаторам та двосторонньому зв'язку (Profinet, Profibus, волоконнооптичні кабелі тощо) можна інтегрувати в систему та контролювати обладнання, що використовується в установках середньої та низької напруги (наприклад, захисні реле).

Таким чином в даному підрозділі були розглянуті основні сучасні ПЗ та проаналізовано їх переваги в застосуванні, що можуть стати надійною основою в вирішенні спектру задач структурного синтезу підсистем первинних перетворювачів відновлюваної енергії систем електрозабезпечення технічних засобів.

1.3 Постановка задачі структурного синтезу підсистем первинних перетворювачів відновлюваної енергії систем електрозабезпечення технічних засобів

У межах піднятої роботи окреслюється доцільність створення систем електрозабезпечення (СЕЗ) стаціонарно розміщених технічних засобів на основі використання ВДЕ як у поєднанні з живленням від центральної промислової мережі (ЦПМ), так і при повній децентралізації електропостачання. Проте залишились питання обґрунтування якісного та кількісного складу подібних систем.

Завдання визначення раціональної структури СЕЗ ТЗ на основі ВДЕ вбачається за доцільне вирішувати в межах двох підзадач: структурного синтезу підсистеми первинних перетворювачів енергії відновлюваних джерел (ПП) і структурного синтезу підсистеми утиліт (ПУ).

Метою роботи є обґрунтування методики структурного синтезу підсистем первинних перетворювачів СЕЗ ТЗ.

В межах піднятої роботи будуть вирішуватися наступні завдання:

- проектування структури досліджуваних підсистем первинних перетворювачів відновлюваної енергії систем електрозабезпечення технічних засобів;
- проектування програмного забезпечення досліджуваних підсистем первинних перетворювачів відновлюваної енергії систем електрозабезпечення технічних засобів;
- програмна реалізація обробки інформації у досліджуваній програмно-технічній системі.

Таким чином, робота має логічно-побудовану структуру та зосереджена на вирішенні цілого ряду завдань, які охоплюють обґрунтування методики структурного синтезу підсистем первинних перетворювачів СЕЗ ТЗ, яка повинна враховувати множину умов, вимог і обмежень, визначати оптимальне проектне рішення щодо структури ПП у відповідності до конкретних умов та

завчасно визначених споживачів, а також допускати можливість поєднання різних за видами та марками ПП і забезпечувати можливість інтегрального управління їх функціонуванням.

1.3 Висновки

У розділі 1 було встановлено, що для створення комбінованої системи зберігання енергії потрібно керувати всіма можливими джерелами енергії відповідно до найбільш оптимальних режимів функціонування кожного вузла системи з метою забезпечення якісного та безперебійного енергопостачання споживача.

Станом на 2022р. для підсистем перетворювачів відновлюваної енергії систем електрозабезпечення технічних засобів існує досить чимала кількість різностороннього програмного забезпечення (ПЗ). В межах піднятого питання було досліджено ПЗ провідних виробників ЄС, США, Канади та Китаю.

В межах піднятої роботи окреслюється доцільність створення систем електрозабезпечення (СЕЗ) стаціонарно розміщених технічних засобів на основі використання ВДЕ як у поєднанні з живленням від центральної промислової мережі (ЦПМ), так і при повній децентралізації електропостачання.

Залишились невирішеними питання обґрунтування якісного та кількісного складу подібних систем.

2 ПРОЕКТУВАННЯ СХЕМИ АПАРАТНИХ ЗАСОБІВ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ З БЛОКОМ НЕЧІТКОГО УПРАВЛІННЯ ТА УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДУ СТРУКТУРНОГО СИНТЕЗУ ПІДСИСТЕМ ПЕРВИННИХ ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ ВІДНОВЛЮВАНОЇ ЕНЕРГІЇ СИСТЕМ ЕЛЕКТРОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ

2.1 Удосконалення методу структурного синтезу підсистем первинних перетворювачів відновлюваної енергії систем електрозабезпечення технічних засобів

Реалізація структурного синтезу підсистем первинних перетворювачів відновлюваної енергії систем електрозабезпечення ТЗ має враховувати динаміку зміни потенціалу кожного виду відновлюваних джерел енергії, котра відповідно може бути оцінена з атласу ВДЕ України [4] та з інформації інтерактивної системи [5].

На рівні формування фактичних оцінок особливе значення матиме розробка механізмів врахування фактичного коливання потенціалу ВДЕ та графік споживання електроенергії (далі — енергії) впродовж всього часу експлуатації ТЗ характеризуються циклічним повторенням.

На рівні розрахункового аналізу в запропонованій методиці дискретизацію часу пропонується здійснювати з певними діапазонами, тобто індексацією: $\tau = 1, T$. Тоді впродовж однієї доби за умови прийняття діапазону рівним 4 год. нумерація індексів буде такою: $\tau = 1, 2, \dots, 6$.

У залежності від умов середовища функціонування ПП характеризуються сумарною енергією $E_{\text{ПП}}^{\tau}$ (Вт·год), що може генеруватись з потенціалу ВДЕ впродовж часу τ . Ця енергія потрапляє до споживачів (ТЗ), задовольняючи їх потребу впродовж часу τ ($E_{\text{ТЗ}}^{\tau}$, Вт·год) безпосередньо через ПУ, до складу якої входить пристрій акумуляції енергії (ПАЕ). Ємність ПАЕ ($E_{\text{ПАЕ}}^{\tau}$, Вт·год) впродовж кожного діапазону τ може коливатись від мінімального ($E_{\text{ПАЕ}}^{\min}$,

Вт·год) до максимального ($E_{\text{ПДЭ}}^{\text{max}}$, Вт·год) значень, що визначається фізичними властивостями.

Для забезпечення електроенергією споживачів впродовж діапазонів τ може виникнути необхідність комплексного використання ПП (виду $w = 1, 2, \dots, W$ та марки $v = 1, 2, \dots, V_w$ у кількості $x_{w,y}^{\tau}$

Структура проекрованої підсистеми ПП характеризується такими показниками:

- $\rho_{w,y}^{\tau}$ кількість енергії, що може бути генерована ПП v -ї марки w -го виду впродовж часового діапазону τ , Вт·год;
- $S_{w,y}^{\tau}$ площа, яка потрібна для встановлення одного ПП v -ї марки w -го виду, м²;
- $x B_{w,y}^{\text{ЗВСУ}}$ разові сумарні затрати на закупівлю, встановлення, списання та утилізацію одного ПП v -ї марки w -го виду, у. од.;
- $B_{w,y}^{\tau}$ приведені до періоду τ сумарні експлуатаційні затрати (на технічне обслуговування і ремонт, утримання фахового персоналу тощо) одного ПП v -ї марки w -го виду,
- $x_{w,y}^{\tau}$ кількість ПП v -ї марки w -го виду, які можуть бути використані для забезпечення потреби ТЗ енергією у період τ , од.

Також передбачається застосування методики синтезу системи автоматичного управління АЕК ЕП на базі ПП в межах основи ситуаційного підходу.

Обґрунтовано необхідність та актуальність розробки методик підвищення ефективності управління автономними енергетичними комплексами з ЕП з урахуванням високої невизначеності прогнозованого стану об'єкта та нечіткості цілей управління, а також доцільність автоматизації цих процесів на основі сучасних інтелектуальних технологій.

В ході дослідження автором було надано обґрунтування вибору методики нечіткого ситуаційного управління. В таблиці 2.1. наведено

особливості автономних енергетичних комплексів ЕП обраних ПП, критичні на вибір математичного апарату реалізації системи управління.

Таблиця 2.1. – Обґрунтування вибору методики нечіткого ситуаційного управління

Особливості ПП АЕК із ЕП	Обґрунтування вибору мат. апарату
<p>1. Вхідними даними для СУ є величина сумарної енергії, що отримується з ЕП-перетворювачів (E_P), величина спожитої енергії (E_R), рівень заряду АБ (E_Z).</p>	<p>Поточні значення цих величин чіткі, але з природної невизначеності функціональні залежності зміни цих величин неможливо знайти, прогноз цих величин носить приблизний, нечіткий характер, що сприяє залученню мат. апарату теорії нечітких множин.</p>
<p>2. Цілі управління визначаються рівнем енергозабезпечення:</p> <ul style="list-style-type: none"> - максимальний; - мінімальний; - оптимальний. 	<p>Ефективне вирішення задачі оптимального енергозабезпечення можливе з використанням прогнозних значень стану об'єкта та ранжуванням навантаження за пріоритетами. З урахуванням цих факторів завдання управління об'єктом мають суперечливий нечіткий характер, що сприяє залученню математичного апарату теорії нечітких множин.</p>
<p>3. Управління енергетичним комплексом може здійснюватися на основі знань оператора-експерта.</p>	<p>Це ключовий чинник вибору нечіткого управління, первісний вид функцій приналежності термів лінгвістичних змінних та встановлення відповідності між типовими ситуаціями та керуючими впливами визначаються на основі суб'єктивних уявлень експерта.</p>

Кінець таблиці 2.1 – Обґрунтування вибору методики нечіткого ситуаційного управління

4. Динаміка зміни стану об'єкта керування низька.	Існує достатній запас часу для визначення управлінського впливу за допомогою нечіткого логічного висновку.
---	--

Було обрано АЕК з ЕП ПП, що використовує як джерела відновлюваної енергії сонячну радіацію та потужність вітрового потоку.

Структурно такий енергетичний комплекс складається з наступних компонентів: пристрої генерації відновлюваної енергії (ФЕУ, ВЕУ); акумуляторні батареї; інвертор; споживач (навантаження); контролер (управління рівня компонентів).

Програмний модуль базується на моделях компонентів енергетичного комплексу. Вхідні дані цього модуля включають параметри компонентів, середньостатистичні метеодані, що визначаються за картографічними даними багаторічних статистичних досліджень середньомісячних сум сумарної сонячної радіації та вітрової активності, а також вимірювані поточні значення метеопараметрів. Вихідними даними є погодинний прогноз надходження сонячної та вітрової енергій.

При цьому важливо, щоб ступені переваги керуючих рішень, що призводять в цільову ситуацію, були вищими за ступені переваги керуючих рішень, що переводять об'єкт в будь-яку іншу ситуацію.

Для підвищення ефективності управління складним об'єктом у роботі пропонується використання можливості зміни стратегії вибору керуючого впливу нечіткої ситуаційної мережі залежно від зміни мети управління (рисунок 2.1).

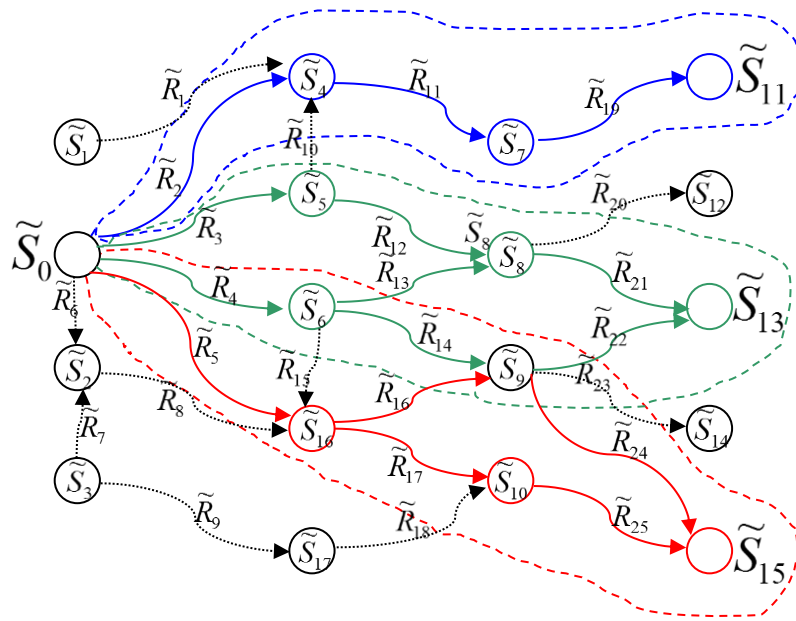


Рисунок 2.1 – Розрахунок стратегії управління з нечіткої ситуаційної мережі при зміні цільової ситуації

Відповідно можливість застосування нечіткого ситуаційного управління для створення систем автоматичного управління складними технічними об'єктами з відносно великою кількістю входних параметрів. Запропоновані способи і методи побудови систем нечіткого ситуаційного управління створюють теоретичну основу розробки способу побудови баз нечітких знань продукційного типу.

Враховуючи проблеми пов'язані з виявленням експертних знань при побудові бази знань (БЗ) слід передбачити методи, що дозволяють проводити класифікацію станів об'єкта на підставі їхньої подібності з відомими, еталонними станами.

Запропоновано такі етапи побудови баз нечітких знань продукційного типу:

- 1) виявлення ознак опису стану об'єкта та керуючих впливів;
- 2) визначення лінгвістичних змінних, відповідних ознак опису стану об'єкта;
- 3) визначення лінгвістичних змінних, що відповідають керуючим впливам;

- 4) визначення за допомогою експерта можливих варіантів цільових ситуацій;
- 5) визначення експертом ступеня значущості ознак опису станів об'єкта для кожного управляючого впливу за всіма варіантами цільових ситуацій;
- 6) побудова нечіткого покриття простору станів об'єкта нечіткими класами з відповідними значеннями керуючих впливів;
- 7) тестування БЗ.

Внаслідок проведеного аналізу особливостей ПП АЕК з ЕП встановлено обґрунтованість вибору нечіткого ситуаційного управління.

Таким чином в 2.1.автором розроблено обґрунтування вибору методики нечіткого ситуаційного управління.

2.2 Розробка структури досліджуваних підсистем

За головний критерій ефективності підсистеми ПП вбачається доцільним прийняти ознаку мінімізації затрат. З урахуванням змістовного опису задачі та особливостей, що стосуються організації електрозабезпечення ТЗ на основі ВДЕ, цільову функцію математичної моделі генерації раціональних структур підсистем ПП систем електрозабезпечення ТЗ можна подати у вигляді (2.1):

$$F(X) = \sum_{W=1}^W \sum_{v=1}^{V_w} \sum_{t=1}^T B_{WV}^t x_{WV}^t + \sum_{W=1}^W \sum_{v=1}^{V_w} B_{WV}^{3BCY} \max\{x_{WV}^1, \dots, x_{WV}^T\} \rightarrow \min \quad .(2.1)$$

А обмеження математичної моделі можуть бути такими:

1. Щодо тактико-технічних вимог. Для безперебійного електроживлення ТЗОК повинні виконуватись умови збалансованості енергії (2.2):

$$\left\{ \begin{array}{l} E_{\text{ПАЕ}}^t + \sum_{W=1}^W \sum_{v=1}^{V_w} \rho W^t V x W^t V, \leq E_{\text{ПАЕ}}^{\text{max}} + E_{\text{T3}}^t \\ E_{\text{ПАЕ}}^t + \sum_{W=1}^W \sum_{v=1}^{V_w} \rho W^t V x W^t V, \geq E_{\text{ПАЕ}}^{\text{max}} + E_{\text{T3}}^t \end{array} \right\}, \quad (2.2)$$

де: $E_{\text{ПАЕ}}^t = E_{\text{ПАЕ}}^{t-1} + \sum_{W=1}^W \sum_{v=1}^{V_w} \rho W^t V x W^t V - E_{\text{T3}}^{t-1}, (t = 1\bar{T})$.

Перше обмеження визначає, що кількість енергії, яка може надаватися споживачам впродовж часового діапазону τ за рахунок використання енергії ПАЕ та згенерованої первинними перетворювачами у кількості: $\sum_{W=1}^W \sum_{v=1}^{V_w} \rho W^t V x W^t V$ не має перевищувати кількості енергії, яка необхідна для повної зарядки ПАЕ $E_{\text{ПАЕ}}^{\text{max}}$ та для використання споживачами $E_{\text{ПАЕ}}^\tau$.

Друге обмеження визначає, що кількість енергії, яка може надаватися споживачам за рахунок використання енергії ПАЕ $E_{\text{ПАЕ}}^\tau$ та згенерованої первинними перетворювачами у кількості: $\sum_{W=1}^W \sum_{v=1}^{V_w} \rho W^t V x W^t V$; не повинна бути меншою кількості енергії, необхідної для забезпечення мінімального енергетичного рівня ПАЕ $E_{\text{ПАЕ}}^{\text{min}}$ та для використання споживачами $E_{\text{ПАЕ}}^\tau$. Величина енергії $E_{\text{ПАЕ}}^\tau$ яка впродовж часового діапазону τ може бути передана споживачам від ПАЕ, знаходиться як сума величини енергії $E_{\text{ПАЕ}}^{\tau-1}$, яка може бути передана споживачам від ПАЕ впродовж діапазону, та величини енергії $\sum_{W=1}^W \sum_{v=1}^{V_w} \rho W^t V x W^t V$ згенерованої первинними перетворювачами впродовж часового діапазону τ , за виключенням тієї величини енергії $E_{\text{T3}}^{\tau-1}$, яка отримана всіма споживачами впродовж часового діапазону $\tau - 1$.

2. Щодо конструктивно-технічних вимог: а) стосовно обсягів енергії, яку може «отримувати», або «віддавати» ПАЕ впродовж часового діапазону τ (2.3):

$$\left\{ \begin{array}{l} \sum_{W=1}^W \sum_{v=1}^{V_w} \rho W^t V x W^t V - E_{\text{T3}}^t, \leq E_{\text{max}}^{\text{зар}} \\ E_{\text{T3}}^t - \sum_{W=1}^W \sum_{v=1}^{V_w} \rho W^t V x W^t V - E_{\text{T3}}^t, \geq E_{\text{max}}^{\text{розр}} \end{array} \right\}. \quad (2.3)$$

ПАЕ характеризується деякими обумовленими фізичними властивостями значеннями $E_{\text{max}}^{\text{зар}}$ та $E_{\text{max}}^{\text{роз}}$, що кількісно вказують на максимально можливе

збільшення та, відповідно, зменшення його ємності впродовж діапазону τ . Отже, згідно з першим обмеженням, кількість енергії, яка надходить для заряду ПАЕ, являє собою різницю енергії генерованої первинними перетворювачами $\sum_{W=1}^W \sum_{v=1}^{V_w} \rho W^t V x W^t V$ та енергії потреб ТЗ E_{T3}^T , та не повинна перевищувати значення E_{\max}^{zap} відповідно до другого обмеження, енергія розряду ПАЕ впродовж часового діапазону τ визначається, як різниця енергії потреб ТЗ E_{T3}^T і енергії генерованої первинними перетворювачами $\sum_{W=1}^W \sum_{v=1}^{V_w} \rho W^t V x W^t V$ та не повинна перевищувати значення E_{\max}^{poz} .

б) стосовно площі розташування первинних перетворювачів: Кожному виду ПП відповідає певна площа, на якій можливе їх розташування. Отже, рішення щодо складу структури підсистеми ПП має враховувати площинні обмеження. Площа розміщення первинних перетворювачів виду w є величиною $\sum_{v=1}^{V_w} \max\{x_{wv}^1 S_{wv}^1, x_{wv}^T S_{wv}^T\}$

Дане обмеження матиме такий вигляд(2.4):

$$\sum_{v=1}^{V_w} \max\{x_{wv}^1 S_{wv}^1, x_{wv}^T S_{wv}^T\} \leq S_w, (w = 1, \bar{W}). \quad (2.4)$$

3. Щодо додаткових вимог: $x_{wv}^t \geq 0, x_{wv}^t \in Z, ((w = 1\bar{W}), (w = 1\bar{V}_w)), (t = 1\bar{T})$. Цим обмеженням визначено забезпечення невід'ємності та цілочислових розв'язків задачі. Для перевірки гіпотези про можливість безперебійного електроживлення ТЗ за рахунок використання енергії з відновлюваних джерел вбачається за доцільне протестувати математичну модель генерації раціональних структур підсистем ПП систем електрозабезпечення ТЗ на конкретному прикладі. Тестування проведемо за допомогою засобу аналізу даних Solver (пошук рішення) MS «Excel». Для зручності значення показників, що характеризують первинні перетворювачі ВДЕ, характеристики ПАЕ та набори значень показників функціональних обмежень сформовано у масиви електронної таблиці MS «Excel»

Для вирішення поставлених завдань вибрано програмний комплекс для управління АЕК з ЕП на основі нечіткого ситуаційного управління, структура якого представлена на рисунку 2.2 як інструментальне середовище для розробки використано математичний пакет Matlab.

Одним із етапів є імітаційне моделювання об'єкта управління, що дозволяє оцінити ефективність різних алгоритмів управління системою та впливу змін різних параметрів системи.

Моделювання енергетичної системи з ЕП є синтезом математичних моделей, що описують процеси надходження енергії від різних джерел, перетворення енергії в енергоустановках та споживання енергії навантаженням (рисунок 2.2).

Управління АЕК з ЕП здійснюється на основі аналізу інформації про поточний стан комплексу, а також про прогнозовані значення надходження енергії та енергоспоживання.

Зроблено побудову баз нечітких знань відповідно до запропонованої методики:

1 Виявлено ознаки опису стану об'єкта, як вхідні дані:

- сукупне поточне та прогнозоване значення генерованої енергії E_P, E_P' ;
- поточне та прогнозоване значення спожитої енергії E_R, E_R' ;
- поточне та прогнозоване значення рівня заряду накопичувача E_Z, E_Z' .

2. Визначено керуючі впливи, як вихідні дані:

- заряд/розряд накопичувача ΔE_Z ;
- зміна забезпечення енергією споживача відповідно до ранжування навантаження ΔE_R .

3. Для завдання функцій приналежності термів використовувалися функції трикутного та трапецієподібного типу, остаточний вигляд яких підлаштовувався у процесі імітаційного моделювання.

4. Визначено варіанти цільових ситуацій \tilde{S}_z^i . Виділено такі стратегії управління АЕК з ЄП за рівнем енергозабезпечення: максимальний, мінімальний та збалансований.

5. Для значущості ознак опису станів об'єкта для кожного управляючого впливу за всіма варіантами цільових ситуацій.

6. Побудовано покриття безлічі станів об'єкта нечіткими класами, що відповідають значенням керуючих впливів.

6.1. Визначено типові нечіткі ситуації $\tilde{S}_1, \tilde{S}_2, \dots, \tilde{S}_k$ із множини \tilde{S} та \tilde{S}_j значення оцінено відповідність ситуації T_j^i .

6.2. Для кожної ситуації визначено значення функції власності ситуації нечіткому класу $\tilde{F}_j, j = \overline{1, k}$.

7. Проведено верифікацію основи знань - аналіз на надмірність, несуперечність і повноту.

Здійснено верифікацію роботи програмного модуля нечіткого ситуаційного управління АЕК з ЄП з використанням імітаційного комп'ютерного моделювання. Оцінювалися якість управління та оперативність виведення керуючого впливу.

Оперативність оцінювалася за інтервалами між моментами виникнення ситуацій та видачі керуючих рішень. Отримані результати порівнювалися з результатом, показаним людині-оператору. За результатами експерименту якість і оперативність рішень, що виробляються програмним модулем, відповідає якості рішень, що приймаються людиною.

Методичні аспекти вибору математичного апарату для формалізації відповідного рівня невизначеності у моделях складних об'єктів та системах управління ними.

Доцільно застосувати класифікації, що встановлюють зв'язок між основними типами невизначеності вихідних даних у складних технічних системах, формою представлення їх моделей та відповідними математичними методами формалізації невизначеності (представлено в таблиці 2.2.).

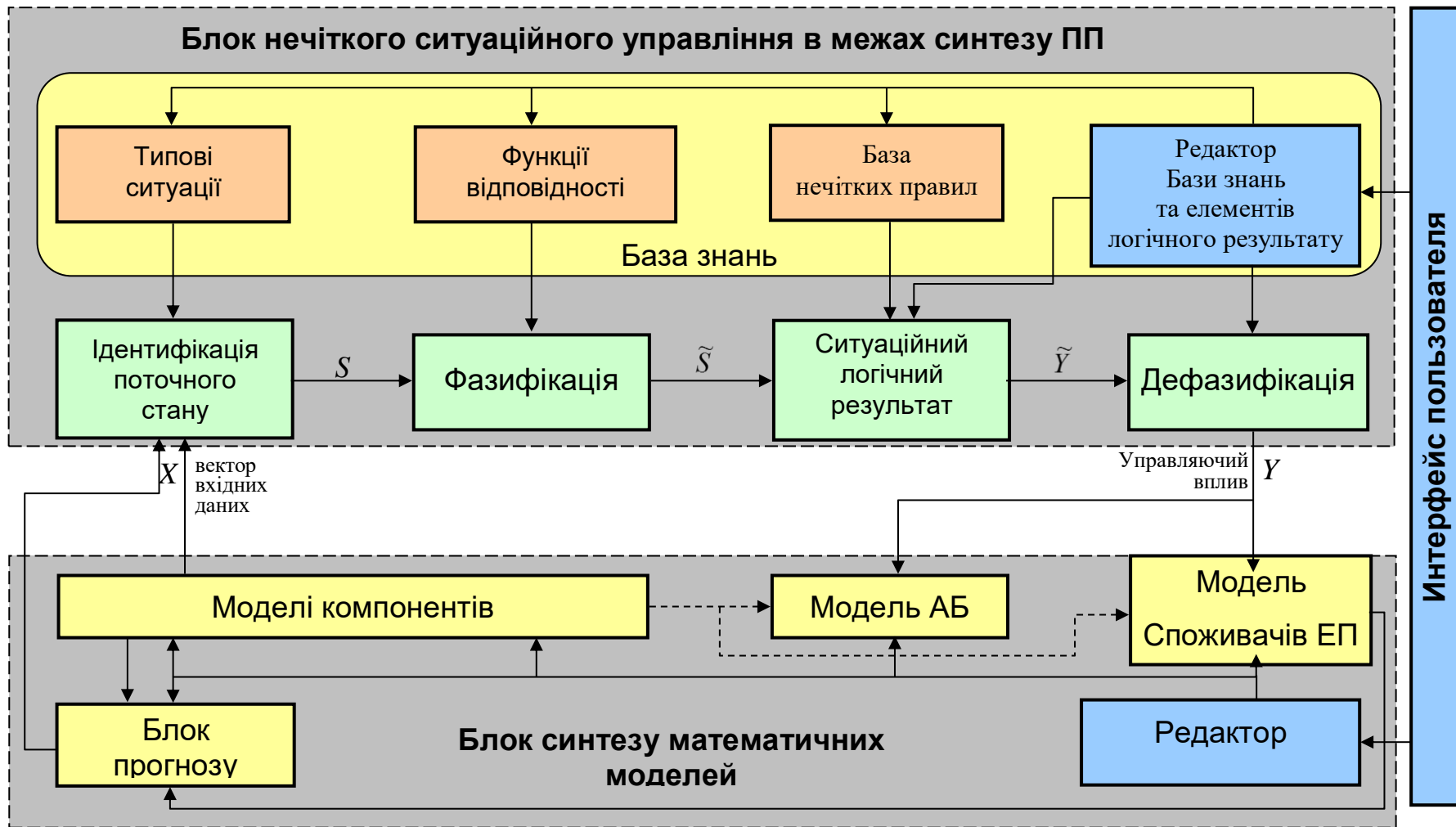


Рисунок 2.2. – Структура синтезу програмного комплексу для управління АЕК з ЕП на основі нечіткого ситуаційного логічного виводу

Таблиця 2.2. – Аспекти синтезу класифікації математичних методів для управління при різних типах невизначеності

Тип невизначеності інформації про об'єкт управління	Тип моделі	Математичні методи формалізації невизначеності
<p>Повна інформація. Функціонал J і структура f відомі, вони як і X і Y, не спотворені шумом W. Елементи J, f, X, Y, W детерміновані.</p>	Детермінована	<p>Методи лінійного, нелінійного, цілісного, динамічного програмування, прямі варіаційні методи та методи засновані на принципі максимуму Понтрягіна.</p>
<p>Неповна інформація Функціонал J і структура f відомі, вони як і X і Y, не спотворені шумом W. Елементи X, Y, W визначені в заданих інтервалах.</p>	Інтервальна	Інтервальна математика, рівняння з інтервальними коефіцієнтами.
<p>Статистична інформація (велика вибірка). Функціонал J та структура f відомі. Елементи J, f детерміновані, X, Y, W імовірнісні</p>	Ймовірнісні	<p>Теорія ймовірностей, математична статистика, статистичні методи теорії розпізнавання образів тощо.</p>

Кінець таблиці 1.2 – Аспекти синтезу класифікації математичних методів для управління при різних типах невизначеності

Статистична інформація (мала вибірка). Елементи J, f невідомі, X, Y, W експериментальні.	Нейросіткова	Штучні нейронні мережі, перцептрон Розенблат, машина Гамба і т.д.
Якісна інформація. Елементи J, f, X, Y, W немає чіткого значення, немає передумов припускати той чи інший закон розподілу.	Лінгвістична	Методи теорії нечітких множин, нечітка логіка.
Знання експертів Елементи J, f, X, Y, W гіпотетичні, не мають чіткого значення, задані на основі інтуїції та досвіду.	Експертна	Методи прийняття рішень, методи теорії нечітких множин.

