

Міністерство освіти і науки України

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

(повне найменування вищого навчального закладу)

прикладних інформаційних технологій та електроінженерії

(повне найменування інституту, назва факультету (відділення))

радіотехнічних систем

(повна назва кафедри (предметної, циклової комісії))

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до дипломного проекту (роботи)

магістр

(освітній ступінь (освітньо-кваліфікаційний рівень))

на тему: “Smart технологія управління та контролю системами відновлювальної

(назва теми)

енергетики”

(назва теми)

Виконав: студент VI курсу групи РРм-61

Спеціальності (напряму підготовки): 172

“Телекомунікації та радіотехніка”

(шифр і назва спеціальності (напряму підготовки))

С.О. Наумик

(підпис)

(ініціали, прізвище)

Керівник

В.І. Яськів

(підпис)

(ініціали, прізвище)

Нормоконтроль

(підпис)

(ініціали, прізвище)

Рецензент

(підпис)

(ініціали, прізвище)

м. Тернопіль – 20 19 рік.

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет

прикладних інформаційних технологій та електроінженерії

(повна назва факультету)

Кафедра

радіотехнічних систем

(повна назва кафедри, циклової комісії)

Освітній ступінь

магістр

Напрямок підготовки:

172 "Радіотехніка"

(шифр і назва)

Спеціальність

172 "Телекомунікації та радіотехніка"

(шифр і назва)

“ЗАТВЕРДЖУЮ”

Завідувач кафедри

В.Л. Дунець

(ім'я, по батькові прізвище)

“ ”

20 19 р.

ЗАВДАННЯ

НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ (РОБОТУ) СТУДЕНТУ

Наумику Святославу Олеговичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1 Тема: *“Smart технологія управління та контролю системами відновлювальної енергетики”*

Керівник: *Яськів Володимир Іванович, к. т. н., доцент, декан ФІТ*

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання, посада)

Затверджені наказом по університету від “12” *листопада* 20 19 року № *4/7-1015*

2 Термін подання студентом проекту (роботи): *грудень 2019 р.*

3 Вихідні дані роботи: *Об'єкт дослідження: методи та пристрої вимірювання куткових координат.*

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

Розділ 1 Аналіз сучасного стану технологій управління системами енергозабезпечення автономного об'єкту

Розділ 2 Моделювання систем автоматизації енергозабезпечення автономного об'єкту

Розділ 3 SMART центр управління автоматизованої системи енергозабезпечення автономного об'єкту

Розділ 4 Спеціальна частина

Розділ 5 Обґрунтування економічної ефективності

Розділ 6 Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях

Розділ 7 Екологія

Висновки

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

6 Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис (дата) завдання	
		видав	прийняв

7 Дата видачі завдання

“ 01 ” жовтня 20 19 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Термін виконання етапів проекту (роботи)	Примітка

Студент _____

С.О. Наумик
(ініціали та прізвище)

Керівник проекту (роботи) _____

В.І. Яськів
(ініціали та прізвище)

АНОТАЦІЯ

Наумик О.С. Smart технологія управління та контролю системами відновлювальної енергетики – Рукопис.

Дипломна робота на здобуття освітнього ступеня магістра 172 – “Телекомунікації та радіотехніка”. – Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Тернопіль 2019.

У дипломній роботі магістра проведено дослідження та аналіз сучасного стану технологій управління системами енергозабезпечення в автономному об’єкті, досліджено системи низьковольтного освітлення автономного об’єкту, змодельована система автоматизованого управління енергозабезпечення автономного об’єкту, зпроектовано модель оптимального управління температурним режимом автономного об’єкту та зпроектовано Smart модуль управління автоматизованими системами енергозабезпечення автономного об’єкту.

Ключові слова: автономний об’єкт, автоматичне управління, алгоритм, відновлювальне джерело енергії, вітрова електростанція, сонячна панель, Smart технологія

ANNOTATION

Naumyk S. Smart technology for the management and control of renewable energy systems – Manuscript.

The diploma paper for obtaining the Master's degree 172 – Telecommunications and radio engineering – Ivan Puluj Ternopil National Technical University, Ternopil 2019.

In the master's thesis the researches and analysis of the current state of technologies of management of power supply systems in an autonomous object are carried out, the systems of low-voltage illumination of an autonomous object are investigated, a system of automated control of energy supply of an autonomous object is modeled, the model of optimal control of the temperature regime of an autonomous object is designed and Smart module of control of automated systems of power supply of autonomous object is designed.

Keywords: algorithm, Autonomous objects, automatic governance, renewable source energy, smart technology, solar panel, wind power plant

ЗМІСТ

ВСТУП	8
РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ ТЕХНОЛОГІЙ УПРАВЛІННЯ СИСТЕМАМИ ЕНЕРГОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ АВТОНОМНОГО ОБ’ЄКТУ	11
1.1. Smart технологія – концепція інноваційного розвитку енергетики	13
1.2. “Розумний” дим тенденції розвитку	19
1.3. Висновки до розділу 1	20
РОЗДІЛ 2 МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМ АВТОМАТИЗАЦІЇ ЕНЕРГОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ АВТОНОМНОГО ОБ’ЄКТУ	21
2.1. Теорія використання організації систем автономного об’єкту.....	21
2.2. Моделювання системи енергозабезпечення автономного об’єкту декількома джерелами генерації енергії.....	33
2.3. Дослідження системи низьковольтного освітлення автономного об’єкту з використанням сонячної панелі	43
2.4. Оптимізація процесу автоматизованого управління та контролю температурою в автономному об’єкті	48
2.5. Висновки до розділу 2	57
РОЗДІЛ 3 SMART ЦЕНТР УПРАВЛІННЯ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ ЕНЕРГОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ АВТОНОМНОГО ОБ’ЄКТУ	58
3.1. Низьковольтна система освітлення.....	58
3.2. Метод комплексного управління системи енергозабезпечення з використанням Smart контролю управління	60
3.3. Управління контролером системи енергозабезпечення з елементами Smart	71
3.4. Проектування моделі оптимального управління нормативної температурою	74
3.5. Висновки до розділу 3	80
РОЗДІЛ 4 СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА	82
4.1. Програмне середовище математичного моделювання MATLAB ...	82

4.2. Середовище Simulink.....	86
4.3. Висновки до розділу 4.....	91
РОЗДІЛ 5 ОБҐРУНТУВАННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ.....	92
5.1. Розрахунок норм часу на виконання науково–дослідної роботи	92
5.2. Розрахунок витрат на проведення НДР	92
5.3. Розрахунок ціни НДР і економічна ефективність від використання програмної системи	98
РОЗДІЛ 6 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....	101
6.1. Охорона праці.....	101
6.2. Безпека в надзвичайних ситуаціях.....	105
РОЗДІЛ 7 ЕКОЛОГІЯ.....	108
7.1. Відновлювальна енергетика	108
7.2. Сонячна енергетика	109
ВИСНОВКИ.....	112
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	114
ДОДАТКИ	125

ВСТУП

Актуальність теми дослідження. Країни поступово відмовляються від використання традиційних видів палива: Франція, Фінляндія, Великобританія, Канада, Австрія, Данія, Нідерланди поставили собі за ціль впродовж 10-15 років повністю відмовитись від використання вугілля. Німеччина та Франція вже оголосили про закриття уранових станцій. Нещодавні випадки на АЕС Португалії та Японії підтвердили той факт, атомна енергетика не стає безпечнішою, а тому потребує альтернативної заміни.

Глобальна електроенергетична система, побудована виключно на джерелах відновлювальної енергії, це не довгострокова перспектива, а найближча реальність. Економічні прогнози свідчать, до 2020 року джерела відновлювальної енергії, в першу чергу сонячна та вітрова енергетика, стануть найдешевшими видами генерації електроенергії в світі. Як переконують окремі незалежні експерти та Міжнародне агентство з джерел відновлювальної енергії (IRENA), технології джерел відновлювальної енергії вже досягли необхідного технічного та економічного рівня для широкого впровадження.

В даний час відбувається масштабне впровадження комплексів сонячних панелей і вітрових електростанцій та інших відновлювальних джерел енергії у багатьох країнах Європи та Азії.

Особливість об'єднання енергоустановок на базі ВДЕ пов'язана не тільки зі змінним характером приходу первинної енергії, а також з проблемою акумулювання і резервування. Для того щоб ці проблеми звести до мінімуму, необхідно передбачити можливість комплексного використання декількох видів ВДЕ та автоматизувати процеси роботи цих установок.

Розробка Smart технології дозволяє реалізувати управління та контроль системами енергозабезпечення автономного об'єкту.

В даний час Smart технології набули широкого поширення в області телекомунікації, в системах управління і моніторингу. Аббревіатура слова Smart означає –конкретний, вимірний, досяжний, актуальний, визначений у часі.

Smart технологія це комплексне поєднання технології управління та контролю яке забезпечує необхідною кількістю і якісною енергією автономний об'єкт.

Smart технології ділять на чотири основні групи:

- 1) Силові обладнання і технології передачі і розподілу електроенергії;
- 2) Технологічне управління;
- 3) Спеціалізовані комутаційні та інформаційні пристрої;
- 4) Автоматизовані системи обліку та управління електроспоживанням.

Мета і задачі дослідження. Метою роботи є дослідження та аналіз сучасного стану технологій управління системами енергозабезпечення, розробка математичної моделі оптимального управління температурним режимом автономного об'єкту.

Для досягнення поставленої мети потрібно розв'язати наступні задачі:

- проведено аналіз сучасного стану технологій управління системами енергозабезпечення і перспективи їх застосування в автономному об'єкті;
- досліджено системи низьковольтного освітлення автономного об'єкту з використанням сонячної панелі;
- змодельована система автоматизованого управління енергозабезпечення автономного об'єкту;
- зпроектовано модель оптимального управління температурним режимом автономного об'єкту;
- зпроектовано Smart модуль управління автоматизованими системами енергозабезпечення автономного об'єкту.

Об'єкт дослідження. Система відновлювальних джерел енергозабезпечення.

Предмет дослідження. Автоматизація управління системою енергозабезпечення автономного об'єкту з використанням ВДЕ і комп'ютерних технологій.

Методи дослідження. Основні положення і методи теорії автоматичного управління, теорія експерименту, теорія ймовірності та методи математичної статистики.

Наукова новизна отриманих результатів. У магістерській роботі вперше:

- зпроектовано автоматизовану систему низьковольтного світлодіодного освітлення;
- реалізовано імітаційну модель оцінки потужності системи енергозабезпечення автономного об'єкту;
- створено Smart модуль управління з ціллю оптимізації процесів в автономному об'єкті.

Апробація результатів досліджень. Окремі результати роботи доповідались VIII Міжнародна науково-технічна конференція молодих учених та студентів “Актуальні задачі сучасних технологій”. Тернопіль, ТНТУ, 27 – 28 листопада 2019 р.

Практична цінність. Запропонований Smart модуль управління з ціллю оптимізації процесів в автономному об'єкті дозволить збільшити енергоефективність.

Структура роботи. Робота складається з розрахунково-пояснювальної записки. Розрахунково-пояснювальна записка складається із вступу, 7 розділів, висновків, бібліографії. Обсяг роботи: розрахунково-пояснювальна записка – 127 арк. формату А4.

РОЗДІЛ 1

АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ ТЕХНОЛОГІЙ УПРАВЛІННЯ СИСТЕМАМИ ЕНЕРГОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ АВТОНОМНОГО ОБ'ЄКТУ

В даний час активне використання джерел відновлювальної енергії в багатьох розвинених країнах світу прийняті як важливі, стратегічно необхідні ресурси, що забезпечують перспективний розвиток економік цих країн [8,2]. За прогнозами частка відновлюваної енергетики (сонячної, вітряної, біо, приливної і т.п.) в світовому енергоспоживанні буде щорічно зростати і до 2030 р становитиме 30%, до 2050 р – 50%, [1-27-8]. Однак, незважаючи на багатообіцяючі результати, альтернативні джерела енергії поки що не вийшли на рівень оптимальної відповідності очікуванням масового споживача [2].

Використання джерел відновлювальної енергії [12-14] в системі енергопостачання на сьогоднішній день набуло широкого розвитку в США, Японії, Південній Кореї, Китаї, Норвегія, Канада та інших країнах [13-15].

В даний час у всіх розвинених країнах переходять на використання джерел відновлювальної енергії, таких як сонце [15-16] і вітер [17-18], а тільки широкого поширення набуває використання біомаси.

Найбільшими виробниками сонячних панелей [16] є KS SOLAR (Україна), FirstSolar (США), Sun Power (США), Canadian Solar (Канада), Sharp (Японія), Kyocera Solar (Японія), Rec (Норвегія), Hanwha QCells (Німеччина), Trina Solar (Китай), Yingli Green Energy (Китай), Suntech Power Co (Китай), JASolar (Китай), Jinko Solar (Китай), Hareon Solar (Китай), Rena Sola (Китай), Longi (Китай), Hanwha Solar One (Китай), Tianwei New Energy (Китай), Risen Energy (Китай), GCL Systems (Китай), Talesun (Китай), Seraphim (Китай) [13-14].

Сучасні сонячні установки оснащують передовими технологіями [19], в статтях [20] пропонують установки, які слідкують за сонцем, на яких прикріплюють сонячні панелі, які в ідеалі повинні максимально перетворювати випромінювання сонця, але виникають проблеми з програмним забезпеченням і не повною системою управління самої сонячної панелі і її контролером. Так само виникають

проблеми нестачі потужності для енергозабезпечення конкретного будинку за рахунок використання сонячної панелі і неоптимальною освітленості сонячної панелі.

За експертними оцінками потенціал відновлюваних енергетичних ресурсів (гідроенергія, вітрова та сонячна енергія) в Україні досить значний і оцінюється величиною понад 1 трлн. кВт × рік. Розвиток і вдосконалення джерел відновлювальної енергії обумовлені необхідністю формування нової енергетичної моделі, диверсифікації технологічної бази генерації та заповнення дефіциту енергії і розв'язання світових екологічних проблем [7, 8].

Світовий попит на джерела відновлювальної енергії (ВДЕ) стає дедалі більшим. До 2050 року збільшення їх частки в глобальному енергетичному балансі прогнозується до 35%. Практично у всіх розвинених країнах сьогодні проектується і реалізуються програми, які пов'язані з альтернативною енергетикою. Основні переваги ВДЕ(невичерпність і екологічність) послужили причиною бурхливого розвитку відновлюваної енергетики в сіті і дуже оптимістичних прогнозів щодо її перспектив в найближчі десятиліття [55, 56].

Головними причинами, що зумовили розвиток ВДЕ, виступають забезпечення енергетичної та екологічної безпеки, збереження навколишнього середовища, завоювання світових ринків джерел відновлювальної енергії, збереження запасів власних енергоресурсів для майбутніх поколінь, а також збільшення споживання сировини для неенергетичного використання палива.

Однією з найважливіших проблем при використанні джерел відновлювальної енергії в системі енергозабезпечення є не постійне значення потужності, яке продукується сонячною панеллю, вітровою установкою та іншими.

Особливість об'єднання енергоустановок на базі ВДЕ пов'язана не тільки зі змінним характером приходу первинної енергії, а також з проблемою акумулювання і резервування. Для того щоб ці проблеми звести до мінімуму, необхідно передбачити можливість комплексного використання декількох видів ВДЕ та автоматизувати процеси роботи цих установок.

Необхідно розвивати компетенції в сфері смарт – технологій, штучного інтелекту, інтеграції кібер систем, енергетики майбутнього, проектування та інжинірингу. Це можна зробити тільки через побудову ефективної науково-інноваційної системи в даній магістерській роботі розглядаються питання застосування Smart технологій управління в системі енергозабезпечення автономного об'єкту.

1.1. Smart технологія – концепція інноваційного розвитку енергетики

В даний час Smart технології набули широкого використання в області телекомунікації, в системах управління і моніторингу. Smart означає – конкретний, вимірний, досяжний, актуальний, визначений у часі.

Smart технології це комплексне поєднання технології контролю та управління, яке забезпечує необхідною кількістю і якісною енергією автономний об'єкт.

Smart технологій контролю та управління діляться на чотири основні групи:

- 1) Силові обладнання і технології передачі і розподілу електроенергії;
- 2) Технологічне управління;
- 3) Спеціалізовані комутаційні та інформаційні пристрої;
- 4) Автоматизовані системи обліку та управління електроспоживанням.

Розумний будинок (англ. Smart house, також англ. Intelligent building, укр. АСУД) – автономний об'єкт (житлове приміщення сучасного типу, організоване для проживання людей за допомогою автоматизації і високотехнологічних пристроїв). Під “розумним” будинком необхідно розуміти систему, яка забезпечує безпеку і ресурсозбереження (в тому числі і комфорт) для всіх користувачів. У найпростішому випадку вона повинна вміти розпізнавати конкретні ситуації, що відбуваються в будинку, і відповідним чином на них реагувати: одна з систем може управляти поведінкою інших по заздалегідь розробленим алгоритмам. Крім того, від автоматизації декількох підсистем забезпечується синергетичний ефект для всього комплексу.

Система автоматизації енергопостачання [76] автономного об'єкту [65] має на увазі контроль і управління підсистемами, які застосовують програмне забезпечення та Smart технології.

У статті [77] автор представив нову концепцію формування системи управління в розподіленій енергетиці на основі Smart технології. Концепція розподіленої енергетики базується на безлічі джерел енергії та мереж розподілу, яка має на увазі наявність безлічі споживачів, які виробляють теплову та електричну енергію для власних потреб, а також направляти надлишки в загальну мережу. Автор розробив алгоритм роботи процесу управління на базі Smart інформації.

Автори статей [78-80] пропонують використовувати Smart технології в будинках для забезпечення комфортного мікроклімату і енергозабезпечення об'єкту без втрат продукованої енергії. При впровадженні Smart технологій не розглянуто автоматизацію процесів системи енергозабезпечення.

У статті [81] Smart технологій застосовуються для вуличного освітлення з використанням сонячних панелей. Автори пропонують інтелектуальне управління в системі міського освітлення. У даній роботі функціональне значення має контролер, який забезпечує оптимізацію управління енергетичної вуличної системи освітлення.

У статті [82-84] відображені питання традиційної енергетики. Автори пропонують використовувати ВДЕ з елементами Smart системи, а також автори пропонують метод виявлення неефективного використання енергії в інтелектуальних будинках. Система інтелектуального аналізу даних розроблена з допомогою синтезу інформації, яку отримують від датчиків.

У статті [85] автори описують систему управління енергетичної інтеграції інтелектуальних лічильників для споживачів електроенергії в Smart Meters (SM). SM підключені до системи SCADA (диспетчерського управління та збору даних), яка контролює мережу програмованих логічних контролерів (PLC). Система SCADA і PLCnet об'єднує різні типи інформації, що надходить з декількох елементів Smart, які присутні в сучасних будинках. Для реалізації використовуються програмовані контролери, так само реалізований канал зв'язку, який забезпечує

обмін даними між системою SCADA і програмного забезпечення MATLAB. В даній статті описано лише управління контролером.

В вище розглянутих статтях автори підходять до вирішення проблем впровадження інтелектуальних систем в систему енергозабезпечення автономним об'єктом, які використовують різні програмні забезпечення, розв'язують окремі задачі і підзадачі. В системі освітлення використовують подвійне перетворення енергії, що призводить до значних втрат енергії [86-94].

Існує безліч моделей побудови систем управління енергозабезпеченням інтелектуальних розумних об'єктів, які являють собою Smart технології управління та контролю. У роботах [95-99] описані інтелектуальні системи управління в енергетиці та створення бази даних для управління технологічними процесами. Розроблено інтелектуальні системи діагностики силових підвищувальних від 12 до 220 та понижувальних 220 до 12В трансформаторів [97].

Гуртуючись на теорії, методах і засобах управління інтелектуальними системами [45, 95] можлива побудова алгоритмів управління системами енергозабезпечення розумного інтелектуального об'єкту і вирішення низки завдань енергоефективності об'єкту.

За проведеним аналізом на сьогоднішній день в Україні в багатьох регіонах використовуються джерела відновлювальної енергії, але автоматизована система управління системою енергозабезпечення мало розвинена.

У зарубіжних країнах, таких як Німеччина, США, Китай і т.д., використання джерел відновлювальної енергії [100] і управління енергоспоживанням [78, 79] розвинене на високому рівні, але їх отримані результати 00невозможно впровадити в Казахстані через кліматичних умов і недостатність фінансування цієї галузі. Так само управління системою енергозабезпечення розглянуті тільки для "розумних та інтелектуальних" будинків.

Автоматизована система управління [101] включає в себе контроль автономного об'єкту з використанням в джерел відновлювальної енергії [72].

Для організації роботи джерел живлення [103] в даний час виникає необхідність створення стійкої схеми роботи узгоджених з електричними системами. При

розв'язанні даного питання необхідно реалізувати управління контролером системи енергозабезпечення автономного об'єкту з використанням Smart технологій. За результатами проведених досліджень була розроблена загальна структурна схема Smart системи зображена на 1.1.

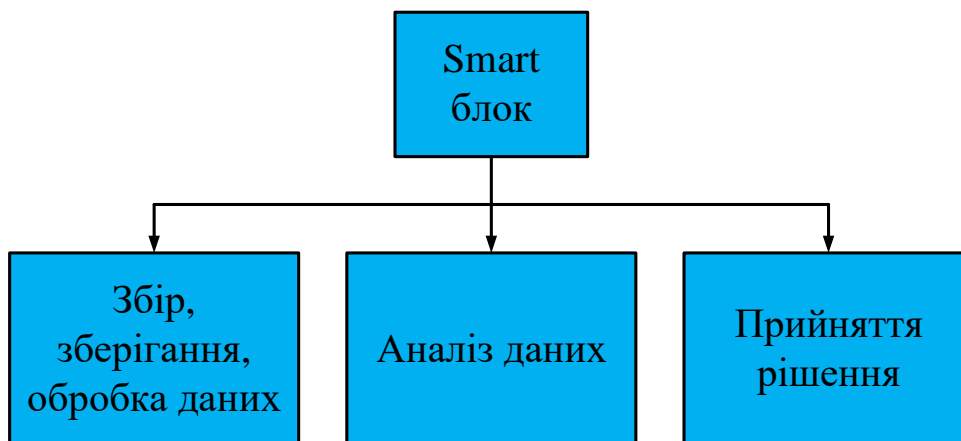


Рисунок 1.1. Загальна структурна схема Smart системи

Smart блок включає – збір інформації, обробку даних, зберігання та аналіз даних і прийняття рішення.

За проведеним дослідженням, зпроектована структурна схема Smart блоку управління енергозабезпеченням автономного об'єкту, яка показана на рис. 1.2. Де кожне джерело енергії має свої контролери. Залежно від потрібної кількості електричної енергії визначається ввімкнення або вимкнення джерела енергії. Акумуляторна батарея при необхідності заряджається від будь-якого джерела живлення. Управління системою здійснюється дистанційно ноутбуком чи смартфоном, місцеве управління здійснюється через сенсорну панель або через Smart блок управління. Smart блок управління системою енергозабезпечення автономного об'єкту знаходиться в самій будівлі.

За проведеним літературним оглядом джерел (матеріалів) встановлено що, в даний час управління і контроль електричної схемою системи енергозабезпечення автономних об'єктів [104] розглянуті в повному обсязі. У статті [105] розглянута система енергозабезпечення, за рахунок використання альтернативних джерел

енергій, не доопрацьований алгоритм роботи управління системою енергозабезпечення.

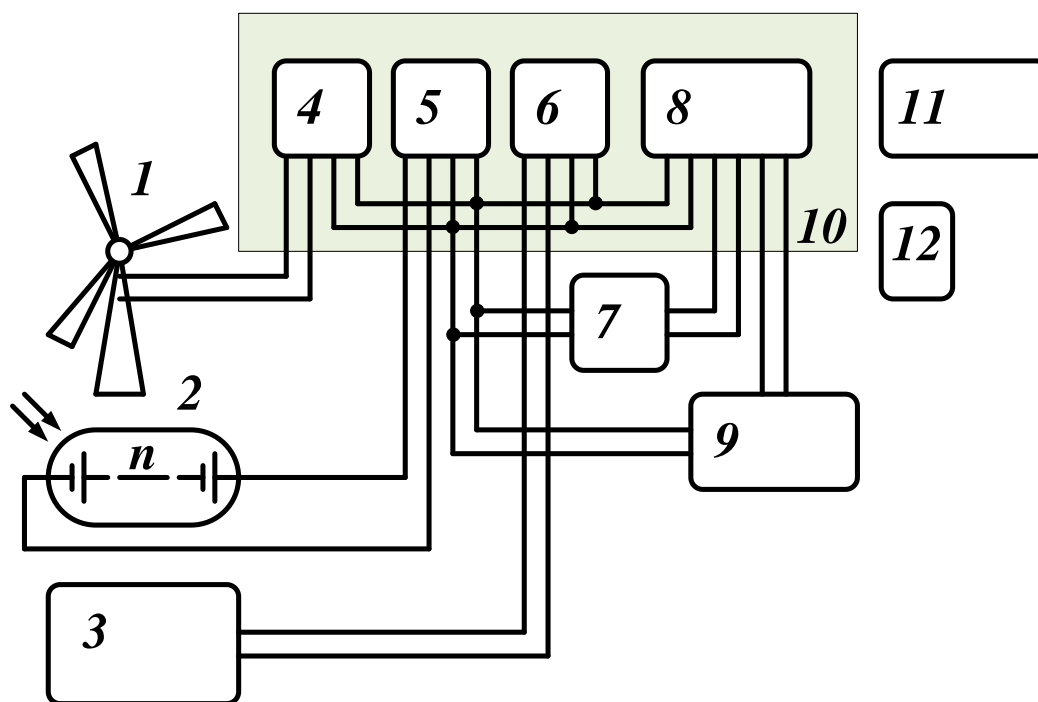


Рисунок 1.2. Структурна схема Smart блоку управління енергозабезпеченням автономного об'єкту:

1 – вітрова електростанція; 2 – сонячна панель; 3 – біогазова установка; 4 – блок управління вітрової електростанції; 5 – блок управління сонячною панеллю; 6 – блок управління біогазовою установкою; 7 – блок акумуляторів; 8 – автоматизований блок управління; 9 – автономний об'єкт; 10 – Smart блок управління енергозабезпеченням автономного об'єкту; 11 – Notebook; 12 – Smartphone;

У своїй статті [106] пропонують матричне перетворення струму сонячної панелі. У статті наведено структуру сонячної електростанції (СЕС) на базі матричного перетворювача струму сонячної панелі, наведено методику розрахунку енергобалансу в автономній системі електропостачання. Джерелом енергозабезпечення є сонце і акумуляторна батарея, що не зможе забезпечити повне енергопостачання автономного об'єкту і управляються тільки транзисторні ключі сонячної панелі.

В основному для програмування використовується програмне забезпечення MATLAB [107], який дозволяє поєднувати методи структурного і імітаційного моделювання.

В результаті проведеного аналізу зпроектовано структурну схему управління джерелом відновлювальної енергії системи електропостачання, яка зображена на рис. 1.3.

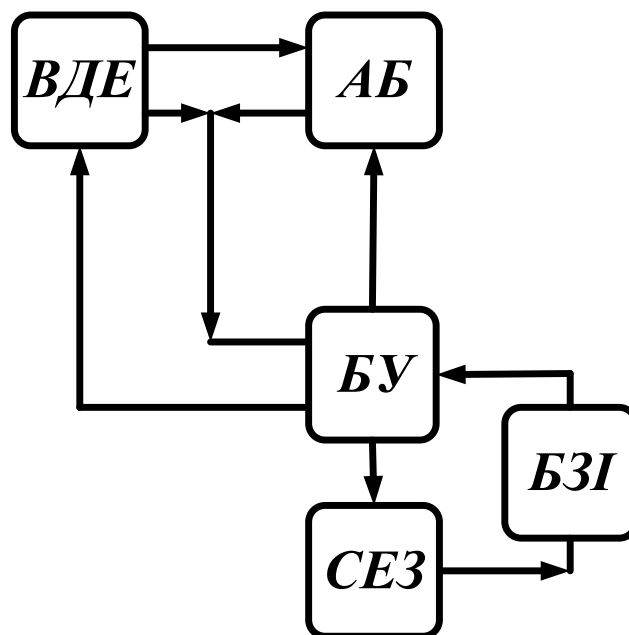


Рисунок 1.3. Структурна схема управління відновлювальним джерелом енергії системи електропостачання:

ВДЕ – відновлювальне джерело енергії; АБ – блок акумуляторів; БУ – блок управління та контролю; СЕЗ – система енергозабезпечення; БЗІ – блок збору інформації

Дана схема реалізує управління роботою джерела відновлюваної енергії, так і системи енергозабезпечення автономного об'єкту. Залежно від потрібної кількості електричної енергії в певний момент часу система управління керує виробленням енергії установок, що працюють на ВДЕ.

Для управління системою необхідно знати необхідну кількість електричної енергії, яка розраховується залежно від споживачів енергії. До споживачів енергії відносяться побутові прилади, система освітлення, система опалення, система

клімат контролю, система пожежної безпеки, оргтехніка, аудіо та відео техніка та інші. В сумі вони становлять навантаження.

1.2. “Розумний” дім тенденції розвитку

Вданий час існують безліч різновидів “Розумного, інтелектуального” будинку, об’єкту.

“Розумний будинок” [82, 89, 91, 108-109] це комплекс технічних засобів і програмного забезпечення для побудови систем автоматизації її підсистем.

Незважаючи на досить чіткий і загальноприйнятий поділ технології “Розумний будинок” [110-113] на підсистеми, немає ніякої необхідності при проектуванні використовувати їх всіх.

На рисунку 1.4 показана структурна схема “Розумного будинку”.

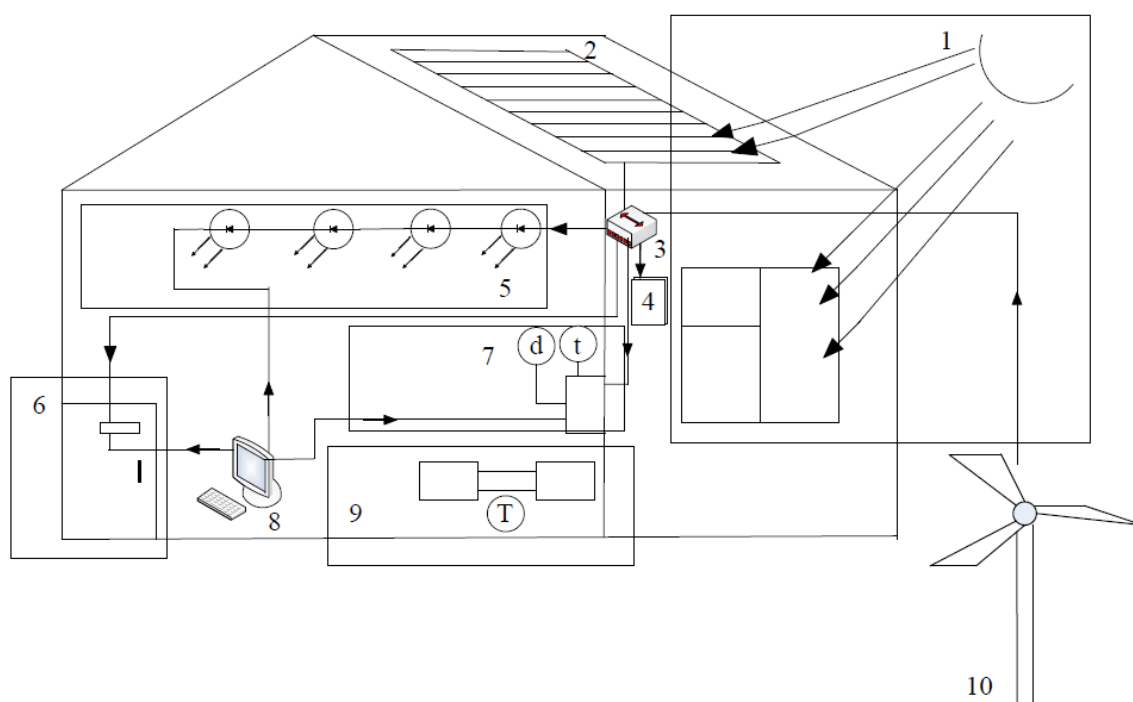


Рисунок 1.4. Структура “Розумного будинку”:

1 – природне освітлення, 2 – сонячна батарея, 3 – контролер, 4 – акумулятор, 5 – система управління освітлення, 6 – система безпеки, 7 – система клімат контролю будинку, 8 – управління системою комп’ютером, 9 – система управління опаленням, 10 – вітрова установка

1.3. Висновки до розділу 1

1) На основі аналізу сучасного стану генерації теплової та електричної енергії та ВДЕ зроблено висновок, що для реалізації ефективного вироблення електричної енергії в умовах України необхідно використовувати сонячну енергію.

2) Аналіз ресурсів України по сонячній енергії показав, що можна отримувати $1560 \text{ кВт м}^2 / \text{рік}$.

3) Використання Smart технології дозволяє додатково здійснювати економію на рівні 30-50%.

4) Концепція управління інтелектуальним будинком може бути додатково вдосконалена шляхом використання автоматизованих систем управління.

На базі проведеного аналізу виділено напрямки дослідження, що дозволяють ефективно здійснювати енергозабезпечення автономного об'єкту:

- проведення теоретичних розрахунків ефективності ВДЕ;
- вивчення використання сонячних панелей для низьковольтної системи живлення (24В) світлодіодного освітлення автономного об'єкту;
- розробка автоматизованих систем управління енергозабезпеченням автономного об'єкту;
- розробка програмних засобів для контролю і управління “Інтелектуальним” будинком;
- розробка Smart технології для управління автономним об'єктом.

РОЗДІЛ 2

МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМ АВТОМАТИЗАЦІЇ ЕНЕРГОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ АВТОНОМНОГО ОБ'ЄКТУ

В даному розділі проведено розрахунки сонячної панелі та вітрової установки. Розрахунок виконано на базі джерела відновлювальної енергії – сонячна панель.

На основі цих розрахунків зпроектована модель системи енергозабезпечення автономного об'єкту з декількома джерелами генерації енергії.

Також приведено розрахунок низьковольтної системи з світлодіодним освітлення на базі сонячних панелей.

При моделюванні даної системи розглянута оптимізація процесу автоматизованого контролю та управління температурою в автономному об'єкті.

2.1. Теорія використання організації систем автономного об'єкту

Для проектування математичної моделі проведено розрахунки сонячної панелі та вітрової установки і наведено розрахунок ККД низьковольтної системи освітлення з використанням світлодіодів.

2.1.1. Сонячна панель

Потужність, що виробляється сонячною панеллю, розраховується формулою [114, 119, 120]:

$$P_{cb} = R_{\Sigma} \cdot S \cdot \eta \cdot N \quad (2.1)$$

де R_{Σ} – поточна сумарна потужність прямого і дифузного розсіяного випромінювання сонця на поверхню сонячної панелі, кВт / м²;

S – площа сонячної панелі м²;

η – ККД сонячної панелі;

N – кількість сонячних панелей.

Для складання бази даних необхідно визначити валовий потенціал сонячної енергії в заданій точці місцевості відповідно до методики [114, 119] і порівняти з даними метеостанції. Валовий потенціал сонячної енергії в заданій точці місцевості визначається за формулою:

$$E_{\Sigma} = \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N \int_0^{T_{\text{ррн.}}} R_{\Sigma}(t) \cdot K_C dt \quad (2.2)$$

де K_C – коефіцієнт, який дозволяє врахувати кути нахилу площадки.

Для часового інтервалу, що дорівнює один рік формула (2.2) набуває вигляду:

$$E_{\Sigma} = \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N R_{\Sigma} \cdot K_{Ci} \Delta t_i \quad (2.3)$$

де Δt_i – період (інтервал) часу.

Для енергії сонячного випромінювання конкретного географічного місця вводимо коригуючий коефіцієнт, який визначається за формулою:

$$K_K = \frac{E_{СП}}{E_M} \quad (2.4)$$

де $E_{СП}$ і E_M – потенціал енергії сонячного випромінювання в місцях розташування сонячної панелі і на метеостанції, кВт / м².

Залежність між сумарною сонячною інсоляцією на метеостанції і території розташування сонячної панелі визначається за виразом:

$$R_{СПi} = K_{Ci} K_{Zi} R_{Mi} \quad (2.5)$$

де i – порядковий номер місяця.

Після визначення залежності між сумарною сонячною інсоляцією на метеостанції необхідно визначити реальну потужність, яку виробляють сонячної панелі. Для цього розраховується струм пропорційний освітленості сонячної панелі.

Джерело струму генерує струм пропорційний освітленості сонячної панелі [119]:

$$I(F) = F_{\max} F \quad (2.6)$$

де F – освітленість в умовних одиницях щодо максимальної освітленості [119] $F_{\max} = 1$;

I – генерований струм, А.

Струм діода описується класичною моделлю:

$$I(U) = I_S \left(\exp \left(\frac{U}{U_T N} \right) - 1 \right) \quad (2.7)$$

де N – коефіцієнт виродження, для ідеального діода $N = 1$ [145];

U – напруга на діоді, $U_T = \frac{kT}{q_e} = 25 \text{ mV}$;

k – постійна Больцмана, Дж / К;

q_e – заряд електрона, Кл;

T – температура приміщення дорівнює 20°C , 293К.

Для побудови математичної моделі переходимо на застосування вольтамперних характеристик, таких як струм короткого замикання, напруга холостого ходу і ширина діапазону напруг поблизу напруги холостого ходу, яка відповідає зменшенню струму щодо струму короткого замикання в 2,7 раз.

Параметри освітленості сонячної панелі подаються за допомогою таких виразів [15, 119]:

$$N = \frac{wU}{U} \quad (2.8)$$

де wU – ширина діапазону напруг.

$$I_S = I_{K3} \exp \left(-\frac{U_{XX} - U_T}{wT} \right) \quad (2.9)$$

де I_{K3} – струм короткого замикання, А;

U_{XX} – напруга холостого ходу, В.

При розрахунках використовуються паспортні значення сонячної панелі і враховується вплив сонячного випромінювання і робочої температури ВАХ сонячної панелі вираз спрощується [121] і записується в вигляді:

$$\mathfrak{I}_{K3} = \mathfrak{I}_{0K3} + \Delta I_1 + \Delta I_T \quad (2.10)$$

$$U_{K3} = U_{0K3} + \Delta U_{I1} + \Delta U_{I2} + \Delta U_T \quad (2.11)$$

де \mathfrak{I}_{0K3} – вихідна щільність струму короткого замикання, яка вимірюється при стандартних умовах освітлення $E_0 = 1000 \text{ Вт/м}^2$ температурі сонячної панелі $T_0 = (20 \pm 2)^\circ \text{C}$;

ΔI_1 , ΔU_{I1} , ΔU_{I2} – поправки, що враховують зміна щільності потоку сонячного випромінювання;

ΔI_T , ΔU_T – поправки, що враховують зміну температури сонячної панелі.

Дані поправки визначаються за формулами:

$$\Delta I_1 = \frac{I - I_0}{I_0} \mathfrak{S}_{0K3} \quad (2.12)$$

$$\Delta U_{I1} = -\Delta I_1 R_{II} \quad (2.13)$$

$$\Delta U_{I2} = k \lg \frac{I}{I_0} \quad (2.14)$$

$$\Delta I_T = -\beta_1 \mathfrak{S}_{0K3} (T - T_0) \quad (2.15)$$

$$\Delta U_T = -\beta_U U_{0K3} (T - T_0) \quad (2.16)$$

де R_{II} – опір поверхні сонячної панелі, Ом·см²;

k – коефіцієнт освітленості, перебувати в діапазоні від $0 \leq k \leq 2$ [119];

β_1 , β_U – температурні коефіцієнти струму і напруги, 1 / °С.

На роботу сонячної панелі впливають інтенсивність сонячного випромінювання і температура навколишнього середовища. Через збільшення температури зменшується вихідна потужність, внаслідок падіння напруги холостого ходу. У зв'язку з цим при моделюванні управління сонячною панеллю виникає задача по визначенню значень інтенсивності сонячного випромінювання і температури навколишнього середовища. Інтенсивність сонячного випромінювання залежить від ступеня її просторової орієнтації.

Тому, в роботі розглядається повна орієнтація сонячної панелі на сонце, з системою стеження за сонцем. Також, при необхідності, можливо фіксувати поверхню сонячної панелі на потрібну сторону горизонту.

Сумарна інтенсивність при фіксованому положенні сонячної панелі визначається за формулою [122, 123]:

$$I_H = I_{\Pi} \frac{\cos \xi}{\cos \theta} + I_D \frac{1 + \cos \beta}{2} + \rho (I_{\Pi} + I_D) \frac{1 - \cos \beta}{2} \quad (2.17)$$

де I_{Π} і I_D – інтенсивність прямого і дифузного розсіяного випромінювання сонця на поверхню сонячної панелі, Вт / м²;

ξ – кут між орієнтованою на південь поверхні сонячної панелі і напрямком на сонце, в градусах;

θ – кут між напрямками на зеніт і сонце, в градусах; β – кут нахилу поверхні до горизонту, в градусах;

ρ – альbedo або коефіцієнт відображення земної поверхні. Кути θ і ξ визначаються по нижче наведеними формулами [123]:

$$\cos \theta = \sin \delta \sin \varphi + \cos \delta \cos \varphi \cos \omega \quad (2.18)$$

$$\cos \xi = \sin \delta \sin (\varphi - \beta) + \cos \delta \cos (\varphi - \beta) \cos \omega \quad (2.19)$$

де δ – схилення сонця, в градусах;

φ – географічна широта певної місцевості, в градусах;

ω – годинний кут сонця, в градусах.

Схилення сонця визначаємо за формулою Купера, а часовий кут визначається за формулою [122]:

$$\theta = 23,45 \delta \sin \left(360 \frac{284 + n}{365} \right) \quad (2.20)$$

$$\omega = (15^\circ \delta \text{ год.}^{-1}) (t_{SOL} - 12) \quad (2.21)$$

де n – порядковий номер дня року;

t_{SOL} – місцевий сонячний час в годинах.

Азимутальне слідкування за інтенсивністю сонячного випромінювання здійснюватися за формулою 2.17, для цього розраховується кут між напрямком сонця і поверхнею за формулою [123]:

$$\cos i = \sin \beta [\cos \delta (\sin \beta \cos a_{\Pi} \cos \omega + \sin a_{\Pi} \sin \omega) - \sin \delta \cos \varphi \cos a_{\Pi}] + \cos \beta (\cos \varphi \cos \omega + \sin \delta \sin \varphi) \quad (2.22)$$

де a_{Π} – азимут поверхні сонячної панелі.

При управлінні роботою сонячної панелі, коли вона стежить за сонцем, то азимут поверхні сонячної панелі дорівнює азимуту сонця і розраховується за формулою [114]:

$$a = \arcsin \left(\frac{\cos \delta \cos \varphi}{\cos \alpha} \right) \quad (2.23)$$

де α – кут висоти сонця, в градусах. Кут висоти визначається за формулою:

$$\alpha = \arcsin (\sin \delta \sin \beta + \cos \delta \cos \varphi \cos \omega) \quad (2.24)$$

При повному спостереженні сонячної панелі за сонцем сумарна інтенсивність сонячного випромінювання визначається [114]:

$$I_{OP} = \frac{I_{\Pi}}{\cos \theta} + I_D \frac{1 + \cos \theta}{2} + \rho (I_{\Pi} + I_D) \frac{1 - \cos \theta}{2} \quad (2.25)$$

Щоб математично описати зміну температури навколишнього середовища протягом доби використовується формула [147]:

$$T_B(t) = T_{OB} + \frac{\Delta T_M}{2} \cos \left(\frac{2\pi}{t_{II}} (t_{SOL} - t_M) \right) \quad (2.26)$$

де T_{OB} – середньодобова температура навколишнього середовища, °С;

ΔT_M – добова амплітуда температури навколишнього середовища, °С;

t_{II} – період зміни температури навколишнього середовища, °С;

t_M – час досягнення максимальної температури навколишнього середовища за місцевим сонячного часу в годинах.

Температура сонячної панелі визначається через рівняння енергетичного балансу [114]:

$$T = T_{OB} + \frac{I \left[\mu - \eta_0 (1 + \chi T_0) + \lambda F T_B \right]}{\lambda F - I \eta_0 \chi} \quad (2.27)$$

де I – інтенсивність випромінювання на поверхні сонячної панелі, Вт / м²;

μ – інтегральний коефіцієнт поглинання сонячної панелі сонячного випромінювання;

η_0 – ккд сонячної панелі отриманих при випробуваннях;

χ – температурний градієнт, що залежить від конструкції і типу сонячної панелі, $\chi = 0,003 \div 0,005 \text{ K}^{-1}$ [119];

λ – коефіцієнт тепловіддачі поверхні сонячної панелі;

T_0 – температура сонячної панелі при проведених випробуваннях, °С;

T_B – температура навколишнього повітря, °С;

F – відношення тильної і лицьової площі сонячної панелі до площі освітлюваної поверхні.