Де в табл.2.2 J – функціонал відображає мету управління; f – структура об'єкта управління; X – вхідні некеровані змінні; U – вхідні керовані змінні, W – перешкоди; Y – вихідні змінні.

Відповідно на підставі налізу властивостей складних технічних об'єктів визначено, що найбільший ступінь невизначеності мають технічні об'єкти, що характеризуються якісною експертною інформацією про режими функціонування, відсутністю достатньої статистичної вибірки, що базуються на лінгвістичних та експертних моделях. Встановлено, що для формалізації такого типу невизначеності найдоцільніше використання методів моделювання та математичного апарату теорії нечітких множин. Враховуючи особливості нечіткого управління складними об'єктами, принципи побудови систем на нечіткій логіці та введено основні поняття теорії нечітких множин та ситуаційного управління. Таким чином в ході структурної розробки

враховувалися обрані програмні комплекси проектування баз нечітких знань, що дозволило визначити тенденції у розвитку сучасних програмних та програмно-апаратних засобів обробки нечітких знань. Їх характерною особливістю є орієнтація на продукційну модель уявлення знань та відсутність засобів автоматизації виявлення та поповнення знань. В даному підрозділі автором розглянуто аспекти синтезу класифікації математичних методів для управління при різних типах невизначеності

2.3 Технології апаратних автоматизованих систем та узагальнена схема апаратних засобів інтелектуальної системи управління з блоком нечіткого управління

Для успішного вирішення завдань пов'язаних із вибором апаратних засобів досліджувальних підсистем необхідно оперувати досить великим обсягом вихідних даних, характерних для досліджуваного району місцевості – кліматичними, актинометричними, метеорологічними, геологічними та ін. (ГІС). Призначенням ГІС є введення, зберігання, обробка та виведення геопросторово-часової інформації за запитами користувачів. Таким чином, ГІС інтегрується з відповідними підсистемами, реалізованими, як окремих автоматизованих систем. Зв'язок технологій автоматизованих систем із технологіями ГІС для дослідження енергосистем представлений у таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 – Зв'язок технологій апаратних автоматизованих систем із технологіями ГІС для дослідження енергосистем

Назва автоматизованих систем	Технологічні аспекти	Загальне призначення обраних ГІС-технологій
1	2	3

Продовження таблиці 2.3 – Зв'язок технологій апаратних автоматизованих систем із технологіями ГІС для дослідження енергосистем

Автоматизовані системи наукових досліджень	Автоматизований збір первинних даних про характеристики місцевості	Автоматизований збір первинних даних про характеристики місцевості
	Автоматизований збір первинних даних та їх обробка з метою уніфікації	«Наскрізні технології» збору даних у польових умовах
Системи управління базами даних (СУБД)	Побудова тематичних зведених таблиць на основі запитів інформації про характеристики місцевості, джерел та перетворювачів відновлюваної енергії систем електрозабезпечення ТЗ	Побудова тематичних карт на основі запитів інформації про характеристики місцевості, джерел та перетворювачів відновлюваної енергії систем електрозабезпечення ТЗ
	Застосування методів ділової графіки для візуалізації статистичних даних багаторічних актинометричних спостережень.	Застосування методів ділової графіки для візуалізації статистичних даних на картах (вітрова активність, хмарність, радіаційний баланс, гідрологія тощо)
	Застосування інтерфейсу ODBC для зв'язку з віддаленими базами даних	Застосування інтерфейсу ODBC для зв'язку ГІС із зовнішньою базою даних
Автоматизовані системи обробки економічної інформації	Застосування набору форм для формування звітної документації	Створення та застосування набору форм для формування звітної документації
Автоматизовані системи керування	Поєднання економічної інформації про енергетичні системи джерел та перетворювачів відновлюваної енергії систем електрозабезпечення ТЗ з позиційними даними про характеристики місцевості для просторового аналізу та оптимізації економічних завдань	Поєднання економічної інформації про енергетичні системи з позиційними даними про характеристики місцевості для просторового аналізу та оптимізації економічних завдань

Кінець таблиці 2.3 – Зв'язок технологій апаратних автоматизованих систем із технологіями ГІС для дослідження енергосистем

	Прийняття рішень щодо залучення дослідних енергетичних підсистем до енергобалансу регіону на основі оптимізації аналітичних рішень економічних та управлінських завдань	Підтримка прийняття рішень про залучення дослідних енергетичних підсистем до енергобалансу регіону на основі оптимізації аналітичних рішень, доповнених візуальним поданням інформації у вигляді карт та ділової графіки
Маркетингові інформаційні системи	Вирішення маркетингових завдань у галузі енергосистем джерел та перетворювачів відновлюваної енергії систем електрозабезпечення ТЗ із врахуванням технологій їх перетворення на основі автоматизованих інформаційних систем	Вирішення маркетингових завдань у галузі енергосистем з ЕП та технологій їх перетворення на основі застосування геоінформаційних систем
	Вирішення маркетингових завдань у галузі енергосистем та технологій їх перетворення на основі автоматизованих інформаційних систем	Вирішення маркетингових завдань у галузі енергосистем та технологій їх перетворення на основі додаткових можливостей геоінформаційного моделювання. Геомаркетинг

Аналіз таблиці 2.3 підтверджує, що ГІС є сучасним узагальненням автоматизованої інтегрованої інформаційної системи з просторовою локалізацією даних, в якій запозичені методи та технології з інших інформаційних систем, що існували раніше.

У результаті створюється нова технологія, що є сукупністю прийомів, способів та методів застосування апаратно-програмних засобів обробки та передачі інформації на основі реалізації функціональних можливостей ГІС. Це дозволяє об'єднати в одну програму масиви просторово-часових даних з

існуючих ГІС з моделями надходження та перетворення енергії з нетрадиційних відновлюваних джерел для створення нових ресурсів.

Зазначимо, що як система обробки інформації у складі аналізованої інтегрованої технології необхідно використовувати розрахунково-аналітичний модуль. Він включає математичні моделі надходження та перетворення енергії з нетрадиційних джерел, динамічне моделювання та розрахунок показників ефективності їх використання в різних кліматичних та географічних умовах.

Таким чином геоінформаційні системи та технології є прикладним інструментарієм системного аналізу, який дозволяє інтегрувати просторово-часові бази даних за моделями надходження та перетворення енергії від нетрадиційних джерел у прив'язці до характеристик місцевості з іншими джерелами даних, а також використовувати СУБД для впорядкування, підтримки, обробки та візуалізації наявних у їх розпорядженні даних.

Вибір сукупності критеріїв для оцінки ефективності альтернативних варіантів залучення відповідних енергетичних систем джерел та перетворювачів відновлюваної енергії систем електрозабезпечення ТЗ до енергобалансу повинен проводитися на основі повної системи критеріїв ефективності. Використання ієрархії цілей дозволяє пристосовувати вимоги спільних цілей до конкретних завдань, які вирішуються при залученні ПП до енергобалансу досліджуваного регіону.

Розглянуті методи оцінки критеріїв ефективності з урахуванням ієрархії цілей дозволяють здійснювати вибір системи критеріїв ефективності кожному за конкретного дослідження регіональної енергосистеми.

На основі обраних критеріїв побудовано оптимізаційну модель із заданою цільовою функцією та системою обмежень. Для визначення множини допустимих рішень поставленої задачі в рамках запропонованої методики використаний наступний алгоритм побудови оптимальної множини варіантів виробництва енергії з використанням обраних підсистем на основі розв'язання задачі лінійного програмування з інтервально заданими

коефіцієнтами цільової функції при заданих обмеженнях та прийняття алгоритмічних рішень, а саме:

1) Визначається векторний критерій $F=(f_1, f_2, \dots, f_m)$, приймає значення у просторі m -мірних векторів R^m (f_1, f_2, \dots, f_m) – числові функції, визначені на R^m та що задають систему обмежень);

2) Формується цільова функція $\max_{x \in X} F(x)$ та задаються обмеження $X = \{x \in R^n | f_j(x) \leq 0, j = 1, \dots, m, x_j \geq 0\}$;

3) Визначається безліч усіх ефективних рішень за Парето; $X_E = \{x \in X | \exists x' \in X: f_i(x') \geq f_i(x) \wedge f_i(x') \neq f_i(x)\}$;

4) Для кожного значення $x \in X_E$ визначається функція корисності $u(x)$:

4.1. Перевіряються структурні умови незалежності вибраних критеріїв;

4.2. Визначаються одновимірні функції корисності $u_j(x_j)$ на значеннях критеріїв X_j ;

4.3. Визначаються значення вагових коефіцієнтів k_j ($i=1, \dots, r$), як рішення r незалежних рівнянь, у яких k_j є невідомими;

4.4. Визначається функція корисності $u(x)$. У загальному вигляді формула для $u(x)$ (у разі взаємної незалежності критеріїв X_1, X_2, \dots, X_m , за корисністю) має вигляд (2.4):

$$u(x) = \sum_{j=1}^m k_j u_j(x_j) + k \sum_{j=1}^m k_j k_i u_j(x_j) k_i(x_i) + k^{m-1} k_1 \dots k_m u_1(x_1) \dots u_m(x_m), \quad (2.4)$$

де k – загальна константа шкалювання, значення якої є рішенням рівняння $1 + k = \prod_{j=1}^m (1 + k k_j)$.

5) Визначається очікувана корисність кожного з аналізованих варіантів за формулою (2.5):

$$E_j(u) = \int_x^1 p(x_j)u(x)dx, \quad (2.5)$$

Якщо очікувана корисність одного варіанта вище, ніж іншого, йому слід віддати перевагу.

Результатом роботи наведеного алгоритму є ранжування варіантів залучення енергетичних підсистем щодо їх очікуваної корисності.

При формуванні цільової функції для вирішення завдання оцінки ефективності варіантів залучення енергетичних підсистем (ЕП) до енергобалансу регіону необхідно врахувати параметри моделей надходження енергії від нетрадиційних джерел, основні характеристики технологій її перетворення, а систему обмежень формувати на основі інтервальних значень критеріїв ефективності, вибраних із загальної системи критеріїв.

Основною метою при залученні енергії від ЕП є максимізація річного виробництва енергії від даних підсистем. Обсяг енергії, що залучається, залежить від потужностей наявних енергетичних установок з виробництва електроенергії з використанням певного виду технології перетворення енергії, отриманої від нетрадиційних джерел, а також коефіцієнти ефективності використання зазначених потужностей. Як обмеження визначимо розбіжність між вартістю енергії, що отримується від ЕП за всіма існуючими в розглянутому регіоні технологіями перетворення, та вартістю енергії від традиційних джерел. Також можливо включити до розгляду обмеження на допустиму площу земель, що відчужуються, при використанні певної технології перетворення енергії, наслідки від впливу на навколишнє середовище, обмеження можливих варіантів залучення за критерієм витрат на створення об'єктів ЕП тощо.

Описані алгоритми синтезовані в єдину методику оцінки ефективності варіантів залучення ЕП до енергобалансу регіону, яка є удосконаленим методичним підходом до вирішення поставленого завдання. Запропонована методика дозволяє особі, яка приймає рішення, проводити аналіз

ефективності залучення ЕП до енергосистеми регіону для вибору найкращих варіантів. Програмний комплекс для вирішення поставленого завдання структурно повинен складатися з трьох основних блоків: введення, зберігання та попереднього опрацювання даних; моделювання, оцінки ефективності та прийняття рішень; візуалізації результатів. Кожен із них виконує певні функції (рисунку 2.3).

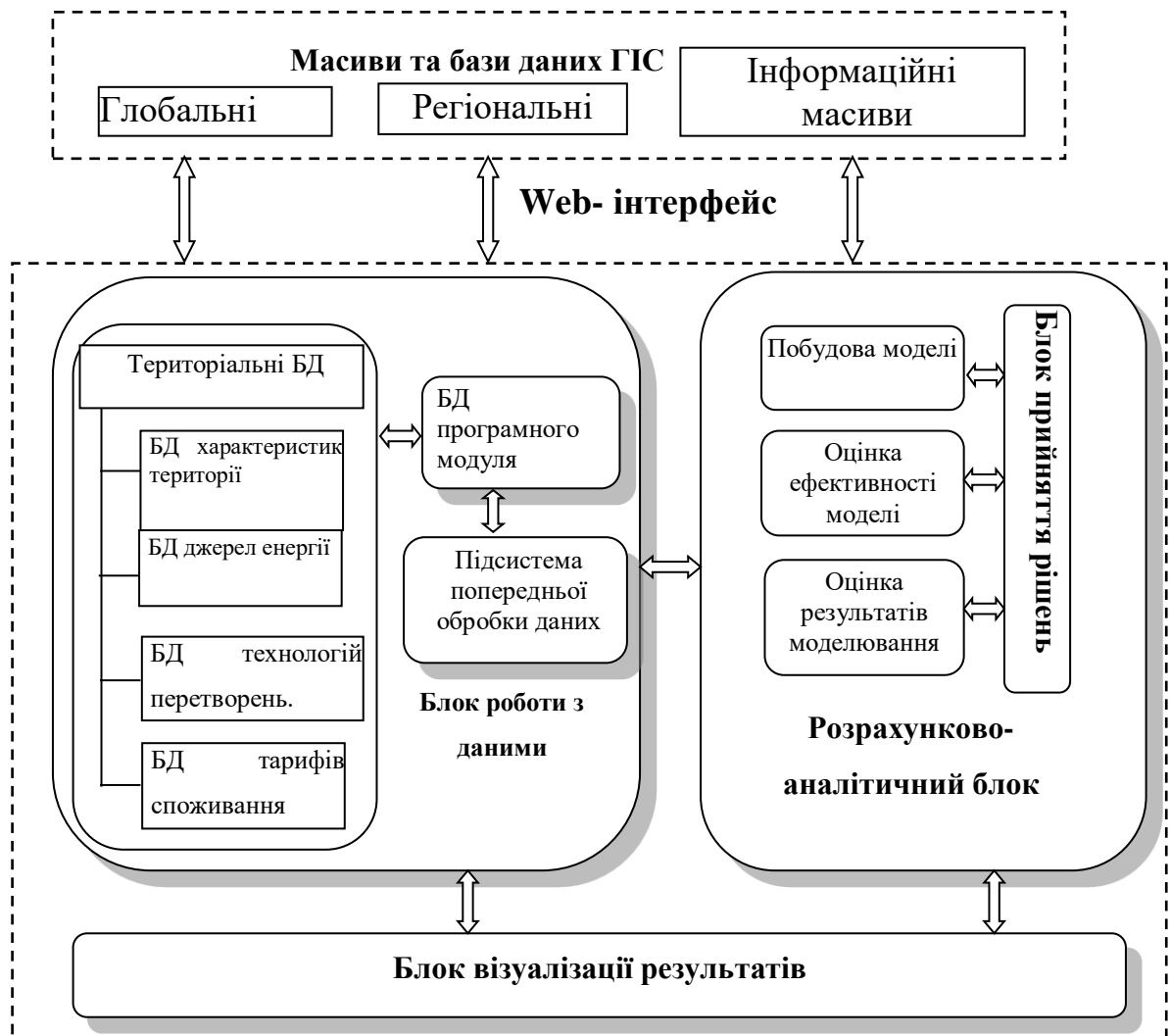


Рисунок 2.3 – Структура програмного комплексу

Відповідно проектування реляційної структури бази даних з урахуванням вимог цілісності даних предметної галузі та інтеграції з геоінформаційними системами (рисунку 2.3.).

Структуровані дані про об'єкти моніторингу, як географічні об'єкти (координати, належність району тощо), об'єкти джерела енергії (існуючих і можливо рекомендованих до встановлення), характеристики технологій перетворення енергії від нетрадиційних джерел, споживачі енергії, поточні дані моніторингу впливу на екологічний стан. Для кожного виду енергоресурсу представлені певні параметри (швидкість вітру, кількість сонячних днів, рівень води, обсяг вироблення біоенергії). Враховано зв'язки джерел та споживачів енергії. Найчастіше в межах практичної реалізації систем автоматичного управління складними технічними об'єктами блок нечіткого управління виконується, як надбудова над PID-регулятором, регулюючи належним чином обмежена кількість його параметрів (1-2). Визначено, що при створенні системи керування з великою кількістю параметрів блок нечіткого керування має бути включений безпосередньо до контуру керування (рисунок 2.4).

Такий спосіб включення блоку нечіткого управління підвищує інтелектуальність системи, але при цьому виникають проблеми зниження якості нечіткого логічного виводу та оперативності управління. Для вирішення цих проблем необхідний розвиток методологічного апарату нечіткого управління з метою його використання для побудови систем управління складними об'єктами ширшого класу, ніж ті, до яких він застосовується нині.

Побудова адекватної моделі за великої кількості вхідних параметрів вимагає великого обсягу бази нечітких знань, кількість продукційних правил, у якій експонентційно зростає зі збільшенням входів моделі, що знижує якість нечіткого логічного висновку. Визначено, що в цьому випадку на етапі генерації бази знань, що складається з нечітких логічних правил, доцільно використовувати ситуаційний підхід та оперувати не конкретними параметрами системи, а класами її станів, що має призвести до зменшення обсягу бази знань і, як наслідок, до підвищення точності керування. У основі ситуаційного підходу лежать принципи нечіткого ситуаційного управління.

Основними етапами реалізації ситуаційного підходу є: розпізнавання ситуації, вибір рішення, формування управляючого впливу.



Рис 2.4. – Узагальнена схема апаратних засобів інтелектуальної системи управління з блоком нечіткого управління

Для розпізнавання ситуації, в якій знаходиться об'єкт управління, як міра близькості, обрано ступінь нечіткого включення входньої нечіткої ситуації \tilde{S}_0 в кожен з типових нечітких ситуацій \tilde{S}_i .

Для використання у роботі обрано нечітка ситуаційна модель типу «ситуація – стратегія управління – дія» (С-СУ-Д), такі моделі менш критичні, щодо якості експертної інформації.

При такому підході передбачається зберігання тільки набору типових ситуацій $S^0 = \{\tilde{S}_0, \tilde{S}_1, \tilde{S}_2, \dots, \tilde{S}_n\}$ і ступенів переваги $\mu(\tilde{S}_i, R_j)$ відповідних

керуючих рішень R_j , які можна подати у вигляді нечіткої ситуаційної мережі (НСМ).

Вибір рішення в моделі С-СУ-Д розбивається на два етапи: постановка мети (цільової ситуації) та побудова стратегії управління, яка ставить послідовність переходів до НСМ, що відповідає оптимальному переведенню об'єкта управління в цільовий стан.

В межах формування методичного спрямування дослідження застосовано методику налагодження бази нечітких знань продукційного типу, в результаті якої вирішуються проблеми, пов'язані з визначенням повноти, несуперечності та надмірності БЗ.

Враховуючи алгоритми нечіткої кластеризації, які можуть використовуватися для побудови покриття безлічі станів об'єкта управління класами, що відповідають впливам, що управляють.

В результаті аналізу таких алгоритмів для використання був обраний алгоритм нечітких середніх (FCM, Fuzzy C-Means) (рисунок 2.5).

Для вирішення поставлених завдань доцільно застосувати алгоритм нечіткого ситуаційного управління, що включає модуль кластеризації, що забезпечує нечітке покриття множини станів складного об'єкта класами типових ситуацій і модуль нечіткого ситуаційного управління, що формує стратегію виведення управлінських впливів по нечіткої ситуаційної мережі в залежності від зміни цільової ситуації (Р).

2.4 Висновки

На рівні формування фактичних оцінок особливе значення матиме розробка механізмів врахування фактичного коливання потенціалу ВДЕ та графік споживання енергії впродовж всього часу експлуатації ТЗ характеризуються циклічним повторенням.

Внаслідок проведеного аналізу особливостей ПП АЕК з ЕП встановлено обґрунтованість вибору нечіткого ситуаційного управління.

Запропоновані методика побудови апаратної бази нечітких знань, методика та алгоритм нечіткого ситуаційного управління сприяють зменшенню кількості збереженої інформації та покращують якість та оперативність нечіткого управління, що підвищує його ефективність використання і розширює сферу його застосування на складні технічні об'єкти ширшого класу.

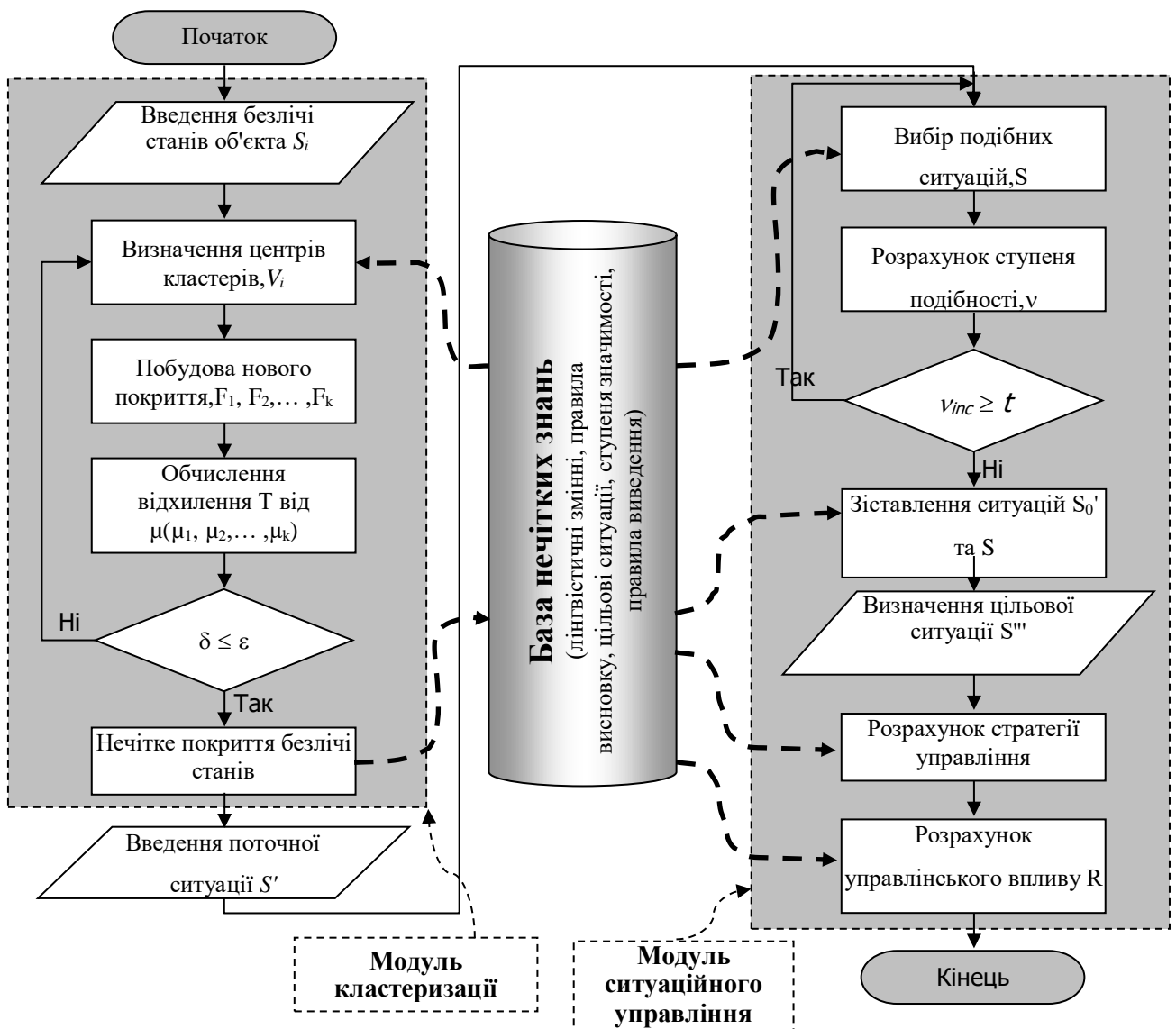


Рисунок 2.5– Блок-схема алгоритму побудови апаратної бази на основі нечіткого ситуаційного управління

Результати верифікації підтверджують, що розроблені методи нечіткого ситуаційного управління можуть бути застосовані для побудови систем управління широкого класу автономних енергетичних комплексів із комплексуванням різних видів ПП в застосованих ЕП, сприяючи підвищенню ефективності їх функціонування та покращенню вартісних характеристик даних систем.

3 АЛГОРИТМИ ТА ТЕХНОЛОГІЯ ОБРОБКИ ІНФОРМАЦІЇ У ДОСЛІДЖУВАНИХ ПІДСИСТЕМАХ ПЕРВИННИХ ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ ВІДНОВЛЮВАНОЇ ЕНЕРГІЇ СИСТЕМ ЕЛЕКТРОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ

3.1 Алгоритми обробки інформації

Для вирішення завдань пов'язаних із обробкою інформації підсистем ПП застосовано комплексний системний підхід, котрий характеризується різнобічним розглядом досліджуваної системної інформаційної обробки та піднятої проблеми із урахуванням її зовнішніх, або внутрішніх взаємозв'язків, різноманітних обмежень та наслідків прийнятих рішень. Відповідно в межах окреслення інформаційної структури також необхідно визначити:

- склад підсистем, що реалізують певні у ТЗ завдання автоматизації;
- архітектуру побудови підсистем з урахуванням вимог швидкодії та надійності;
- розміщення технічних засобів підсистем з урахуванням вимог метрології, електроживлення та заземлення;
- організацію єдиного часу та обміну даними між підсистемами ІКС, що забезпечують функціонування підсистем, як єдиного інформаційно-керуючого комплексу; організацію оперативного управління за допомогою автоматизованих робочих місць (АРМ) операторів, інженерів-технологів, провідних інженерів, спеціалістів та керівників організації.