Коефіцієнт тепловіддачі поверхні сонячної панелі визначається з рівняння:

$$\lambda = \lambda_K + 4 \varepsilon \sigma T_B^3 \quad (2.28)$$

де λ_K – коефіцієнт конвекції, Вт / (м² ° С);

ε – інтегральний коефіцієнт випромінювання сонячної панелі;

σ – постійна Стефана-Больцмана $\zeta = 5,67 \cdot 10^{-8}$ Вт / (м² ° С⁴), [119]. Коефіцієнт конвекції обчислюється за формулою Мак-Адамса:

$$\lambda_K = 5,7 + 3,8 v \quad (2.29)$$

де v – швидкість вітру, м / с.

Математична модель управління роботою сонячної панелі була складена з урахуванням всіх вище наведених формул, яка представлена системою рівнянь:

$$\left\{ \begin{array}{l} U_{СП}(I, T, \zeta) = \frac{AkT}{q} \ln \left[\frac{(Iz\zeta) e^{\frac{q}{AkT} U_{\text{ох}} \left(\frac{I-I_0}{I_0} \right) \zeta_{\text{sc}} R_{II} + \lg \left(\frac{I}{I_0} \right) U_{\text{ох}} \beta_v \{T-T_0\}}}{Iz} + 1 \right] - \zeta R_{II}; \\ \zeta_{\text{sc}}(I, T) = \zeta_{\text{osc}} + \frac{I-I_0}{I_0} \zeta_{\text{osc}} + \beta_I \zeta_{\text{osc}} (T-T_0); \\ T(I, T_B v) = \frac{I' [\mu - \eta_0 (1 + \chi T_0)] + [(5,7 + 3,8v) + 4 \varepsilon \sigma T_B^3(n \cdot t)] F T_B(n \cdot t)}{[(5,7 + 3,8v) + 4 \varepsilon \sigma T_B^3(n \cdot t)] F - I' \eta_0 \chi}; \\ I(I_{II}, I_D, \rho, \Lambda, Y, \Omega, \tau) = \left[I_{II}(n \cdot t) \frac{\cos \Lambda}{\cos \Omega} + I_D(n \cdot t) \frac{1 + \cos Y}{2} + \rho(n) [I_{II}(n \cdot t) + I_D(n \cdot t)] \frac{1 - \cos Y}{2} \right] \tau; \\ \tau(\Lambda) = 1 + \rho_{\text{оп}}(\Lambda) \exp \left(-K \frac{B}{\cos \Lambda} \right); \\ U_{СП} = N U'_{СП}(I, T, \zeta); \\ I_{СП} = N \zeta S_{СП}; \\ P_{СП} = U_{СП} I_{СП}. \end{array} \right. \quad (2.30)$$

де $U_{СП}$ – напруга сонячної панелі, В;

A – безрозмірний параметр кривизни ВАХ;

k – стала Больцмана, Дж / К;

q_E – заряд електрона, Кл;

T – температура сонячної панелі, ° С;

I і I' – інтенсивність сонячного випромінювання, що падає на поверхню сонячної панелі і яка припадає на одиницю поверхні сонячної панелі, Вт / м²;

z – коефіцієнт пропорційності щільності потоку до інтенсивності сонячного випромінювання, А м² / Вт см²;

\mathfrak{Z} – щільність потоку, А / см²;

U_{0XX} – напруга холостого ходу сонячної панелі, В;

\mathfrak{Z}_{0K3} – щільність струму короткого замикання сонячної панелі, виміряні при стандартних умовах освітленості $\mathfrak{Z}_0 = 1000$ Вт / м² і температурі сонячної панелі $T_0 = (20 \pm 2)^\circ \text{C}$ $T_0 = (20 + 2)^\circ \text{C}$, А / см²;

R_{II} – опір поверхні сонячної панелі, Ом см²;

k – коефіцієнт освітленості, в діапазоні від $0 \leq k \leq 2$ до $0,5 \leq k \leq 1,5$ [119];

β_I , β_U – температурні коефіцієнти струму і напруги, 1 / ° С; \mathfrak{Z}_{0K3} – щільність струму короткого, А / см²;

μ – інтегральний коефіцієнт поглинання сонячної панелі сонячного випромінювання;

η_0 – ккд сонячної панелі отриманих при випробуванні;

χ – температурний градієнт, що залежить від конструкції і типу сонячної панелі, $\chi = 0,003 \div 0,005 \text{ K}^{-1}$ [119, 123];

$5,7 + 3,8\nu$ – розмірне співвідношення Мак-Адоамса для розрахунку коефіцієнта конвекції, Вт / (м² ° С);

ν – швидкість вітру, м / с

ε – інтегральний коефіцієнт випромінювання сонячної панелі;

σ – постійна Стефана - Больцмана $\zeta = 5,67 \times 10^{-8}$ Вт / (м² ° С⁴), [15, 119];

T_0 – температура сонячної панелі при проведенні випробування, ° С;

T_{II} – температура навколишнього повітря, ° С;

F – відношення тильної і лицьової площі сонячної панелі до площі освітлюваної поверхні;

t – час, час;

n – порядковий номер дня року;

ρ – альbedo або коефіцієнт відображення земної поверхні.

I_{II} і I_D – інтенсивність прямого і дифузного розсіяного випромінювання сонця на поверхню сонячної панелі, Вт / м²;

A , Ω , Y – кути, що визначають просторову орієнтацію сонячних панелі, в градусах;

τ , $\rho_{\text{відб.}}$ – коефіцієнти пропускання і відбиття сонячного випромінювання поверхні сонячної панелі;

K – показник поглинання сонячного випромінювання поверхні сонячної панелі, см⁻¹;

B – товщина поверхні сонячної панелі, см;

$I_{СП}$ – струм навантаження сонячної панелі, А;

N – кількість сонячних панелей, штук;

$S_{СП}$ – площа сонячної панелі, см²;

$P_{СП}$ – потужність сонячної панелі, Вт.

За розробленою математичною моделлю складено алгоритм управління, показаний в додатку Ж.

Кути, що визначають просторову орієнтацію сонячних панелей, визначаються за формулами (2.13, 2.14).

Розроблена математична модель сонячної панелі дозволяє оцінити вихідні енергетичні характеристики сонячної панелі, таких як:

- інтенсивність сонячного випромінювання;
- температури повітря;
- швидкості вітру;
- ступеня орієнтації сонячної панелі на сонці в залежності від пори року і доби.

Дана математична модель дозволяє управляти і оптимізувати роботу сонячної панелі в залежності від кліматичних умов і від ступеня освітленості.

2.1.2. Вітрова установка

Для реалізації безперебійного енергопостачання автономного об'єкту необхідно розробити математичну модель вітрової установки, як основне джерело енергії.

Для складання математичної моделі управління вітрової установки необхідно знати потужність вітродвигуна, яка визначається за формулою [116, 118, 124]:

$$P_{BY} = 0,5 \rho S^3 C_P \eta_G \eta_P \quad (2.31)$$

де ρ – щільність повітря, кг / м³;

S – площа обдуву вітровим колесом, м²;

C_P – коефіцієнт використання потужності, визначається конструкцією вітрової установки;

η_G – ККД генератора;

η_P – ККД редуктора.

Кутова швидкість вітродвигуна пропорційна частоті струму в обмотці синхронного генератора і визначається як:

$$\omega = \frac{2 \pi f}{2 p}. \quad (2.32)$$

де f – частота струму в обмотці синхронного генератора, Гц;

$2p$ – число пар полюсів.

Швидкість вітру визначається за допомогою значення оцінки аеродинамічного моменту:

$$V = \frac{2 \omega M_A}{p S C_P}. \quad (2.33)$$

де M_A – аеродинамічний момент ротора.

2.2. Моделювання системи енергозабезпечення автономного об'єкту декількома джерелами генерації енергії

Повна автоматизація енергозабезпеченням автономного об'єкту передбачає методику розрахунку споживаної потужності системи.

Для розробки математичної моделі системами автоматизованого управління підсистемами “інтелектуального” автономного об'єкту необхідно визначити показник працездатності системи енергозабезпечення, який дає можливість забезпечити автономний об'єкт електроенергією:

$$P_{\Gamma} + P_A \geq P_{\Pi} k_3. \quad (2.34)$$

де P_{Γ} – потужність, що генерується спільно всіма типами поновлюваних джерел енергії, Вт;

P_A – потужність акумульована, Вт;

P_{Π} – потужність, необхідна споживачеві, Вт;

k_3 – коефіцієнт запасу.

Ефективність електрогенеруючих комплексів включає в себе набір показників, що визначають працездатність, надійність, техніко-економічні показники і т.д. Розв'язання даного завдання вирішується шляхом моделювання [118, 124] і наведено в підрозділі 2.1 (Теорія використання організації систем “Розумного будинку”).

У даній системі автоматизованого управління системи енергозабезпечення автономного об'єкту сума потужностей джерел електричної енергії повинна дорівнювати сумі потужностей, які витрачаються споживачами цієї енергії за вирахуванням втрат при перетвореннях енергії.

Джерелом енергії є пристрої, що працюють на поновлюваних джерелах енергії, як сонячна панель і вітрова установка.

Споживачами є автономний об'єкт.

Система акумулювання є як споживачем, так і джерелом енергії.

Сумарна потужність електроенергії, що генерується всіма видами поновлюваних джерел енергії записуємо у вигляді формули:

$$P = P_{ВУ} + P_{СП} \quad (2.35)$$

де $P_{ВУ}$ – потужність вітрової установки, Вт;

$P_{СП}$ – потужність сонячної панелі, Вт.

Дані потужності визначають конструкцію генеруючих пристроїв. Середня потужність сонячної установки визначається за формулою (2.26):

$$P_{СП} = \eta_{СП} \eta_C R_C^{\Gamma} K_C(\beta) N_C S_C \quad (2.36)$$

де R_C^{Γ} – середньодобова повна потужність сонячного випромінювання, що приходить на горизонтальну поверхню одиничної площі сонячної поверхні, кВт / м².

Баланс потужностей системи енергозабезпечення автономного об'єкту необхідний для розробки автоматизованого управління системи в цілому.

Генерована потужність в будь-який момент часу при аналізованому періоді часу, з урахуванням втрат, більше потужності, необхідної автономному об'єкту. А кількість енергії, яку можливо зберегти в поточний момент часу, визначається двома параметрами – ємністю системи акумулювання і максимальним значенням струму і визначається залежністю:

$$C_A(1 - k_p) \geq D_A. \quad (2.37)$$

де C_A – ємність акумуляторної батареї;

k_p – коефіцієнт допустимого заряду акумуляторної батареї, $k_p \approx 0,2$;

D_A – зведена ємність системи акумулювання.

Для розробки математичної моделі автоматизованого управління автономного об'єкту необхідно скласти баланс потужностей, який в математичному описі має наступний вигляд:

$$\text{при: } P_A = P - \frac{P_{II}}{k_I} \geq 0.$$

$$\begin{cases} P_A t \leq D_A U_A k_A \\ I_A = \frac{P_A}{N_A U_A} \leq I_3 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} D'_A = D_A - U_A \frac{P_A t}{U_A} k_A \\ P_B = 0 \end{cases}$$

$$\begin{cases} P_A t \leq D_A U_A k_A \\ I_A = \frac{P_A}{N_A U_A} > I_3 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} D'_A = D_A - I_3 t k_A \\ P_B = P_A - I_3 U_A \end{cases}$$

$$\begin{cases} P_A t > D_A U_A k_A \\ I_A = \frac{P_A}{N_A U_A} \leq I_3 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} D'_A = 0 \\ P_B = P_A - \frac{D_A U_A}{k_A t} \end{cases}$$

$$\begin{cases} P_A t > D_A U_A k_A \\ I_A = \frac{P_A}{N_A U_A} > I_3 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} D'_A = D_A - I_3 t k_A \\ P_B = P_A - I_3 U_A \end{cases}. \quad (2.38)$$

де P_{II} – споживана потужність, Вт;

N_A – кількість акумуляторних батарей, з'єднаних паралельно, штук;

U_A – напруга заряду однієї акумуляторної батареї, В;

I_A – струм заряду однієї акумуляторної батареї, А;

k_A – ККД акумуляторної батареї;

D_A і D'_A – початкове і кінцеве значення ємності і системи акумуляування,

А год;

P_A – надлишок потужності, частина якої йде на харчування акумуляторної батареї або розсіяна баластної навантаженням, Вт;

P_B – потужність, яка використовується баластної навантаженням, Вт;

I_3 – струм заряду, А.

$$\text{при: } P_A = P - \frac{P_{II}}{k_I} < 0.$$

$$\begin{cases} |P_A|t \leq [C_A(1 - k_p) - D_A]U_A \\ I_A = \frac{|P_A|}{\eta_A U_A} \leq I_p \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} D'_A = D_A + \frac{|P_A|t}{U_A} A_p(I_A) \\ C'_A = C_A(1 - k_p) - D'_A > 0 \end{cases} \quad (2.42)$$

де I_p – максимально допустимий струм розряду акумулятора, А;

$A_p(I_A)$ – коригувальна функція струму розряду в ланцюзі системи акумуляування, значення якої ≥ 1 ;

C'_A – поточна ємність акумулятора, А год.

Коригувальна функція струму розряду в ланці системи акумуляування визначається функцією:

$$\left\{ \begin{array}{l} A_P = a \exp I_a^k + b \rightarrow \text{при} \rightarrow I_A > \frac{C_{10}}{T_{10}} \\ A_P = B(I_a) \rightarrow \text{при} \rightarrow I_A \leq \frac{C_{10}}{T_{10}} \\ A_P = 1 \rightarrow \text{при} \rightarrow \frac{C_{10}}{T_{10}} \leq I_A \leq \frac{C_{20}}{T_{20}} \end{array} \right. \quad (2.43)$$

де a, b – є параметрами $A_P(I_A)$;

C_{10} і C_{20} – ємність акумулятора, номінальна, А год;

T_{10} і T_{20} – час заряду і розряду, що дорівнює 10 і 20 годинах, годину.

Відновлювальними джерелами, енергія яких може бути перетворена в енергію електричного струму, розглянутими в роботі є – енергія вітру і сонячного випромінювання. У першому розділі даної роботи запропонована і обґрунтована методика розрахунку енергетичного потенціалу кожного з перерахованих видів енергії. Однак очевидно, що реальна кількість електроенергії, яке може бути створена на базі цих джерел залежить від кількості генеруючих установок, їх технічних параметрів і кількісного співвідношення генеруючих пристроїв різних видів: вітрових установок і сонячних панелей, в структурі комплексу енергозабезпечення.

Таким чином, сумарну потужність, що виробляється генеруючими установками, з урахуванням співвідношень (2.1), (2.32), (2.31) і (2.33) буде мати вигляд:

$$P = \eta_{СП} \eta_C R_{\Sigma} N_{СП} S_{\eta} + 0,5 \rho N_{BV} S_{BV} V^3 C_P \eta_{BV} \eta_B \quad (2.44)$$

де R_{Σ} – поточна сумарна потужність прямого і дифузного розсіяного випромінювання сонця на поверхню сонячної панелі, кВт / м²;

$N_{СП}$ – число сонячних панелей, штук;

S_{η} – площа сонячної панелі, м²;

$\eta_{СП}$ – ККД сонячної панелі;

η_C – ККД лінії електропередач, систем комунікації, стабілізації і ін. сонячної панелі;

N_{BY} – кількість вітроустановок, штук;

ρ – щільність повітря, кг / м³;

S_{BY} – площа обдувна вітровим колесом, м²;

η_{BY} – ККД вітрової установки (сумарний ККД генератора, редуктора, вітроколеса і ін.);

η_B – ККД лінії електропередач, систем комунікації, стабілізації і ін. вітрового двигуна.

Наведене співвідношення повністю і однозначно описує результат генерації електроенергії перетворювачем будь-якого конструктивного виконання.

Основними параметрами вітрової установки з горизонтальною віссю є – діаметр вітроколеса, значення якого залежить від його площі захопленої вітровим колесом і висотою розташування його осі над поверхнею землі з урахуванням (2.33), визначається виразом:

$$D = 2 \sqrt{\frac{S_{BY}}{\pi}}. \quad (2.45)$$

Якщо вісь вітрової установки розташована вертикально, то його параметри діаметр вітроколеса і висота будуть визначатися за виразом:

$$S_{BY} = D N_K. \quad (2.46)$$

де D – діаметр вітроколеса, м;

N_K – висота розташування осі вітроколеса, м.

Коефіцієнт $\eta_{СП}$ збільшується шляхом застосування систем концентрації сонячного випромінювання і стеження за сонцем. Енергетичний потенціал сонячного випромінювання – кількість енергії сонячного випромінювання, що надходить на горизонтальну поверхню одиничної площі в одиницю часу. Кількість енергії, що надходить на довільно розташовану поверхню, визначається з системи рівняння (2.25).

Сумарна потужність (2.44) є функцією часу, значення якої доступні в дискретних точках, заданих через постійні проміжки часу:

$$\Delta T = t_{j+1} - t_j = \text{const} . \quad (2.47)$$

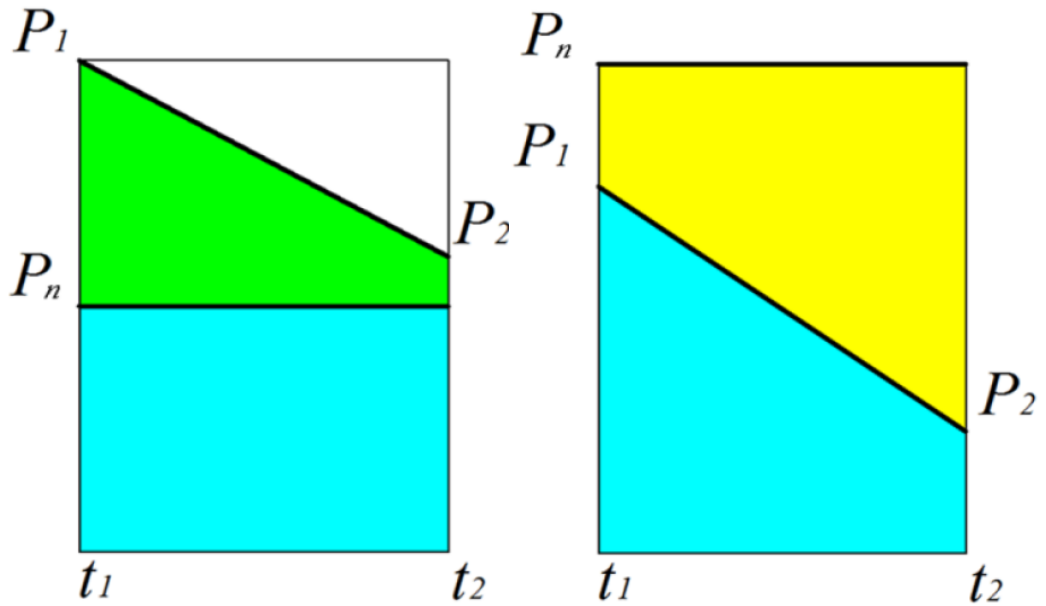
Вважаючи, що функція $P(t)$ на відрізку часу ΔT змінюється за лінійним законом від значення P_1 до P_2 , а споживана потужність постійна, отримаємо вирази для розрахунку надлишкової і недостатньої енергії при наступних можливих варіантах співвідношенні (2.48) – (2.51) відповідно до рисунку 2.1:

$$\text{при: } P_1 \geq \frac{P_{II}}{k_I}, P_2 \geq \frac{P_{II}}{k_I}$$

$$\begin{cases} W_I = \frac{P_1 + P_2 - \frac{2 P_{II}}{k_I}}{2} \Delta T . \\ W_H = 0 \end{cases} \quad (2.48)$$

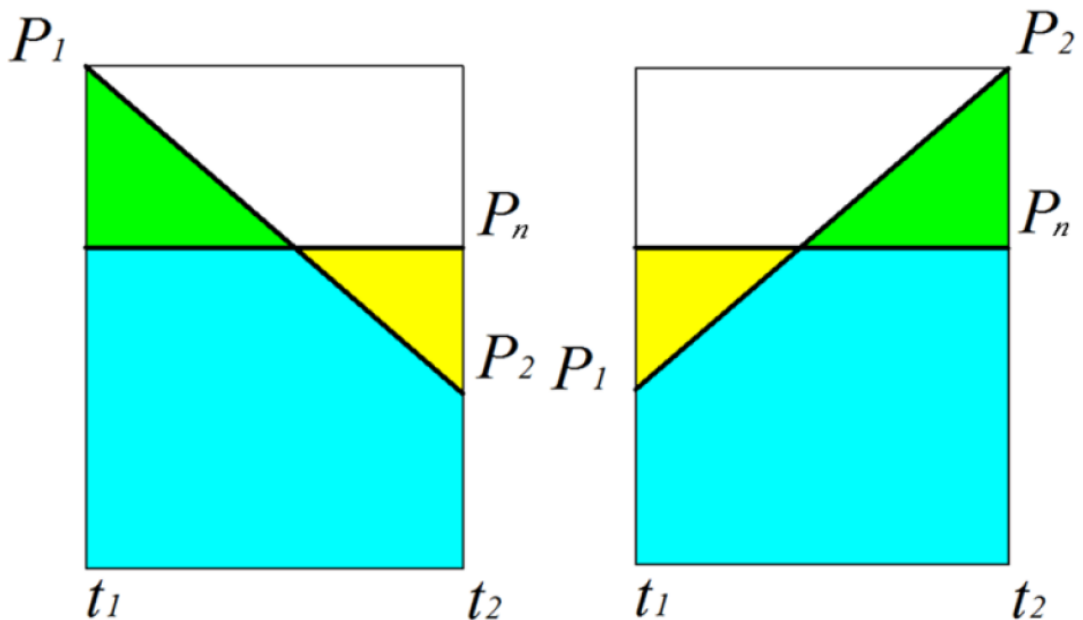
$$\text{при: } P_1 < \frac{P_{II}}{k_I}, P_2 < \frac{P_{II}}{k_I}$$

$$\begin{cases} W_I = 0 \\ W_H = \frac{2P_{II} - P_1 - P_2}{2k_I} \Delta T \end{cases} \quad (2.49)$$



а) при $P_1 \geq \frac{P_{II}}{k_I}, P_2 \geq \frac{P_{II}}{k_I}$

б) при $P_1 < \frac{P_{II}}{k_I}, P_2 < \frac{P_{II}}{k_I}$



в) при $P_1 \geq \frac{P_{II}}{k_I}, P_2 < \frac{P_{II}}{k_I}$

г) при $P_1 < \frac{P_{II}}{k_I}, P_2 \geq \frac{P_{II}}{k_I}$

Рисунок 2.1. Зміна функції $P(t)$ на відрізку часу ΔT

$$\text{при: } P_1 \geq \frac{P_{II}}{k_I}, P_2 < \frac{P_{II}}{k_I}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} W_I = \frac{\left(P_1 - \frac{2 P_{II}}{k_I} \right)^2}{2 (P_1 - P_2)} \Delta T \\ W_H = \frac{\left(P_2 - \frac{2 P_{II}}{k_I} \right)^2}{2 (P_1 - P_2)} \Delta T \end{array} \right. \quad (2.50)$$

$$\text{при: } P_1 < \frac{P_{II}}{k_I}, P_2 \geq \frac{P_{II}}{k_I}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} W_I = \frac{\left(P_2 - \frac{2 P_{II}}{k_I} \right)^2}{2 (P_1 - P_2)} \Delta T \\ W_H = \frac{\left(P_1 - \frac{2 P_{II}}{k_I} \right)^2}{2 (P_1 - P_2)} \Delta T \end{array} \right. \quad (2.51)$$

де W_I – надлишкова енергія;

W_H – недостатня енергія.

Таким чином, на часовому відрізку $[t_j, t_{j+1}]$, $i = 0, 1, 2, \dots, m$ значення потужності $\Delta W_j \geq 0$ або $\Delta W_j < 0$, відповідно до залежності (2.43 – 2.44):

$$\Delta W_j = W_I + W_H. \quad (2.52)$$

Якщо $\Delta W_j \geq 0$, то частина надлишкової енергії буде акумульована відповідно (2.38) – (2.41), а частина, що залишилася розсіяна:

$$\Delta D_j = D_j + D'_j. \quad (2.53)$$

При цьому енергетичний баланс системи:

$$\Delta W_j = \Delta D_{Aj} U_A + P_{Bj} \Delta t. \quad (2.54)$$

де D_A і D'_A – початкове і кінцеве значення ємність і системи акумулювання, А год, визначаються (2.37) – (2.41);

P_B – потужність, яка використовується баластним навантаженням, Вт, з урахуванням (2.38) – (2.41), визначається:

$$P_A = \Delta U_A \frac{W_j}{\Delta T}, P_{Bj} = P_j \cdot \Delta T = t. \quad (2.55)$$

Якщо $\Delta W_j < 0$, то недостатня частина енергії заповнюється з системи акумулювання і рівняння енергетичного балансу набуде вигляду:

$$\Delta D_{Aj} = \Delta U_A \frac{W_j}{\Delta T}. \quad (2.56)$$

де ΔD_A – визначається з рівняння (2.42) з урахуванням (2.55).

Співвідношення (2.54) і (2.56) представляють математичну модель системи енергозабезпечення автономного об'єкту з використанням відновлюваних джерел енергії. Розв'язок задачі моделювання передбачає реалізацію послідовності математичних розрахунків, відповідно до розробленої методики, для m часових точок ($t_1, t_2, t_3, \dots, t_m$), якими розвивається проміжок часу T на $(m-1)$ інтервал.

2.3. Дослідження системи низьковольтного освітлення автономного об'єкту з використанням сонячної панелі

При проведенні дослідження виявили, що напруга струму, що виробляється сонячної панелі збігається з напругою світлодіодного освітлення і становить 24В. Постійний струм з напругою 24В вважається низьковольтним [130] і не представляє небезпеки для життя людини.

Класична схема включення світлодіода в освітлювальному приладі показана на рисунку 2.2.

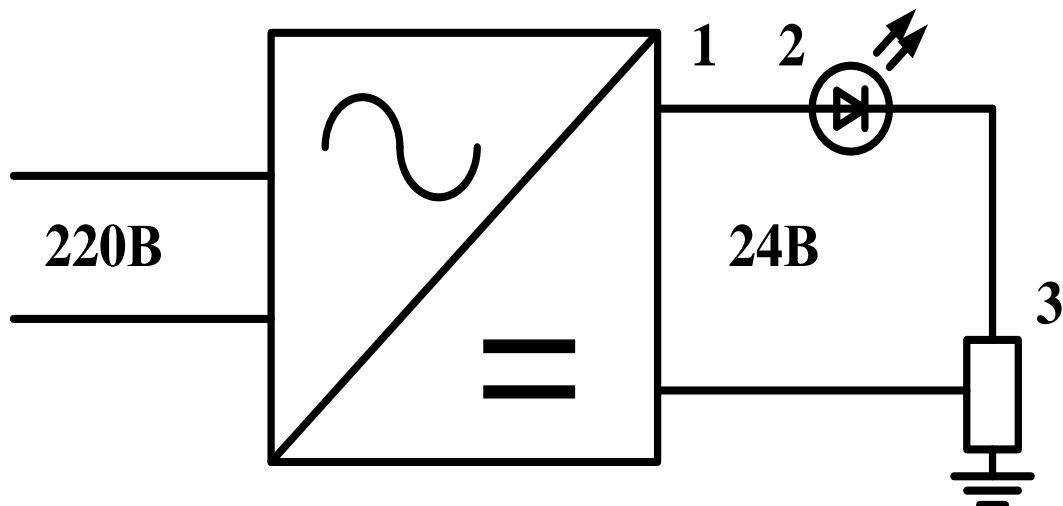


Рисунок 2.2.Схема освітлювальних приладів:

1 – перетворювач АС/DC (драйвер), 2 – світлодіод, 3 – еквівалентний опір світлодіода

Одним з елементів освітлювального приладу є джерело живлення 1 (перетворювач з змінної напруги в постійну). Таким чином, при освітленні світлодіодним світильником приміщення підключеного до мережі зі змінною напругою 220В відбувається втрата енергії при перетворенні напруги драйвером, так як його ККД менше 100%.

При широкому впровадженні альтернативних джерел енергії зокрема сонячних панелей або сонячних елементів живлення для використання типових освітлювальних приладів необхідно перетворити отриманий від них постійний струм в змінний, рисунок 2.3.

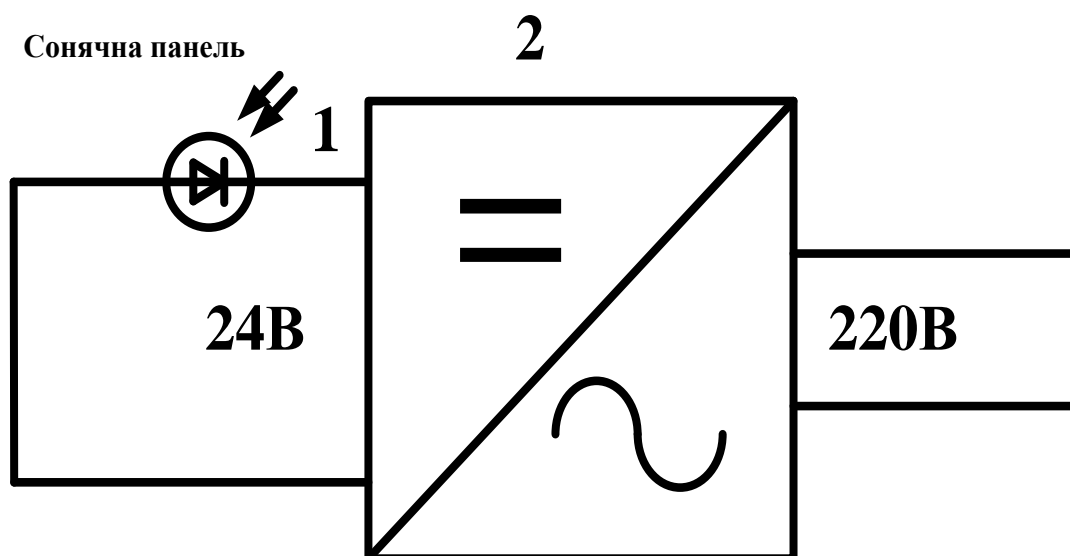
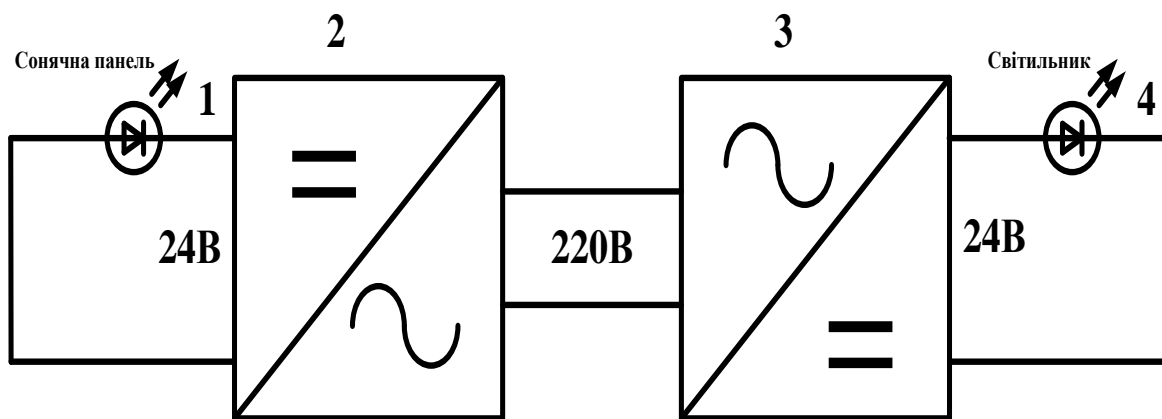


Рисунок 2.3.Схема перетворення постійної напруги сонячної панелі в змінну:

1 – сонячна панель, 2 – перетворювач DC/AC

Зазвичай, при застосуванні альтернативних джерел енергії, використовують уже наявні освітлювальні прилади схематично представлені у вигляді контуру 4 на рисунку 2.2. А для забезпечення змінної напруги 220В встановлюється конвертор 24-220В. Таким чином, загальна схема реалізації підключення світлодіодних освітлювальних систем може бути представлена у вигляді рисунку 2.4.



1 – сонячна панель, 2 – DC/AC, 3 – AC/DC, 4 – світлодіод

Рисунок 2.4. Загальна схема реалізації підключення світлодіодних освітлювальних систем

Незважаючи на низький ККД сонячних панелей, їх застосування є ефективним тому що використовується відновлюване джерело енергії. Однак, в даній схемі (рисунок 2.4) є два перетворювачі – позиція 2 і 3, які вносять втрати в систему освітлення. Перший перетворювач 2 здійснює перетворення постійної напруги, що виробляється сонячною панеллю 24В в робочу змінну напругу мережі 220В, а другий конвертор (перетворювач змінної напруги в постійну) 3. Здійснює перетворення змінної напруги 220В в постійну напругу 24В.

Для визначення ефективності застосування подвійного перетворення струму необхідно провести розрахунок (коефіцієнту корисної дії) перетворювача системи [130].

Коефіцієнт перетворення коефіцієнт корисної дії перетворювача характеризується співвідношенням активної потужності, що віддається в навантаження, до повної потужності, споживаної перетворювачем.

Коефіцієнт перетворення коефіцієнт корисної дії перетворювача визначається за формулою:

$$\eta = \frac{P_d}{P_d + \Delta P}. \quad (2.57)$$

де P_d – потужність перетворювача;

ΔP – сумарна потужність втрат в перетворювачі.

$$P_d = \frac{P_{d \text{ ном.}}}{\eta} \quad (2.58)$$

де $P_{d \text{ ном.}}$ – номінальне значення потужності перетворювача.

Сумарна потужність втрат в перетворювачі:

$$\Delta P = \Delta P_B + \Delta P_{\text{упр.}} + \Delta P_{\text{ТР}} \quad (2.59)$$

де $\Delta P_{\text{упр.}}$ – потужність, споживана системою управління. Приймається

$$\Delta P_{\text{упр.}} = 0,05 P_{d \text{ ном.}}, \text{ Вт};$$

ΔP_B – втрати у вентилях перетворювача:

$$\Delta P_B = n \Delta U_{\text{ПР}} + I_A \quad (2.60)$$

де n – кількість вентилів у схемі випрямляча перетворювача;

$\Delta U_{\text{ПР}}$ – пряме падіння напруги в вентилі перетворювача, В;

I_A – середнє значення анодного струму в вентилі перетворювача,

$$I_A = I_{d \text{ ном.}} / 3, \text{ А};$$

$I_{d \text{ ном.}}$ – значення номінального струму двигуна перетворювача, А;

$\Delta P_{\text{ТР}}$ – втрати в силовому трансформаторі:

$$\Delta P_{\text{ТР}} = \Delta P_{\text{ТР}} + \Delta P_{\text{П}} \quad (2.61)$$

де ΔP_{TP} – втрати в силовому трансформаторі;

ΔP_{II} – втрати перетворювача.

Для впровадження низьковольтної системи розраховано необхідний перетин провідників при використанні низьковольтних світлодіодних ламп. Для розрахунку використовуються мідні проводи, з питомим опором $0,0175 \text{ Ом} \times \text{мм}^2 / \text{м}$, [1-2].

Опір проводу, Ом, визначено формулою:

$$R = \frac{\rho l}{S}. \quad (2.62)$$

де ρ – питомий опір дроту, $\text{Ом} \times \text{мм}^2 / \text{м}$;

l – довжина провідника, м;

S – площа його поперечного перерізу, мм^2 .

Площа поперечного перерізу визначаємо за формулою:

$$S = \frac{\rho l}{R}. \quad (2.63)$$

Струм в лінії дроти визначається за формулою:

$$I = \frac{P}{U}. \quad (2.64)$$

де P – потужність споживана навантаженням, Вт;

U – напруга в лінії дроти, В.

Впровадження низьковольтної системи харчування дає можливість ефективно використовувати вироблюваної сонячною панеллю енергію без втрат на перетворення.

2.4. Оптимізація процесу автоматизованого управління та контролю температури в автономному об'єкті

Фактором який необхідно врахувати при енергозабезпеченні автономного об'єкту є температура в приміщенні.

Ефективність контролю і управління мікрокліматом автономного “розумного” залежить від оптимального вибору методів і засобів. Засоби контролю характеризуються економічними показниками і точністю. Показниками якості контролю є достовірність, з підвищенням достовірності вартість контролю підвищується, але при цьому зменшується ймовірність помилкових рішень і матеріальних наслідків таких помилок [129, 139-141].

Завдання оптимізації процесу контролю полягає в мінімізації суми витрат на систему контролю і втрат за той же період в функції достовірності, як показано на рисунку 2.5. Втрати в даній задачі вимірюються вартістю життя середньостатистичної людини в певних умовах, де температура в середовищі її проживання є критичними параметрами.

В аналітичному вигляді цільова функція витрат на придбання обладнання та зазначених вище втрат в функції достовірності контролю представлена в наступному вигляді [142]:

$$C_{\Sigma} = C_1(\sigma) + C_2(D). \quad (2.65)$$

де $C_1(\sigma)$ – витрати на придбання та експлуатацію обладнання, яке контролює параметр S з похибкою σ ;

$C_2(D)$ – економічні втрати за контрольований період у функції достовірності;

D – достовірність контролю $D = 1 - P_{HB} - P_{\Phi B}$;

P_{HB} – ймовірність невиявленої відмови;

$P_{\Phi B}$ – ймовірність помилкової відмови.

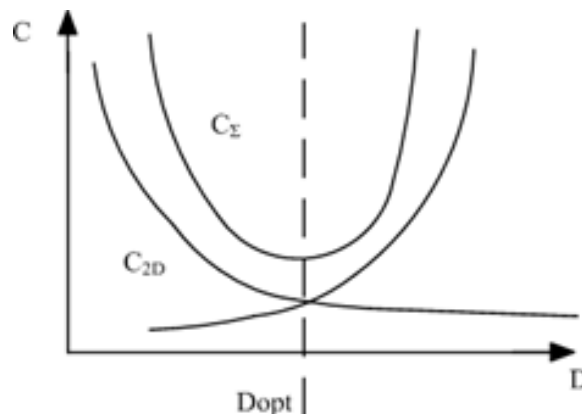


Рисунок 2.5. Графічна модель оптимізації рівня достовірності в системі контролю температури:

C – витрати, C_{Σ} – сумарні витрати, $C_2(D)$ – втрати в функції достовірності; $C_1(\sigma)$ – витрати на придбання обладнання, D – достовірність

В даній роботі розглядається метрологічна надійність системи контролю, прийнята термінологія з теорії надійності – відмова, коли результати не відповідають встановленим нормам.

З виразу (2.65) випливає, що впровадження системи контролю призводить до вимірювання C_{Σ} в двох напрямках:

- до його збільшення за рахунок додаткових витрат на обладнання $C_1(\sigma)$;

- до зменшення за рахунок скорочення втрат в досліджуваній системі $C_2(D)$ [129, 139-141].

Втрати $C_2(D)$ обумовлені P_{HB} і $P_{\Phi B}$, їх можна представити у вигляді суми доданків [139-141]:

$$C_2(D) = C_{HB}(P_{HB}) + C_{\Phi B}(P_{\Phi B}). \quad (2.66)$$

де $C_{\Phi B}(P_{\Phi B})$ – ймовірні втрати від помилок, які називаються в теорії надійності, помилковою відмовою, а в системі прийняття рішень хибним;

$C_{HB}(P_{HB})$ – ймовірність втрати від невиявлених відмов.

$$C_1(\sigma) = 550 \exp(-0,112\sigma). \quad (2.67)$$

Ймовірності відмови, як було встановлено в роботі [131], є функціями законів розподілів контрольованих параметрів і похибки вимірювань, співвідношення допуску на параметр і похибки вимірювань, а також положення допуску по відношенню середнього значення параметра. Для того, щоб кількісно виміряти всі наслідки, необхідно знайти аналітичні залежності в функції достовірності.

Перша складова в вираженні (2.65) вартість засобів контролю і регулювання температури в приміщенні в функції похибки вимірювання, знайдена за емпіричними даними може бути апроксимована наступним виразом:

$$C_{\Sigma} = C_{HB}(P_{HB}) + C_{\Phi B}(P_{\Phi B}) + C_0 \sigma^{-a} + a_0. \quad (2.68)$$

де σ – похибка вимірювання температури. Вартість виражається в тис. грн. Формально модель оптимізації визначається [129, 139-141]:

$$C_{\Sigma} \rightarrow \min. \quad (2.69)$$

при наявності обмеження $\sigma_{\min} \leq \sigma \leq \sigma_{\max}$, $\Delta_{\min} \leq \Delta \leq \Delta_{\max}$,

$$C_1(\sigma) \leq C_1(\sigma)_{\max}.$$

Дана модель дозволяє визначити оптимальні значення достовірності контролю D , похибки приладу σ і значення поля допуску на параметр Δ за умови:

$$\Delta = S_B - S_H; \quad C_{\Sigma} = 906,6 + 42,01 \sigma - 68,1 \sigma^2 + 15,03 \sigma^3 - 1,19 \sigma^4 + 0,032 \sigma^5, \text{ то}$$

$$\sigma = \sigma_{opt}; \quad \Delta = \Delta_{opt};$$

де S_B – верхнє значення допуску контрольованого параметра;

S_H – нижнє значення допуску контрольованого параметра.

У виразі (2.68) присутні два види помилок:

– перша помилка, оцінюючи ймовірністю P_{HB} , полягає в тому, що температура середовища, яку вимірюють знаходяться за граничним значенням, а прилад вимірювання фіксує значення в встановлених межах, і автоматична система буде підтримувати цей температурний рівень. Це помилка є найбільш небезпечною для здоров'я людини;

– друга помилка, оцінюючи ймовірністю $P_{\Phi B}$, полягає в тому, що вимірювана температура середовища знаходяться в нормативних межах, а прилад вимірювання фіксує значення за встановленими межами, і система буде відпрацювати в сторону зменшення.

Так як перша помилка є найбільш небезпечною, то другою складовою нехтуємо.

Для переходу від загального вигляду цільової функції, заданої виразом (2.68) до часткового, необхідно визначити вид емпіричних залежностей $C_{HB}(P_{HB})$ при контролі температури автономного об'єкту Т.

Оптимізація в графічній формі емпіричної функції C_{Σ} матиме вигляд, показаний на рисунку 2.6 яка описується залежністю:

$$C_{\Sigma} = C_{HB}(P_{HB}) + C_{\Phi B}(P_{\Phi B}) + C_0 \sigma^{-a} + a_0. \quad (2.70)$$

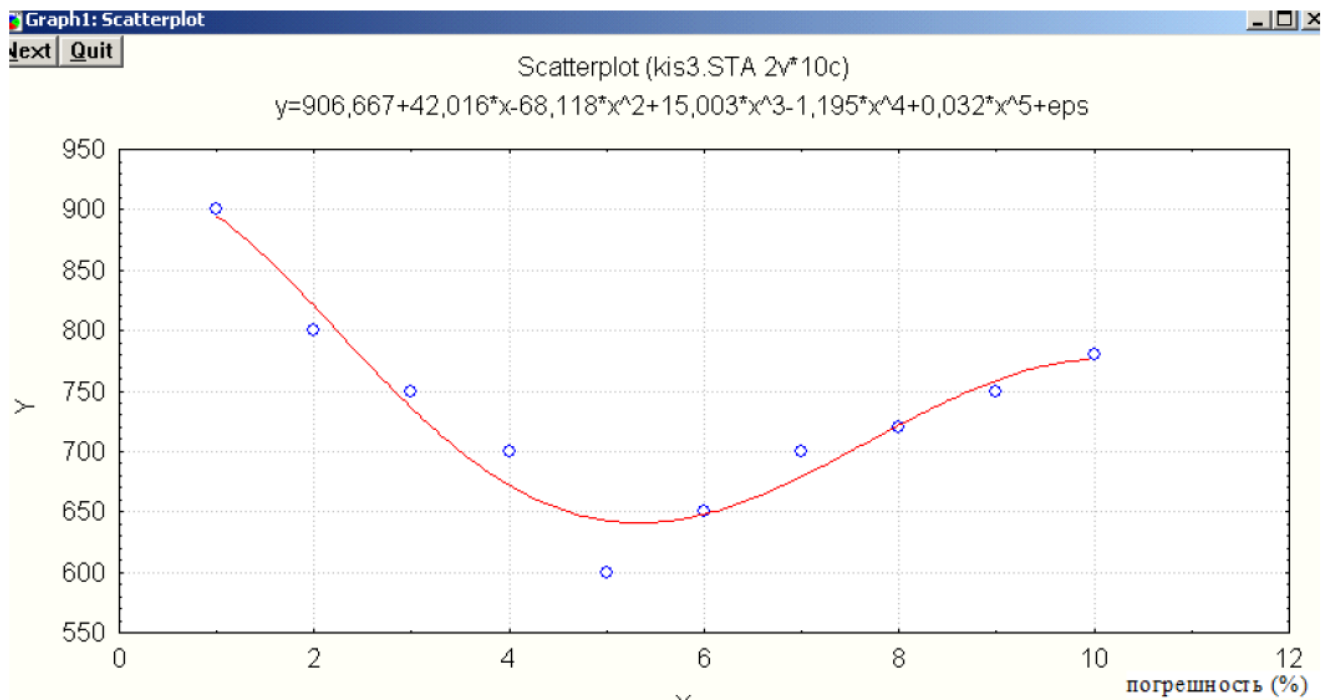


Рисунок 2.6. Результати комп'ютерного моделювання залежності сумарних ймовірних витрат у функції похибки контролю температури повітря

Першим етапом моделювання передбачається, що щільності розподілу контрольованого параметра $f(S)$ і випадкової похибки $\varphi(S_{ВИМ})$ підкоряються нормальним законам, які мають такі аналітичні формули [129, 139-141]:

$$f(S) = \frac{1}{\sqrt{2\pi} \sigma \frac{2}{S}} \exp \left[-\frac{\left[\frac{S_i - S_{СЕР}}{\sigma \frac{2}{S}} \right]^2}{\sigma \frac{2}{S}} \right]. \quad (2.71)$$

$$\varphi(S_{ВИМ}) = \frac{1}{\sqrt{2\pi} \sigma \varphi} \exp \left[-\frac{\frac{S_{ВИМ}^2}{2}}{\sigma \varphi} \right]. \quad (2.72)$$

де S_i – істинне значення параметра;

$S_{ВИМ}$ – вимірне значення параметра.