На рішення, щодо вибору структури інформаційних підсистем ПП досить суттєво вплинули наступні фактори:

- прийнята на контрольних стендах технологія проведення контрольних замірів щодо дії ПП;
- тип контролюємих ПП;

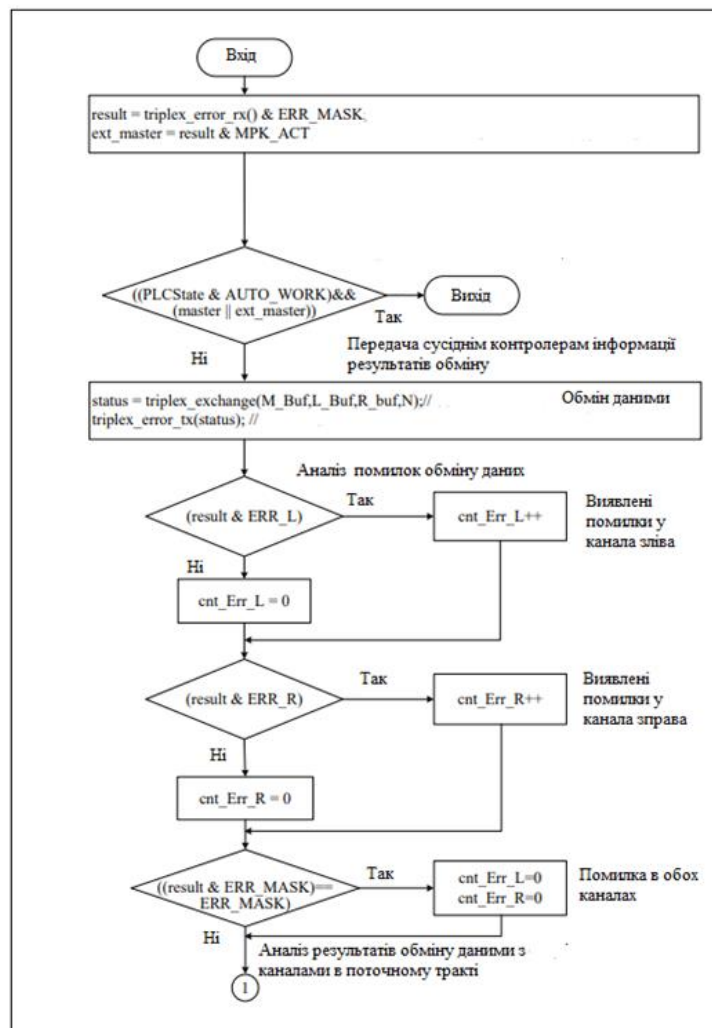
- складність виробу та дослідного обладнання, що визначається кількістю каналів вимірювання, управління та регулювання, а також складністю реалізованих алгоритмів керування;
- вимоги щодо надійності та швидкодії;
- вимоги до програмно-апаратних засобів імітації об'єкта керування;
- вимоги до інтеграції датчиків ПП та стендових інформаційно-вимірювальних систем;
- вимоги до вартості задіяних контрольних систем;
- топологія розміщення ПП, виробу та стендового технологічного обладнання;
- тривалість та інтенсивність замірів роботи ПП.

Інформаційна система може будуватися у вигляді централізованої, або розподіленої системи, що складається з окремих підсистем. Варіант централізованої системи використовується для невеликих стендів та установок лабораторного типу з кількістю датчиків та виконавчих елементів, що обчислюються десятками. Для складних контрольних стендів до яких надходить інформація про роботу ПП найбільш ефективною є розподілена структура інформаційної системи.

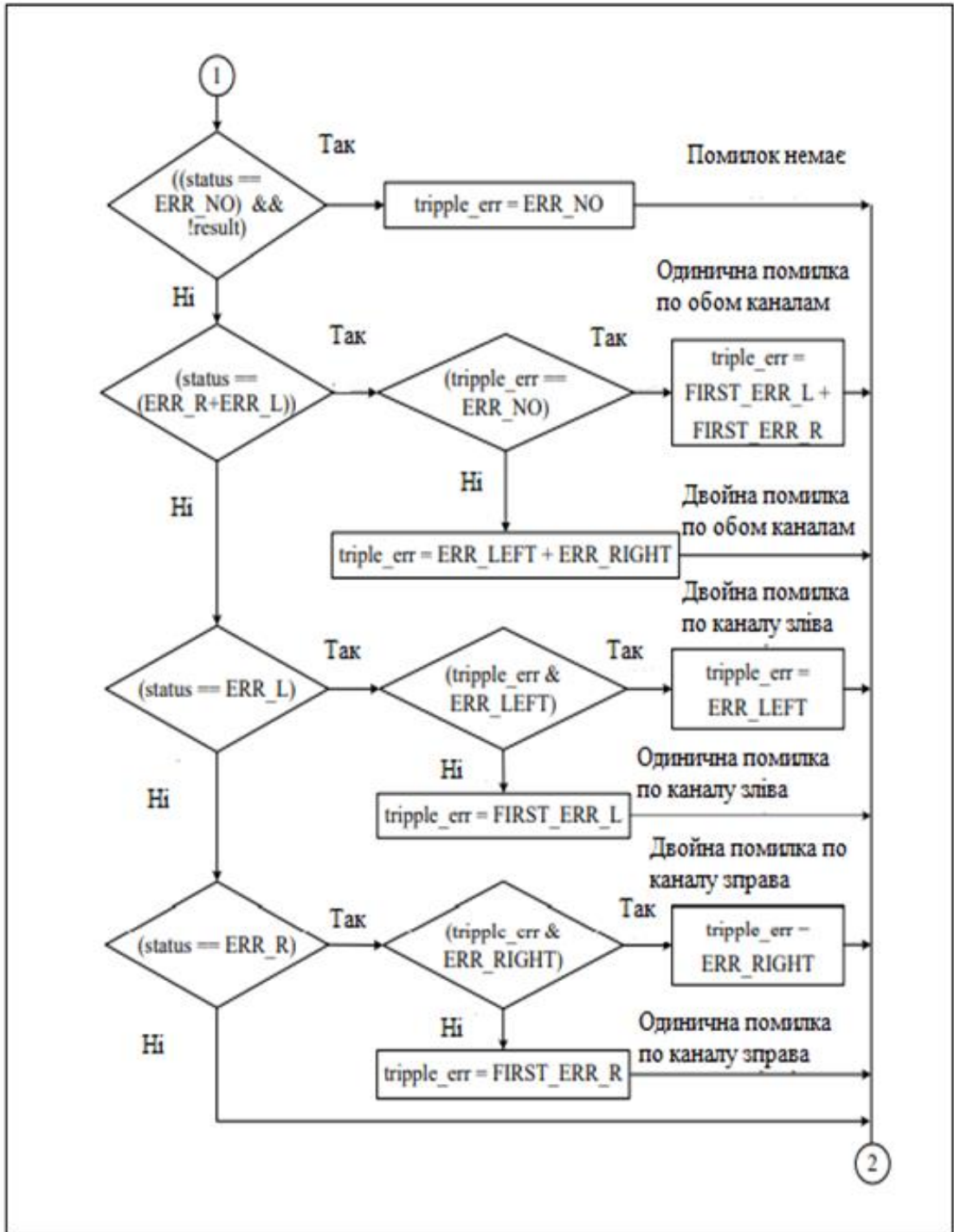
Централізована інформаційна система за контролем ПП є єдиним комплексом на базі одного (як правило, резервованого) процесорного пристрою. Вся стендова автоматика (датчики та виконавчі елементи) одного, або кількох робочих місць випробувально-замірної станції підключається до процесорного пристрою безпосередньо, або за допомогою спеціального (зазвичай релейного) комутатора. Перевагою централізованої системної структури є економія витрат та менша чисельність обслуговуючого персоналу. До недоліків слід віднести обмеження пропускну і формативної спроможності дослідної станції, а також зниження надійності контролю ПП через наявність додаткових комутаторів та ускладненої кабельної мережі.

Розподілена інформаційно-дослідна система є комплексом автономних інтелектуальних підсистем відповідного автоматизаційного контролю за роботою ПП. Дані інтелектуальні підсистеми об'єднуються єдиною локальною обчислювальною мережею. Розподілена структура дозволяє скоротити і спростити кабельну мережу, підвищити перешкодо захищеність вимірювальних каналів, що забезпечує просте підключення пультів місцевого управління, паралельне незалежне проведення робіт на контрольно-замірних стендах, індивідуальне вирішення питань моніторингу підсистем задач, які пов'язані із надійним функціонуванням ПП.

На рисунках 3.1–3.2 наведено алгоритм, що реалізує логіку потрібної обробки даних про функціонування ПП.



a)



б)

Рисунок 3.1. – Алгоритм, що реалізує логіку потрійної обробки даних про функціонування ПП (частина 1)

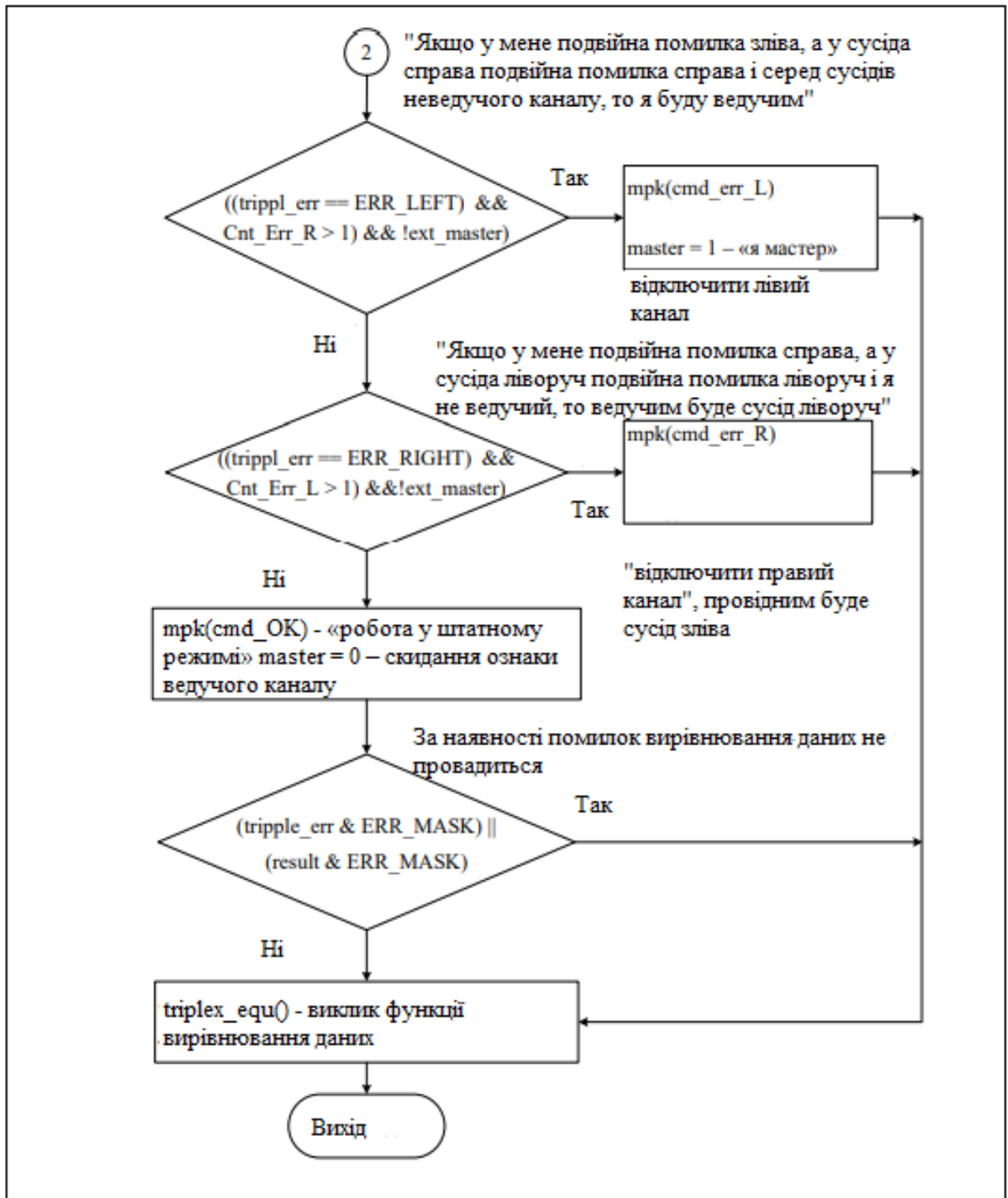


Рисунок 3.2. – Алгоритм, що реалізує логіку потрійної обробки даних про функціонування ПП (частина 2)

В алгоритмі представленому на рисунку 3.1. та рисунку 3.2 використовуються наступні змінні, константи та функції, що забезпечують

інтерфейс з апаратними засобами прийому/передачі даних, лініями помилок та стану активності модулів перемикання каналів МПК:

- Змінні: triple_err // стан алгоритму обміну; status // Результат обміну; результат // результат читання ліній помилок обміну;
- master// ознака ведучого каналу;
- ext_master // ознака того, що один із сусідніх каналів є 197 // провідним; cnt_Err_L // лічильник помилок зліва;
- cnt_Err_R // лічильник помилок праворуч;
- M_Buf // власний буфер із даними;
- L_Buf// буфер даних від лівого каналу; R_Buf// буфер даних від правого каналу;
- N // Довжина буфера; Tn // час затримки перед видачею власних // даних (мкс);
- To // час, що обмежує прийом даних від // сусідніх каналів (мкс);
- master// ознака ведучого каналу;
- ext_master// ознака провідного сусіднього каналу.

Константи стану алгоритму обміну (triple_err):

- ERR_NO = 0 // Немає помилок; FIRST_ERR_R = 0x0010 // перша помилка праворуч;
- ERR_RIGHT = 0x0011 // подвійна помилка праворуч;
- FIRST_ERR_L = 0x0020 // Перша помилка зліва; ERR_LEFT = 0x0022 // Подвійна помилка зліва.

Константи, що використовуються інтерфейсними функціями:

- ERR_MASK = 3 // маска прапорів помилок (можуть складатися за // «АБО»); ERR_NO = 0 // немає помилок; ERR_L = 1 // прапор помилки зліва; ERR_R = 2 // прапор помилки праворуч;
- MPK_MASK = 0x10 // маска прапора активності МПК;
- MPK_ACT = 0x10 //прапор активності МПК сусіда;
- Cmd_OK = 0 // штатна робота МПК; Cmd_Err_L = 1 // відключити МПК лівого каналу;

-Cmd_Err_R = 1 //Вимкнути МПК правого каналу.

Функція після ініціалізації змінних дозволяє приймати дані про стан ПП від сусідніх каналів. Прийом даних здійснюється апаратними засобами, які не завантажують процесор, безпосередньо на початку такту.

Після витримки часу t_n починається відлік часу і видача власних даних сусіднім каналам.

Після закінчення передачі функція переводиться в очікування однієї з двох подій – вичерпання часу обміну, або завершення приймання N байт даних від лівого та правого каналів. Якщо першою подією було завершення прийому, функція повертає ERR_NO.

Якщо першим вичерпався час обміну, то аналізується кількість прийнятих байт від лівого та правого каналів.

Якщо кількість прийнятих байт від одного, або обох каналів не дорівнює N , то в змінній state, що повертається, встановлюються відповідні прапори помилок ERR_L і ERR_R.

Таким чином, вікно прийому даних визначається, як t_n+t_o . Початкова затримка часу перед видачею власних даних t_n необхідна парірування можливої розсинхронізації початку тактів контролерів.

Функція передачі сусіднім контролерам сигналів помилок за результатами обміну: triplex_error_tx(status) – забезпечує видачу сигналів лінії «Ош.Л» і «Ош.П» відповідно бітами ERR_L і ERR_R змінної status.

Функція прийому сигналів помилок від сусідніх каналів: result = triplex_error_rx() – забезпечує прийом сигналів з ліній «Ош.Л», «Ош.П» та «МПК Акт» та встановлює відповідні біти ERR_L, ERR_R та МПК_АКТ у змінній result: ERR_MAS 3 // маска прапорів помилок (можуть // складатися з «АБО»); МПК_MASK = 0x10 // маска прапора активності МПК; ERR_NO = 0 // немає помилок; ERR_L = 1 // прапор помилки зліва; ERR_R = 2 // прапор помилки праворуч; МПК_АКТ = 0x10 // Прапор активності МПК сусіда.

Функція управління схемою перемикання каналів (МПК): mpk(cmd), де cmd визначає одну з трьох команд, що управляють модулями перемикання

каналів: Cmd_OK // працювати у штатному режимі; Cmd_Err_L // відключити МПК лівого каналу; Cmd_Err_R // Вимкнути МПК правого каналу.

Перша команда визначає штатний режим роботи МПК, при якому інтерфейси потрійних модулів дискретного виводу підключені до відповідних каналів. Дві інші команди, використовуючи закладену МПК логіку, дозволяють виключити несправний канал.

При цьому контролер, що йде за непрацездатним, стає провідним і до нього за допомогою МПК підключаються всі три вихідні інтерфейси зв'язку контролерів з вихідними блоками.

Крім перерахованих інтерфейсних функцій в алгоритмі використовується функція користувача вирівнювання даних: `triplex_equ()`. У разі успішного обміну викликом цієї функції алгоритм забезпечує коригування власного буфера (M_Buf) шляхом порівняння його вмісту з даними, отриманими від лівого (L_Buf) та правого (R_Buf) каналів за логікою «два з трьох» для бітових змінних та привласненням цілісним змінним значення, що залишився після відкидання мінімального та максимального.

До використання процедури усереднення цілих змінних слід ставитися з обережністю, оскільки усереднення вимірювальної інформації може призвести до значного спотворення результату при аномальному значенні одного зі значень, а усереднення програмних змінних іноді взагалі неприпустимо (наприклад, якщо вони є перерахованими).

Алгоритм реалізовано з використанням схеми деградації – відновлення. Код стану, що визначає ступінь деградації, може містити комбінації наступних ознак: `ERR_NO = 0` // немає помилок; `FIRST_ERR_R = 0x0010` // перша помилка справа; `ERR_RIGHT = 0x0011` // подвійна помилка праворуч; `FIRST_ERR_L = 0x0020` // перша помилка зліва; `ERR_LEFT = 0x0022` // Подвійна помилка зліва.

Якщо вихідний стан коду стану був ERR_NO, то при першій помилці код зміниться на FIRST_ERR_x, а при повторній – на ERR_x, де x – R/L. У разі нормального обміну проводиться відновлення алгоритму до ERR_NO.

Алгоритм починає свою роботу викликом функцій обміну даними з сусідніми контролерами з подальшим встановленням стану ліній помилок за результатами обміну даних про стан ПП.

Далі проводиться читання станів ліній помилок, виставлених сусідніми контролерами, та стану лінії активності МПК: // прийом сигналів помилок від сусідніх каналів `result = triplex_error_rx() & ERR_MASK;` // прийом сигналу активності МПК сусіднього каналу `ext_master = triplex_error_rx() & MPK_AST.`

Якщо в результаті попередньої діяльності контролер перейшов в одноканальну конфігурацію (встановлені ознаки master, або ext_master), то в автоматичному режимі (при працюючих програмах користувача) обмін і вирівнювання не проводиться.

Для відновлення обмінів необхідно перейти в ручний режим і переконавшись, що все нормально, відновити автоматичний режим роботи.

Якщо конфігурація контролерів штатна, проводиться обмін: // обмін даними між контролерами `status = triplex_exchange(M_Buf,L_Buf,R_buf,N);` //

Установка станів ліній помилок для сусідніх каналів `triplex_error_tx(state);` Після цього перевіряється наявність помилок обміну даними. За наявності помилок обміну здійснюється деградація стану алгоритму. Причому якщо до появи помилки алгоритм мав статус NO_ERR, то вважається, що це поки що одиночний збій (рисунок 3.3.).

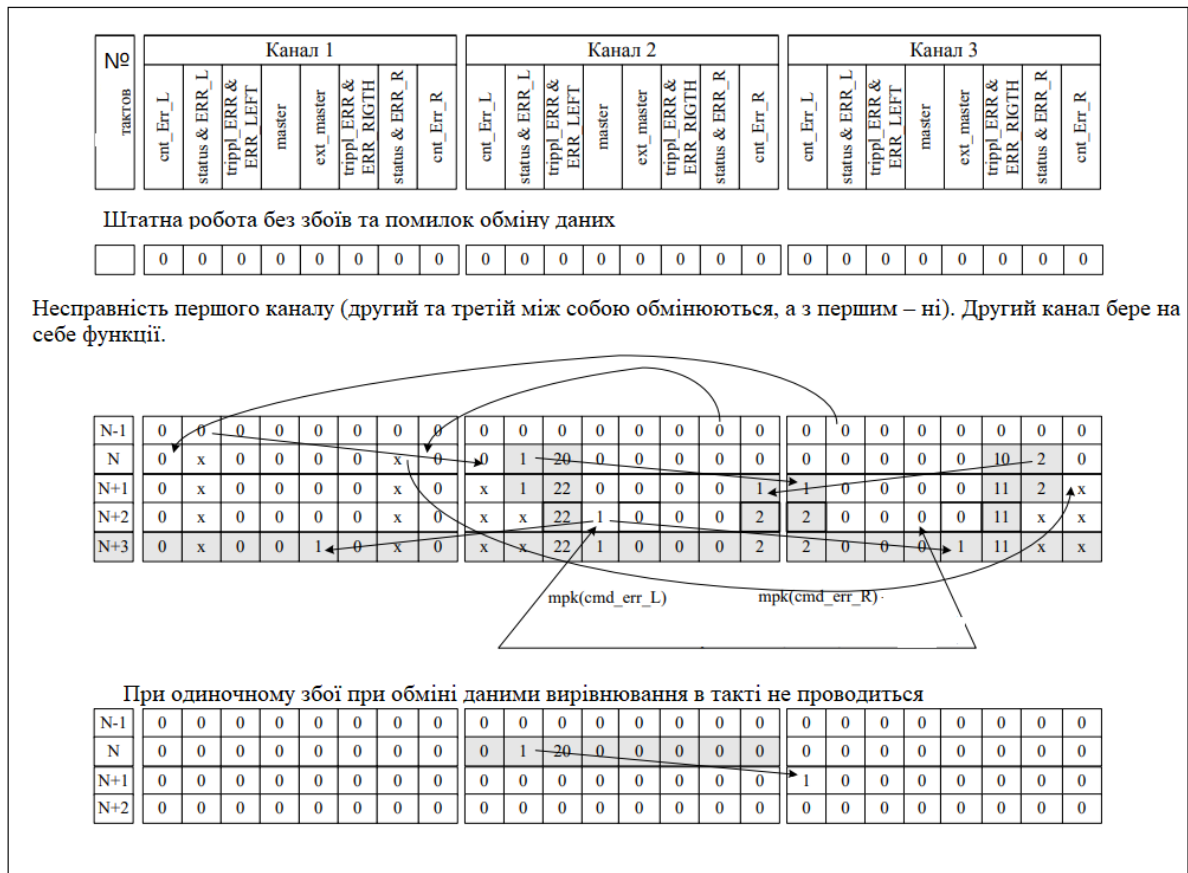


Рисунок 3.3. – Аналіз можливих помилок при передачі даних про стан ПП

Якщо в кодї стану алгоритму вже була помилка за відповідним напрямом, то для визначення несправного та призначення провідного контролера в алгоритмі закладена логіка наступних висновків: «якщо в результаті обміну двічі поспіль виникли помилки зліва (не прийнято за заданий час N байтів) і при цьому стані ліній помилок сигналізують, що у сусіднього (праворуч) контролера проблеми справа («Ош.П» = 1), це означає, що несправним є лівий контролер. Я призначаю себе ведучим і надсилаю в МПК команду cmd_err_L для відключення лівого каналу»: mpk(cmd_err_L); // команда МПК «відключити лівий» master = 1; // «Я ведучий» «якщо в результаті обміну у мене двічі поспіль виникли помилки праворуч (не прийнято за заданий час N байт) і при цьому читання стану ліній помилок сигналізує, що у сусіднього (ліворуч) контролера проблеми зліва («Ош.Л» = 1) і на лінії «МПК Акт» є ознака активності, то це означає, що несправним є

правий по відношенню до мене контролер, а провідним став лівий по відношенню до мене контролер. Я надсилаю в МПК команду `cmd_err_R` для відключення правого каналу: `mpk(cmd_err_R);` // команда в МПК «відключити правий»

Стан алгоритму залишається штатним, якщо при успішному обміні попередній стан був штатним, або містив ознаки одиночних збоїв ліворуч, або праворуч, тобто при коді стану, що дорівнює `NO_ERR`, `FIRST_ERR_L`, `FIRST_ERR_R` або `FIRST_ERR_L + FIR`. І тут проводиться видача керуючої команди в МПК: // команда в МПК - «робота у штатному режимі» `mpk(cmd_triplex_OK);` // скидання ознаки "я ведучий" `master = 0;` За повної відсутності помилок виробляється вирівнювання даних: // виклик функції вирівнювання даних `triplex_equ()`.

3.2 Технологія обробки інформації

На структурному рівні в базі даних кожному ПП належить відповідний код. Відповідно структура інформаційної частини пакета даних про реальний стан ПП, що передається від контролера в АРМ операторів за протоколом UDP, відтворює значну з погляду технологічного процесу частину пам'яті констант та змінних контролера.

У контролерах стендових ІКС пам'ять констант та змінних розподілена наступним чином:

- `typedef struct plc_cfg_tag{ IO_CFG PlcMem;`
- `// Службові дані – статуси підсистем // Введення/виводу і т.д.`
- `IO_CFG PlcConst;`
- `// Константи контролера, підсистем // Введення / виводу і т.д.`
- `IO_CFG RefTime;`
- `// відносний час (системний годинник) IO_CFG AData;`
- `// 16-розрядні дані користувача IO_CFG DData;`
- `// 32-розрядні дані користувача IO_CFG AOut;`

- // аналогові виходи IO_CFG AIn;
- // аналогові входи IO_CFG DOut;
- // дискретні виходи IO_CFG DIn;
- // дискретні входи IO_CFG Import;
- // область імпорту IO_CFG Export;
- // сфера експорту IO_CFG Extern;
- // Образи зовнішніх змінних IO_CFG Data;
- // дані програм користувача IO_CFG RegData;
- // підобласть Data, що підлягає реєстрації IO_CFG PLCState;
- // Слово стану контролера IO_CFG TaskInfo;
- // Прапори завдання керування IO_CFG SysData;
- // службові та діагностичні дані IO_CFG ProgState;
- // область станів програм контролера IO_CFG UData;
- // дані, що не реєструються: константи, коди // циклограми, таблицні дані і т.п. IO_CFG ExtCmd;
- // область розміщення команд, отриманих від пульта оператора IO_CFG RegCtrl;
- // область порогів і масок, що використовуються реєстрації зі змін IO_CFG ExchData;
- // область, що підлягає вирівнюванню у резервованих контролерах IEC_WORD mem [MEM_SIZE];
- // Власна область даних контролера } PLC_CFG; Структура IO_CFG, що вказує на місце службових даних, а також вхідних, вихідних і внутрішніх змінних прикладних програм в області даних контролера (позначеної, як mem), описується наступним чином: typedef struct io_cfg_tag{
 - // адреса в mem [0 ... PLC_MEM_SISE] UINT32 number;
 - // Число слів } IO_CFG.

Розподіл пам'яті здійснюється на етапі трансляції та компонування завантажувального модуля контролера з використанням інформації, що

описує конфігурацію контролера. Посилання даних через мережу Ethernet організує керуюча програма контролера. При цьому передається частина області пам'яті змінних контролера, починаючи з області, що містить лічильник відносного часу RefTime, і закінчуючи кінцем стану програм ProgState (рисунок 3.4).