Для складання математичної моделі кількісної оцінки помилок контролю, параметрів мікроклімату автономного об'єкту обмежимо контрольований параметр верхньою і нижньою межами.

Розділимо весь інтервал від нижньої до верхньої межі на k ділянок, при цьому ймовірність знаходження параметра в допустимих межах дорівнюватиме сумі площ цих ділянок [129, 139-141]:

$$S_A = \sum_{i=0}^{k-1} \int_{S_i}^{S_{i+1}} f(S) dS. \quad (2.73)$$

Кожне значення, виміряне приладом, має свій розподіл

$$S_{ib} = \int_{-\infty}^{S_H} \varphi(S) dS = \int_{S_B}^{\infty} \varphi(S) dS. \quad (2.74)$$

Згідно правила трьох сигма точною 95% можна сказати, що всі значення розподілені на інтервалі від $S_{cep.} - 3\sigma = S_{min}$ до $S_{cep.} + 3\sigma = S_{max}$, розділивши ділянки на k_1 і k_2 інтервалів, отримаємо інший вираз для розрахунку ймовірності попадання виміряного значення температури автономного об'єкту за межі нормативів [129, 139-141]:

$$S_{ib} = \sum_{i=0}^{k_1-1} \int_{S_i}^{S_{i+1}} \varphi(S) dS + \sum_{i=0}^{k_2-1} \int_{S_i}^{S_{i+1}} \varphi(S) dS. \quad (2.75)$$

Таким чином, ймовірність фальшивої помилки дорівнює:

$$P_{\Phi\Pi} = \sum_{i=0}^{k-1} \int_{S_i}^{S_{i+1}} f(S) dS \left(\sum_{i=0}^{k_1-1} \int_{S_i}^{S_{i+1}} \varphi(S) dS + \sum_{i=0}^{k_2-1} \int_{S_i}^{S_{i+1}} \varphi(S) dS \right). \quad (2.76)$$

Принцип оптимального управління мікрокліматом автономного об'єкту будується на емпіричному показнику, що характеризує поєднану дію на організм людини параметрів мікроклімату, таких як, температура, вологість, швидкість руху повітря і теплове випромінювання. Даний показник називається тепловим навантаженням середовища ТНС, який визначається як результуюча температура зважена сума двох температур [132]:

$$TNS = 0,7 t_{\omega} + 0,3 t_g \cdot \quad (2.77)$$

де t_{ω} – температура змоченого термометра аспіраційного психрометра. Використовуючи співвідношення, наведені в [131] визначаємо, що:

$$t_{\omega} = t_a t_0 \ln (RH) \cdot \quad (2.78)$$

де t_0 – характерний масштаб температурної залежності тиску насичують парів води, $t_0 = 16,7$ °С.

Виробляючи відповідні підстановки, отримаємо формулу для ТНС індексу:

$$TNS = 0,7 t_{\omega} + 0,3 t_g + t_1 \ln (RH) \cdot \quad (2.77)$$

При використанні індексу ТНС рекомендована швидкість руху повітря не повинна перевищувати 0,6 м / с, а інтенсивність теплового випромінювання 1200Вт / м².

Однак, ці формули справедливі для відчутного тепла при температурі не нижче 27 °С. Використовуючи матеріали, наведені в роботах [131, 132], розроблено таблицю температури, яка відчувається для інтервалу температур від 21 °С до 27 °С. Отримані результати наведені в таблиці Додатка Б.

Використання даної таблиці (додаток 3) в системі автоматизованого регулювання температури в автономному об'єкті можливо, але ускладнюється алгоритм роботи.

Алгоритм роботи управління температурою в автономному об'єкті показаний на рисунку 2.7.

При розробці автоматизованого управління енергозабезпеченням і енергоспоживанням автономного об'єкту складена математична модель оптимального автоматизованого управління температурою в автономному об'єкті.

Математична модель заснована на алгоритмі оптимального автоматизованого управління температурою в автономному об'єкті, за критерієм точності регулювання температурного режиму.

Процес автоматичного регулювання температури складається з періодичного вимірювання поточного значення температури, порівняно вимірюваного значення з допусками, встановленими вручну і, в разі відхилення, вимірюваного значення від допуску в ту чи іншу сторону подачі керуючого сигналу на виконавчий механізм, для впливу на регулятор температури.

Автоматизоване управління збором, зберіганням, обробкою і передачею даних про параметри необхідні для автономного об'єкту і відновлюваних джерел енергії це процес, що містить тисячі записів про необхідну кількість потужності в певний момент часу і відповідно можливість забезпечення цієї потужності відновлюваними джерелами енергії. Методика, розроблена авторами [128], дозволяє автоматизувати стан поновлюваних джерел енергії і складається з наступних етапів:

- створення бази даних поточних вимірювань вітру і сонячної інсоляції;
- обробка збору інформації, яка полягає в її дискретизації, яка дозволяє зберегти, обробити і використовувати інформацію про повну загальну середню швидкості вітру і сонячної інсоляції протягом кожних трьох годин;
- створення бази даних і програмне рішення з метою обробки даних.

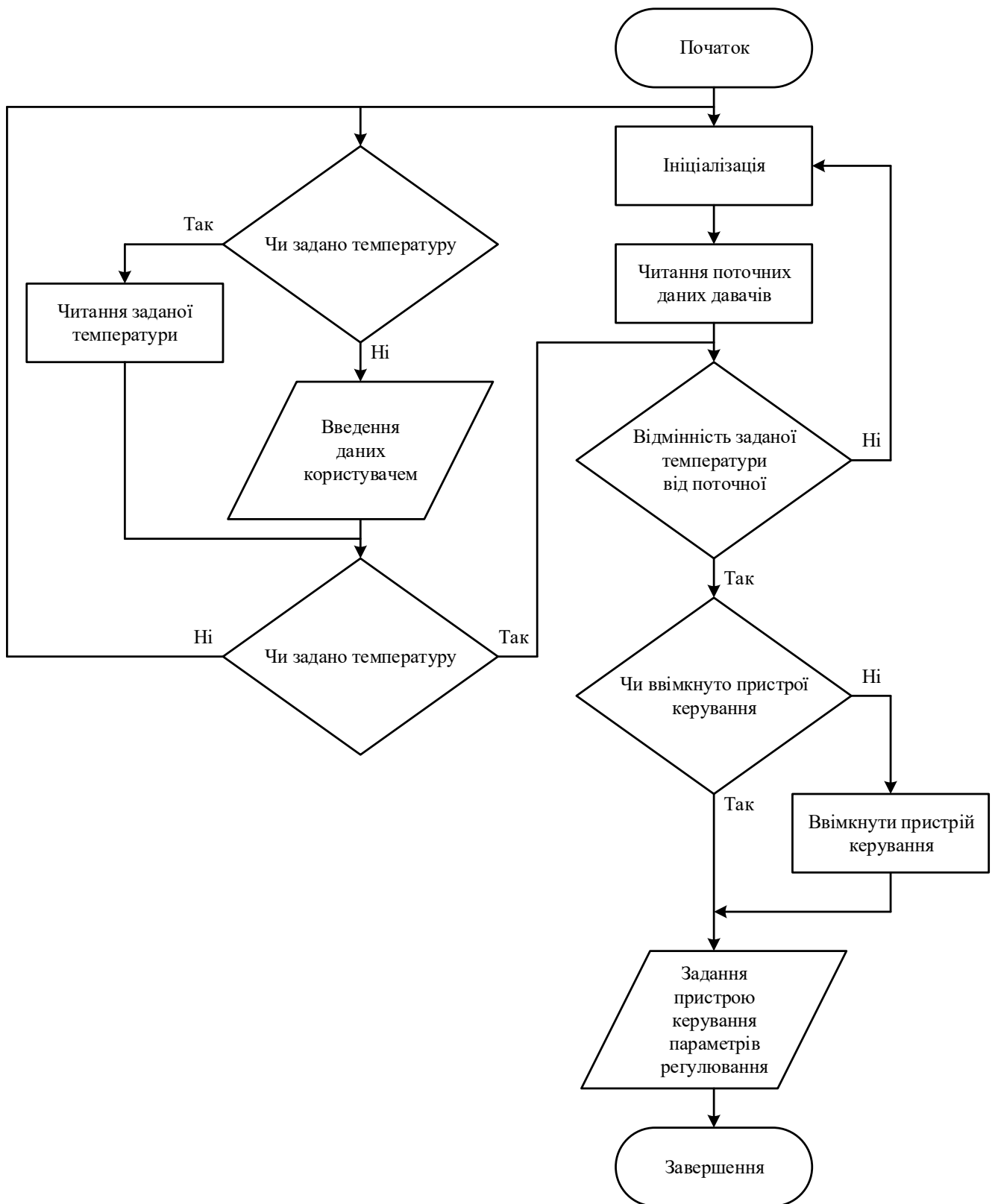


Рисунок 2.7. Алгоритм роботи управління температурою в автономному об'єкті

2.5. Висновки до розділу 2

В даному розділі:

- 1) Розроблено математичну модель, що дозволяє управляти і оптимізувати роботу сонячної панелі в залежності від кліматичних умов і від ступеня освітленості;
- 2) Продемонстровано методику розрахунку балансу потужностей автономного об'єкту, яка дозволяє ефективно використовувати генерується енергію від джерел;
- 3) Розроблено математичну модель системи енергозабезпечення автономного об'єкту із застосуванням сонячної панелі та вітрової установки;
- 4) Проведено розрахунок низьковольтної системи живлення, запропоновано методику, що дозволяє ефективно використовувати вироблену сонячною панеллю енергію з мінімальними втратами на перетворення;
- 5) При створенні автоматизованого управління енергозабезпеченням і енергоспоживанням автономного об'єкту розроблена математична модель оптимального управління температурою.

РОЗДІЛ 3

SMART ЦЕНТР УПРАВЛІННЯ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ ЕНЕРГОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ АВТОНОМНОГО ОБ'ЄКТУ

В розділі проведено натурні випробування і апробація низьковольтної світлодіодної системи освітлення з відновлюваним джерелом енергії в автономному об'єкті і розробку моделі оптимального управління температурою. А також розробку методу комплексного управління системи електропостачання з використанням Smart контролю управління і управління контролером енергозабезпечення з елементами Smart технології.

3.1. Низьковольтна система освітлення

Застосування низьковольтної системи освітлення дозволить заощадити енергію, яка втрачається при подвійному перетворенні.

Низьковольтна система в роботах [27] застосовується для освітлення вулиць, книжкових шаф та ін. В даній роботі пропонується використовувати низьковольтну систему освітлення [135].

В результаті проведених досліджень виявлено, що напруга, що виробляється сонячною панеллю дорівнює напрузі світлодіодної лампи і складає 24В.

Конструкція досліджень складається з сонячної панелі, перетворювача, акумуляторної батареї, світлодіодної лампи, вольтметр, амперметр і ватметр. Використано електричну схему рисунок 2.5 з вимірювальними приладами, яку показано на рисунку 3.1 [133].

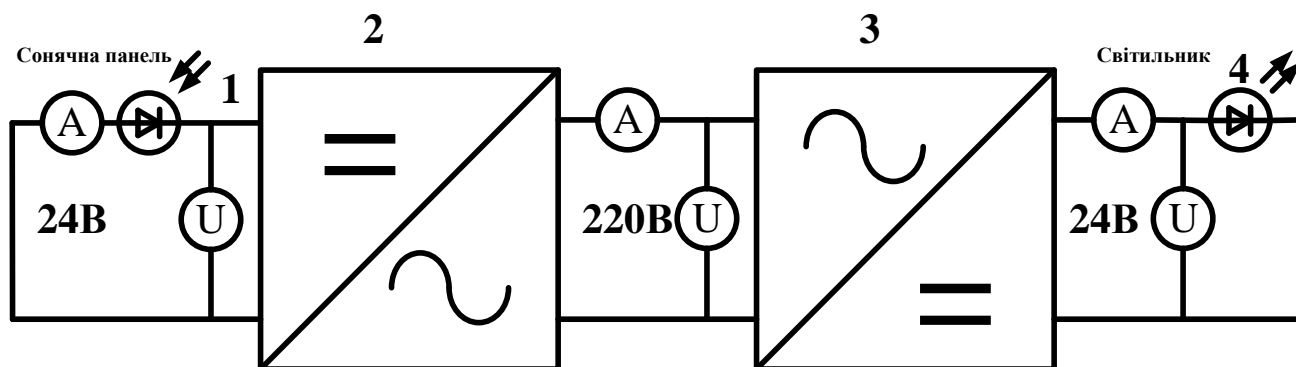


Рисунок 3.1 Загальна схема вимірювання

Кількість працюючих панелей залежить від кількості необхідної потужності автономного об'єкту і від часу доби. Вибираємо сонячні панелі наступних характеристик (одна сонячна панель):

- максимальна потужність 400Вт;
- струм короткого замикання 2,98 А;
- напруга холостого ходу 22,3В;
- напруга при максимальній потужності 18,3В;
- струм при максимальній потужності 2,73А,
- розміри 500 × 800 мм.

Джерелом енергії є сонячна панель СП, напруга і струм були виміряні до і після перетворювача і конвертора.

Загальна схема вимірювання ККД перетворювача і конвертора (перетворювач з змінної напруги в постійну) на рисунку 3.1. Заміри напруги і струму проводимо на виході сонячної панелі, на виході DC/AC і на виході AC/DC тобто на LED лампі.

Для перетворення DC/AC використано модуль марки APC Back.

Для перетворення AC/DC також використано модуль марки APC Back.

Значення вимірюваних струмів і напруги, згідно зі схемою 3.1, наведено в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1

Результати проведених вимірювань струмів і напруги

I_1, A	U_1, B	$P_1, Bт$	I_2, A	U_2, B	$P_2, Bт$	I_3, A	U_3, B	$P_3, Bт$
2,2	12,6	27,7	0,06	207	11,1	0,14	37,6	5,3

Результати розрахунків за отриманими експериментальними значеннями наведені в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2

Результати проведених вимірювань струмів і напруги

$P_1, Bт$	$P_2, Bт$	$P_3, Bт$	$\eta_1, \%$	$\eta_2, \%$	$\Sigma\eta, \%$
27,7	11,1	5,3	41	46,8	20

Отримані результати показали не ефективне використання подвійного перетворення напруги з 24В в 220В і з 220В в 24В.

3.2. Метод комплексного управління системи енергозабезпечення з використанням Smart контролю управління

На проведених експериментах і запропонованої математичної моделі (Розділ 2) розроблено структурну схему системи енергозабезпечення з використанням Smart технологій.

Для реалізації математичної моделі використовувалося програмне забезпечення Simulink і Simpowersystems візуального моделювання, що входить в пакеті MatLab. Використання даного програмного забезпечення дозволяє моделювати складні електричні системи. Перевагою використання даної програми є поєднання методів структурного і імітаційного моделювання, такий підхід забезпечує гнучкість системи під проектовану модель, значно спрощує модель, отже, підвищує швидкість обчислень.

Розробка імітаційної моделі системи енергозабезпечення дозволить регулювати параметри сонячної батареї, вітрової установки, акумулятора, логічний алго-

ритм роботи системи управління і досліджувати саму систему електропостачання в основному і аварійних режимах.

У цьому розділі розглядається комбінована автоматизована система енергозабезпечення з використанням установок, які працюють на відновлюваних джерелах енергії, (сонячна панель і вітрова установка).

Для того щоб вибрати яку розробити імітаційну модель створюється база даних для збору інформації про необхідну кількість електричної і теплової енергії для системи енергозабезпечення і кліматичні умови даного району, методика розрахунку наведена у другому розділі.

Відновлюваним джерелом енергії вибираємо сонячні панелі, вітрову установку. У міру необхідності ці обладнання можуть працювати одночасно і кожен окремо.

В даний час управління і контроль електричною схемою розглянуто не в повному обсязі. Тому пропонується управління системою електропостачання, в якій генератором енергії системи електропостачання служить сонячна панель і вітрова установка. Надалі іменується як Smart технології управління системою енергозабезпечення автономного об'єкту.

До складу Smart технології управління системою входять ключі комутаційної навантаження, керовані ключі сонячної батареї, систему управління на контролері, щит управління ключами сонячної батареї, керуючий пристрій ключами комутаційної навантаження, датчики струму акумулятора, сонячної батареї і вітрової установки, датчик напруги акумуляторної батареї, блок збору інформації і джерело живлення. Структурна схема Smart технології управління системою енергозабезпечення автономного об'єкту показаний на рисунку 3.2.

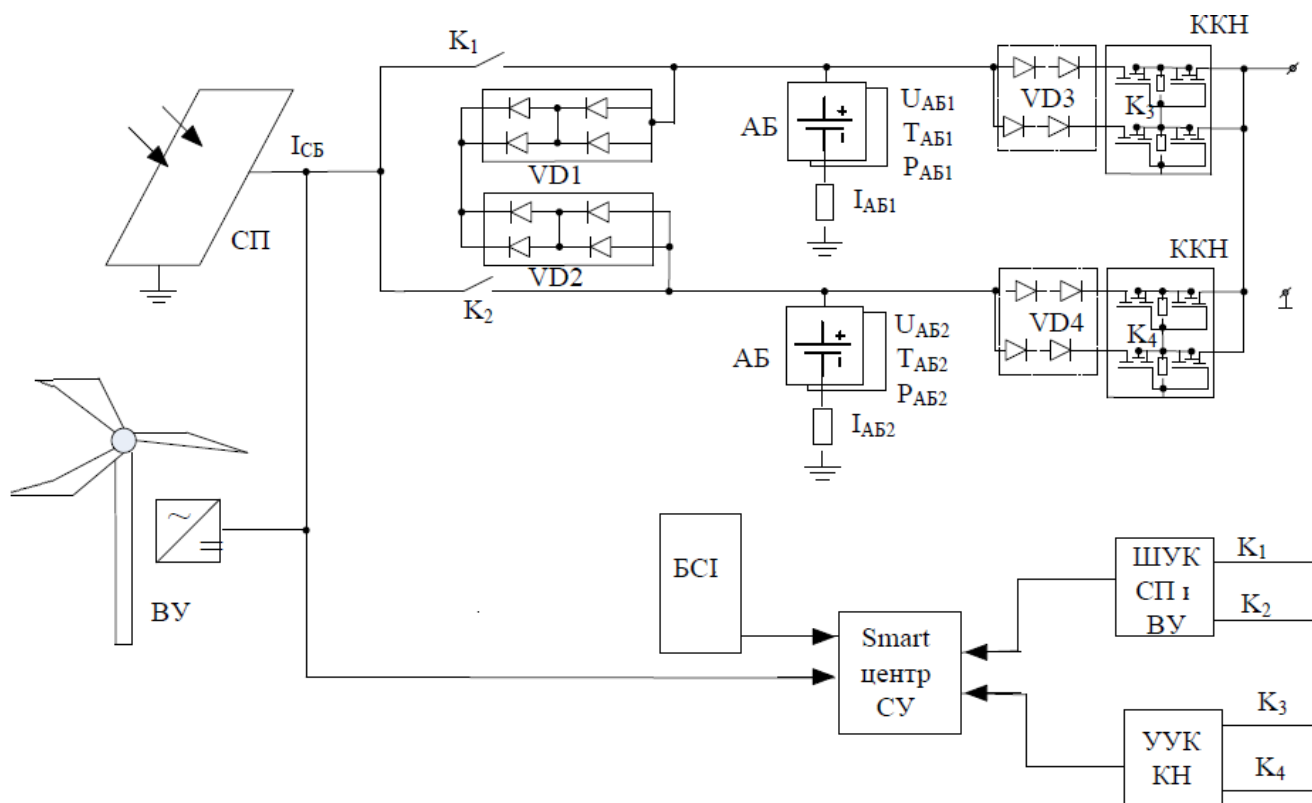


Рисунок 3.2 Структурна схема Smart технології управління системою електропостачання

Акумуляторні батареї обрані стандартні див. рис. 3.2) в кількості 4 шт.

Система управління здійснює управління силовими ключами за допомогою драйвера, розташованих в ШУКСП і ВУ і УУККН. Комутація ключів здійснюється таким чином, що до сонячної батареї може бути підключена одна пара акумуляторних батарей або дві пари відразу в залежності від заряду акумуляторів. При аварійних ситуаціях система електропостачання здійснюється від акумуляторних батарей або вітрової установки. У разі виникнення аварійних ситуацій в нічний час доби при зниженні заряду акумуляторних батарей формується аварійний сигнал, який надходить в Smart центр. У свою чергу Smart центр перемикає електропостачання об'єкту на інший вид відновлюваного джерела енергії.

Рівень заряду акумуляторної батареї організований за принципом підпорядкованого регулювання напруги АБ, структурна схема якого показана на рисунку 3.3. У нормальному режимі роботи принцип дії системи енергозабезпечення СЕЗ базується на підтримці достатнього рівня потужності на шинах акумуляторів

шляхом комутації секцій СП. Управління ключами організовано за принципом підпорядкованого регулювання напруги АБ, структурна схема див. рис. 3.3.

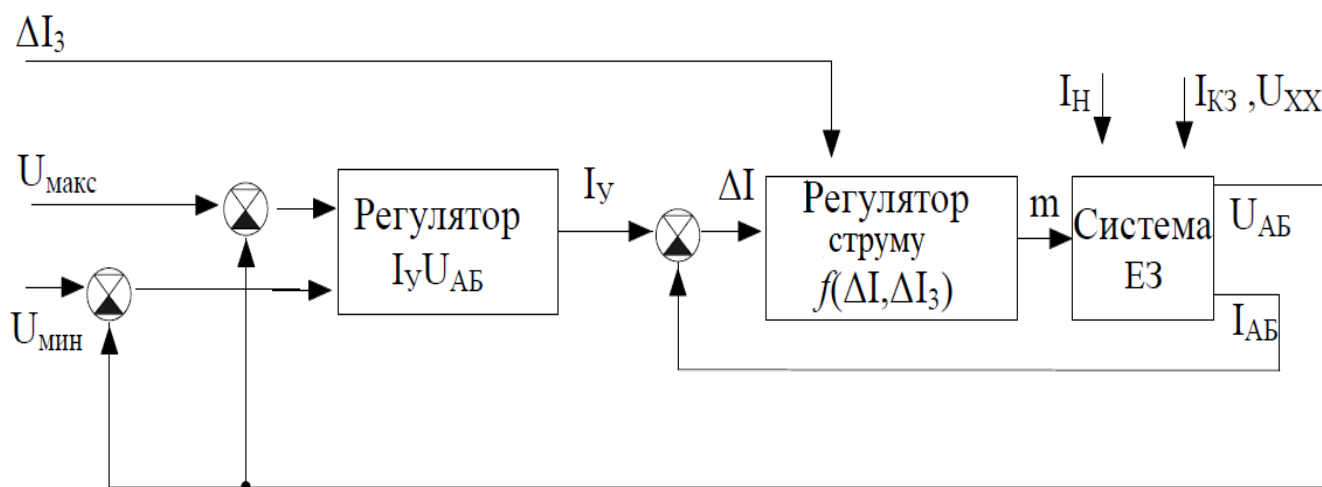


Рисунок 3.3 Структурна схема підпорядкованого регулювання напруги акумуляторної батареї

Головний контур регулювання напруги на АБ, рисунок 3.3. Виходячи з рівня напруги АБ регулятор $I_y(U_{AB})$ виробляє сигнал I_y , який є струмом – задавачем для підпорядкованого контуру регулювання. Регулятор $I_y(U_{AB})$ прагне підтримати напруга АБ в діапазоні заданих значень $U_{\min} < U_{AB} < U_{\max}$. Коли U_{AB} досягає максимального значення U_{\max} , сигнал I_y встановлюється в нуль і цей режим називають підтримку заряду АБ. При зниженні U_{AB} до значення U_{\min} сигнал I_y встановлюється в значенні, який дорівнює максимально допустимому зарядному струму АБ.

В процесі роботи системи електропостачання, рисунок 3.3, збурення у вигляді навантаження I_H або параметрів вольт-амперних характеристик сонячної панелі (I_{kz} , U_{xx}) призводять до зміни струму акумуляторної батареї на величину ΔI щодо струму встановлення I_y . Регулятор струму прагне зменшити це відхилення так, щоб воно не перевищувало максимально допустимої величини ΔI_3 і видає відповідний сигнал m на комутацію ключів $K1$ і $K2$.

$$\begin{cases} \sum_{k=1}^m I_{СПk} \pm I_{АБ1}, \text{ при } U_{АБ1} - U_{VDB1} - U_{КБ1} > U_{АБ2} - U_{КБ2} \\ \sum_{k=1}^m I_{СПk} \pm I_{АБ2}, \text{ при } U_{АБ2} - U_{VDB2} - U_{КБ2} > U_{АБ1} - U_{КБ1} \end{cases} \quad (3.1)$$

$$U_H = \begin{cases} U_{АБ1} - U_{VDB1} - U_{КБ1}, \text{ при } U_{АБ1} - U_{VDB1} - U_{КБ1} > U_{АБ2} - U_{КБ2} \\ U_{АБ2} - U_{VDB2} - U_{КБ2}, \text{ при } U_{АБ2} - U_{VDB2} - U_{КБ2} > U_{АБ1} - U_{КБ1} \end{cases} \quad (3.2)$$

Ікз, U_{хх}, U_{АБ}, Іопт, U_{хх}, U_{опт} – (струми короткого замикання і екстремальної потужності, напруги холостого ходу і екстремальної потужності) розраховуються згідно з наведеними формулами (2.4, 2.5 – 2.25) у другому розділі.

Така структура ще не використовувалася в системі електропостачання об'єктів, тому її дослідження проводилось за допомогою імітаційної моделі. Структура такої моделі представлена на рисунку 3.4 і складається з блоку – задавача параметрів СП і ПУ, що імітує кут освітлення сонячної панелі швидкості і вітру в процесі функціонування СЕЗ, що імітує ВАХ СП; Smart центр управління системою електропостачання, що імітує роботу ключів сонячної панелі та вітрової установки КСПіВУ, роботу СЕЗ в нормальному і аварійному режимах R і роботу системи управління СУ. У структурі є дві акумуляторні батареї АБ 1 і АБ2, які утворюють загальну шину навантаженням R_н, що змінюється з часом. Система управління імітаційної моделлю СУ ІМ СЕЗ призначена для завдання параметрів названих блоків, монітор для візуалізації контрольованих параметрів модельованих процесів.

Дана система електропостачання включає в себе сонячну панель, вітрову установку, акумуляторну батарею і Smart технології управління системою електропостачання див. рис. 3.4.

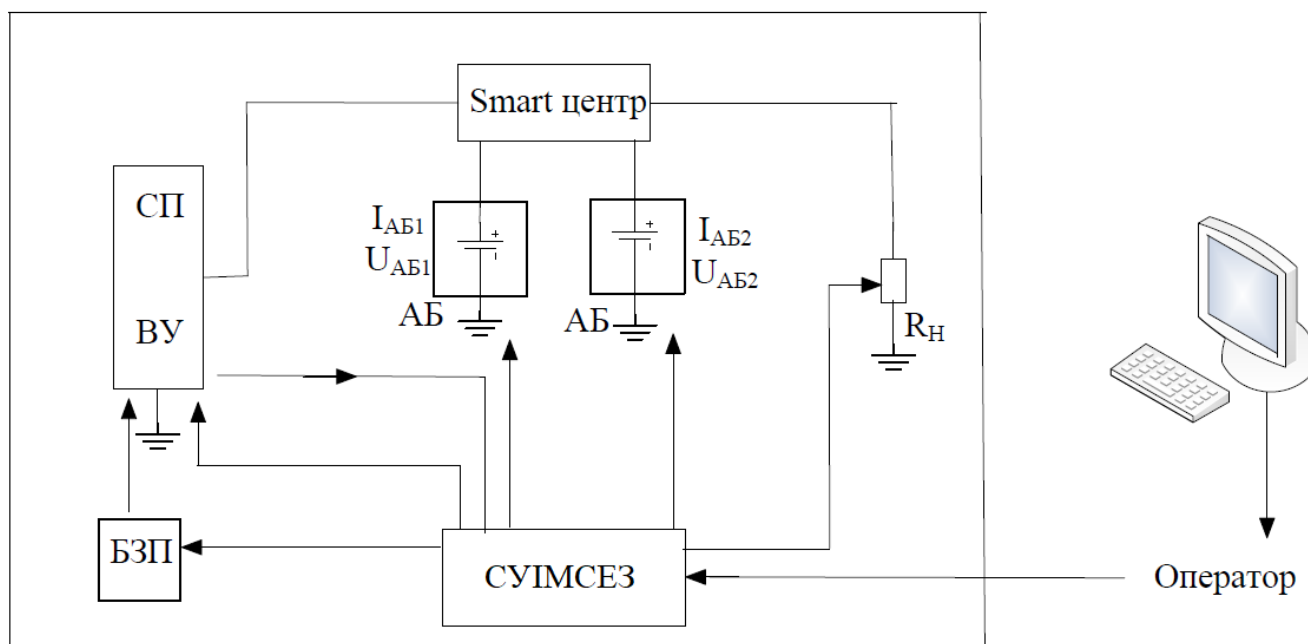


Рисунок 3.4 Структура моделі системи електропостачання

Структура моделі системи енергозабезпечення сонячною панеллю і вітровою установкою див. рис. 3.5.

Щоб модель дозволяла гнучко управляти ключами сонячної батареї і вітрової установки, запропоновано схему заміщення системи енергозабезпечення автономного об'єкту, в якій регульоване джерело первинної енергії для шин акумуляторної батареї, заміщене керованими сонячними батареями і вітровою установкою (див. рис. 3.6), які імітують ступеневе збільшення або зменшення складової струму вольт-амперної характеристики сонячної батареї, вітрової установки – $i_{CBnK}(t)$ або $i_{CBmK}(t)$ відповідно до сигналів (m і n) і $K(t)$ – сигналом коефіцієнту освітленості блоку задавача параметрів освітленості об'єкту.

Таким чином, задаючи максимальні значення n і m і гранично налаштовуючи ВАХ сонячної батареї при повній освітленості і вітрової установки, отримуємо математичний опис моделі регульованого джерела первинної енергії, яке можливо реалізувати в пакеті MatLab.

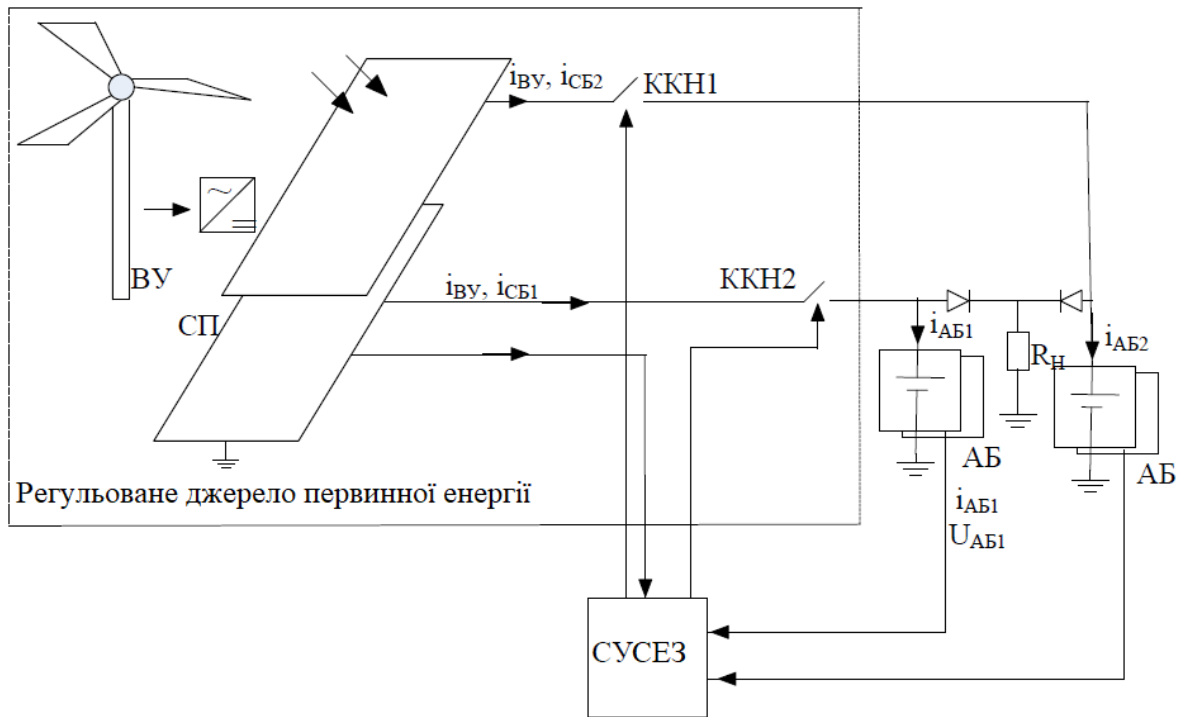


Рисунок 3.5 Структура моделі системи енергозабезпечення сонячною батареєю

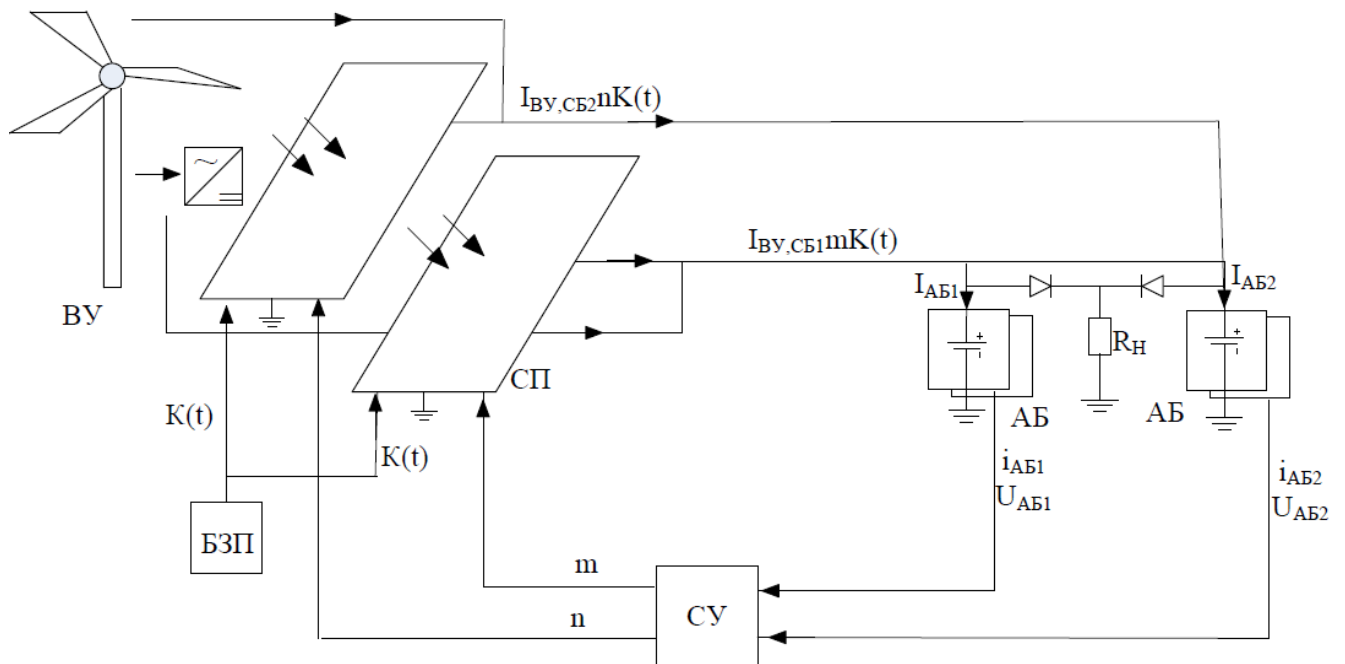


Рисунок 3.6 Схема заміщення структури системи електропостачання

Таким чином, задаючи максимальні значення n і m і гранично налаштовуючи ВАХ сонячної батареї при повній освітленості і вітрової установки, отримуємо математичний опис моделі регульованого джерела первинної енергії, яке можливо реалізувати в пакеті MatLab.

Імітаційна модель системи електропостачання, представлена на рисунку 3.7 і реалізована в програмі Sim Power Systems пакета MatLab. Керована сонячна панель і вітрова установка є керовані джерела струму зі зворотним зв'язком по напрузі і імітують загальну ВАХ сонячних панелі, підключених до акумуляторної батареї. Функціональний зв'язок струму і напруги описана на мові С в блоці Simulink. Модель задана емпіричною формулою (3.3) – (3.5) і налаштовується по точкам $I_{кз}$, $I_{опт}$, $U_{хх}$, $U_{опт}$ (струми короткого замикання і екстремальної потужності, напруги холостого ходу і екстремальної потужності).

Коефіцієнт ступеня освітленості сонячної батареї:

$$K_{осв}(t) = \sin(2\pi / T_{осв}). \quad (3.3)$$

$$\text{де } T_{осв} = T_{об} \alpha / 360^\circ$$

$T_{об}$ – період обертання Землі навколо Сонця, [119];

α – кут освітлення поверхні сонячної панелі сонцем, [119].

Відома емпірична залежність напруги від струму СБ [106, 119], вона зручна тим, що ВАХ задаються параметрами: $I_{кз}$ [$K_{осв}(t)$], $I_{опт}$ [$K_{осв}(t)$], $U_{хх}$, $U_{опт}$.

Модель сонячної моделі будується в MatLab по залежності:

$$I_n(U_n) = I_{кзрег} \left[1 - C_1 (\exp(C_2 U_n^m) - 1) \right]. \quad (3.4)$$

$$C_1 = 0,001175;$$

$$C_2 = 4,46 U_{XX}^{-m};$$

$$m = \frac{\ln C_3 - \ln 4,46}{\ln U_{онм} - \ln U_{XX}}. \quad (3.5)$$

$$C_3 = \ln \frac{0,001175 I_{кзрег} - I_{онмрег}}{0,001175 I_{кзрег}}.$$

Динаміка зміни потужності сонячної панелі виходить із залежності:

$$I_{kзрег} (K_{осв} (t)) = I_{кз} K_{осв} I_{онм} (K_{осв} (t)) = K_{осв} I_{онм}. \quad (3.6)$$

Швидкість вітру і потужності вітрової установки визначаються відповідно до розділу 2 (2.54) і (2.31).

Моделі акумуляторів АВ1 і АВ2 взяті з програми SimPowerSystems, адаптовані до моделі і дозволяють з достатньою точністю налаштувати зарядну і розрядну характеристики АБ.

Модель R4_Blok імітує схему включення аварійного режиму і реалізована з блоків програми Simulink. При моделюванні відстежується напруга на АБ і в разі досягнення на будь-який з них мінімального допустимого рівня виробляється сигнал R4Out для відключення навантаження і переходу в аварійний режим роботи СУ – Control system. При досягненні максимально допустимого рівня сигнал знімається і поновлюється звичайний режим роботи.

Модель циклограми навантаження Load складається з блоків програми Simulink і SimPowerSystems і являє собою залежний джерело струму, який реалізує функцію $I(t) = R4OutP(t) / U(t)$. Функція потужності $P(t)$ задана у вигляді прямокутних імпульсів, а напруга $U(t)$ надходить з датчика напруги вихідний шини. Сигнал коефіцієнта R4Out надходить з моделі R4_Blok і в звичайному режимі дорівнює 1, а в аварійному режимі дорівнює 0, що дозволяє імітувати роботу ККН в звичайному, так і в аварійному режимах.

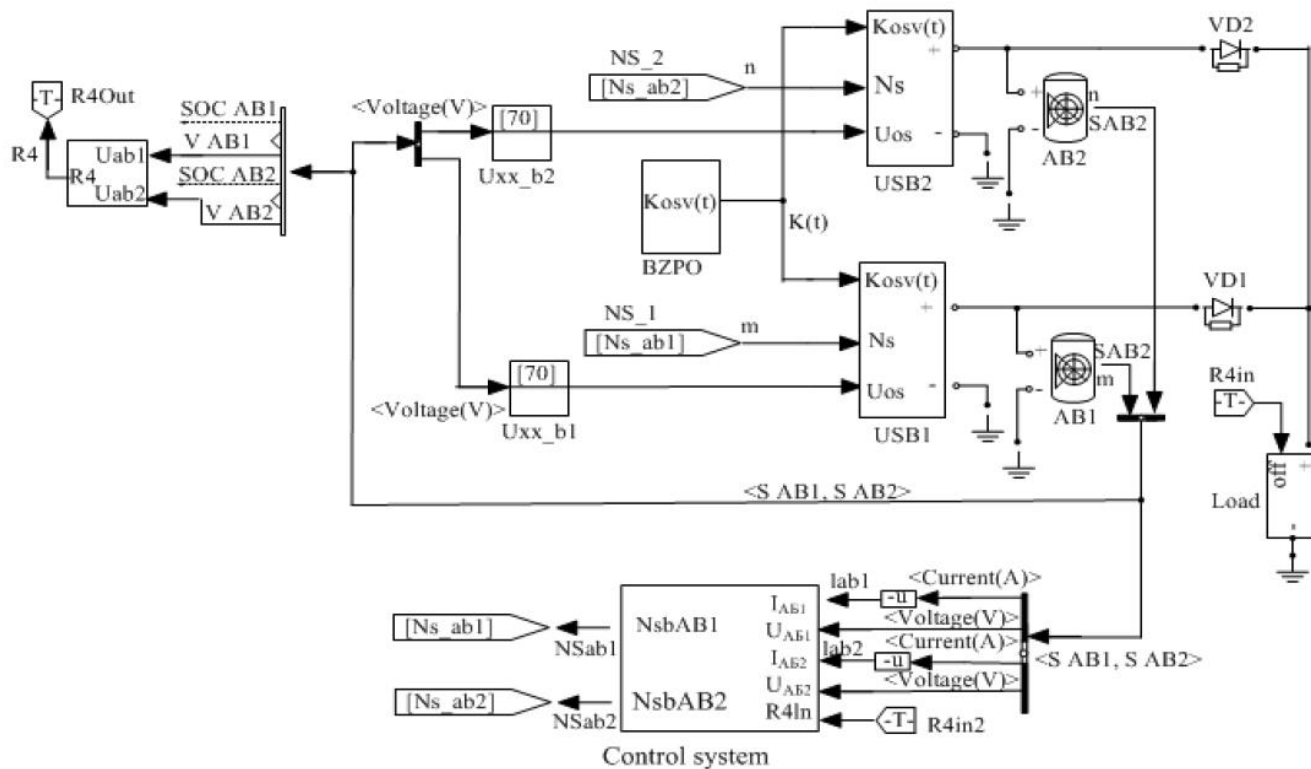


Рисунок 3.7 Імітаційна модель в програмному середовищі MatLab

Модель коефіцієнта освітленості BZPO реалізована з блоків програми Simulink і відображає зміну кута нахилу площини СП до променів сонячного освітлення.

Вихідний сигнал $K(t)$ моделі BZPO представлений на рисунку 3.8.

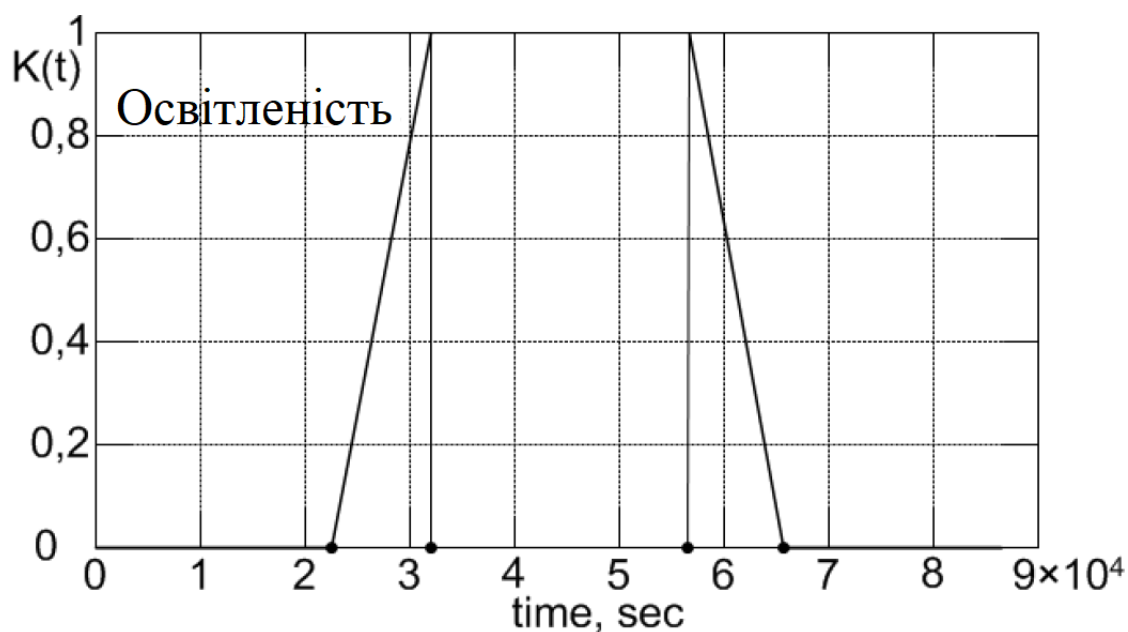


Рисунок 3.8 Осцилограма моделі циклограми освітленості СП

Модель СУ – Control system містить блоки програми Simulink, які імітують мажоритарні елементи, і моделі резервованих мікроконтролерів ММК, які виконані в програмі Stateflow. Моделі мікроконтролерів ММК побудовані за принципом поділу алгоритмів роботи на логічні блоки та представлені на мові UML.