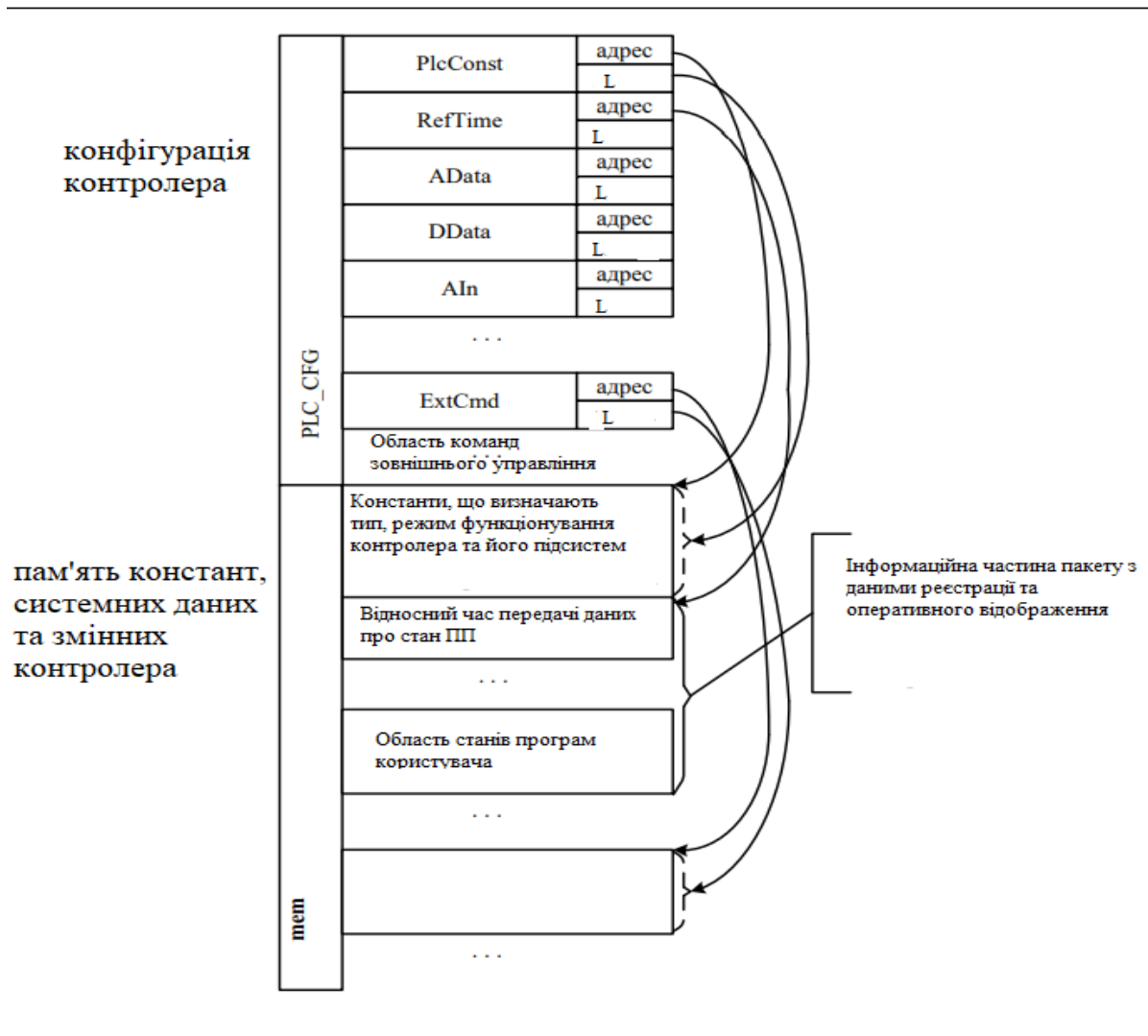


Рисунок 3.4. – Вміст пакету даних, що передаються контролером в АРМ операторів, являє собою образ пам'яті з програмними, вхідними, вихідними та службовими змінними

Власне процес передачі даних від контролерів в АРМ операторів про стан ПП організований за схемою, наведеної на рисунку 3.5.

Кожен контролер ІВС здійснює передачу даних на всі АРМ операторів з періодом, рівним такту контролера, за груповими адресами, оформленими згідно з PLC_CFG – конфігурація контролера PlcConst RefTime AData ExtCmd. Константи, що визначають тип, режим функціонування контролера та його підсистем Відносний час Область команд зовнішнього управління Область станів програм користувача.

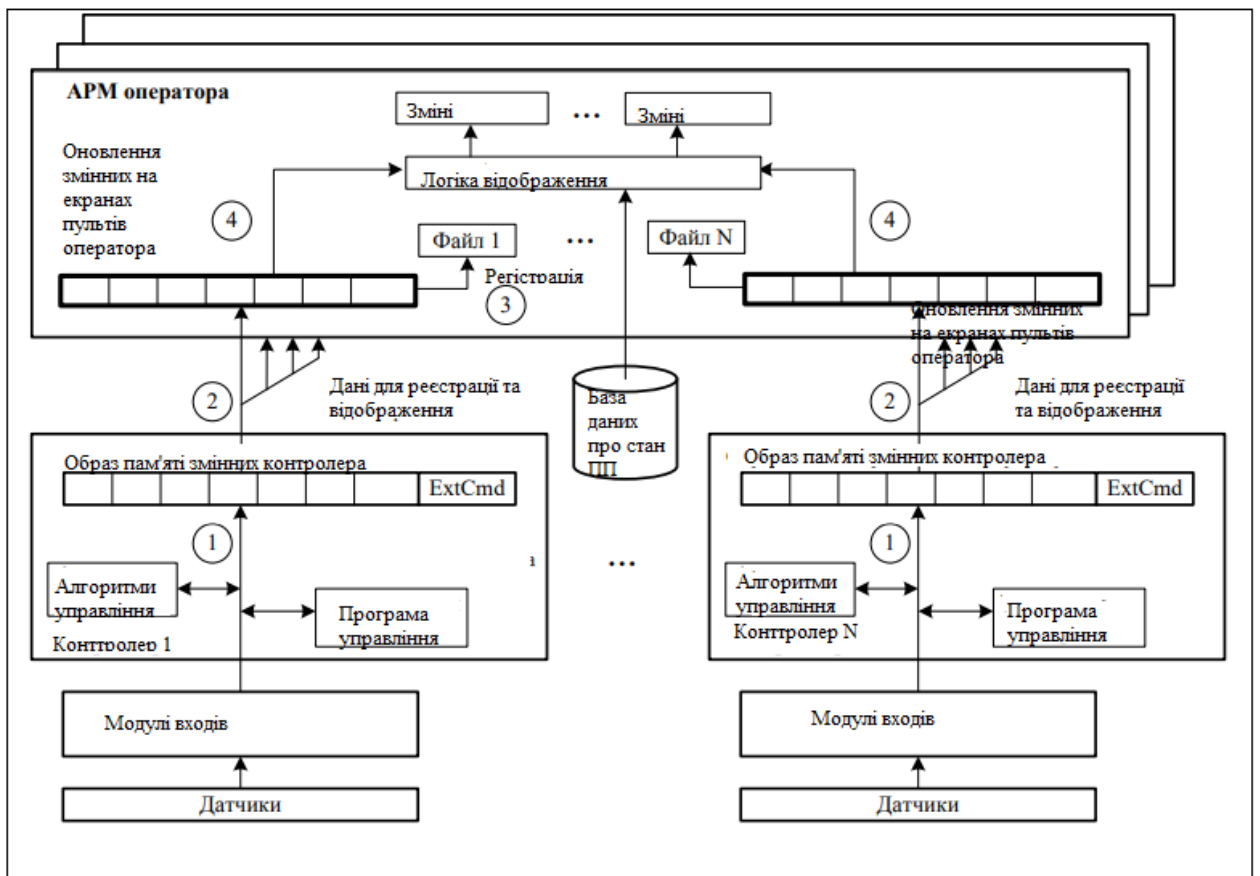


Рис.3.5. – Процес передачі даних від контролерів в АРМ операторів про стан

ПП

Інформаційна частина пакета з даними реєстрації та оперативного відображення 191 1 ... 4 наведених вище правил.

Прийняті дані реєструються на зовнішній носій та відображаються на екранах АРМ відповідно до закладеної в екранній формі логіки

відображення. Вся необхідна для розрахунків інформація при запуску ПЗ АРМ завантажується з бази даних ІВС.

Напрямки прийому/передачі визначаються в конфігураційних файлах контролерів, які у програмних проектах генерації виконуваного коду.

У спрощеному вигляді оператори файлу конфігурації, що описують області експорту та імпорту, виглядають наступним чином: область_експорту = напрямок: {усім | у вузол }, довжина: [тип_даних: {кмд|фл|int16|uint16|int32|uint32|float}], де напрямок: – визначає напрямок передачі.

У разі експорту даних є дві можливості: передача всім контролерам мережі (усім) та передача в контролер із заданим номером вузла (у вузол); довжина:

- довжина області експорту; тип_даних;
- використовується для інтерпретації даних;
- кмд – область містить команди, що використовуються спеціальним протоколом обміну даними;
- фл – область містить бітову (прапорну) інформацію; int16, uint16, int32, uint32, float – область містить 16- та 32-розрядні дані різних типів; область_імпорту = напрямок: {від вузол | в }, тип_вузла: {1|2|3}, довжина: [тип_даних: {кмд|фл|int16|uint16|int32|uint32|float}], де напрямок: від вузол: – визначає джерело даних, від якого здійснюється прийом при ширококомовному режимі роботи джерела; напрямок: в – визначає номер вузла – приймача даних, як якого виступає номер вузла власного контролера при зв'язку «точка крапка».

Передбачається, що в мережі є контролер з областю експорту, сконфігурованої на передачу даних з тим самим напрямком та номером; ЛВС обміну даними Контролер 3 Контролер 4 Контролер n Области експорту Области імпорту E11 E12...I11 I12. Области експорту Области імпорту E21 E22. I21 I22. Области експорту Области імпорту En1 En2...In1 In2...207 тип_вузла: 1 – якщо прийом йде від одноканального контролера, 2 – від

дубльованого, 3 – від потрійного. Типово $\text{тип_вузла} = 1$; довжина: Довжина області; тип_даних : використовується для інтерпретації даних: кнд – область містить команди, що використовуються спеціальним протоколом обміну даними; фл – область містить бітову (прапорну) інформацію; int16 , uint16 , int32 , uint32 , float – область містить 16- та 32-розрядні дані різних типів.

Відповідно при створенні єдиного поля елементів автоматика є не просто доставка даних з одного контролера до іншого, а взаємна синхронізація станів елементів автоматика в різних розподільних контролерах ІВС. Досить просто вирішується питання доставки та синхронізації вхідної інформації. Нехай для певності реальні сигнали підключені до першого контролера. Тоді для доставки значень сигналів іншим контролерам мережі достатньо визначити в них відповідні області імпорту, а в першому контролері забезпечити постійне пересилання даних з областей входів в області експорту даних, пов'язані з областями імпорту ширококомовним режимом передачі.

Час доставки даних визначається циклом контролера t_y і часом власне передачі t_p і в найгіршому випадку може становити: $t < 2t_y + t_p$.

3.3 Проектування програмного забезпечення досліджуваних підсистем первинних перетворювачів відновлюваної енергії систем електрозабезпечення технічних засобів

Програмне забезпечення належить до класу вбудованого програмного забезпечення (ВПЗ). Це означає, що програмне забезпечення на момент початку робіт із технологічними системами має бути вже «зашито» в енергонезалежній пам'яті програмованих логічних контролерів (ПЛК) ІВС. Саме до ВПО в даний час висуваються підвищені вимоги, пов'язані із забезпеченням функціональності та надійності систем управління, що працюють у режимі реального часу.

За визначенням системи реального часу спрямовані на обробку непередбачуваного потоку зовнішніх подій у передбачувані часи. Розрізняють системи жорсткого та м'якого реального часу.

Система жорсткого реального часу (до цього класу належить ІКС) повинна встигнути відреагувати на події, зокрема одночасні, протягом часу, визначеного, як критичне.

Критичний час для кожної події визначається об'єктом управління і самою подією, і, природно, може бути різним, але час реакції системи має бути відомий вже при створенні системи.

Відсутність реакції у заданий час вважається помилкою для систем жорсткого реального часу. Стендові ІКС відносяться до дискретних систем, які здійснюють деякі дії з управління технологічними процесами (збір даних, обробку та видачу сигналів на об'єкт) через фіксовані проміжки часу. Основною подією системи є початок чергового інтервалу часу.

Відповідно, час реакції системи на події, пов'язані з асинхронними перериваннями від підсистем введення/виводу, таймерів, локальних обчислювальних мереж обміну даними між контролерами розподіленої ІКС та операторськими станціями, повинен укладатися в заданий інтервал. Величина інтервалу вибирається виходячи з припущення про його допустимість для дискретизації задачі автоматизації технологічного процесу. Як показує практика, більшість завдань із випробуванням ЖРД і ДУ цикл управління становить від 500 мкс до 10 мс.

Програмне забезпечення ПЛК складається з системного програмного забезпечення (ПЗ), яке включає операційну систему реального часу (ОСРВ) і службові керуючі завдання, а також робочого ПЗ, що реалізує алгоритми управління.

Основним компонентом системного керуючого контролера є операційна система реального часу. Серед комерційних ОСРВ можна виділити групу провідних систем, які цілком задовольняють вимогам до ІВС: VxWork (фірма Wind River System), QNX (QNX Software System), LynxOS

(фірма Linux Work), Nucleus PLUS (фірма Accelerated Technology Inc) та ін. [1–5]. Нині ринку ОСПВ все більш активно просуваються рішення з урахуванням ОС Linux [6].

Для програмування ПЛК стендових ІКС важливим фактором є доступність вихідних кодів системного ПЗ. Це особливо важливо в аерокосмічних та військових додатках, оскільки наявність повного комплексу вихідних текстів полегшує сертифікацію системи та додавання до неї додаткових можливостей, пов'язаних зі специфікою обладнання та застосування системи. Виходячи з цього була обрана ОСПВ Nucleus PLUS фірми Accelerated Technology, що поставляється у вихідних кодах мовою «Сі», а для контролерів нового покоління, що розробляються в даний час, СИКОН-М – відкрита операційна система з ядром реального часу на базі ОС Linux. Для розробки ПЗ ІКС необхідні також інструментальні засоби програмування ПЛК та SCADA-системи диспетчерського управління та збору даних (Supervisory Control And Data Acquisition), призначені для створення ПЗ пультів оператора ІВС. На відміну від ринку програмного забезпечення персональних комп'ютерів, фактично монополізованого продукцією фірми Microsoft і майже не залежить від виробника «заліза», інструментальні засоби програмування ПЛК переважно поставляються виробниками (серед провідних фірм розробників комплексних рішень можна відзначити ABB, Allen Bradley, Honeywell, НІМА, GE-Fanuc, ICS, Triconex, Siemens, Yokogawa), причому їхня вартість, як правило, надзвичайно висока. Для того, щоб вирішити проблему різноманіття рішень щодо способів опису алгоритмів управління та програмування ПЛК, міжнародний електротехнічний комітет (МЕК) розробив стандарт МЕК 61131-3 [8]. Стандарт визначає такі мови програмування: графічні мови: послідовності функціональних схем (SFC), релейних діаграм (LD), функціональних блокових діаграм (FBD); Текстові мови: список інструкцій (IL), структурований текст (LD).

Серед найпоширеніших систем програмування ПЛК, що підтримують стандарт МЕК 61131-3, можна відзначити системи CoDeSys (фірма 3S Smart Software Solutions) та ISaGRaf (фірма ICS Triplex) [11,12]. Серед вітчизняних систем дуже популярна система Trace Mode SOFTLOGIC компанії AdAstra [13]. Згадані вище системи є два підходи до розробки програмного забезпечення ПЛК. У першому випадку (наприклад, CoDeSys), на основі аналізу графічного зображення і текстів алгоритму управління, синтезується безпосередньо машинний (виконуваний) код програми. У другому випадку (наприклад, в ISaGRaf та SOFTLOGIC) інструментальною системою програмування синтезуються таблиці налаштування та системо-незалежний код, який завантажується в контролер для виконання спеціальним інтерпретатором системи виконання. Вихідні тексти інтерпретатора зазвичай написані мовою «Сі» (з різними можливостями для доповнення його процедурами користувача), що також забезпечує переносимість системи виконання практично на будь-яку апаратну платформу.

Основними функціями SCADA-систем є [15]: підготовка бази вихідних даних (конфігурування та налаштування) апаратно-програмного керуючого комплексу та параметрів об'єкта управління; супровід бази даних із технологічною інформацією; організація людино-машинного інтерфейсу (Human Machine Interface – HMI), що є графічним відображенням стану об'єкта управління у формі мнемосхем і трендів параметрів (що рухаються в часі графіків) і дозволяє оператору контролювати і керувати ходом технологічного процесу; прийом та обробка даних від контролерів у режимі реального часу, видача команд та уставок у контролери за мережевими протоколами (як правило, TCP/IP) з використанням OPC та інших інтерфейсів; архівування даних у режимі реального часу, обробка архівних даних та формування звітних документів. У більшості випадків SCADA-системи орієнтовані на безперервні технологічні процеси (наприклад, у хімічній, паливно-енергетичній, металургійній галузях промисловості). Стендові випробування виробів РКТ мають низку специфічних

особливостей, які накладають суттєві обмеження використання промислових SCADA-систем.

Програмне забезпечення (ПЗ) ІКС складається з системного та користувальницького ПЗ. Системне ПЗ контролерів ІВС включає: ядро операційної системи реального часу; керуючі завдання контролера, що реалізують цикли обробки та введення/виводу з підтримкою технологічної мови програмування алгоритмів управління; підсистему введення/виводу дискретних та аналогових сигналів; підсистему драйверів локальних промислових мереж Space Wire, Ethernet та CANbus; програмне забезпечення віддаленого завантаження контролерів через мережу Ethernet. За визначенням системи реального часу є подієво-керованими. Тим не менш, переважна більшість ПЛК систем управління працюють за тимчасовими циклами. Цикл контролера реалізує керуюча (цільова) задача контролера. Крім основного циклу управління в ПЛК ІКС можуть бути додаткові цикли. Для певності назовемо період часу, що визначає цикл роботи ПЛК, тактом керуючої програми.

Кожен такт керуючої програми контролера ІВС (рис. 5.1) складається з фіксованої послідовності кроків: опитування входів, обробки робочих програм та видачі керуючих сигналів на виконавчі елементи. Тривалість такту визначається складністю завдань керування та конфігурацією апаратури. Мінімальна тривалість такту для систем, що реалізують найпростіші завдання, становить 5 мс, тривалість такту для більшості завдань управління – 10 мс. Алгоритм роботи керуючої програми контролера починається з процедури взаємної синхронізації початку тактів контролерів розподіленої ІКС. Далі відбувається обмін та вирівнювання даних у триканальних контролерах. За результатами процедури обміну проводиться аналіз працездатності каналів. У разі виявлення дворазового збою в якому-небудь контролері він виключається з роботи, а один з двох контролерів, що залишилися, оголошується провідним. Для одноканального контролера цей крок знижується. Синхронізацію початку тактів та обмін здійснює

високопріоритетне завдання, що запускається на виконання від переривання апаратного таймера контролера. Для забезпечення єдиного часу та синхронізації тактів контролерів використовується промислова дубльована ЛОМ Ethernet кільцевої структури з підтримкою синхронізації часу за протоколом PTP IEEE-1588. В якості альтернативи для цих цілей може використовуватися ЛВС CANbus, що також об'єднує всі контролери. В обох випадках час розсинхронізації такту, у всіх контролерах розподіленої ІКС, не перевищує 50 мкс. Для мережі промислової Ethernet синхронізація такту забезпечується використанням серверів точного часу LANTIME M600/GPS/PTP, або контролерів СІКОН-М із вбудованим приймачем GPS/ГЛОНАСС. При використанні ЛВС CANbus для синхронізації використовуються спеціальні блоки синхронізації (БС), які постійно посилають по мережі CANbus мітки єдиного часу, синхронізуючи єдиний у всіх контролерах СІКОН такт від глобальної навігаційної супутникової системи GPS. По закінченні синхронізації та обміну здійснюється запуск завдання введення/виводу та обробки програм управління, що перебуває в очікуванні.

Основні кроки алгоритму роботи задачі наведено на рисунку 3.1. Сенс поділу керуючої програми на завдання можна зрозуміти з рисунку 3.2.

У двозадачному варіанті на реалізацію функцій керуючої програми може бути витрачено час, що перевищує тривалість такту контролера, оскільки останні операції завдання вводу/виводу та обробки (наприклад, видача даних у ЛВС верхнього рівня) можуть здійснюватися на тлі операцій задачі синхронізації та обміну. Головне, щоб до моменту їх завершення завдання введення/виводу та обробки встигло перейти у стан очікування запуску. Крім того, наслідки затягування часу в першому варіанті набагато критичніші, ніж у другому, оскільки призводять до пропуску такту.

Для одноканального контролера часова діаграма є класичною (введення, обробка, виведення). Для трьох каналного контролера тимчасова діаграма має суттєві особливості. Проблема синхронізації (вирівнювання)

пам'яті в каналах резервованих структур має різні способи вирішення, що визначаються алгоритмічною моделлю функціонування контролерів. Одним із них є спосіб синхронізації вмісту пам'яті: при опитуванні датчика перед обробкою його показань; перед видачею команди на виконавчі елементи; після отримання пакета даних ЛВС; перед посилкою пакета даних ЛВС; після обробки переривань.

Результатом роботи процедури синхронізації пам'яті є забезпечення ідентичності даних у всіх трьох каналах, визначення несправностей, прийняття рішення та виведення з контуру управління процесора, що відмовив. Одним із недоліків даної схеми є великі накладні витрати, пов'язані з обміном та вирівнюванням даних, іншим – її сильна залежність від інтенсивності потоку «подій» (наприклад, множинних переривань). З іншого боку, при даній схемі може бути застосована класична часова діаграма функціонування контролера, при якій результат, отриманий після опитування виходів та обробки програм, видається на об'єкт управління в поточному такті.

У системах управління розробки ФКП «НДЦ РКП» синхронізація вмісту пам'яті здійснюється за однією подією – початку такту. Протягом такту робота контролера на кожному каналі здійснюється незалежно від роботи контролерів інших каналів. При типовій для стендових випробувань тривалості такту 10 мс розбіжності у функціонуванні контролерів за однакових умов протягом такту вважаються несуттєвими.

За умови одночасності (в допустимих межах) початку тактів котролерів показав свою ефективність спосіб синхронізації, суть якого полягає у взаємному обміні на початку такту масивами станів виходів, виходів та проміжних змінних. Після обміну в кожному каналі дискретна інформація піддається процедурі голосування «два з трьох» по кожному біту, а для аналогових даних за результуюче приймається значення, що залишилося після відкидання верхнього та нижнього значень. Ця схема передбачає самодіагностики процесорів. Кожен із них виробляє рішення про справність своїх сусідів за допомогою гранично простої тестової перевірки: довжини

переданого та прийнятих від лівого та правого контролерів масивів у результаті обміну мають співпадати. Якщо розміри масивів збігаються, відбувається вирівнювання значень. В іншому випадку вирівнювання значень не відбувається і кожен канал видає вихідні блоки значення виходів, сформовані на попередньому такті. Якщо протягом кількох тактів підряд (це число програмується і одно, як правило, двом) від будь-якого контролера не отримано потрібної кількості даних, то виробляється сигнал про його несправність та проводиться схемна реконфігурація структури потрібного контролера. В результаті реконфігурації один із двох працездатних контролерів стає провідним і до нього підключаються всі три вихідні інтерфейси зв'язку контролерів з потрібними модулями виходів.

Підсистеми введення/виводу забезпечують взаємодію контролера із «зовнішнім світом». Підсистеми введення в загальному випадку функціонують паралельно керуючій програмі з власними періодами вимірювання даних, не обов'язково синхронізованими з тактом керуючої програми. Наприклад, у стендових ІКС періоди опитування для аналогових сигналів можуть становити від 500 мкс; частотних сигналів від аналогочастотних перетворювачів – від 10 мс; даних від цифрових інтелектуальних перетворювачів ЛВС CANbus – від 5 мс; даних від сусідніх контролерів розподіленої ІКС – від 10 мс. Введення даних здійснюється в проміжні масиви, вміст яких використовується керуючою програмою для оновлення вхідних змінних у певний момент тимчасової діаграми. Цю обставину необхідно враховувати при розрахунку часу відгуку системи.

Операції виведення ініціює керуюча програма. У певний момент тимчасової діаграми формується вихідний буфер, після чого здійснюється виклик відповідної процедури підсистеми виведення. Далі робота керуючої програми та підсистеми виведення йде паралельно.

Взаємодія системних та прикладних програм здійснюється через спеціальну область даних, що містить системні та програмні константи та змінні.

Область даних і двох підобластей: зміни контролера; стану елементів автоматики та робочих програм управління. В області конфігурації містяться основні параметри, необхідні для функціонування керуючої програми (тривалість такту, мережеві адреси тощо), а також адреси та довжини, що використовуються для розподілу області пам'яті станів елементів автоматики та програм управління.

Область станів елементів автоматики та програм управління містить поточні значення всіх вхідних, вихідних та внутрішніх змінних робочих програм, а також масив слів стану самих програм управління. Ця область оновлюється керуючою програмою під час реалізації алгоритму функціонування.

Для роботи контролерів розподіленої ІВС вимоги до точності та надійності схеми синхронізації часу більш жорсткі. Однією з умов нормального функціонування ІКС є забезпечення єдиного та синхронізованого у всіх контролерах такту керуючої програми (тривалістю, як правило, 10 мс). Допустима величина розбіжності початку тактів у контролерах має перевищувати 50 мкс. Для розподілених ІВС, побудованих на базі контролерів СІКОН ТС1775, була розроблена відповідна даним вимогам схема синхронізації, згідно з якою задатчиком єдиного часу є джерело точного часу, що синхронізується від годинника глобальних навігаційних супутникових систем, а у разі його несправності – будь-який із контролерів ІВС. Оригінальні рішення, що лежать в основі даної схеми, становлять певний практичний інтерес. Інтерфейсом синхронізації контролерів СІКОН ТС1775 служить промислова дубльована ІВС CANbus, а в якості джерела точного часу – спеціальний блок синхронізації (БС), що секунду посилає по мережі CANbus мітки часу, синхронізуючи єдиний у всіх контролерах СІКОН циклом

Конструктивно блок синхронізації є малогабаритним пиловологозахищеним корпусом, в якому встановлено модуль синхронізації з GPS-приймачем. Зовні на блоці встановлені GPS-антена та два роз'єми для

подачі напруги живлення та підключення до шин CANbus. Для організації служби часу в контролерах IBC визначено чотири 32-розрядні слова, що містять 32-розрядне значення астрономічного часу GPS; 32-розрядне поточне значення лічильника 10-мілісекундних тактів контролера на момент прийому секундної мітки GPS; 32-розрядний лічильник поточного 10 мілісекундного такту; 32-розрядний апаратний таймер контролера, який використовується для відліку тривалості такту. За підрахунок тактів контролера відповідає керуюча задача контролера. За датчиком єдиного часу розподіленої IBC є пристрій з мінімальним мережевим номером (зазвичай це БС). Якщо припиняє роботу в мережі, то функції задатчика єдиного часу бере на себе пристрій (штатно це другий БС) наступний за зростанням мережевих номерів, а якщо його немає, то молодший за номером контролер і т.д.