Контролер вітрової установки розглянуто в розділі 2, рисунок 2.2. Структурно ММК розділена на дві групи програмних блоків (ПБ), які представлені на рисунку 3.9, а. в один модельований такт по черзі викликається все ПБ, тобто працюють паралельно один з одним і кожен з них становить різні режими роботи основного алгоритму і називається станом. Між станами відбувається переходи у відповідь на які ініціюють умови. В результаті переходів проводяться необхідні операції, видаються сигнали для інших ПБ, які називаються подією.

ПБ управління АБ див. рис. 3.9 блоки УАБ1 і УАБ2 ідентичні один одному і імітують роботу контурів регулювання струмів і напруг АБ. У моменти переходів між їх станами в кожен модельований момент часу формуються події на підключення або відключення СП або ВУ ($m \pm 1, n \pm 1$) для ПБ управління УСПіВУ (ПУСБ1іУВ, ПУСБ2іУВ див. рис. 3.9, а). На рисунку 3.9, б для прикладу наведено стан ПУСБ1іУВ, реалізований в програмі Stateflow. ПУСП1іУВ відповідно до події $m \pm 1$ виробляє холості переходи між одним станом Out, виконуючи при цьому виклик однієї з функцій на почергове підключення СП, ВУ – подія ON, відключення – OFF або підключення однієї з СП, ВУ в аварійному режимі роботи – подія R4. Викликані функції логічної обробки AddBS, SubBS, KeyR4 описані на мові MatLab і в свою чергу формують вектор $[m]$, що позначає кількість сонячних батарей, підключених до АБ1іВУ. Представлення даних у вигляді вектору $[m]$ дозволяє коректно імітувати роботу мажоритарних елементів, які порівнюють значення паралельно працюючих мікроконтролерів резервної СУ.

Для організації роботи альтернативних джерел живлення необхідно створювати стійкі схеми роботи, узгоджені з електричними системами.

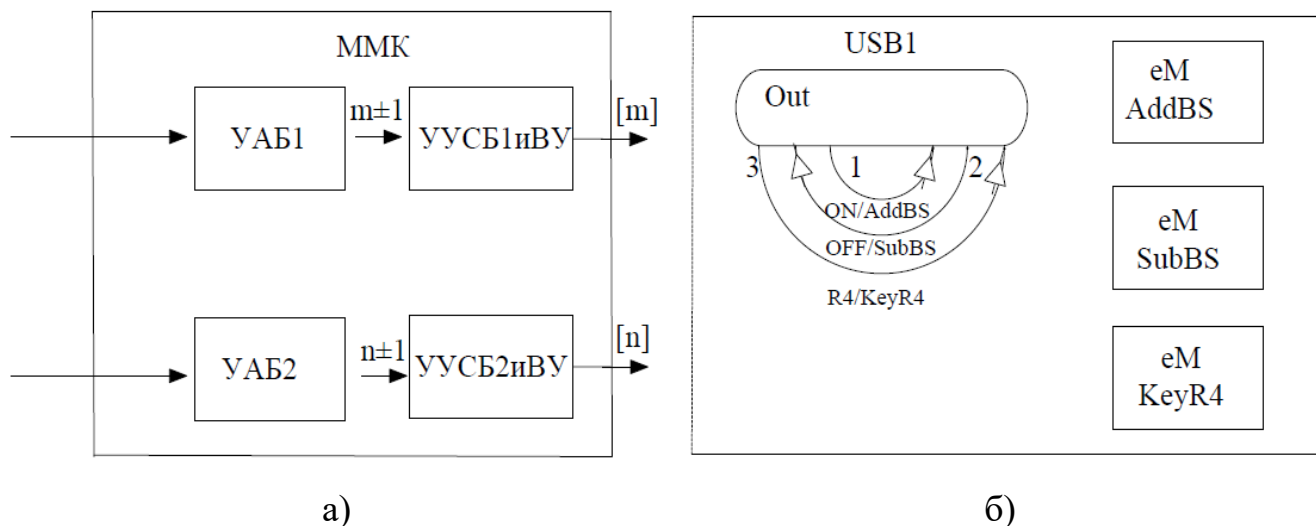


Рисунок 3.9 Програмне забезпечення моделі СУ на мові UML:

а – структура програмного забезпечення ПО; б – діаграма станів програмного блоку УСП1іУВ в MatLab

3.3. Управління контролером системи енергозабезпечення з елементами Smart

В даний час в усьому світі переходять на використання сонячної та вітрової енергії. Це дозволяє економити на зміні системи живлення і дозволить значно зменшити споживання енергії за рахунок використання сонячних панелей, вітрогенераторів. При перетворенні сонячної і вітрової енергії в електричну або в теплову навколишнє середовище не забруднюється. Генератори для перетворення сонячної енергії в електричну збирають з великого числа сонячних елементів. Сонячні панелі генерують на світлі значну електричну потужність, в основному застосовуються для автономних пристроїв різного призначення.

Впровадження сонячної, вітрової енергетики призводить до вирішення завдань ефективності роботи енергозабезпечення з урахуванням зміни навколишнього середовища. Моделювання процесів в системі перетворення енергії і систем електропостачання дозволяє передбачити її функціонування при зміні внутрішніх і зовнішніх умов. При проектуванні експлуатації автономних систем живлення з використанням сонячних панелей, вітрових установок необхідно забезпечити ви-

конання енергобалансу в системі енергоживлення при відомих енергетичних характеристиках вітрової установки сонячної і акумуляторної батарей і заданої часової діаграмі енергоспоживання з сторони навантаження. При цьому враховуються вплив деградаційних змін енергетичних характеристик на роботу систем енергоживлення.

Для розв'язання поставленого завдання необхідно розробити імітаційну модель автономної системи енергозабезпечення. Для її виконання користуємося середовищем візуального моделювання Simulink, що входить до складу пакету MATLAB [134]. Одним з головних його переваг є можливість моделювання, що поєднує методи структурного і імітаційного моделювання. Такий підхід на відміну від пакетів схемотехнічного моделювання дозволяє істотно спростити модель, отже, підвищити швидкість обчислень, а також забезпечує гнучкість і трансформованою системи під розробляються алгоритми [135].

Управління контролером вітрової установки розглянуто в розділі 2.

Модель розробленої моделі автономної системи енергозабезпечення див. рис 3.10. У кожній установці є свій контролер, один Smart центр управління, який пов'язує систему енергозабезпечення з джерелом енергії.

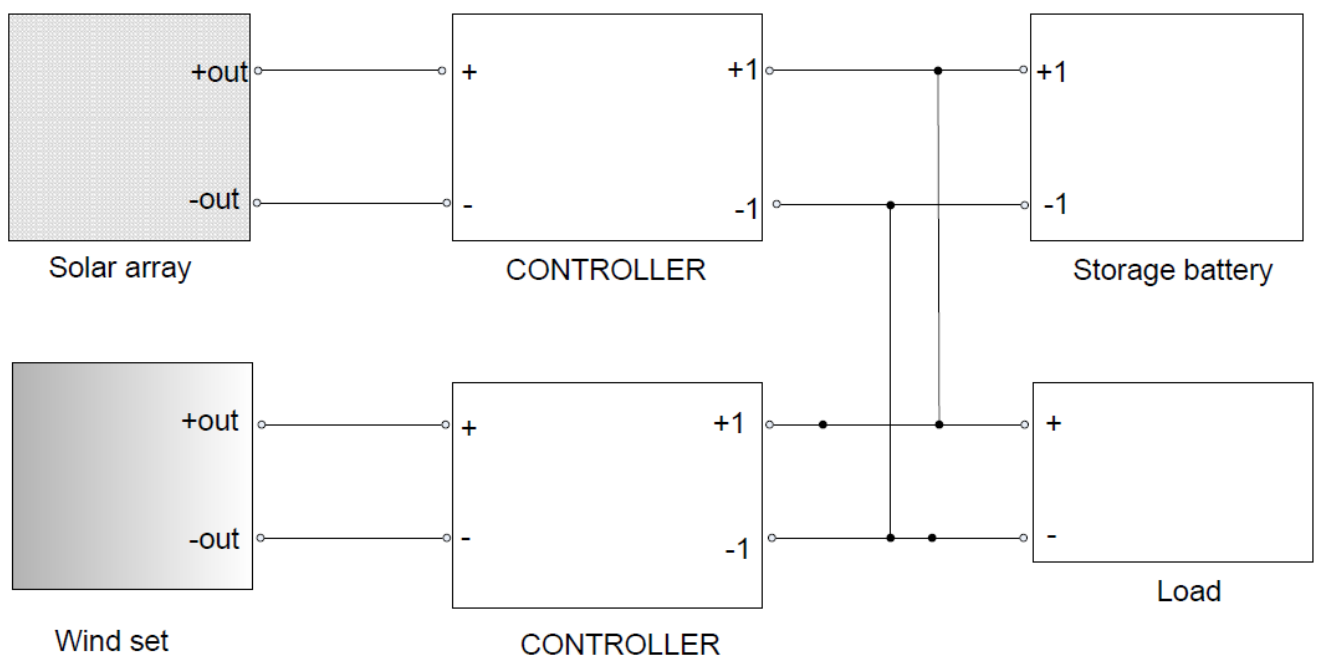


Рисунок 3.10 Модель запроєктованої автономної системи енергозабезпечення

Параметри системи, які можуть задаватися споживачем, до них відносяться струм короткого замикання і напруга холостого ходу сонячного елемента і ВУ, кут падіння сонячних променів на панель (в радіанах), температура навколишнього середовища, кількість сонячних елементів у сонячній панелі, швидкість вітру, задані значення струму заряду і напруги повного заряду АБ, а також рівень освітленості сонячної панелі див. рис.3.11.

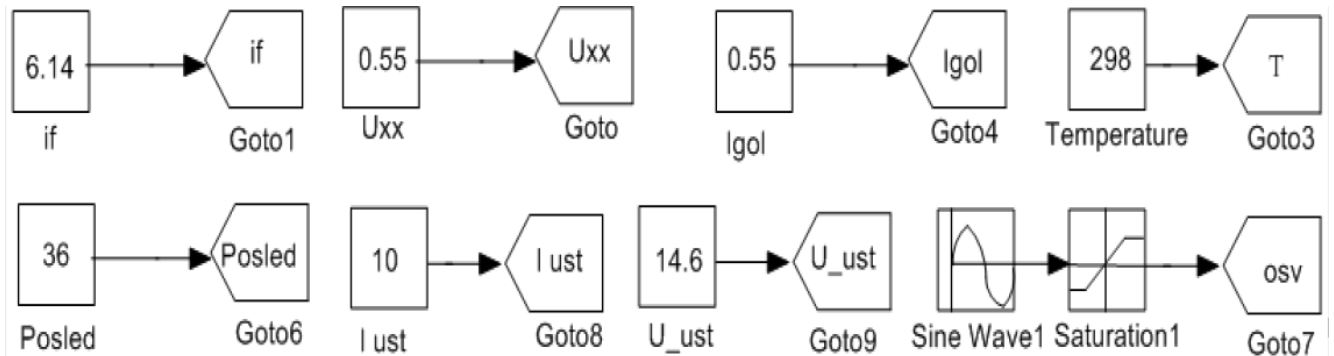


Рисунок 3.11 Параметри моделі автономної системи

Найбільш складною складовою системи є модель контролера СП, структурна схема див. рис. 3.12.

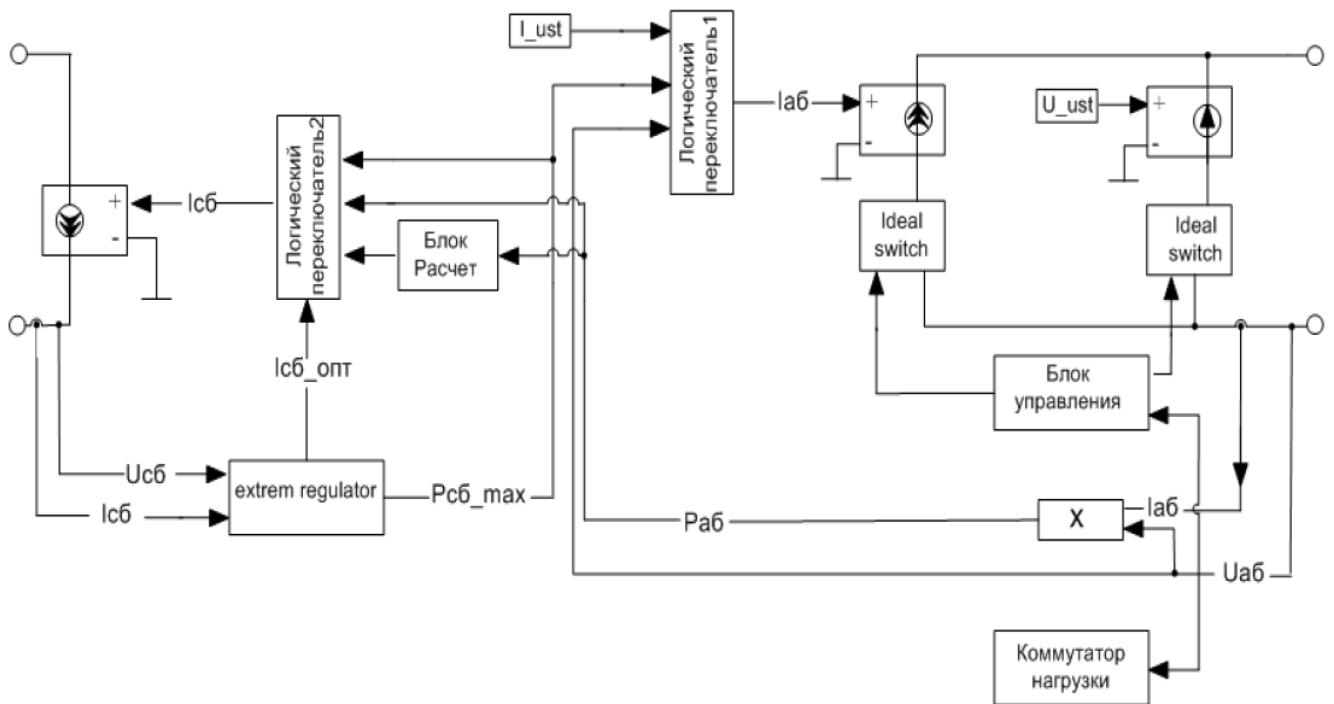


Рисунок 3.12 Імітаційна модель контролера сонячної панелі

Модель контролера сонячної панелі, вітрової установки функціонує в декількох режимах, в тому числі в режимі екстремального регулювання.

Моделі сонячної батареї, контролера сонячної панелі та акумуляторної батареї розглянуті в [119, 138]. Ієрархічна структура блоку “Load” зі споживачами електричної енергії див. рис. 3.13.

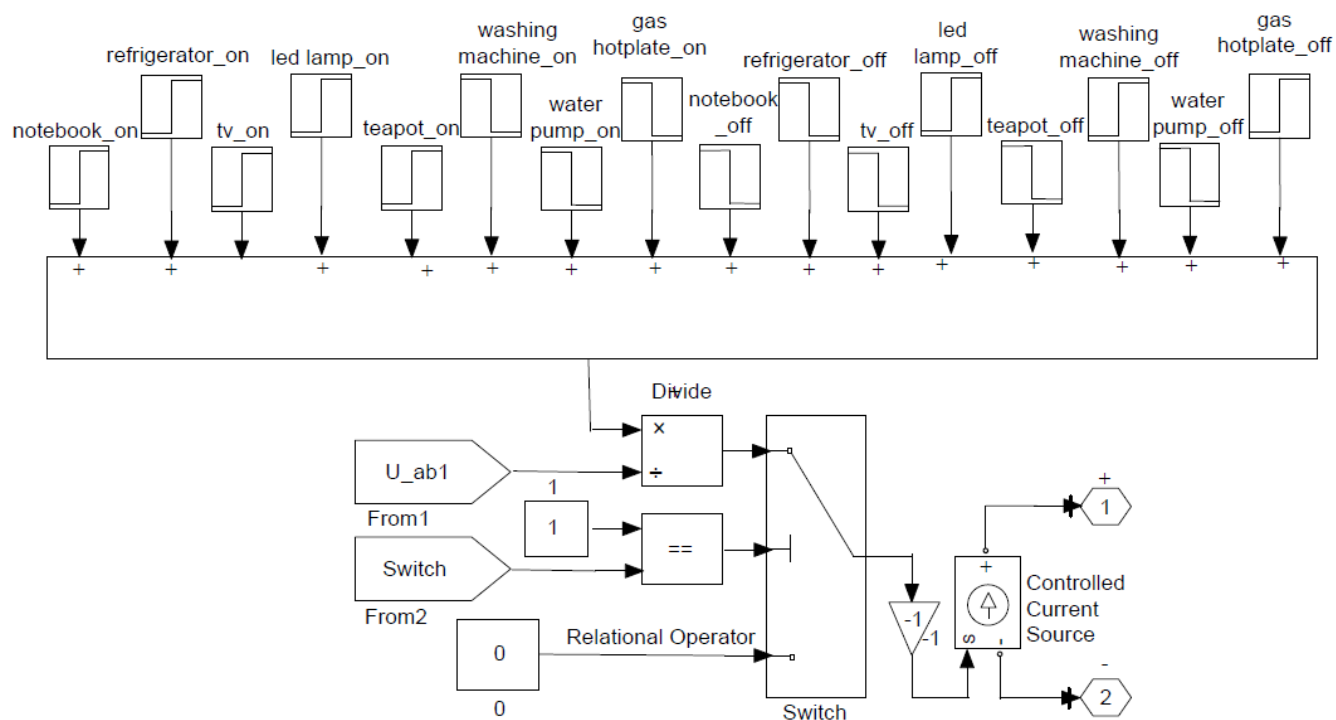


Рисунок 3.13 Структура блоку “Load”

3.4. Проектування моделі оптимального управління нормативною температурою

Оснащення житлових і виробничих будівель системами програмного управління температурою дозволяє зменшити витрати енергії на опалення за рахунок зниження температури в періоди відсутності людей і адаптації витрат теплової енергії до зміни температури навколишнього середовища [45].

При розробці систем управління температурою приміщення виникає ряд проблем, таких як визначення часу, необхідного для підйому температури для забезпечення заданих значень до необхідного моменту, вибір алгоритму регулювання температури і визначення числових параметрів обраного алгоритму [45].

Завдання вибору закону управління і типу регулятора полягає у виборі такого регулятора, який при мінімальній вартості і максимальній надійності забезпечував би задану якість регулювання.

Для того щоб вибрати тип регулятора і його налаштування, необхідно знати статичні і динамічні характеристики об'єкту управління, вимоги до якості процесу регулювання і характер збурень, що діють на процес регулювання.

Регулятори з лінійним законом регулювання по математичній залежності між вхідними і вихідними величинами поділяються на такі види [45]:

- пропорційні (П-регулятори);
- пропорційно-інтегральні (ПІ-регулятори);
- пропорційно-інтегрально-диференціальні (ПІД-регулятори).

Контур регулювання температури в приміщенні див. рис. 3.14.

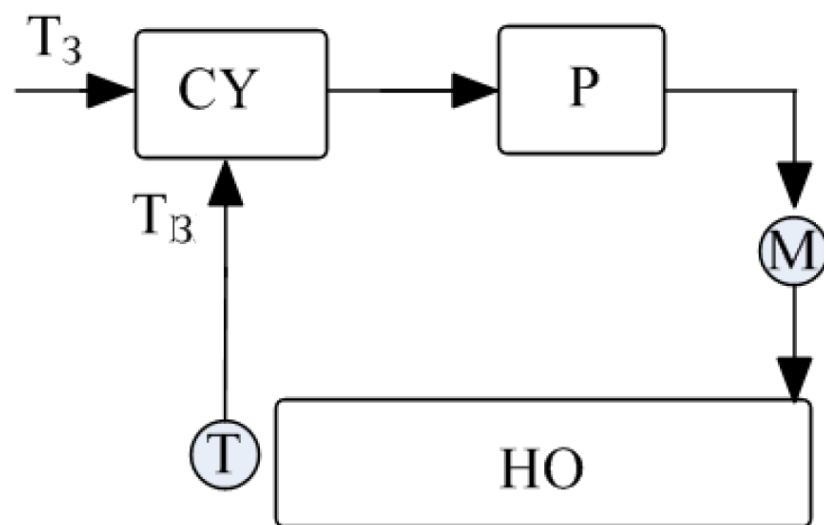


Рисунок 3.14 Регулювання температури в приміщенні

СУ – пристрій порівняння; T_3 – задана температура; $T_в$ – виміряне значення температури; Р – регулятор; НО – пристрій нагрівання; Т – давач температури; М – виконавчий механізм

Температура повітря підтримується нагрівальним обладнанням, яке працює за рахунок енергії сонячної панелі. Температура в приміщенні вимірюється давачем Т, далі ця величина надходить на СУ-пристрій порівняння виміряного зна-

чення температури T_B і заданого T_3 . Залежно від різниці між заданим і вимірним значеннями температури регулятор P виробляє сигнал, що впливає на виконавчий механізм M . Виконавчий механізм відкриває або закриває клапан до положення, при якому помилка буде прямувати до нуля:

$$\varepsilon = T_3 - T_B. \quad (3.7)$$

Узагальнена структурна схема системи автоматичного регулювання представлена на рисунку 3.15.