У нашому випадку використовуються наступні константи та змінні:

- T – 32-розрядний апаратний таймер, що відраховує такт контролера; таймер використовується для періодичного запуску керуючої програми контролера;
- C – 32-розрядний лічильник тактів контролера; такти починають відлік із моменту включення живлення контролера;
- A_s – 32-розрядне число з астрономічним часом, отриманим від GPS у вигляді числа секунд від 1970;
- C_s – значення лічильника тактів на момент прийому секундної мітки GPS;
- $CorCnt$ – період коригування часу, виражений у тактах контролера це константа, що розраховується кожним контролером за наступною формулою:

$$CorCont = 100 + 5 * PlcNode , \quad (3.1)$$

Якщо такт контролерів дорівнює 10 мс, то відповідно до цієї формули для контролерів з номерами 1, 2, 3 періоди часу, через які вони ширококомовно

посилають в мережу посилку (телеграму) з власними значеннями часу для коригування часів інших контролерів ЛВС, складають відповідно 1050, 1100, 1150 мс; CurCorrCnt – поточне значення лічильника періоду коригування часу; DeltaT – транспортна затримка в мкс – константа, що враховує час доставки ЛВС телеграми корекції часу виходячи із заданої швидкості передачі даних ЛВС; A – масив з двох 32-розрядних слів, перше з яких містить значення астрономічного часу глобальної супутникової системи, а друге - значення лічильника тактів контролера на момент його прийому; B – масив із двох 32-розрядних слів, перше у тому числі містить значення апаратного таймера контролера, а друге – поточне значення лічильника тактів контролера.

В даний час в автоматизованих системах управління технологічними процесами для обміну технологічними даними між АРМ операторів і контролерним обладнанням стану ПП з безлічі варіантів виділяються рішення з використанням Ethernet і програмних інтерфейсів на базі стандартів OPC (OLE for Process Control) [16]. Зокрема, найбільш популярний стандарт OPC DA визначає набір функцій обміну даними в реальному часі. Як правило, програмні інтерфейси взаємодії АРМ-контролер будуються за схемою «запит-відповідь», а саме: для запитів на зміну змінної (команд управління) діє схема "команда-підтвердження виконання", а для прийому даних реєстрації та відображення – «запит даних – прийом даних». Можливий асинхронний режим роботи, при якому на стороні, що приймає, після видачі запиту програма продовжує роботу без очікування відповіді, а при отриманні даних викликається callback-функція. У запиті вказуються адреси та імена змінних, що запитуються/змінюються.

Незважаючи на наявність багатьох проблем OPC-технологія набуває все більшого поширення. Проте складність програмної реалізації, особливо щодо відновлення працездатності обміну після збоїв, і надмірність, обумовлена прагненням створити універсальний інструмент обміну даними з різнорідними пристроями, змушують розробників систем спеціального

призначення шукати альтернативні рішення. Найчастіше обмін даними в таких системах реалізується через ЛОМ Ethernet (фізичний рівень) по мережних протоках TCP/IP і UDP (транспортний рівень) за допомогою передачі інформаційних пакетів певної структури (прикладний рівень). При розробці схеми інформаційної взаємодії АРМ операторів з контролерами розподіленої стендової ІВС для випробувань виробів РКТ необхідно насамперед враховувати вимоги надійності та швидкодії.

У стендових ІВС ПП визначено два типи взаємодії між контролерами та АРМ оператора: команди «ручного управління» елементами автоматики, що йдуть від робочих станцій до контролерів, для яких характерні нерегулярність і малий об'єм даних (десятки байт), що передаються, але пред'являються дуже високі вимоги щодо гарантованості доставки за мінімальний час; дані про стан елементів автоматики, що йдуть від контролерів у робочі станції для їх реєстрації та візуального відображення, потік яких суворо регулярний, інтервал між посилками визначається циклом контролерів (10 мс), об'єм даних від кожного контролера – 1...3 Кбайт, структура даних фіксована і включає весь обсяг прикладної та службової інформації контролера. При взаємодії між контролерами та АРМ повинні бути забезпечені: одночасність доставки команд від пультів оператора до контролерів потрібних та дубльованих підсистем, при цьому будь-яке АРМ має забезпечувати можливість керування будь-якою підсистемою розподіленої ІВС; передача даних про стан елементів автоматики від кожного контролера на всі пульти оператора. Вимога одночасності доставки даних спричинила використання, як мережевого протоколу ширококомовного UDP. Відомо, що протокол UDP не гарантує відсутності перепусток посилок, особливо в умовах так званих ширококомовних штормів. Однак з урахуванням наявності в контролерах двох виходів на ЛОМ Ethernet та використання двох типів посилок було прийнято рішення: використовувати одну підмережу (підмережа команд) тільки для передачі посилок з командами ручного управління, а другу (підмережа даних) – для передачі контролерами даних

для реєстрації та візуального відображення (при цьому один канал Ethernet у контролері та ПЕОМ працює тільки на прийом, а другий – тільки на передачу; підмережі ізольовані один від одного); відмовитися від схеми «запит-відповідь», оскільки факт виконання команд за фактичною зміною значень змінних (власне і відповідь) фіксується в періодично прийнятих даних реєстрації, при цьому обсяг даних реєстрації є максимально представницьким, тобто. включає всі прикладні та службові дані контролера; використовувати комутатори з функцією підтримки віртуальних мереж (VLAN) для виключення взаємного впливу контролерів та комп'ютерів один на одного, при цьому комутатори з боку контролерів налаштовуються таким чином, щоб контролери були ізольовані один від одного.

Адресація Ethernet-адаптерів контролерів та комп'ютерів у підмережах команд та даних здійснюється за такими правилами: IP-адреса Ethernet-адаптера контролера та адреса Ethernet-адаптера комп'ютера підмережі команд має такий вигляд: 192.168.4.xxx, де xxx – ідентифікаційні номери . Маска підмережі – 255.255.255.0. Ідентифікаційні номери контролерів та комп'ютерів мають бути унікальними; IP-адреса Ethernet-адаптера контролера та адреса Ethernet-адаптера комп'ютера підмережі даних має такий вигляд: 192.168.3.xxx, де xxx – ідентифікаційний номер контролера та комп'ютера.

Маска підмережі – 255.255.255.0. Ідентифікаційні номери контролерів та комп'ютерів мають бути також унікальними.

В основі логіки функціонування трьох каналних структур лежать алгоритмічні та схемні рішення, що забезпечують взаємний обмін та вирівнювання даних, а також діагностику відмови одного каналу та реконфігурацію трьох каналної структури в одноканальну.

Для підготовки програмного забезпечення контролерів використовується інтегроване середовище розробки та налагодження програм управління WCLL, що включає редактор, менеджер проєктів, компілятор і відладчик.

Програми, що реалізують алгоритми управління чи групи взаємозалежних програм, зберігаються у окремих файлах. Сукупність цих файлів утворює проект програми. Проекти в WCLL є звичайні текстові файли, у яких перераховуються імена, які входять у проект програмних модулів. Управління проектами програм у WCLL здійснює менеджер проектів. Основними функціями менеджера проектів є створення нового та відкриття існуючого проекту, вставка файлу в проект, додавання та видалення файлів з проекту, редагування файлів, дозвіл та заборона компіляції файлу, що входить до проекту. Першим файлом проекту має бути файл конфігурації із розширенням .cfg. Файл конфігурації визначає склад апаратури контролера управління. Інші файли повинні містити розширення .cll (тексти програм мовою CLL), розширення .imp (файли імпорту), розширення .xls (файл електронної таблиці Excel), розширення .bat (командні файли операційної системи). Причому файли, що містять визначення змінних (декларативні CLL-файли) повинні передувати файлам, що містять програми контролю стану ПП.

3.4 Висновки

У даному розділі вирішено завдання, які пов'язані із алгоритмічною обробкою інформації про реальний стан ПП та розглянуто технологічні засади обробки даної інформації в результаті чого було запропоновано алгоритм, котрий реалізує логіку потрібної обробки даних про функціонування ПП.

4 ПРОГРАМНО-ТЕХНІЧНА СИСТЕМА ОБРОБКИ ІНФОРМАЦІЇ У ДОСЛІДЖУВАНИХ ПІДСИСТЕМАХ ПЕРВИННИХ ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ ВІДНОВЛЮВАНОЇ ЕНЕРГІЇ СИСТЕМ ЕЛЕКТРОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ

4.1 Опис середовища розробки програмно-технічної системи

Програмна реалізація програмно-технічної системи для аналізу особливостей ПП АЕК з ЕП написана на мові програмування Python з інтерфейсом користувача Tkinter.

Tkinter крос-платформна графічна бібліотека на основі засобів Tk, написана Стіном Лумхольтом та Гвідо ван Россумом. Входить до стандартної бібліотеки Python.

В роботі передбачається застосування Ruygubi, який є інструментом RAD для того, щоб швидко і легко забезпечити розвиток інтерфейсів для Python tkinter модуля. Розроблені в рамках роботи інтерфейси користувача зберігаються у вигляді файлів XML, і за допомогою компоувальника ruygubi вони можуть завантажуватися програмами динамічно при необхідності.

Tk/Tcl давно є невід'ємною частиною Python.

Це забезпечує надійний платформи, віконний інструментарій, який доступний для програмістів Python з використанням tkinter пакета, і його розширення tkinter.tix та tkinter.ttk модулі.

Tkinter, як пакет являє собою тонкий об'єктно-орієнтований шар поверх Tcl/Tk.

Для використання tkinter в ПП було писано код Tcl, та реалізоване звернення до документації Tk, та документації Tcl.

Фактично tkinter є набором оболонок, які реалізують віджети Tk як класи Python.

Головні переваги tkinter в тому, що він є швидким і зазвичай поставляється в комплекті з Python.

Tkinter пакет (Tk інтерфейс) є стандартним інтерфейсом Python для інструментарію Tk GUI. Tk та tkinter доступні на більшості платформ Unix, а також у системах Windows.

Встановлення плагіну pygubu, було здійснено використовуючи: `pip install pygubu`

Щоб запустити дизайнер, було введено у терміналі наступну команду:

`C:\Python34\Scripts\pygubu-designer.exe`

де `C:\Python34` – це шлях каталогу установки Python, після чого з'явиться програма `pygubu-designer`, як зазначено на рис. 4.1.

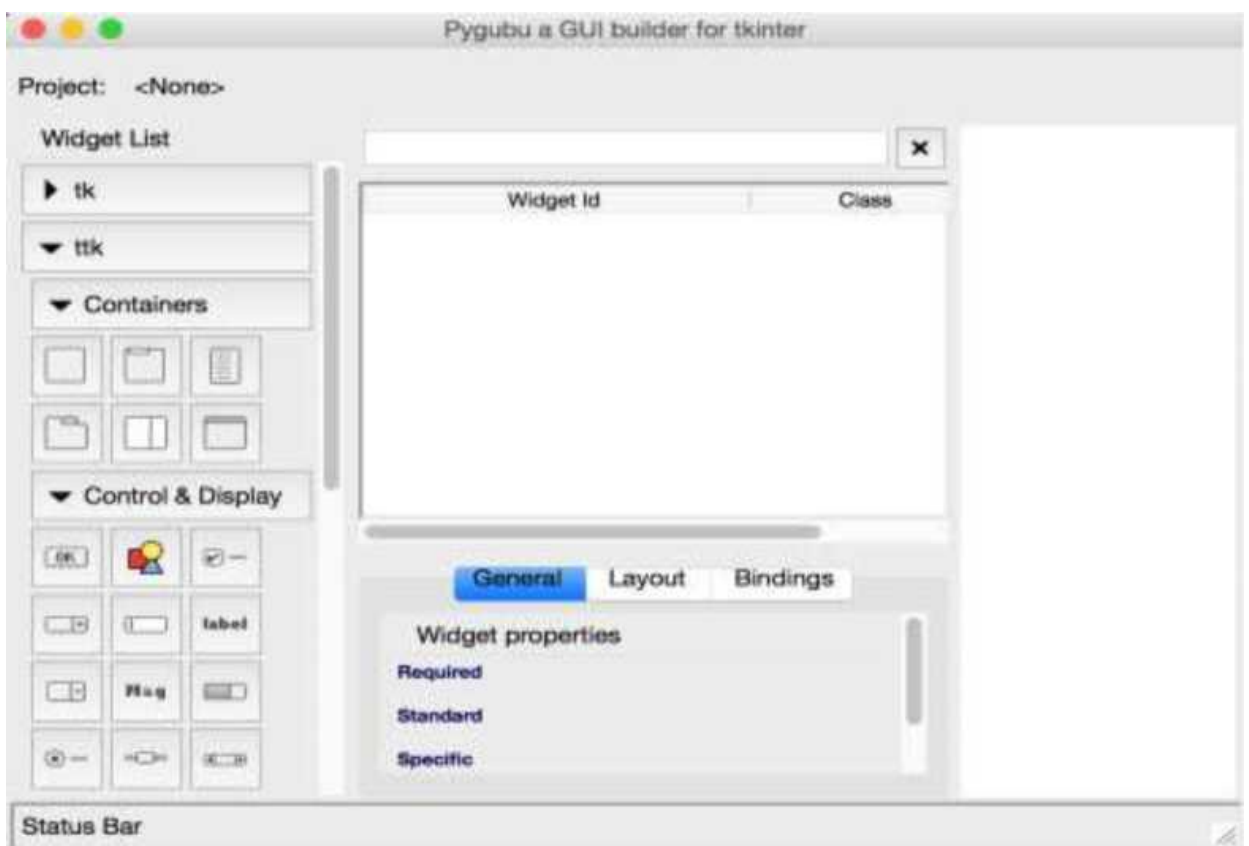


Рисунок 4.1 – Основний інтерфейс `pygubu-designer`

На додаток до модуля інтерфейсу Tk (застосовується клас `class tkinter.Tk`), `tkinter` включає ряд модулів Python, `tkinter.constants` є одним з найбільш важливих. Імпорт `tkinter` автоматично імпортує `tkinter.constants`,

тому, як правило, для використання Tkinter досить простого оператора import:

```
import tkinter
```

або частіше:

```
from tkinter import *
```

```
class tkinter.Tk( screenName = Ні, baseName = Ні, className = 'Tk', useTk
= 1 )
```

Tk клас інстанціюється без аргументів.

Це створює віджет верхнього рівня Tk, який зазвичай є головним вікном програми. Кожен екземпляр має власний інтерпретатор Tcl.

```
tktinter.Tcl( screenName = Ні, baseName = Ні, className = 'Tk', useTk = 0)
```

Tcl() Функція є заводом, який створює об'єкт багато подібного створеного Tk класу, за винятком того, що він не ініціалізує підсистему Tk. Застосовується при керуванні інтерпретатором Tcl у середовищі.

Об'єкт, створений Tcl() об'єктом, може створити вікно Toplevel (і ініціалізувати підсистему Tk), викликавши його loadtk()метод.

В таблиці 4.1 Розглянуто модулі Tk.

Пакувальник є одним із механізмів керування геометрією Tk. Менеджери геометрії використовуються для зазначення відносного позиціонування розташування віджетів усередині їхнього контейнера – їхнього загального господаря.

Пакувальник має якісну специфікацію відношення – вище, ліворуч, наповнення тощо.

Метод pack () можна викликати за допомогою пар «ключове слово–опція/ значення», які керують тим, де віджет повинен відобразитися у своєму контейнері, і як він повинен поводитися при зміні розміру головного вікна програми.

Таблиця 4.1 – Модулі Tk (ієрархія задіяних програмних модулів)

Найменування модуля	Призначення модулів
tkinter.scrolledtext	текстовий віджет із вбудованою вертикальною смугою прокручування.
tkinter.colorchooser	діалог, щоб дозволити користувачеві вибрати колір
tkinter.commondialog	базовий клас для діалогів, визначених інших модулях, перелічених в табл. 4.1
tkinter.filedialog	спільні діалогові вікна, що дозволяють користувачеві вказати файл для відкриття або збереження.
tkinter.font	утиліти, які допомагають працювати зі шрифтами.
tkinter.messagebox	доступ до стандартних діалогових вікон Tk.
tkinter.simpledialog	основні діалоги та зручні функції.

На рисунку 4.2 представлено основні розділи інтерфейсу.

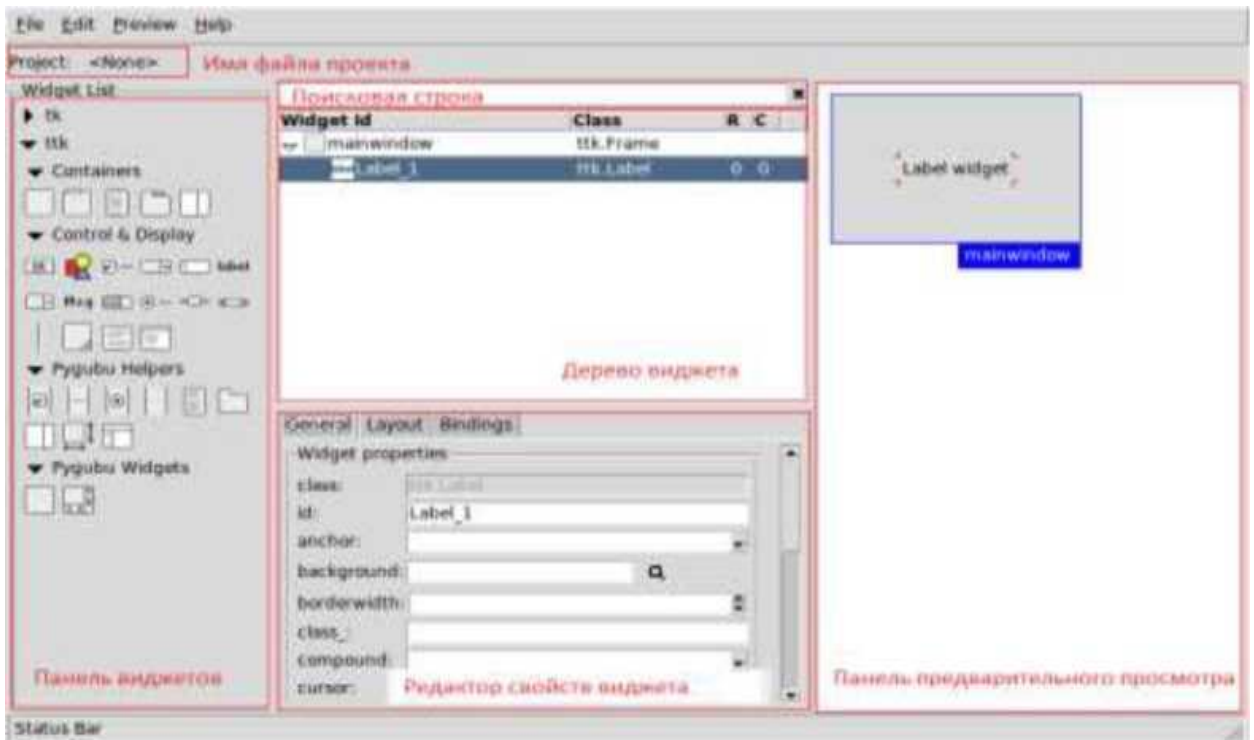


Рисунок 4.2 – Завдання основних розділів інтерфейсу

Основний інтерфейс складається з наступних розділів:

Панель віджету – у цьому розділі відображаються доступні віджети. Він поділений на два основні розділи: віджети tk та віджети ttk.

Containers – це єдині віджети, які можна вставляти як кореневі елементи дерева віджету. Вам потрібно додати одне з них, щоб продовжувати додавати віджети у вигляді дочірніх елементів віджету контейнера.

Control & Display – це стандартні віджети керування, що включені в tk. Pygubu helpers – ці віджети використовуються для полегшення створення інших віджетів, таких як Menuitems, вкладки Notebook, Panedwindow Panes, Treeview Columns і т.д.

Pygubu widgets – це віджети, що використовуються для створення головного вікна pygubu і доступні для використання.

Дерево віджету – показує віджети, включені в проект, як ієрархія дерев.

Додавання віджету – щоб додати віджет у дерево, необхідно вибрати віджет, який буде батьком нового віджета, і клацнути піктограму нового віджету на панелі віджету.

Для додавання нового контейнера до розміру, користувачу потрібно переконатися, що в дереві не вибрано жодного елемента, і клацнути піктограму контейнера.

Тепер користувач може почати створення своєї програми tkinter за допомогою віджетів, які ви знайдете в лівій панелі, що називається Widget List. Після того як користувач закінчив створення свого визначення інтерфейсу користувача, він збереже його у файлі .ui, перейшовши у верхнє меню File > Save.

4.2 Програмна реалізація обробки інформації у досліджуваній програмно-технічній системі

Розроблена програмна система надає всебічні можливості та різноманітні переваги для проведення оцінки аналізу особливостей ПП АЕК з ЕП.

В програмі враховуються критеріальні особливості аналізу особливостей ПП АЕК з ЕП, які в повній мірі можуть застосовуватися в проектуванні із врахуванням їх планово звітних характеристик.

Відповідно в програмі враховуються економічно технічні потреби енергетичних підприємств, як на етапі планування їх аналізу особливостей ПП АЕК з ЕП так і на етапах впровадження даних проектів та їх безпосереднього виконання з врахуванням засад економічного аналізу в межах котрого враховуються їх економічні характеристики дослідження.

В межах операційного синтезу в програмі задаються межі фактору випадковості зі зростанням кількості ітерації для генерування результуючих показників, що в свою чергу надає найбільш точні вихідні дані та висновки за ними.

Основні функції ПП:

1. Прийняття даних з кількості періодів (стадій) реалізації проекту ПП АЕК з ЕП;
2. Вивід на екран оброблених даних в якості графічного відображення прогнозованої динаміки проекту;
3. Прийняття даних доходів та видатків, які необхідно передбачити в межах реалізації проекту аналізу особливостей функціонування ПП АЕК з ЕП;
4. Корегування введених інформаційно–розрахункових даних;
5. Генерування економічних показників;
6. Генерування показників математичної статистики щодо достовірності виконання розрахунків;
7. Перевірки на відповідність заданим умовам;
8. Сортування знайдених показників;

9. Робота з оперативною пам'яттю (контроль навантаження на систему).

В межах програмної реалізації створимо сценарій програми, як показано нижче:

```
import tkinter as tk
import pygubu #1: Створення ПП
builder = builder = pygubu.Builder() #2: Завантаження ui файлу
builder.add_from_file('helloworld.ui') #3
```

Створимо віджет, використовуючи майстер як батьківський

```
mainwindow = builder.get_object('mainwindow')
```

```
root = tk.Tk()
```

```
app = Application(root)
```

```
root.mainloop()
```

Замість helloworld.ui у наступному рядку:

builder.add_from_file('helloworld.ui') Було вставлено ім'я файлу (або шлях) щойно збереженого інтерфейсу користувача.

```
import tkinter as tk
```

```
import pygubu
```

```
root = tk.Tk()
```

```
builder = pygubu.Builder()
```

```
builder.add_from_file('summa.ui')
```

```
mainwindow = builder.get_object('Frame_1')
```

```
result = builder.get_object('result')
```

```
a = builder.get_object('number_1')
```

```
b = builder.get_object('number_2')
```

```
def sum():
```

```
c = int(a.get()) + int(b.get())
```

```
result['text'] = str(c)
```

```
callbacks = {
```

```
'sum': sum,
```

```
}
```

```
builder.connect_callbacks(callbacks)
```

```
root.mainloop()
result = builder.get_object('result')
```

За допомогою цієї команди ми отримуємо віджет, який називається `result`, так само чинимо й іншими віджетами.

Потім ми створюємо функцію `sum()`. У цю функцію ми підсумовуємо введені числа `a` та `b` і виводимо результат.

```
callbacks = {
    'sum': sum,
}
builder.connect_callbacks(callbacks)
```

Далі надамо імена для функції, які будуть доступні в дизайнері.

Так, як Tkinter не має вбудованого віджету таблиці, було застосовано, `Listbox` (як альтернативу можна застосувати `Treeview` підпаketу `tkinter ttk`).

В нашому випадку використовували `tktable`, який є оболонкою для віджету `Tcl/Tk TkTable`, написаний Гільєрме Поло (рис.4.3)

```
from Tkinter import *
root = Tk()
height = 5
width = 5
cells = {}
for i in range(height): #Rows
    for j in range(width): #Columns
        b = Entry(root, text="")
        b.grid(row=i, column=j)
        cells[(i,j)] = b
mainloop()
```

Рисунок 4.3 – Частина коду скрипту ПП

Щоб використовувати цю бібліотеку–обгортку, спочатку необхідно встановити оригінальну бібліотеку `TkTable Tk`, інакше виникне помилку імпорту для посилання на будь-яку комірку таблиці (було зроблено прив'язку ПП до запрограмованих таблиць Excel, в яких виконувалися функції економічного аналізу проекту).

В Excel застосовувалися наступні статистичні методи оцінки інвестиційних проектів.

- Термін окупності проекту (PP, Payback Period);

- Рентабельність інпроєкту (ARR, Accounting Rate of Return);
- Динамічні методи оцінки проєктів;
- Чистий дисконтований дохід (NPV, Net Present Value);
- Внутрішня норма прибула (IRR, Internal Rate of Return);
- Індекс прибутковості (PI, Profitability index);
- Дисконтований термін окупності (DPP, Discounted Payback Period).

При написанні скрипту ПП було застосовано пакет `pyfolio`. У ньому можна оцінити коефіцієнт Шарпа, коефіцієнт Сортіно, максимальне просідання і багато інших необхідних показників.

- Для цього було завантажено наступні бібліотеки (рисунок 4.4)

```
import pandas as pd
import yfinance as yf
import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt

sber = yf.download('SBER.ME', '2021-19-12')
```

Рисунок 4.4 – Завантаження бібліотек пакету `pyfolio`

Для аналізу перебігу проєкту застосовувалася функція `pct_change()` із пакета `Pandas`.

Як правило використовують лог прибутковості, тому що вона дозволяє краще зрозуміти та досліджувати зміни з плином часу (рисунок 4.5)

```
# Скорректированная цена закрытия`
daily_close = sber[['Adj Close']]
# Дневная доходность
daily_pct_change = daily_close.pct_change()
# Заменить NA значения на 0
daily_pct_change.fillna(0, inplace=True)
print(daily_pct_change.head())
# Дневная лог доходность
daily_log_returns = np.log(daily_close.pct_change()+1)
print(daily_log_returns.head())
```

Рисунок 4.5 – Завдання в скрипті Лог прибутковості

Щоб з даних дізнатися тижневу і/або місячну прибутковість аналізованого проекту, використано функцію `resample()` (рисунок 4.6.).

```
# Взять у `sber` значения за последний рабочий день месяца
monthly = sber.resample('BM').apply(lambda x: x[-1])

# Месячная доходность
print(monthly.pct_change().tail())

# Пересчитать `sber` по кварталам и взять среднее значение за квартал
quarter = sber.resample("4M").mean()

# Квартальную доходность
print(quarter.pct_change().tail())
```

Рисунок 4.6 – Використання в скрипті ПП функції `resample()`

Функція `pct_change()` є зручною для використання, але в свою чергу приховує те, як виходить значення. Подібне обчислення, яке допоможе зрозуміти механізм, можна виконати за допомогою `shift()` з пакета `Pandas`. Денна вартість закриття ділиться на минулу (зсунуту однією) ціну і з отриманого значення віднімається одиниця. Але є один незначний мінус – перше значення в результаті надається `NA`.

Далі будується діаграма розподілу прибутковості та розраховується основна статистика проєкту

```
# Дневная доходность
daily_pct_change = daily_close / daily_close.shift(1) - 1

print(daily_pct_change.head())
```

Рисунок 4.7 – Доходність проєкту за день

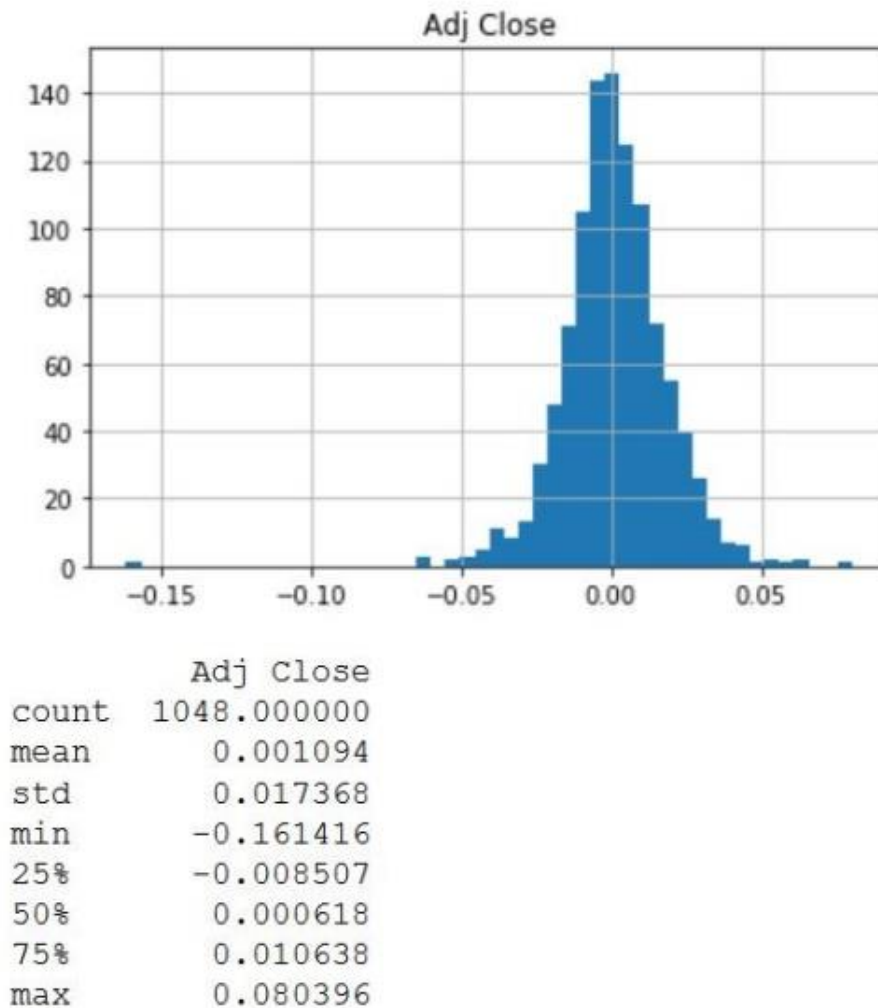


Рисунок 4.8 – Вивід на екран ПП діаграми розподілу прибутковості та розраховується основна статистика проекту

Для отримання інших значень статистики використовується функція `description()`. В результаті видно, що середнє значення трохи більше за нуль, а стандартне відхилення становить практично 0,02. Для визначення кумулятивної прибутковості проекту було застосовано наступний код (рисунку 4.9).

```
# Кумулятивная дневная доходность
cum_daily_return = (1 + daily_pct_change).cumprod()

print(cum_daily_return.tail())
# Построение кумулятивной дневной доходности
cum_daily_return.plot(figsize=(12,8))
```

```
plt.show()
```

Рисунок 4.9 – Приклад застосування коду для отримання інформації про кумулятивну прибутковість проекту

Для того, щоб перерахувати прибутковість проектів у місячному періоді застосовувався код представлений на рисунку 4.10..

```
# Месячная кумулятивная доходность
cum_monthly_return = cum_daily_return.resample("M").mean()

print(cum_monthly_return.tail())
```

Рисунок 4.10 – Код для розрахунку прибутковості проекту у місячному періоді

Для аналізу функціонування ПП в межах проекту застосовувався код представлений на рисунку 4.11. та виводять інформацію рисунку 4.12..

```
ticker = ['AFLT.ME', 'DSKY.ME', 'IRAQ.ME', 'PIKK.ME', 'PLZL.ME', 'SBER.ME', 'ENRU.ME']
stock = yf.download(ticker, '2022-04-04')
# Дневная доходность в `daily_close_px`
daily_pct_change = stock['Adj Close'].pct_change()
# Распределение
daily_pct_change.hist(bins=50, sharex=True, figsize=(20,8))

plt.show()
```

Рисунок 4.11 – Аналіз функціонування ПП в межах проекту

Також в програмному коді ПП було застосовано матрицю розсіювання. Її можна легко побудувати за допомогою функції `scatter_matrix()`, що входить до бібліотеки `pandas`. Як аргументи використовується `daily_pct_change` і встановлюється параметр Ядерної оцінки щільності – `Kernel Density`

Estimation. Крім того, можна встановити прозорість за допомогою параметра α та розмір графіка за допомогою параметра `figsize` (рисунок 4.13).

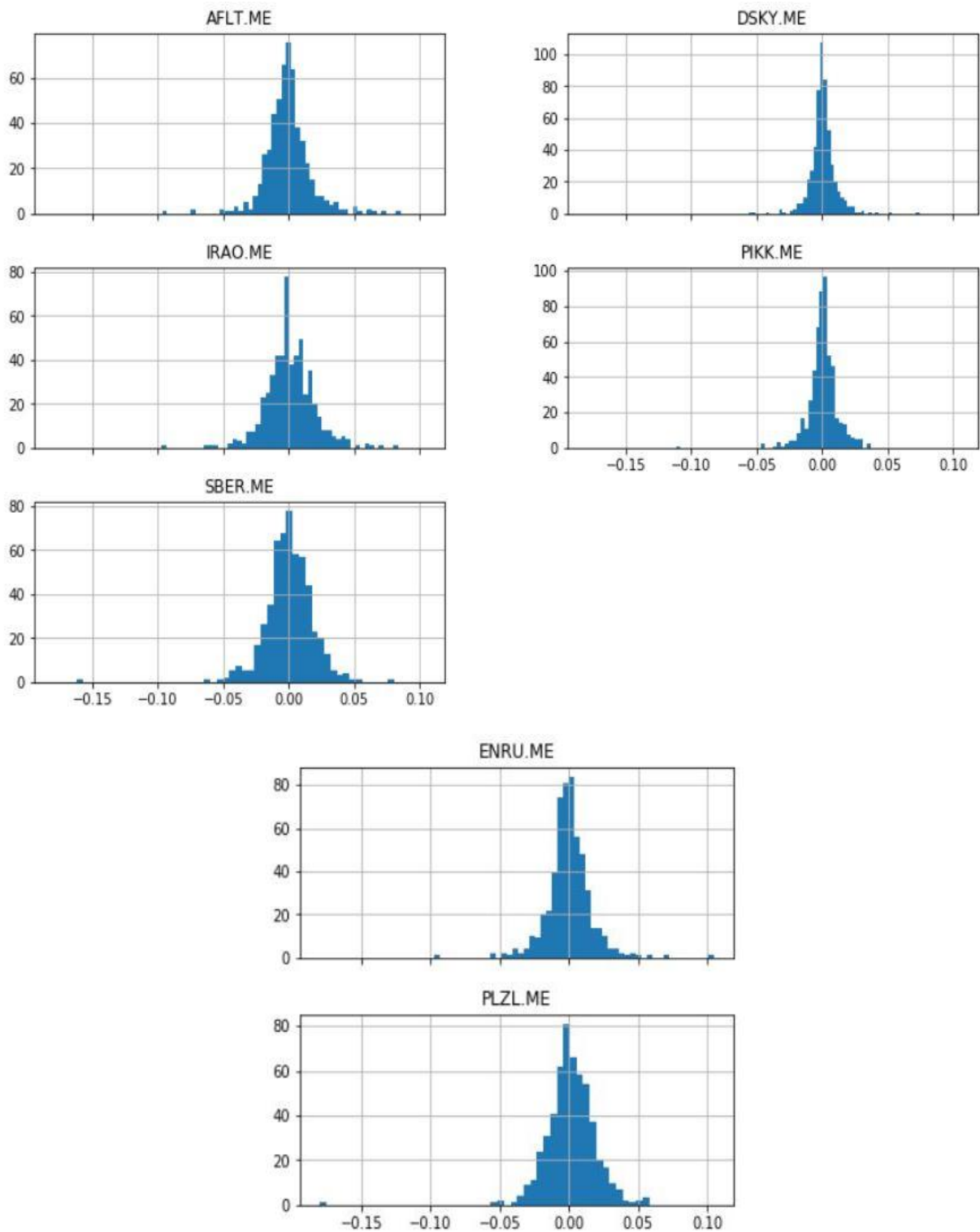


Рисунок. 4.12 – Приклад виведення на екран даних про ПП результату аналізу

```

from pandas.plotting import scatter_matrix
# Матриця розсіювання `daily_pct_change`
scatter_matrix(daily_pct_change, diagonal='kde', alpha=0.1,figsize=(20,20))
plt.show().

```

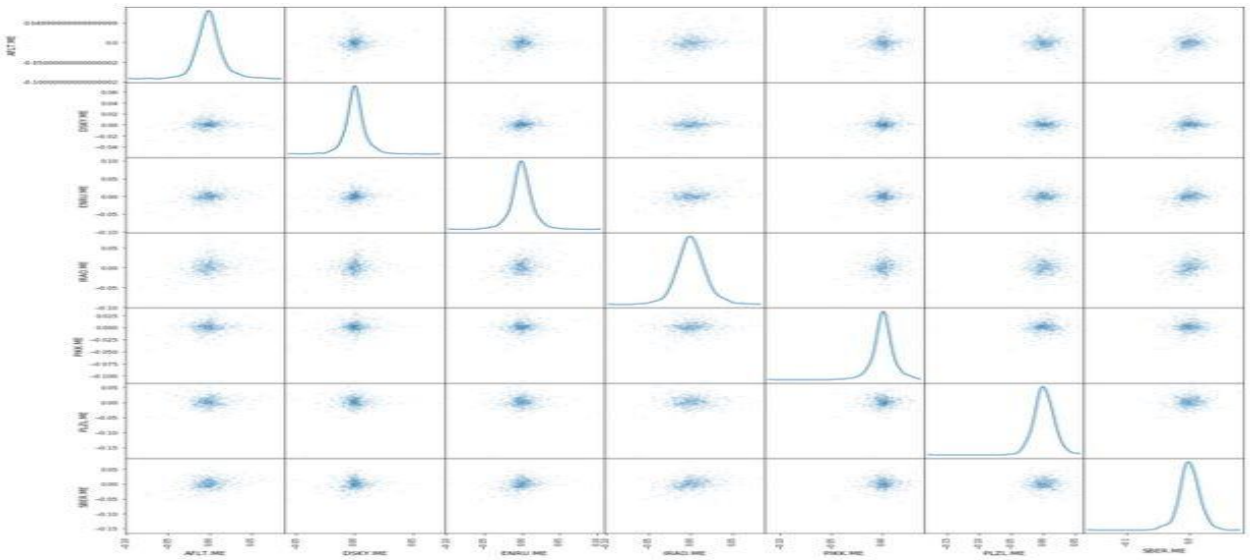


Рисунок 4.13 – Приклад застосування виводу інформації за допомогою матриці розсіювання

Для оптимізації розроблюваного продукту було вирішено (Moving Windows) Сенс (Moving Windows) полягає в тому, що з кожним новим значенням функція перераховується за певний період часу. Цих функцій велика кількість. Для прикладу: `rolling.mean()`, `rolling.std()`, які найчастіше використовують при аналізі руху акцій. `rolling.mean()` – це звичайна ковзна середня, яка згладжує короткострокові коливання і дозволяє візуалізувати загальну тенденцію (рисунок 4.14)

```

# Выделяю скорректированную цену закрытия
adj_close_px = sber['Adj Close']
# Вычисляю скользящую среднюю
moving_avg = adj_close_px.rolling(window=40).mean()
# Вывожу результат

```

```
print(moving_avg[-10:])
```

Рисунок 4.14 – Код застосування в скрипті ПП Moving Windows

Для виводу графічної інформації про роботу цієї функції застосовано код представлений на рисунку 4.15.

```
# Вычисление короткой скользящей средней
sber['40'] = adj_close_px.rolling(window=40).mean()

# Вычисление длинной скользящей средней
sber['252'] = adj_close_px.rolling(window=252).mean()

# Построение полученных значений
sber[['Adj Close', '40', '252']].plot(figsize=(20,20))

plt.show()
```

Рисунок 4.15 – Код застосування в скрипті ПП Moving Windows (для графічного виведення інформації)

Для аналізу функціонування ПП на дослідних об'єктах застосовано функції `rolling.std()`, що входить до пакету `pandas`. (рисунок (4.16.))

```
# Определяю рассматриваемый период
min_periods = 60
# Вычисляю ПП
vol = daily_pct_change.rolling(min_periods).std() * np.sqrt(min_periods)
# Строю график
vol.plot(figsize=(10, 10))
plt.show()
```

Рисунок 4.16 – Код застосування в скрипті для отримання графічної інформації

Для того, щоб була відсутня необхідність згадувати як завантажувати дані і приводити дані до форми, необхідної для розрахунку – код наводиться з моменту завантаження даних і до отримання результатів. На рис 4.17

представлено повний синтаксис для виконання лінійної регресії в Python з використанням statsmodels

```
import pandas as pd
import yfinance as yf
import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt
import statsmodels.api as sm
#Загружаю данные
ticker = ['AFLT.ME', 'IMOEX.ME']
stock = yf.download(ticker)
# Выделение скорректированной цены ПП закрытия
all_adj_close = stock[['Adj Close']]
# Вычисление доходности ПП
all_returns = np.log(all_adj_close / all_adj_close.shift(1))
# Выделение доходности по функциониюванию ПП
aflt_returns = all_returns['Adj Close'][['AFLT.ME']].fillna(0)
# Выделение доходности по индексу
moex_returns = all_returns['Adj Close'][['IMOEX.ME']].fillna(0)
# Создание нового DataFrame
return_data = pd.concat([aflt_returns, moex_returns], axis=1)[1:]
return_data.columns = ['AFLT.ME', 'IMOEX.ME']
# Добавляем столбец единиц и определяем X и y
X = sm.add_constant(return_data['IMOEX.ME'])
y = return_data['AFLT.ME']
# Создание модели
model_moex = sm.OLS(y,X).fit()
# Вывод результатов
print(model_moex.summary())
```

Рисунок 4.17 – Повний синтаксис для виконання лінійної регресії в Python з використанням statsmodels

Для операції оптимізація дослідження проету на Python було здійснено Імпорт необхідних бібліотек спочатку імпортуємо всі необхідні бібліотеки для подальшої роботи (рисунок 4.18).

```
import matplotlib.pyplot as plt
import numpy as np
import pandas as pd
import pandas_datareader as web
from matplotlib.ticker import FuncFormatter
```

Рисунок 4.18 – Імпорт необхідних бібліотек

Безпосередньо для аналізу та оптимізації проекту дослідження ПП існує бібліотека PyPortfolioOpt. Оскільки вона не входить у стандартний набір, її необхідно встановити. Імпортуємо функції для подальшої роботи (рисунок 4.19–4.20).

```
!pip install PyPortfolioOpt
from pypfopt.efficient_frontier import EfficientFrontier
from pypfopt import risk_models
from pypfopt import expected_returns
from pypfopt.cla import CLA
import pypfopt.plotting as pplt
from matplotlib.ticker import FuncFormatter
```

Рисунок 4.19 – Імпорт необхідних функціональних бібліотек

```
!pip install yfinance --upgrade --no-cache-dir
import yfinance as yf
tickers = ['LKOH.ME', 'GMKN.ME', 'DSKY.ME', 'NKNC.ME', 'MTSS.ME', 'IRAO.ME',
'SBER.ME', 'AFLT.ME']
df_stocks= yf.download(tickers, start='2022-01-01', end='2022-12-31')['Adj Close']

df_stocks.head()
```

Рисунок 4.20 – Імпорт необхідних функціональних бібліотек

Далі необхідно перевірити, чи є серед отриманих значень NaN. У разі їх наявності вони заважатимуть подальшому дослідженню.

Для того, щоб це вирішити, необхідно розглянути або іншу акцію, або замінити їх для прикладу середньою ціною між днем до і після значення NaN (рисунок 4.21)

```
nullin_df = pd.DataFrame(df_stocks, columns=tickers)
print(nullin_df.isnull().sum())
```

Рисунок 4.21 – Код заміни значення NaN

Далі всі отримані дані про ПП в межах заданого проекту передаються в програмне забезпечення та опрацьовуються у вигляді exle таблиць за допомогою модулю SuperDecision для побудови ANP моделі проекту дослідження.

4.3 Висновки

У даному розділі вирішено завдання, які пов'язані із програмною реалізацією проекту аналізу особливостей ПП АЕК з ЕП

Програмна реалізація програмно-технічної системи для аналізу особливостей ПП АЕК з ЕП написана на мові програмування Python з інтерфейсом користувача Tkinter.

У результаті отримані дані про ПП в межах заданого проекту передаються в програмне забезпечення та опрацьовуються у вигляді excel таблиць за допомогою модулю SuperDecision для побудови ANP моделі проекту дослідження.

ВИСНОВКИ

У роботі встановлено, що для створення комбінованої системи зберігання енергії потрібна розробка спеціального блоку управління, який повинен керувати всіма можливими джерелами енергії відповідно до найбільш оптимальних режимів функціонування кожного вузла системи з метою забезпечення якісного та безперебійного енергопостачання споживача.

Станом на 2022 р. для підсистем перетворювачів відновлюваної енергії систем електрозабезпечення технічних засобів існує досить чимала кількість різностороннього програмного забезпечення (ПЗ). В межах піднятого питання було досліджено ПЗ провідних виробників ЄС, США, Канади та Китаю.

У межах роботи окреслюється доцільність створення систем електрозабезпечення стаціонарно розміщених технічних засобів на основі використання ВДЕ як у поєднанні з живленням від центральної промислової мережі, так і при повній децентралізації електропостачання. Однак залишились питання обґрунтування якісного та кількісного складу подібних систем.

На рівні формування фактичних оцінок особливе значення матиме розробка механізмів врахування фактичного коливання потенціалу ВДЕ та графік споживання енергії впродовж всього часу експлуатації ТЗ характеризуються циклічним повторенням.

Внаслідок проведеного аналізу особливостей ПП АЕК з ЕП встановлено обґрунтованість вибору нечіткого ситуаційного управління.

Запропоновані методика побудови апаратної бази нечітких знань, методика та алгоритм нечіткого ситуаційного управління сприяють зменшенню кількості збереженої інформації та покращують якість та оперативність нечіткого управління, що підвищує його ефективність

використання і розширює сферу його застосування на складні технічні об'єкти ширшого класу.

В роботі вирішено:

- завдання, які пов'язані із алгоритмічною обробкою інформації про реальний стан ПП та розглянуто технологічні засади обробки даної інформації в результаті чого було запропоновано алгоритм, котрий реалізує логіку потрібної обробки даних про функціонування ПП.

- завдання, які пов'язані із алгоритмічною обробкою інформації про реальний стан ПП та розглянуто технологічні засади обробки даної інформації в результаті чого було запропоновано алгоритм, котрий реалізує логіку потрібної обробки даних про функціонування ПП.

- завдання, які пов'язані із програмною реалізацією проекту аналізу особливостей ПП АЕК з ЕП

Програмна реалізація програмно-технічної системи для аналізу особливостей ПП АЕК з ЕП написана на мові програмування Python з інтерфейсом користувача Tkinter.

Tkinter крос-платформна графічна бібліотека на основі засобів Tk, написана Стіном Лумхольтом та Гвідо ван Россумом. Входить до стандартної бібліотеки Python.

У результаті отримані дані про ПП в межах заданого проекту передаються в програмне забезпечення та опрацьовуються у вигляді ехе таблиць за допомогою модулю SuperDecision для побудови ANP моделі проекту дослідження.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Енергетична стратегія України на період до 2030 року URL: <http://zakon1.rada.gov.ua/signal/kr06145a.doc>.
2. Державна програма активізації розвитку економіки на 2013—2014 роки URL: <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/187-2013%D0%BF/paran208#n208>.
3. «Енергетична безпека України 2020: виклики, можливості, сценарії» URL: http://uipp.org.ua/uploads/news_message/at_file_uk/0070/40.pdf.
4. Про альтернативні джерела енергії URL: <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/555-15>.
5. Державна цільова економічна програма енергоефективності і розвитку сфери виробництва енергоносіїв з відновлюваних джерел енергії та альтернативних видів палива на 2010—2015 роки URL: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/243-2010-n#n13>.
6. Купрієнко Д. А. Левков В. В., Собченко В. А. Перспективи впровадження альтернативних джерел електроенергії у контексті забезпечення прикордонної безпеки України. *Збірн. наук. пр. Серія : військові та технічні науки. Нац. академія Держприкордонслужби України ім. Б. Хмельницького*, Хмельницький, 2012. Вип. 57. С. 116—121
7. О. В. Боровик, Д. А. Купрієнко *Методика синтезу системи технічного контролю державного кордону в умовах однорідності параметрів середовища функціонування зб. наук. пр. за ред. І. С. Руснака. — К. : НАОУ, 2007. № 7 (80). С. 186—194.*
8. Графов Р. П. Системологический синтез cloud-систем. *Вісник ХНУ*. 2011. Вип. 3. С. 276—283.
9. Akhmatov, V. Advanced simulation of windmills in the electric power supply. 2000. № 22. P. 421-434.

10. Anderson M. B. An analysis of the aerodynamic forces on a variable geometry vertical axis wind turbine. 1983: Proc. of the 5th BWEA Wind Energy Conf. 1983. P. 27—29.
11. Anikin A. S., Martyanov A. S., Martyanov N. A. Comparative analysis of wind turbines control strategies. *Procedia Engineering: International Conference on Industrial Engineering (ICIE-2015)*. 2015. C. 607—614.
12. N.Sh. Bao, Q.X. Chen, T. Jiang AWEA Small Wind Turbine Performance and Safety Standard AWEA 9.1. 2009, AWEA, 2009. P. 203—218.
13. Budisan, N.; Groza, V.; Prostean, O.; Filip, I. Rotation Speed and Wind Speed Indirect Measurement Methods for the Control of Windmills with Fixed Blades Turbine *Instrumentation and Measurement Technology Conference Proceedings*. 2008, P. 912 — 916.
14. Carlin P.W. The history and state of the art of variable-speed wind turbine technology. *Technical Report NREL/TP-500-28607*. U.S.A. 2001.
15. Datta R. A method of tracking the peak power points for a variable speed wind energy conversion system *IEEE Transactions on Energy Conversion*. 2003. № 18(1). C. 163–168. 153
16. Dawson M. H. Variable Length Wind Turbine Blade. 2006. C.47.
17. Jianzhong Z. Pitch Angle Control for Variable Speed Wind Turbines. 2008.
18. Kirpichnikova I. M., Martyanov A. S., Solomin E. V. VERTICAL AXIS WIND TURBINES. NEW ASPECTS. 2013. C. 55—58.
19. Korobatov D. V., Martyanov A. S., Solomin E. V. Development of control algorithms in Matlab/Simulink *Procedia Engineering: International Conference on Industrial Engineering (ICIE-2015)*. 2015. C. 922—926.
20. Lee D.C. DC-bus voltage control of three-phase AC/DC PWM converters using feedback linearization *IEEE Transactions on Industry Applications*. 2000 C. 826 – 833.
21. Leithead W.E. Dependence of performance of variable speed wind turbines on the turbulence, dynamics and control. 1990. P.403—413.

22. Maksimovic D., Stankovi'c A., Thottuvelil V., Modeling and simulation of power electronic converters. 2001. C. 898—912.
23. Martyanov A. S., Sirotkin E. A., Solomin E. V. Adaptive control over the permanent characteristics of a wind turbine *Procedia Engineering: International Conference on Industrial Engineering (ICIE-2015)*. 2015. P. 640—646.
24. Martyanov A. S., Solomin E. V. Issues of windmill efficiency measurement in the field. 2015. P. 17—23.
25. Martyanov A., Solomin E. Modelling of Wind Turbine Performance Measurement *Journal of Computational and Engineering Mathematics*. 2014. C. 18—25.
26. Scott J. Johnson Active Load Control Techniques for Wind Turbines. 2008. P. 1—124.
27. Solomin E. V., Kirpichnikova I. M., Martyanov A. S. Iterative Approach in Design and Development of Vertical Axis Wind Turbines *Conference for Young Scientists ELECTRICAL ENGINEERING. ELECTROTECHNOLOGY. ENERGY*. 2015. P. 92—95.
28. Torres E. Experimental results of the variable speed, direct drive multipole synchronous wind turbine. 2004. P.109—118.
29. M. Abuella, B. Chowdhury Solar power probabilistic forecasting by using multiple linear regression analysis *SoutheastCon*. 2015. P. 1—5.
30. Metrics for evaluating the accuracy of solar power forecasting / J. Zhang, B.-M. Hodge, A. Hodge [et al.] // 3rd Int. workshop on integration of solar power into power systems. London. 2013.
31. Ерошенко С.А., Кочнева Е.С., Крючков П.А., Хальясмаа А.И. Опыт внедрения моделей краткосрочного прогнозирования выработки солнечных электростанций. *Энергоэксперт*. 2018. №2(66). 207
32. D. A. Snegirev, S. A. Eroshenko, R. T. Valiev Algorithmic realization of short-term solar power plant output forecasting. *Proceedings of the II Int. Conf. on Control in Technical Systems*. 2017. P 228 — 231.

33. S. A. Eroshenko, E. S Kochneva, P. A. Kruchkov Solar Power Plant Generation Short-Term Forecasting Model. *Proceedings of the 3rd Int. Conf. on Measurement Instrumentation and Electronics*. 2018.
34. Eroshenko, S.A. Functional assessment system of solar power plant energy production. *Proceedings of 8th International Conference on ENERGY and ENVIRONMENT*. 2017. P. 349—353.
35. Eroshenko, S.A. Assessment of the learning sample size and pattern impact on the SPS generation short-term forecasting. 2018. P. 617—621.
36. Dawan P. Performance of the Module Temperature Model in Forecasting the Power Output of Photovoltaic Systems. 2018 P. 1—3.
37. . Серебряков А.В. Моніторинг електромеханої частини ВЕУ. 2013. С. 32—37.
38. Серебряков А.В., Крюков О.В. Нові можливості технологій SMART GRID. 2013. С.45—49.
39. Алексеевский Д.Г. Визуальное моделирование многоканальных ветроэлектрогенерирующих систем. *Вісник національного технічного університету Харківський політехнічний інститут*. 2017. № 27(1249). С. 332—336.
40. Алексеевский Д.Г. Реализация алгоритма получения матрицы переменных состояний для трехканального ветроэнергетического комплекса. *Материалы международной научной конференции «Актуальные вопросы прикладной физики и энергетики»*, Сумгаит, 2018. С. 344—447.
41. . Алексієвський Д.Г. Візуальне моделювання однофазного мостового випрямляча. *Праці Інституту електродинаміки 264 Національної академії наук України*. Київ. 2018. №50. С. 88—91.
42. Алексеевский Д.Г. Визуальная модель трехфазного мостового выпрямителя. *Вісник національного технічного університету Харківський політехнічний інститут*. Харків. 2017. №27(1249). С. 309—31
43. Информационно-управляющие системы для стендовых испытаний. 2012. 406с.

44. Е.В. Соломин. Порівняльні характеристики вертикально-осьових вітроелектричних установок. *Міжнародний науковий журнал альтернативна енергетика и екологія*. 2010. №1. С.48—53.
45. Типи вітрогенераторів. URL: <https://www.atmosfera.ua/uk/vitryani-elektrostantsii/tipi-vitrogeneratoriv/>.
46. Харитонов В. П. Автономні вітроелектричні установки. 2009. С.280.
47. Штерцер В.А. Системи генерації електроенергії для вітроелектричних установок. *103 Міжнародний науковий журнал «Альтернативна енергетика и екологія»* Науково-технічний центр «ТАТА». 2010. № 5 (85).
48. Лукутин Б.В., Суржикова О.А., Шандарова Е.Б. Відновлювана енергетика у децентралізованому електропостачанні. 2008. С.230.
49. Бас А.А., Міловзоров В.П., Мусолін А.К. Джерела вторичного електроживлення з трансформаторним входом. 1987. С.160.
50. М. Е. Haque, К. М. Muttaqi, М. Negnevitsky. A control strategy for output maximisation of a PMSG-based variable-speed wind turbine. *Australian Journal of Electrical and Electronics Engineering*. P.263—270.
51. А. М. Олейніков, Ю. В. Матвєєв, Л. Н. Канов. Моделювання. Електротехніка та електромеханіка. 2010. С.16—20
52. Штерн В.І. Дизель-генераторі змінного струму. 1972. С.104.

ДОДАТОК А

(ОБОВ'ЯЗКОВИЙ)

ЛІСТИНГ ПРОГРАМИ ОЦІНКИ ФУНКЦІОНУВАННЯ ПП

```

import numpy as np
from pandas import read_csv, DataFrame, datetime
import statsmodels.api as sm
from statsmodels.iolib.table import SimpleTable
from sklearn.metrics import r2_score
import matplotlib.pyplot as plt
#import ml_metrics as metrics

dateparse = lambda dates: datetime.strptime(dates, '%Y-%m')
dataset = read_csv('Beer.csv', index_col='Month', parse_dates=['Month'], date_parser=dateparse)
#print(dataset.head())

#Анализ временного ряда

otg = dataset['Beer produced']
#otg.plot(figsize=(12,6))
#plt.show()

itog = otg.describe()
#otg.hist()
#print(itog)
#plt.hist(otg)
#plt.show()

# коефіцієнт варіації
#print('V = %f' % (itog['std']/itog['mean']))

#тест Харки — Бера

row = [u'JB', u'p-value', u'skew', u'kurtosis']
jb_test = sm.stats.stattools.jarque_bera(otg)
a = np.vstack([jb_test])
itog = SimpleTable(a, row)
print(itog)
#маєт нормального розподілення

```

```

#Decomposition
from statsmodels.tsa.seasonal import seasonal_decompose
otg_log = np.log(otg)
decomposition = seasonal_decompose(otg_log)

trend = decomposition.trend
seasonal = decomposition.seasonal
residual = decomposition.resid
ts_log_decompose = residual
ts_log_decompose.dropna(inplace=True)

#Обобщенный тест Дикки–Фуллера на наличие единичных корней

test = sm.tsa.adfuller(ts_log_decompose)
print('adf: ', test[0] )
print('p-value: ', test[1])
print('Critical values: ', test[4])
if test[0]> test[4]['5%']:
    print('есть единичные корни, ряд не стационарен')
else:
    print('единичных корней нет, ряд стационарен')

#ts_log_decompose.plot(figsize=(12,6))
#plt.show()

ig = plt.figure(figsize=(12,8))
ax1 = plt.subplot(211)
fig = sm.graphics.tsa.plot_acf(ts_log_decompose.values.squeeze(), lags=25, ax=ax1)
ax2 = plt.subplot(212)
fig = sm.graphics.tsa.plot_pacf(ts_log_decompose, lags=25, ax=ax2)
plt.show()

build model
src_data_model = otg[:'2020-05-01']
model = sm.tsa.ARIMA(src_data_model, order=(1,1,1), freq='W').fit(dispatch=0)
print(model.summary())

#Анализ и оценка модели

q_test = sm.tsa.stattools.acf(model.resid, qstat=True)

```

```

print(DataFrame({'Q-stat':q_test[1], 'p-value':q_test[2]}))

#коэффициент детерминации
pred = model.predict('2020-05-01','2021-12-01', typ='levels')
trn = otg['2020-05-01:']
r2 = r2_score(trn, pred[0:1])
print('R^2: % 1.2f % r2)

otg.plot(figsize=(12,6))
pred.plot(style='r—')
plt.show()dateparse = lambda dates: datetime.strptime(dates, '%Y-%m')
dataset = read_csv('Glass bottle.csv', index_col='Month', parse_dates=['Month'], date_parser=dateparse)
otg = dataset['Glass bottle']

from statsmodels.tsa.seasonal import seasonal_decompose
otg_log = np.log(otg)
decomposition = seasonal_decompose(otg_log)

trend = decomposition.trend
seasonal = decomposition.seasonal
residual = decomposition.resid
ts_log_decompose = residual
ts_log_decompose.dropna(inplace=True)

test = sm.tsa.adfuller(ts_log_decompose)
print('adf: ', test[0] )
print('p-value: ', test[1])
print('Critical values: ', test[4])
if test[0]> test[4]['5%']:
    print('есть единичные корни, ряд не стационарен')
else:
    print('единичных корней нет, ряд стационарен')
src_data_model = otg[:'2020-02-01']
model = sm.tsa.ARIMA(src_data_model, order=(1,1,1), freq='W').fit(dispatch=0)
q_test = sm.tsa.stattools.acf(model.resid, qstat=True)

pred = model.predict('2020-02-01','2021-12-01', typ='levels')
trn = otg['2020-02-01:']
#
otg.plot(figsize=(12,6))
pred.plot(style='r—')

```

```
plt.show()dateparse = lambda dates: datetime.strptime(dates, '%Y-%m')
dataset = read_csv('ATB.csv', index_col='Month', parse_dates=['Month'], date_parser=dateparse)
otg = dataset['atb']
```

```
from statsmodels.tsa.seasonal import seasonal_decompose
otg_log = np.log(otg)
decomposition = seasonal_decompose(otg_log)
```

```
trend = decomposition.trend
seasonal = decomposition.seasonal
residual = decomposition.resid
ts_log_decompose = residual
ts_log_decompose.dropna(inplace=True)
```

```
test = sm.tsa.adfuller(ts_log_decompose)
print('adf: ', test[0])
print('p-value: ', test[1])
print('Critical values: ', test[4])
if test[0] > test[4]['5%']:
    print('есть единичные корни, ряд не стационарен')
else:
    print('единичных корней нет, ряд стационарен')
src_data_model = otg['2020-02-01']
model = sm.tsa.ARIMA(src_data_model, order=(1,1,1), freq='W').fit(dispatch=0)
q_test = sm.tsa.stattools.acf(model.resid, qstat=True)
pred = model.predict('2020-02-01', '2021-12-01', typ='levels')
trn = otg['2020-02-01:']
#
otg.plot(figsize=(12,6))
pred.plot(style='r—')
plt.show()dateparse = lambda dates: datetime.strptime(dates, '%Y-%m')
dataset = read_csv('PET.csv', index_col='Month', parse_dates=['Month'], date_parser=dateparse)
otg = dataset['PET bottle']
```

```
from statsmodels.tsa.seasonal import seasonal_decompose
otg_log = np.log(otg)
decomposition = seasonal_decompose(otg_log)
```

```
trend = decomposition.trend
seasonal = decomposition.seasonal
residual = decomposition.resid
```

```

ts_log_decompose = residual
ts_log_decompose.dropna(inplace=True)

test = sm.tsa.adfuller(ts_log_decompose)
print('adf: ', test[0] )
print('p-value: ', test[1])
print('Critical values: ', test[4])
if test[0]> test[4]['5%']:
    print(нестационарный ряд)
else:
    print(стационарный ряд)
src_data_model = otg['2022-02-01']
model = sm.tsa.ARIMA(src_data_model, order=(1,1,1), freq='W').fit(dis=0)

q_test = sm.tsa.stattools.acf(model.resid, qstat=True)

pred = model.predict('2020-02-01', '2021-12-01', typ='levels')
trn = otg['2022-02-01:']
#
otg.plot(figsize=(12,6))
pred.plot(style='r—')
plt.show()dateparse = lambda dates: datetime.strptime(dates, '%Y-%m')
dataset = read_csv('Can.csv', index_col='Month', parse_dates=['Month'], date_parser=dateparse)
otg = dataset['Can']

from statsmodels.tsa.seasonal import seasonal_decompose
otg_log = np.log(otg)
decomposition = seasonal_decompose(otg_log)

trend = decomposition.trend
seasonal = decomposition.seasonal
residual = decomposition.resid
ts_log_decompose = residual
ts_log_decompose.dropna(inplace=True)

test = sm.tsa.adfuller(ts_log_decompose)
print('adf: ', test[0] )
print('p-value: ', test[1])
print('Critical values: ', test[4])
if test[0]> test[4]['5%']:
    print('есть единичные корни, ряд не стационарен')

```

```

else:
    print('єдиничних корней нет, ряд стационарен')

src_data_model = otg[:'2020-02-01']
model = sm.tsa.ARIMA(src_data_model, order=(1,1,1), freq='W').fit(dispatch=0)

q_test = sm.tsa.stattools.acf(model.resid, qstat=True)

pred = model.predict('2020-02-01', '2021-06-01', typ='levels')
trn = otg['2020-02-01:']
#
otg.plot(figsize=(12,6))
pred.plot(style='r—')
plt.show()
from GUI import *
from PyQt5 import QtCore, QtGui, QtWidgets

class MyWin(QtWidgets.QMainWindow):
    def __init__(self, parent=None):
        QtWidgets.QWidget.__init__(self, parent)
        self.ui = Ui_MainWindow()
        self.ui.setupUi(self)

        # Здець прописуємо событие нажатия на кнопку
        self.ui.pushButton.clicked.connect(self.StartAnalysis)

        # Пока пустая функция которая выполняется
        # при нажатии на кнопку
    def StartAnalysis(self):
        self.ui.textEdit_2.setText("Прогнозується ріст компанії (+2% в порівнянні з ростом ринку)")
        self.ui.textEdit_3.setText("Прогнозується спад долі (-5%)\nПрогнозується зменшення долі ринку (-3%)")
        self.ui.textEdit_4.setText("Недостатньо розвинутий сегмент ПЕТ компанії (-3% в порівнянні з ростом ринку)")

if __name__ == "__main__":
    app = QtWidgets.QApplication(sys.argv)
    myapp = MyWin()
    myapp.show()
    sys.exit(app.exec_())
from PyQt5 import QtCore, QtGui, QtWidgets

class Ui_MainWindow(object):
    def setupUi(self, MainWindow):

```

```
MainWindow.setObjectName("MainWindow")
MainWindow.resize(761, 542)
self.centralwidget = QtWidgets.QWidget(MainWindow)
self.centralwidget.setObjectName("centralwidget")
self.pushButton = QtWidgets.QPushButton(self.centralwidget)
self.pushButton.setGeometry(QtCore.QRect(200, 20, 151, 51))
self.pushButton.setObjectName("pushButton")
self.lineEdit = QtWidgets.QLineEdit(self.centralwidget)
self.lineEdit.setGeometry(QtCore.QRect(20, 50, 131, 21))
self.lineEdit.setObjectName("lineEdit")
self.toolButton = QtWidgets.QToolButton(self.centralwidget)
self.toolButton.setGeometry(QtCore.QRect(160, 50, 21, 21))
self.toolButton.setObjectName("toolButton")
self.pushButton_2 = QtWidgets.QPushButton(self.centralwidget)
self.pushButton_2.setGeometry(QtCore.QRect(410, 20, 61, 51))
self.pushButton_2.setObjectName("pushButton_2")
self.pushButton_3 = QtWidgets.QPushButton(self.centralwidget)
self.pushButton_3.setGeometry(QtCore.QRect(480, 20, 61, 51))
self.pushButton_3.setObjectName("pushButton_3")
self.pushButton_4 = QtWidgets.QPushButton(self.centralwidget)
self.pushButton_4.setGeometry(QtCore.QRect(660, 20, 81, 51))
self.pushButton_4.setObjectName("pushButton_4")
self.pushButton_5 = QtWidgets.QPushButton(self.centralwidget)
self.pushButton_5.setGeometry(QtCore.QRect(570, 20, 81, 51))
self.pushButton_5.setObjectName("pushButton_5")
self.label = QtWidgets.QLabel(self.centralwidget)
self.label.setGeometry(QtCore.QRect(20, 310, 121, 16))
self.label.setObjectName("label")
self.label_2 = QtWidgets.QLabel(self.centralwidget)
self.label_2.setGeometry(QtCore.QRect(20, 20, 161, 16))
self.label_2.setObjectName("label_2")
self.label_3 = QtWidgets.QLabel(self.centralwidget)
self.label_3.setGeometry(QtCore.QRect(410, 110, 81, 16))
self.label_3.setObjectName("label_3")
self.label_4 = QtWidgets.QLabel(self.centralwidget)
self.label_4.setGeometry(QtCore.QRect(410, 310, 61, 16))
self.label_4.setObjectName("label_4")
self.label_5 = QtWidgets.QLabel(self.centralwidget)
self.label_5.setGeometry(QtCore.QRect(20, 110, 81, 16))
self.label_5.setObjectName("label_5")
self.textEdit = QtWidgets.QTextEdit(self.centralwidget)
```

```

self.textEdit.setGeometry(QtCore.QRect(20, 340, 331, 151))
self.textEdit.setObjectName("textEdit")
self.textEdit_2 = QtWidgets.QTextEdit(self.centralwidget)
self.textEdit_2.setGeometry(QtCore.QRect(20, 140, 331, 151))
self.textEdit_2.setObjectName("textEdit_2")
self.textEdit_3 = QtWidgets.QTextEdit(self.centralwidget)
self.textEdit_3.setGeometry(QtCore.QRect(410, 340, 331, 151))
self.textEdit_3.setObjectName("textEdit_3")
self.textEdit_4 = QtWidgets.QTextEdit(self.centralwidget)
self.textEdit_4.setGeometry(QtCore.QRect(410, 140, 331, 151))
self.textEdit_4.setObjectName("textEdit_4")
MainWindow.setCentralWidget(self.centralwidget)
self.menubar = QtWidgets.QMenuBar(MainWindow)
self.menubar.setGeometry(QtCore.QRect(0, 0, 761, 21))
self.menubar.setObjectName("menubar")
MainWindow.setMenuBar(self.menubar)
self.statusbar = QtWidgets.QStatusBar(MainWindow)
self.statusbar.setObjectName("statusbar")
MainWindow.setStatusBar(self.statusbar)

self.retranslateUi(MainWindow)
QtCore.QMetaObject.connectSlotsByName(MainWindow)

```

```
def retranslateUi(self, MainWindow):
```

```

    _translate = QtCore.QCoreApplication.translate
    MainWindow.setWindowTitle(_translate("MainWindow", "MainWindow"))
    self.pushButton.setText(_translate("MainWindow", "START THE ANALYSIS"))
    self.lineEdit.setText(_translate("MainWindow", "enter path to the file here"))
    self.toolButton.setText(_translate("MainWindow", "..."))
    self.pushButton_2.setText(_translate("MainWindow", "Undo"))
    self.pushButton_3.setText(_translate("MainWindow", "Redo"))
    self.pushButton_4.setText(_translate("MainWindow", "SAVE AS..."))
    self.pushButton_5.setText(_translate("MainWindow", "SAVE"))
    self.label.setText(_translate("MainWindow", " Opportunities"))
    self.label_2.setText(_translate("MainWindow", " Choose the import file (.csv)"))
    self.label_3.setText(_translate("MainWindow", " Weaknesses"))
    self.label_4.setText(_translate("MainWindow", " Threats"))
    self.label_5.setText(_translate("MainWindow", " Strenghts"))

```

ДОДАТОК Б
(обов'язковий)
Копія публікації

Актуальні проблеми комп'ютерних наук

УДК 004.03

Савчук О. О., Боровик О. В.

Хмельницький національний університет

**ОСОБЛИВОСТІ ЗАДАЧІ СТРУКТУРНОГО СИНТЕЗУ ПІДСИСТЕМ
ПЕРВИННИХ ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ ВІДНОВЛЮВАНОЇ ЕНЕРГІЇ СИСТЕМ
ЕЛЕКТРОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ**

Розглянуто питання актуальності задачі структурного синтезу підсистем первинних перетворювачів систем електрозабезпечення технічних засобів охорони кордону. Проаналізовано особливості задачі. Продемонстровано, що задача має враховувати множину умов, вимог і обмежень, визначати оптимальне проектне рішення щодо структури первинних перетворювачів у відповідності до конкретних умов та завчасно визначених споживачів, а також допускати можливість поєднання різних за видами та марками первинних перетворювачів і забезпечувати можливість інтегрального управління їх функціонуванням на основі застосування сучасних інформаційних технологій.

The question of urgency of the problem of structural synthesis of subsystems of primary converters of power supply systems of technical means of border protection is considered. The peculiarities of the problem are analyzed. It is demonstrated that the task should take into account many conditions, requirements and restrictions, determine the optimal design solution for the structure of primary converters in accordance with specific conditions and pre-defined consumers, as well as allow the combination of different types and brands of primary converters and provide integrated control based on the use of modern information technology.

Загрози в енергетичній сфері, що окреслені у джерелі [1], вказують на недостатньо інтенсивне впровадження в Україні заходів щодо забезпечення визначеного рівня незалежності та ефективності функціонування паливно-енергетичного комплексу (ПАЕК) України. Одним із основних шляхів диверсифікації розвитку ПАЕК визначено використання відновлюваних джерел енергії (ВДЕ), що закріплено в джерелі [2]. На доцільність реалізації цього шляху вказує тенденція зниження вартості енергії з ВДЕ відносно постійного дорожчання енергоносіїв органічного походження, а також екологічність способу отримання енергії з ВДЕ.

Перспективи використання ВДЕ в інтересах охорони державного кордону України розглянуто в статті [3]. У цій роботі визначено доцільність створення систем електрозабезпечення (СЕЗ) стаціонарно розміщених технічних засобів охорони кордону (ТЗОК) на основі використання ВДЕ як у поєднанні з живленням від центральної промислової мережі (ЦПМ), так і при повній децентралізації електропостачання. Однак поза увагою авторів цієї праці залишилися питання обґрунтування якісного та кількісного складу подібних систем.

Компонентний склад СЕЗ можна оцінити з рисунка 1. Очевидно, що така система є складною інтелектуальною системою на сучасній елементній базі, функціонування якої пов'язане з раціональним застосуванням відповідних інформаційних технологій.



Рисунок 1 – Структурна схема локальної системи електрозабезпечення на основі відновлюваних джерел енергії

Аналіз досліджень, які проводились у вказаній предметній області, вказує на те, що актуальним є завдання визначення раціональної структури СЕЗ ТЗОК на основі ВДЕ. Цю задачу вбачається за доцільне вирішувати в межах двох підзадач: структурного синтезу підсистеми первинних перетворювачів енергії відновлюваних джерел (ПП) і структурного синтезу підсистеми утиліт (ПУ).

Метою даної роботи є аналіз особливостей та актуальності задачі структурного синтезу підсистем первинних перетворювачів СЕЗ ТЗОК, яка повинна враховувати множину умов, вимог і обмежень, визначати оптимальне проектне рішення щодо структури ПП у відповідності до конкретних умов та завчасно визначених споживачів, а також допускати можливість поєднання різних за видами та марками ПП і забезпечувати можливість інтегрального управління їх функціонуванням на основі застосування сучасних інформаційних технологій.

Аналіз робіт [4-8] проведений авторами, а також необхідність оцінки багатьох параметрів, врахування низки умов, обмежень та специфіки організації

використання ТЗОК на різних ділянках державного кордону в різні часові періоди, вказують на доцільність розв'язання задачі застосуванням методів математичного моделювання та теорії оптимізації.

Організація електрозабезпечення ТЗОК на основі використання ВДЕ має передбачати можливість отримання та перетворення енергії з різних за видами джерел (у відповідності до конкретних фізико-географічних умов), в тому числі і від центральної промислової мережі (ЦПМ) чи автономних електростанцій (АвЕС) на органічному паливі, а також реалізацію низки умов і обмежень, зокрема, щодо кількості отриманої енергії та площі для розміщення обладнання. Забезпечення електроенергією стаціонарно розміщених ТЗОК для їх безперервного функціонування може здійснюватись різними способами, як існуючими (рисунок 2а, б), так і перспективними (рисунок 3в, г, д). При цьому безперервність електрозабезпечення досягається використанням у складі СЕЗ таких джерел, як: ЦПМ, АвЕС, підсистема первинних перетворювачів потенціалу ВДЕ з підсистемою утиліт (ПП+ПУ), пристрій акумуляції енергії (ПАЕ). Перехід від одного до іншого джерела електрозабезпечення в умовах динамічної зміни зовнішніх та внутрішніх зв'язків системи може здійснюватись за рішенням оператора чи пристроєм автоматики. Множина таких зв'язків та умов дозволяє висунути припущення, що СЕЗ з комбінованим використанням різних джерел може бути багатоцільовою за природою свого функціонування, а оптимізація зв'язків повинна здійснюватись із застосуванням математичних методів, що будуть враховувати специфіку визначених завдань.

Структурно-логічні схеми СЕЗ ТЗОК, що наведені на рисунках 2-4, дозволяють оцінити й інші особливості задачі структурного синтезу підсистем первинних перетворювачів СЕЗ ТЗОК. Зокрема, той факт, що стосується необхідності врахування динаміки зміни потенціалу кожного виду відновлюваних джерел енергії. Останній може бути оцінений з атласу ВДЕ України [9] та з інформації інтерактивної системи [10].

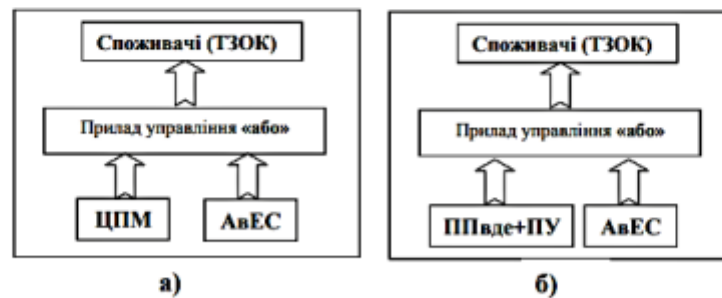


Рисунок 2 – Структурно-логічні схеми систем електрозабезпечення технічних засобів охорони кордону

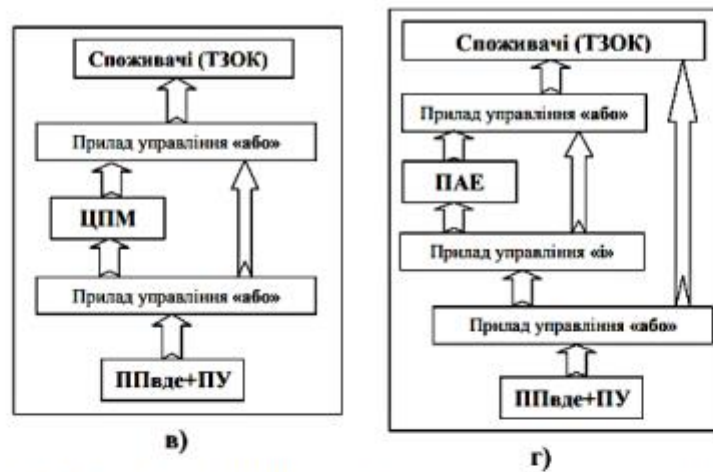


Рисунок 3 – Структурно-логічні схеми систем електрозабезпечення технічних засобів охорони кордону



Рисунок 4 – Структурно-логічні схеми систем електрозабезпечення технічних засобів охорони кордону

Фактичне коливання потенціалу ВДЕ та графік споживання електроенергії впродовж всього часу експлуатації ТЗОК характеризуються циклічним

повторенням. Тому при вирішенні задачі синтезу системи слід враховувати і дискретизацію часу з певними часовими діапазонами.


Таким чином, наведені структурна схема локальної СЕЗ на основі ВДЕ та структурно-логічні схеми СЕЗ ТЗОК дозволяють сформулювати уявлення про особливості досліджуваної задачі структурного синтезу підсистем первинних перетворювачів СЕЗ ТЗОК, а також зробити висновок про те, що напрямом подальших досліджень має бути побудова математичної моделі відповідної системи, її дослідження та програмно-алгоритмічна реалізація.

Перелік посилань

1. Енергетична стратегія України на період до 2030 року : розпорядження Кабінету Міністрів України від 15.03.2006 № 145-р. [Електронний ресурс]. — Режим доступу : <http://zakon1.rada.gov.ua/signal/kr06145a.doc>.
2. Про альтернативні джерела енергії: Закон України від 20.02.03 № 555-IV. [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/555-15>.
3. Купрієнко Д. А. Перспективи впровадження альтернативних джерел електроенергії у контексті забезпечення прикордонної безпеки України / Д. А. Купрієнко, В. В. Левков, В. А. Собченко // Збірн. наук. пр. Серія: військові та технічні науки / Нац. академія Держприкордонслужби України ім. Б. Хмельницького; [редкол.: Б. М. Олексієнко (гол. ред.), І. С. Катеринчук та ін.]; - Хмельницький, 2012. - Вип. 57. - С. 116-121.
4. Анкудинов Г. И. Синтез структуры сложных объектов. Логико-комбинаторный подход / Г. И. Анкудинов. - Ленинград: изд-во Ленинградского университета, 1986. - 260 с.
5. Божко А. Н. Структурный синтез на элементах с ограниченной сочетаемостью / А. Н. Божко, А. Ч. Толпаров // Электронное научно-техническое издание: Наука и образование / Московский государственный технический университет им. Н. Э. Баумана; [редкол.: И. Б. Фёдоров (гол. ред.), Ю. Н. Павлов и др.]. - Москва, 2004. - № 5. - ISSN 1994-0408.
6. Графов Р. П. Системологический синтез cloud-систем / Р. П. Графов, Д. Н. Медзатый, А. Г. Малай // Вісник ХНУ. - 2011. - Вип. 3. - С. 276-283.
7. Цвиркун А. Д. Структура многоуровневых крупномасштабных систем. Синтез и планирование развития / А. Д. Цвиркун, В. К. Акинфиев. - М.: Наука, 1993. - 160 с.
8. Черняк Ю. И. Анализ и синтез систем в экономике / Ю. И. Черняк. - М.: Экономика, 1970. - 151 с.
9. Атлас енергетичного потенціалу відновлюваних та нетрадиційних джерел енергії України: Національна академія наук України, Інститут електродинаміки, Державний комітет України з енергозбереження [Електронний ресурс]. - Режим доступу: http://www.intelcenter.com.ua/rus/library/atlas_alten_UA.htm.
10. Інтерактивний глобальний атлас відновлюваних, альтернативних джерел енергії [Електронний ресурс]. - Режим доступу : <http://irena.masdar.ac.ae>.

ДОДАТОК В


(обов'язковий)



Метод і система структурного синтезу підсистем первинних перетворювачів відновлюваної енергії систем електрозабезпечення технічних засобів

ВИКОНАВ: СТУДЕНТ ГРУПИ КІ2М-20-1 Савчук О.О.

НАУКОВИЙ КЕРІВНИК: д.т.н., Боровик О.В.




Мета, об'єкт та предмет дослідження

Метою даної роботи є удосконалення методу функціонування системи структурного синтезу підсистем первинних перетворювачів.

Об'єктом дослідження є структурний синтез підсистем первинних перетворювачів.

Предметом дослідження є методи структурного синтезу підсистем первинних перетворювачів.



Наукова новизна

Удосконалений метод структурного синтезу підсистем первинних перетворювачів відновлювальної енергії систем електрозабезпечення технічних засобів.

Набула подальшого розвитку інформаційна технологія обробки інформації у підсистемах первинних перетворювачів відновлюваної енергії систем електрозабезпечення технічних засобів

Створено алгоритм, який реалізує логіку потрібної обробки даних про функціонування первинних перетворювачів.



Постановка задачі

На сьогоднішній день досить актуальним є завдання в області удосконалення функціонування системи структурного синтезу підсистем первинних перетворювачів.

В основному увага приділялася розробці механізмів та підходів в області забезпечення системної оцінки функціонування системи структурного синтезу підсистем первинних перетворювачів. З метою визначення оптимального варіанту програмних розробок в даній області, як правило, досліджувалися питання підвищення ефективності опрацювання інформації про первинні перетворювачі, або удосконалення системи їх використання.

Під час аналізування схем сонячних фотоелектричних установок виявлено ряд недоліків є:

- наявність імпортованих мікросхем;
- інерційність вимірювального органу напруги, що призводить до появи паразитних стрибків напруг поблизу нульового значення

Крім сонячних електростанцій в Україні поширюються вітрові електростанції.

На цьому етапі виникають складнощі, так як швидкість вітру є не постійною величиною, що призводить до зміни швидкості обертання вітроколеса. Таким чином, виникають потреби для створення запасу енергії, які надалі можна використовувати у разі дефіциту енергії.

На даний час у складі вітроенергетичної установки малої потужності використовують акумуляторні батареї. Під час надлишку потужності, що генерується, батарея заряджається, а під час дефіциту - віддає накопичену енергію інвертору.

Така схема має свої недоліки, один із них - обмежена ємність батарей. При досить тривалій відсутності потужності, що генерується (погані метеоумови, вихід з ладу частини генеруючого обладнання і т.д.) запасена енергія витратиться споживачем.

Другим недоліком є характеристики АКБ, які встановлюються на вітроенергетичних установках малої потужності.

Удосконалення методу

Реалізація структурного синтезу підсистем первинних перетворювачів відновлюваної енергії систем електрозабезпечення ТЗ має враховувати динаміку зміни потенціалу кожного виду відновлюваних джерел енергії на території України

Для удосконалення було взято методіку нечіткого ситуаційного управління.

Особливості ПП АЕК із ЕП	Обґрунтування вибору мат. апарату
1. Вхідними даними для СУ є величина сумарної енергії, що отримується з ЕП-перетворювачів (E_p), величина спожитої енергії (E_k), рівень заряду АБ (E_z).	Поточні значення цих величин чіткі, але з природної невизначеності функціональної залежності зміни цих величин неможливо знайти, прогноз цих величин носить приблизний, нечіткий характер, що сприяє залученню мат. апарату теорії нечітких множин.
2. Цілі управління визначаються рівнем енергозабезпечення: - максимальний; - мінімальний; - оптимальний.	Ефективне вирішення задачі оптимального енергозабезпечення можливе з використанням прогнозних значень стану об'єкта та ранжування навантаження за пріоритетами. З урахуванням цих факторів завдання управління об'єктом мають суперечливий нечіткий характер, що сприяє залученню математичного апарату теорії нечітких множин.
3. Управління енергетичним комплексом може здійснюватися на основі знань оператора-експерта.	Це ключовий чинник вибору нечіткого управління, первісний вид функцій приналежності термів лінгвістичних змінних та встановлення відповідності між типовими ситуаціями та керуючими впливами визначаються на основі суб'єктивних уявлень експерта.

За головний критерій ефективності підсистеми ПП вбачається доцільним прийняти ознаку мінімізації затрат. З урахуванням змістовного опису задачі та особливостей, що стосуються організації електрозабезпечення ТЗ на основі ВДЕ, цільову функцію математичної моделі генерації раціональних структур підсистем ПП систем електрозабезпечення ТЗ можна подати у вигляді

$$F(X) = \sum_{W=1}^W \sum_{v=1}^{V_w} \sum_{t=1}^T B_{WV}^t x_{WV}^t + \sum_{W=1}^W \sum_{v=1}^{V_w} B_{WV}^{ЗБСУ} \max \{x_{WV}^1, \dots, x_{WV}^T\} \rightarrow \min$$

1. Щодо тактико-технічних вимог. Для безперебійного електроживлення повинні виконуватись умови збалансованості енергії.

Перше обмеження визначає, що кількість енергії, яка може надаватися споживачам впродовж часового діапазону t за рахунок використання енергії та згенерованої первинними перетворювачами не має перевищувати кількості енергії, яка необхідна для повної зарядки та для використання споживачами

Друге обмеження визначає, що кількість енергії, яка може надаватися споживачам за рахунок використання енергії та згенерованої первинними перетворювачами у кількості не повинна бути меншою кількості енергії, необхідної для забезпечення мінімального енергетичного рівня а для використання споживачами

$$\left\{ \begin{array}{l} E_{\text{ПАЕ}}^t + \sum_{W=1}^W \sum_{v=1}^{V_w} \rho W^t V x W^t V, \leq E_{\text{ПАЕ}}^{\max} + E_{\text{ТЗ}}^t \\ E_{\text{ПАЕ}}^t + \sum_{W=1}^W \sum_{v=1}^{V_w} \rho W^t V x W^t V, \geq E_{\text{ПАЕ}}^{\max} + E_{\text{ТЗ}}^t \end{array} \right\}$$

2. Щодо конструктивно-технічних вимог: а) стосовно обсягів енергії, яку може «отримувати», або «віддавати» пристрій акумуляції енергії впродовж часового діапазону.

$$\left\{ \begin{array}{l} \sum_{W=1}^W \sum_{V=1}^{V_W} \rho W^t V x W^t V - E_{T3}^t \leq E_{max}^{zap} \\ E_{T3}^t - \sum_{W=1}^W \sum_{V=1}^{V_W} \rho W^t V x W^t V - E_{T3}^t \geq E_{max}^{rozp} \end{array} \right\}$$

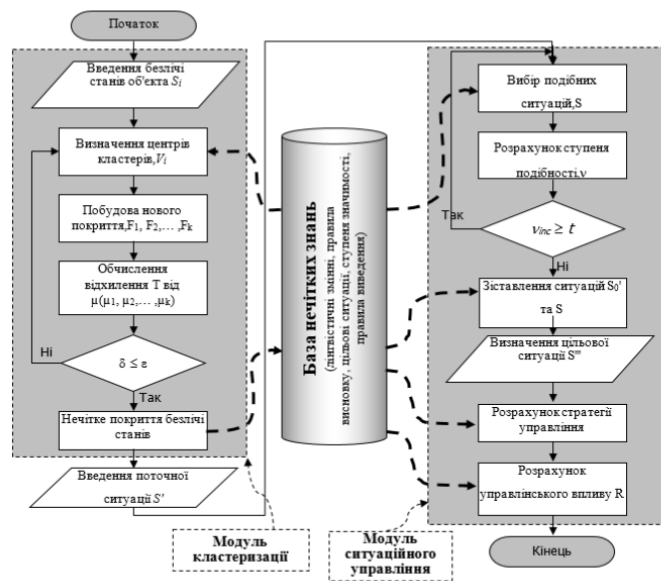
б) стосовно площі розташування первинних перетворювачів: Кожному виду ПП відповідає певна площа, на якій можливе їх розташування.

$$\sum_{V=1}^{V_W} \max\{x_{WV}^1, S_{WV}^1, x_{WV}^T, S_{WV}^T\} \leq S_w, (w = 1, \bar{W}).$$

Для успішного вирішення завдань пов'язаних із вибором апаратних засобів досліджувальних підсистем необхідно оперувати досить великим обсягом вихідних даних, характерних для досліджуваного району місцевості – кліматичними, актинометричними, метеорологічними, геологічними.

Призначенням ГІС є введення, зберігання, обробка та виведення геопросторово-часової інформації за запитами користувачів. Таким чином, ГІС інтегрується з відповідними підсистемами, реалізованими, як окремих автоматизованих систем.

Запропоновані методика побудови апаратної бази нечітких знань, методика та алгоритм нечіткого ситуаційного управління сприяють зменшенню кількості збереженої інформації та покращують якість та оперативність нечіткого управління, що підвищує його ефективність використання і розширює сферу його застосування на складні технічні об'єкти ширшого класу.



Результати верифікації підтверджують, що розроблені методи нечіткого ситуаційного управління можуть бути застосовані для побудови систем управління широкого класу автономних енергетичних комплексів із комплексуванням різних видів ПП в застосованих ЕП, сприяючи підвищенню ефективності їх функціонування та покращенню вартісних характеристик даних систем.

Побудова алгоритму алгоритм, який реалізує логіку потрійної обробки даних

Для вирішення завдань пов'язаних із обробкою інформації підсистем ПП застосовано комплексний системний підхід, котрий характеризується різнобічним розглядом досліджуваної системної інформаційної обробки та піднятої проблеми із урахуванням її зовнішніх, або внутрішніх взаємозв'язків, різноманітних обмежень та наслідків прийнятих рішень.

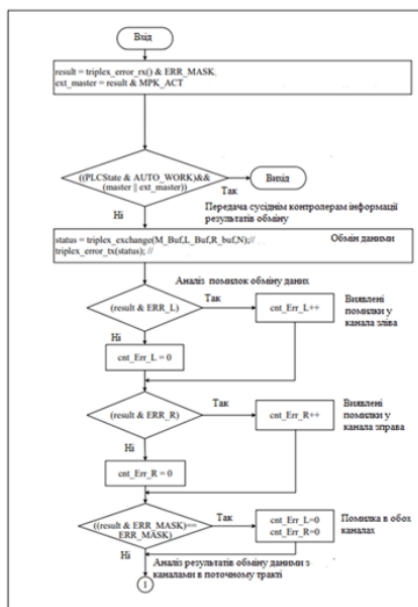
Інформаційна система може будуватися у вигляді централізованої, або розподіленої системи, що складається з окремих підсистем.

Централізована інформаційна система за контролем ПП є єдиним комплексом на базі одного (як правило, резервованого) процесорного пристрою.

Перевагою централізованої системної структури є економія витрат та менша чисельність обслуговуючого персоналу.

Розподілена інформаційно-дослідна система є комплексом автономних інтелектуальних підсистем відповідного автоматизаційного контролю за роботою ПП. Дані інтелектуальні підсистеми об'єднуються єдиною локальною обчислювальною мережею.

Розподілена структура дозволяє скоротити і спростити кабельну мережу, підвищити перешкодо захищеність вимірювальних каналів, що забезпечує просте підключення пультів місцевого управління, паралельне незалежне проведення робіт на контрольно-замірних стендах, індивідуальне вирішення питань моніторингу підсистем задач, які пов'язані із надійним функціонуванням ПП.

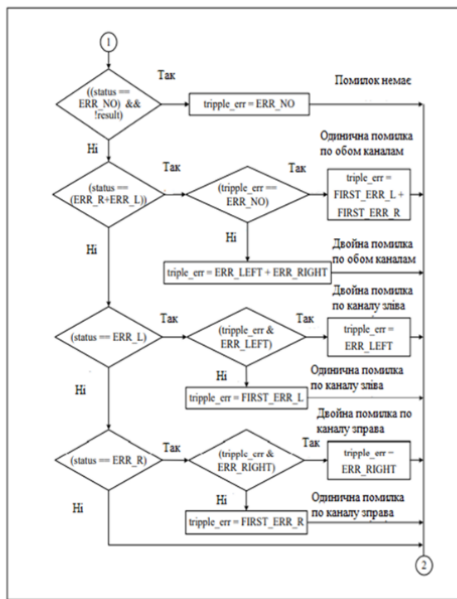


Пояснення алгоритму:

Функція після ініціалізації змінних дозволяє приймати дані про стан ПП від сусідніх каналів. Прийом даних здійснюється апаратними засобами, які не завантажують процесор, безпосередньо на початку такту.

Після витримки часу t_n починається відлік часу і видача власних даних сусіднім каналам.

Після закінчення передачі функція переводиться в очікування однієї з двох подій – вичерпання часу обміну, або завершення приймання N байт даних від лівого та правого каналів.



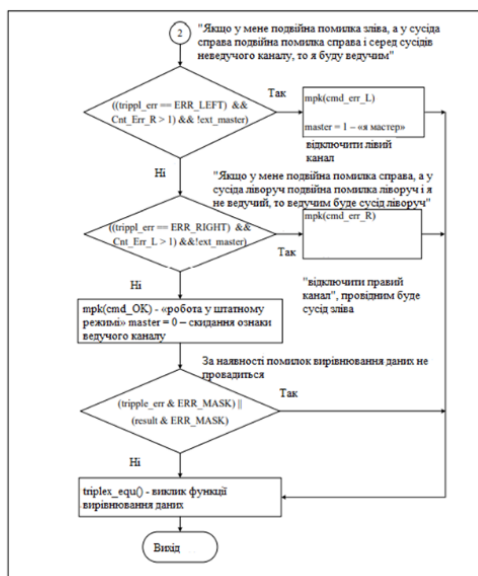
Якщо першою подією було завершення прийому, функція повертає ERR_NO.

Якщо першим вичерпався час обміну, то аналізується кількість прийнятих байт від лівого та правого каналів.

Якщо кількість прийнятих байт від одного, або обох каналів не дорівнює N, то в змінній state, що повертається, встановлюються відповідні прапорці помилок ERR_L і ERR_R.

Таким чином, вікно прийому даних визначається, як $t_n + t_0$. Початкова затримка часу перед видачею власних даних t_n необхідна парировання можливої розсинхронізації початку тактів контролерів.

Функція передачі сусіднім контролерам сигналів помилок за результатами обміну: `triplex_error_tx(status)` – забезпечує видачу сигналів лінії «ERR_L» і «ERR_R» відповідно бітами ERR_L і ERR_R змінної status.



Функція управління схемою перемикачів каналів (МПК):

`mpk(cmd)`, де `cmd` визначає одну з трьох команд, що управляють модулями перемикачів каналів: `Cmd_OK` // працювати у штатному режимі; `Cmd_Err_L` // відключити МПК лівого каналу; `Cmd_Err_R` // Вимкнути МПК правого каналу.

Крім перерахованих інтерфейсних функцій в алгоритмі використовується функція користувача вирівнювання даних: `triplex_equ()`. У разі успішного обміну викликом цієї функції алгоритм забезпечує коригування власного буфера (M_Buf) шляхом порівняння його вмісту з даними, отриманими від лівого (L_Buf) та правого (R_Buf) каналів за логікою «два з трьох» для бітових змінних та привласненням цілісним змінним значення, що залишився після відкидання мінімального та максимального.

Алгоритм реалізовано з використанням схеми деградації – відновлення. Код стану, що визначає ступінь деградації, може містити комбінації наступних ознак:

```
ERR_NO = 0// немає помилок;
FIRST_ERR_R = 0x0010// перша помилка справа;
ERR_RIGHT = 0x0011 // подвійна помилка праворуч;
FIRST_ERR_L = 0x0020// перша помилка зліва;
ERR_LEFT = 0x0022 // Подвійна помилка зліва.
```

Якщо вихідний стан коду стану був ERR_NO, то при першій помилці код зміниться на FIRST_ERR_x, а при повторній – на ERR_x, де x – R/L. У разі нормального обміну проводиться відновлення алгоритму до ERR_NO.

Алгоритм починає свою роботу викликом функції обміну даними з сусідніми контролерами з подальшим встановленням стану ліній помилок за результатами обміну даних про стан ПП.

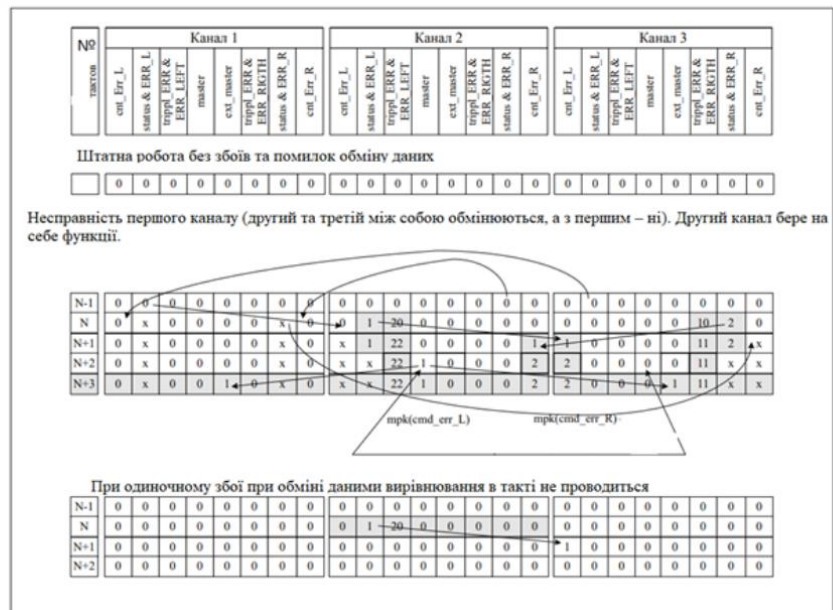
Далі проводиться читання станів ліній помилок, виставлених сусідніми контролерами, та стану лінії активності МПК: // прийом сигналів помилок від сусідніх каналів result = triplex_error_rx() & ERR_MASK; // прийом сигналу активності МПК сусіднього каналу ext_master = triplex_error_rx() & MPK_ACT.

Якщо в результаті попередньої діяльності контролер перейшов в одноканальну конфігурацію (встановлені ознаки master, або ext_master), то в автоматичному режимі (при працюючих програмах користувача) обмін і вирівнювання не проводиться.

Для відновлення обмінів необхідно перейти в ручний режим і переконавшись, що все нормально, відновити автоматичний режим роботи.

Якщо конфігурація контролерів штатна, проводиться обмін:

```
// обмін даними між контролерами status = triplex_exchange(M_Buf,L_Buf,R_buf,N);
```



Аналіз можливих помилок при передачі даних про стан ПП

Якщо в коді стану алгоритму вже була помилка за відповідним напрямом, то для визначення несправного та призначення провідного контролера в алгоритмі закладена логіка наступних висновків: «якщо в результаті обміну двічі поспіль виникли помилки зліва (не прийнято за заданий час N байтів) і при цьому стані ліній помилок сигналізують, що у сусіднього (праворуч) контролера проблеми справа («ERR_R» = 1), це означає, що несправним є лівий контролер.

Я призначаю себе ведучим і надсилаю в МПК команду cmd_err_L для відключення лівого каналу»: mpk(cmd_err_L); // команда МПК «відключити лівий» master = 1; // «Я ведучий» «якщо в результаті обміну у мене двічі поспіль виникли помилки праворуч (не прийнято за заданий час N байт) і при цьому читання стану ліній помилок сигналізує, що у сусіднього (ліворуч) контролера проблеми зліва («ERR_L» = 1) і на лінії «МПК Акт» є ознака активності, то це означає, що несправним є правий по відношенню до мене контролер, а провідним став лівий по відношенню до мене контролер. Я надсилаю в МПК команду cmd_err_R для відключення правого каналу: mpk(cmd_err_R); // команда в МПК «відключити правий»

Стан алгоритму залишається штатним, якщо при успішному обміні попередній стан був штатним, або містив ознаки одиночних збоїв ліворуч, або праворуч, тобто при коді стану, що дорівнює NO_ERR, FIRST_ERR_L, FIRST_ERR_R або FIRST_ERR_L + FIR.

І тут проводиться видача керуючої команди в МПК: // команда в МПК - «робота у штатному режимі» mpk(cmd_triplex_OK); // скидання ознаки "я ведучий" master = 0; За повної відсутності помилок виробляється вирівнювання даних: // виклик функції вирівнювання даних triplex_equ().

Anti-Plagiarism v-15.257

Максимальное совпадение с одним документом 2.00%

Словари проверки: en_US, ru_RU, ua_UA. Ошибок в документах: 8%

ID: 103586 Название: Метод і система структурного синтезу підсистем первинних перетворювачів відновлюваної енергії систем електрозабезпечення технічних засобів Додано в БД: 2022-05-18 Автор: Савчук О.О. Руководитель: Боролик О.В. Консультанты: Опоненты:	Документ		Суммарное совпадение по Базе Данных	
	Символы	Лексемы	Символы	Лексемы
	142516	950	3858 (3%)	37 (4%)
Источники плагиата				
ID	Описание			Наличие плагиата в документе
				Символы
				Лексемы



Ім'я користувача:
Кафедра КІ

ID перевірки:
1011229732

Дата перевірки:
18.05.2022 07:20:51 EEST

Тип перевірки:
Doc vs Internet + Library

Дата звіту:
18.05.2022 07:21:35 EEST

ID користувача:
100005591

Назва документа: Савчук_Метод і система структурного синтезу підсистем первинних перетворювачів відно

Кількість сторінок: 118 Кількість слів: 20233 Кількість символів: 162072 Розмір файлу: 2.68 MB ID файлу: 1011121392

Виявлено модифікації тексту (можуть впливати на відсоток схожості)

7.85% Схожість

Найбільша схожість: 3.74% з Інтернет-джерелом (<https://avenston.com/articles/performance-modeling-tools-overview>)

7.51% Джерела з Інтернету 90 Сторінка 120

0.48% Джерела з Бібліотеки 39 Сторінка 120

0.77% Цитат

Цитати 4 Сторінка 121

Не знайдено жодних посилань

0% Вилучень

Немає вилучених джерел

Модифікації

Виявлено модифікації тексту. Детальна інформація доступна в онлайн-звіті.

Замінені символи 68

Підозріле форматування 18
сторінок

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

РЕЦЕНЗІЯ НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ

Дипломник: Савчук Олексій Олегович

Тема: **Метод і система структурного синтезу підсистем первинних перетворювачів відновлюваної енергії систем електрозабезпечення технічних засобів**

Спеціальність: 123 «Комп'ютерна інженерія»

Обсяг дипломної роботи:

Кількість листів креслень —; кількість сторінок записки 118

1. Короткий зміст роботи та прийнятих рішень У роботі запропоновано удосконалений метод структурного синтезу підсистем первинних перетворювачів

2. Висновок про відповідність роботи дипломному завданню _____
Дипломна робота відповідає виданому завданню _____

3. Характеристика виконання кожного розділу, ступінь використання останніх досягнень науки і техніки і передових методів роботи: У першому розділі проведено аналіз електрозабезпечення технічних засобів систем електрозабезпечення та існуючого апарату структурного синтезу підсистем первинних перетворювачів. У другому розділі було вирішено питання проектування структури досліджуваної підсистеми первинних перетворювачів. У третьому розділі запропоновано алгоритм, котрий реалізує логіку потрібної обробки даних про функціонування ПП. У четвертому розділі створено програмну реалізацію методу структурного синтезу особливостей ПП АЕК з ЕП.

4. Позитивні сторони роботи: Запропонована система дозволяє спростити та удосконалити існуючий метод для обробки даних первинного перетворювача.

5. Негативні сторони роботи: В роботі було розглянуто удосконалення методу лише для нечіткого управління.

6. Оцінка графічного оформлення та пояснювальної записки роботи: —

7. Відгук про роботу в цілому: В загальному робота виконана на достатньому рівні.

8. Інші зауваження: —

9. Оцінка дипломної роботи:

Розглянувши позитивні і негативні сторони представленої дипломної роботи вважаю, що робота заслуговує оцінки “добре” 3.75 (С)

Рецензент (прізвище, ім'я, по батькові, посада, місце роботи)
Мартинюк В.В. д.т.н., професор _____

“18” ___ 05 _____ 2022р.



Завідувачу кафедри КІС
д-р.техн.наук, проф. Говорущенко Т. О.

Савицька Олексія Олександрівна
ПІБ здобувача вищої освіти

ФІТ, 2 курсу, групи КІ2М-20-1

ЗАЯВА

З правилами чинного Положення «Про дотримання академічної доброчесності в Хмельницькому національному університеті» від 26.09.2020 (зі змінами від 26.11.2020), згідно з яким виявлення плагіату є підставою для відмови в допуску кваліфікаційної роботи до захисту та застосування заходів дисциплінарної та академічної відповідальності, ознайомлений (а). Про використання програмно-технічних засобів для перевірки кваліфікаційних робіт здобувачів вищої освіти на плагіатоповіщений (а) та надаю свою згоду на обробку та збереження університетом моєї роботи в інституційному репозитарії університету.

Також надаю університету право на передачу моєї роботи для обробки та збереження в базах даних програмно-технічних засобів (Unicheck та Anti-Plagiarism) та використання роботи для виявлення плагіату в інших роботах, які перевіряються програмно-технічними засобами та користувачами, що мають доступ до цих програмно-технічних засобів, виключно в обмежених цілях для виявлення плагіату в текстах робіт.

Робота для перевірки університетом надається в друкованому та електронному варіанті. Електронна версія моєї роботи збігається (ідентична) з друкованою.

19.05.2022

дата

Савицька
підпис

**РІШЕННЯ ЕКСПЕРНОЇ КОМІСІЇ
КАФЕДРИ КОМП'ЮТЕРНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ ТА ІНФОМАЦІЙНИХ СИСТЕМ
ПРО ДОПУСК КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ ДО ЗАХИСТУ**

Підтверджуємо ознайомлення з результатом звіту подібності щодо роботи, генерованого системою виявлення текстових збігів/ідентичності/схожості:

Назва: Метод і система структурного синтезу підсистем первинних перетворювачів відновлюваної енергії систем електрозабезпечення технічних засобів

Автор: Савчук Олексій Олегович

Спеціальність: 123 – Комп'ютерна інженерія

Освітня програма: освітньо-наукова

Науковий керівник: Боровик Олег Васильович, д.т.н, професор

Після аналізу звіту подібності зроблено такий висновок:

№	Висновок	Позначка про відповідність
1	Запозичення, виявлені в роботі, є законними і не є плагіатом. Робота приймається до захисту.	відповідає
2	Виявлені запозичення не є плагіатом, розміщені в розділах, які не описують безпосередньо авторське дослідження, але кількість цитат перевищує обсяг, виправданий поставленою метою роботи. Робота приймається до захисту, але має бути відкоригована. Відкоригований варіант має бути поданий на кафедру за 2 дні до захисту, разом із заявою щодо самостійності виконання письмової роботи та ідентичності друкованої та електронної версії роботи	
3	Виявлені запозичення не є плагіатом, але частково розміщені в розділах, які описують безпосередньо авторське дослідження, а кількість цитат перевищує обсяг, виправданий поставленою метою роботи. В зв'язку з цим мета роботи та поставлені завдання не були досягнені. Робота може бути допущена до захисту (наступного року) після того як буде відкоригована та допрацьована і успішно пройде повторну перевірку на академічний плагіат.	
4	Робота містить навмисні текстові спотворення, передбачувані спроби укриття запозичень або інші прояви академічного плагіату. Робота містить фабрикацію або фальсифікацію даних. Робота не допускається до захисту.	

Підтвердження:

Запозичення, виявлені в роботі, є законними і не є плагіатом, оскільки:

- 1) запозичення розміщені в розділах аналізу існуючих аналогів та прототипів, які не описують безпосередньо авторське дослідження і не стосуються результатів роботи;
- 2) всі зафіксовані системою ознаки модифікації тексту відносяться до комбінування латинських символів зі україномовними скороченнями індексів в формулах, що не є модифікацією тексту.

Сумарний обсяг всіх запозичень, визначений системою виявлення збігів/ ідентичності/схожості, складає 2.55% і адресується до 74 першоджерела, що, з урахуванням наведених обґрунтувань, відповідає характеру наукового дослідження і свідчить на користь кваліфікаційної роботи.

Керівник роботи



О. В. Боровик

Гарант ОП



О. С. Савенко

Завідувач кафедри КПС



Т. О. Говорущенко