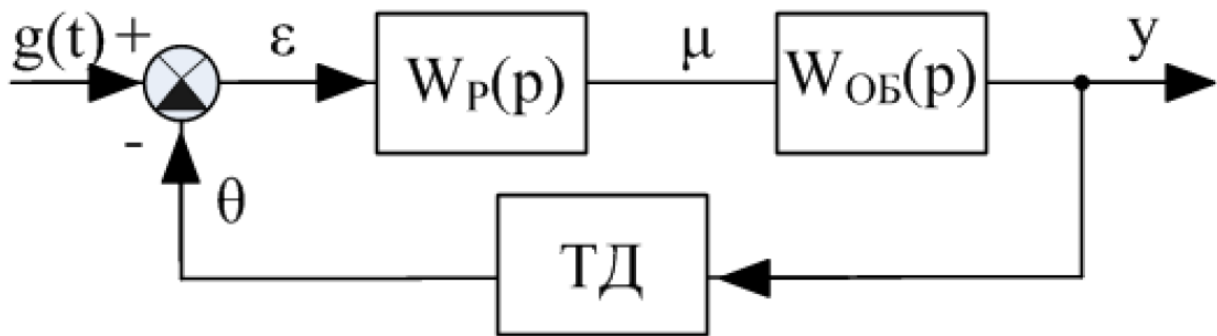


Рисунок 3.15 Структурна схема системи автоматичного регулювання:

$W_P(p)$ – передавальна функція регулятора; $W_{OP}(p)$ – передавальна функція об’єкту управління (регулювання); ТД – давач температури; $g(t)$ – задане значення температури; ε – похибка регулювання; u – керована величина; θ – вимірне давачем значення температури

Коефіцієнт передачі від неузгодженості ε до виходу u визначається виразом:

$$W(j\omega) = W_P(p) W_{OP}(p). \quad (3.8)$$

де $W_P(p)$ – коефіцієнт передачі регулятора;

$W_{OP}(p)$ – коефіцієнт передачі об’єкту регулювання.

Для моделювання, аналізу та синтезу об'єктів і автоматики, розглядається задача синтезу системи САР температури повітря в приміщенні автономного об'єкту, температура всередині приміщення не повинна перевищувати 27 °С. Структурна схема САР приведена на рисунку 3.15.

Для синтезу САР з типовим законом регулювання необхідно математично описати складові її ланок.

Отриману теоретичним шляхом математичну модель приміщення як об'єкту управління. Значення температури повітря в приміщенні θ залежить від потужності нагрівального обладнання P і температури зовнішнього повітря θ_H . Для отримання математичного опису об'єкту управління використовувалися відомості з області теплотехніки.

В процесі нагрівання приміщення одна частина теплової потужності (нагрівача) витрачається на підвищення температури в приміщенні, а друга частина розсіюється назовні шляхом теплопередачі через стіни. Математичні формули мають такий вигляд:

$$KP + \theta_H = T \frac{d\theta}{dt} - \theta. \quad (3.9)$$

Дане рівняння є лінійним диференціальним рівнянням 1-го порядку.

У системах автоматичного регулювання виникає необхідність в регуляторі, який виробляв би додатковий регулюючий вплив, пропорційний швидкості відхилення регульованої величини від заданого значення. Тому наші дослідження проводились з використанням ПД регулювання. Диференціальна складова має вигляд:

$$\mu_D = T \frac{d\varepsilon}{dt}. \quad (3.10)$$

ПД-регулятори впливають на об'єкт управління пропорційно відхиленню регульованої величини, інтегралу від цього відхилення і швидкості зміни регульованої величини:

$$\mu = k_P + \frac{1}{T_I} \int_0^t \varepsilon dt + T_D \frac{d\varepsilon}{dt}. \quad (3.11)$$

де T_D – диференційована постійна часу;

T_I – інтегрована постійна часу;

По можливостях ПД-регулятори є універсальними. Використовуючи їх, можна отримати будь-який закон регулювання. Структурна схема і закон регулювання ідеального ПД-регулятора наведені на рисунку 3.27 і 3.28.

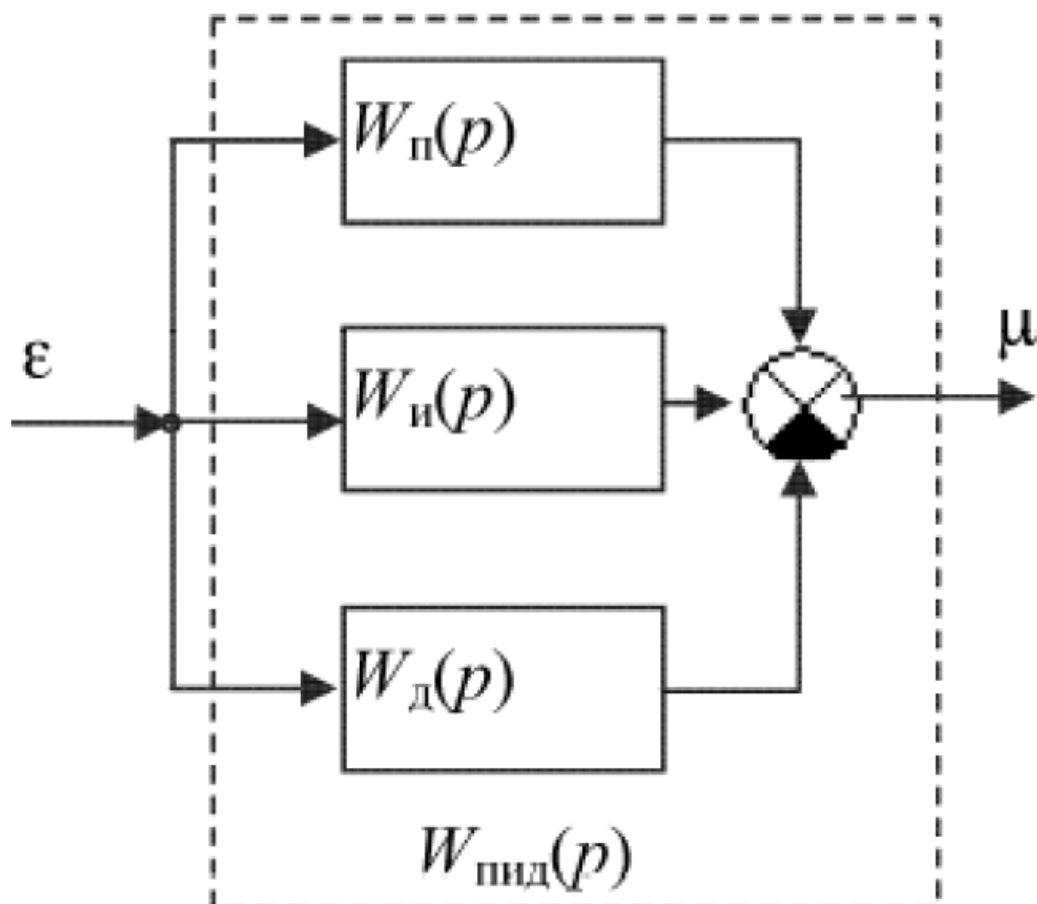


Рисунок 3.16 Структурна схема ідеального ПД-регулятора

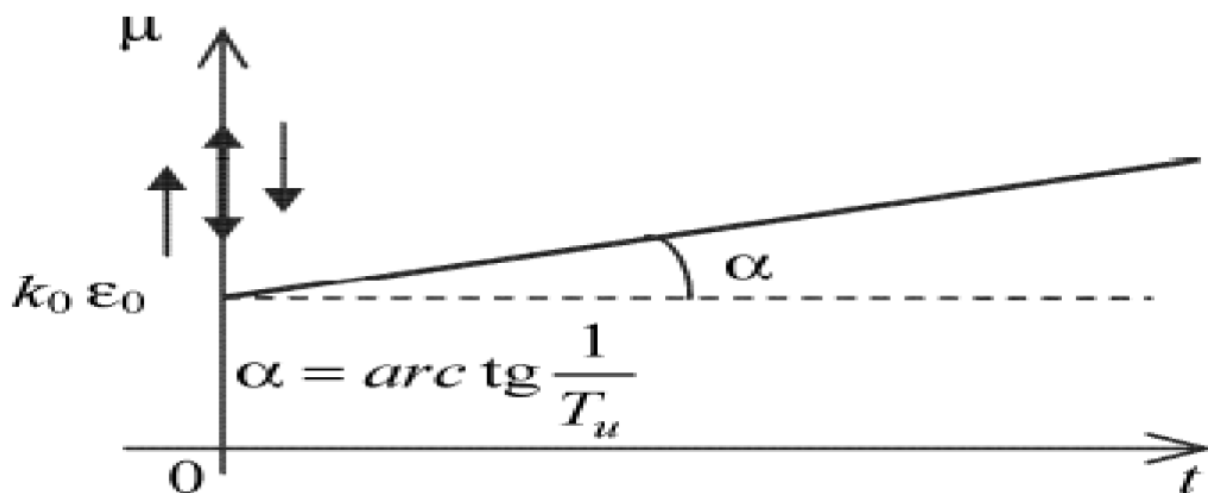


Рисунок 3.17 Закон регулювання ідеального ПІД-регулятора

При стрибкоподібній зміні регульованої величини ПІД-регулятор в початковий момент часу надає миттєвий нескінченно великий вплив на об'єкт регулювання, потім величина впливу різко падає до значення, обумовленого пропорційною складовою, після чого постійно починає впливати інтегральна складова регулятора. Перехідний процес в ПІД-регуляторі (рисунок 3.18) має мінімальні відхилення по амплітуді і по часу в порівнянні з П- і ПІ-регуляторами (тобто найбільш високу швидкодію).

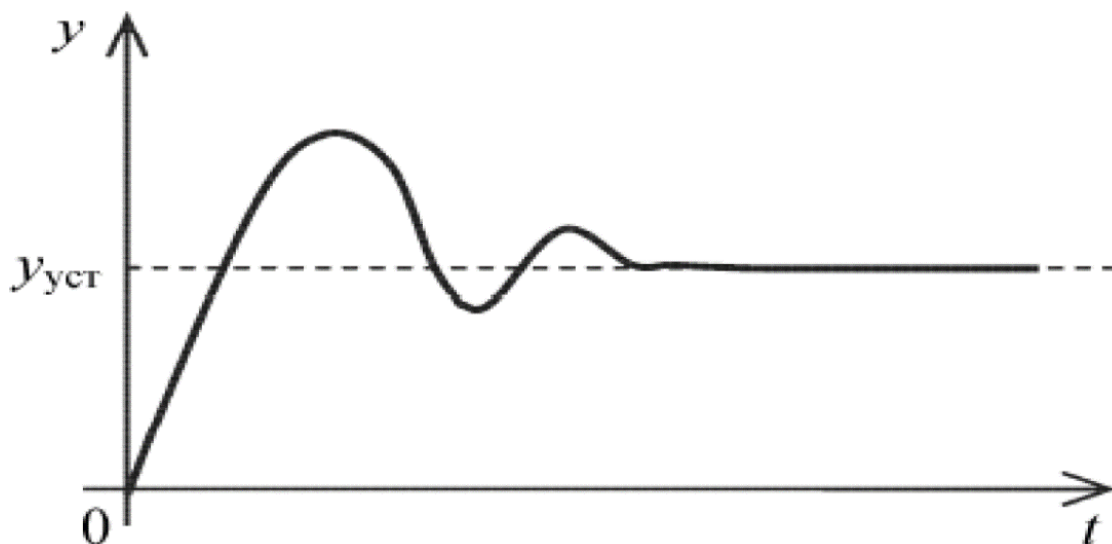


Рисунок 3.18 Перехідний процес в ПІД-регуляторах

Параметрами налаштування ПД-регулятора є коефіцієнт пропорційності регулятора K_P , постійна часу інтегрування T_I і постійна часу диференціювання T_D .

Зі збільшенням запізнювання в системі різко зростають негативні фазові зміщення, що знижує ефект диференціальної складової регулятора.

Крім того, наявність шумів в каналі вимірювання в системі з ПД-регулятором призводить до значних випадкових коливань сигналу регулятора, що збільшує дисперсію помилки регулювання і знос виконавчого механізму.

ПД-регулятори дозволяють забезпечити для систем регулювання температури гарну якість регулювання: неузгодженість регулювання менше 1% від заданої точки, досить малий час виходу на режим і невисоку чутливість до зовнішніх збурень.

Необхідно мати на увазі, що при неточному завданні параметрів налаштування ПД-регулятор може погіршити показники в порівнянні з іншими типами регуляторів і навіть перейти в режим автоколивань.

При цифровій реалізації ПД-закон має вигляд:

$$\mu = k_P + \frac{1}{T_I} \sum_{i=0}^n \varepsilon_i \Delta t_B + T_D \frac{\Delta \varepsilon_i}{\Delta t_B}. \quad (3.12)$$

3.5. Висновки до розділу 3

1) Показана можливість використання низьковольтної системи живлення для освітлення автономного об'єкту і для заряду акумуляторної батареї, без втрат енергії при перетворенні від 24В постійного струму в 220В змінного струму;

2) В результаті моделювання встановлено, що, що при додатному енергобалансі напруги на АБ1 і АБ2 знаходяться в заданому режимі 24 / 220В, і при цьому забезпечується повне функціонування навантаження. При від'ємному енергобалансі функціонування навантаження припиняється в момент досягнення допустимого значення напруги на АБ1 і АБ2, при цьому СЕЗ переходить в аварійний режим роботи і заряджає акумулятори;

3) В результаті аналізу роботи моделі показано, що імітаційна модель СЕЗ побудована і функціонує відповідно до закладеної в неї логікою роботи. За допомогою цієї моделі можна наочно імітувати різні режими роботи СЕЗ;

4) У програмі Simulink і Simpowersystems, що входить до складу пакету MATLAB розроблено імітаційну модель управління контролером енергозабезпечення автономного об'єкта з елементами Smart технології. Ця модель дозволяє реально відображати логіку роботи сонячної панелі та вітрової установки;

5) Розроблено модель оптимального управління відчувається температури в автономному об'єкті;

6) Представлені моделі лягли в основу при проектуванні Smart технології контролю та управління системами енергозабезпечення автономного об'єкту.

РОЗДІЛ 4

СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА

4.1. Програмне середовище математичного моделювання MATLAB

MATLAB об'єднує середовище розробки, налаштоване для інтерактивний аналіз і проектування та мову програмування, що безпосередньо відображає математичні дії.

MATLAB і інструменти Math Works ретельно протестовані, повністю документовані і розроблені професіоналами відповідних галузей.

MATLAB дозволяє побачити, як різні алгоритми працюють з даними. Додатки автоматично генерують програми на мові MATLAB для відтворення або автоматизації роботи цих алгоритмів.

Програми, створені в MATLAB, переносяться, з мінімальними змінами коду, на обчислювальні кластери, графічні процесори і хмари. Не має потреби переписувати код або вивчати методи програмування паралельних прикладних програм.

Система створена компанією The MathWorks і є зручним засобом для роботи з математичними матрицями, малювання функцій, роботи з алгоритмами, створення робочих оболонок (user interfaces) з програмами в інших мовах програмування. Хоча цей продукт спеціалізується на чисельному обчисленні, спеціальні інструментальні засоби працюють з програмним забезпеченням Maple, що робить його повноцінною системою для роботи з алгеброю.

MATLAB – одна з найстаріших, ретельно опрацьованих і перевірених часом систем автоматизації математичних і науково-технічних розрахунків, побудована на розширеному поданні та застосуванні матричних операцій. Це знайшло відображення в назві системи – MATrix LABoratory – матрична лабораторія. Застосування матриць як основних об'єктів системи сприяє різкому зменшенню числа циклів, які дуже поширені при виконанні матричних обчислень на звичайних мо-

вах програмування високого рівня, і полегшення реалізації паралельних обчислень.

Одним з основних завдань при створенні системи MATLAB завжди було надання користувачам потужної мови програмування, орієнтованої на технічні та математичні розрахунки і здатного перевершити можливості традиційних мов програмування, які протягом багатьох років використовувалися для реалізації чисельних методів. При цьому особлива увага приділялася як підвищенню швидкості обчислень, так і адаптації системи до вирішення різноманітних задач користувачів.

MATLAB реалізує три важливі концепції програмування:

- процедурне модульне програмування, засноване на створенні модулів – процедур і функцій;
- об'єктно-орієнтоване програмування, особливо цінне в реалізації графічних засобів системи;
- візуально-орієнтоване програмування, спрямоване на створення засобів графічного інтерфейсу користувача GUI (Graphics User Interface).

Мова програмування MATLAB відноситься до класу інтерпретаторів. Це означає, що будь-яка команда системи розпізнається (інтерпретується) по її імені (ідентифікатора) і негайно виконується в командному рядку, що забезпечує легку перевірку по частинах будь-якого програмного коду. Одночасно інтерпретує характер мови програмування MATLAB означає, що з перших рядків опису засобів цієї системи фактично описується її мову програмування.

Важливими перевагами системи є її відкритість і розширюваність. Більшість команд і функцій системи реалізовані у вигляді *m* файлів текстового формату (з розширенням *.m*) і файлів на мові C / C ++, причому всі файли доступні для модифікації. Користувачеві дана можливість створювати не тільки окремі файли, але і бібліотеки файлів для реалізації специфічних завдань. Будь-який набір команд в довідці можна тут же виконати за допомогою команди

Вид вікна системи MATLAB (рис. 4.1), що виводиться з самого початку, цілком відповідають канонам сучасного інтерфейсу Windows. Інтерфейс багатові-

конний і має ряд засобів прямого доступу до різних компонентів системи. В панелі інструментів є меню перегляду файлової системи з кнопкою його відкриття.

У лівій частині загального вікна системи є вікна доступу до компонентів системи Launch Pad / Workspace (Панель запуску / Робоча область) і вікно Current Directory (поточної папки). Під ними розташоване вікно Command History, що містить список виконаних команд. Якщо клацнути мишею по будь-якій команді, її можна перенести в поточний рядок вікна командного режиму MATLAB.

Меню MATLAB R2006 стало контекстно-залежним. Зміна зовнішнього вигляду інтерфейсу відведена командам позиції Desktop меню. Якщо залишити тільки командне вікно, то інтерфейс MATLAB матиме спрощений вид див. рис. 4.1. Такий вид інтерфейсу був характерний для старих версій системи.

Багато користувачів знаходять його найбільш прийнятним.

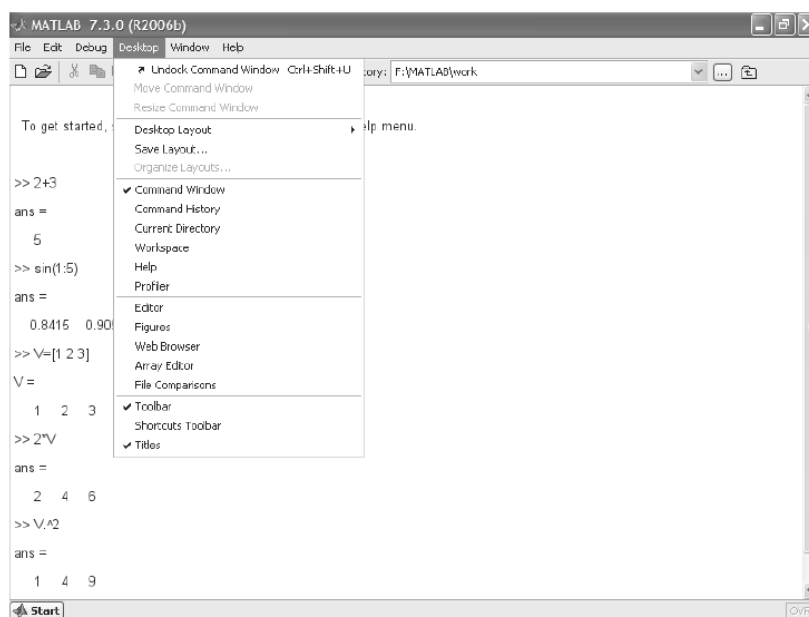


Рисунок 4.1. Інтерфейс MATLAB

Для перегляду вмісту масивів зручно використовувати браузер робочого простору Workspace. Кожен вектор і матриця в ньому представляються у вигляді квадратика з осередками, праворуч від якого вказується розмір масиву. Подвійний клацання по квадратику мишею веде до появи вікна редактора масивів Array Editor див. рис. 4.2.

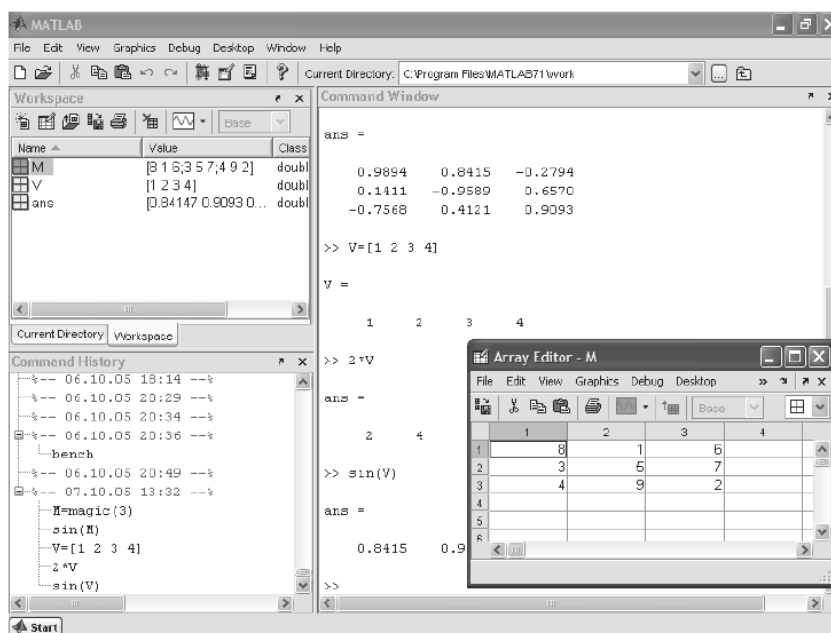


Рисунок 4.2. Вікно редактора масивів Array Editor

Робота з редактором масивів цілком очевидна – можливий не тільки перегляд елементів масивів, а й їх редагування і заміна.

MATLAB надає користувачеві велику кількість функцій для аналізу даних, які покривають майже всі області математики, зокрема:

- матриці та лінійна алгебра – алгебра матриць, лінійні рівняння, власні значення і вектори, сингулярності, факторизація матриць та інше;
- многочлени та інтерполяція – корені многочленів, операції над многочленами та їх диференціювання, інтерполяція та екстраполяція кривих;
- математична статистика та аналіз даних – статистичні функції, статистична регресія, цифрова фільтрація, швидке перетворення Фур'є та інші;
- обробка даних – набір спеціальних функцій, включаючи побудову графіків, оптимізацію, пошук нулів, чисельне інтегрування та інше;
- диференціальні рівняння – розв'язок диференціальних і диференційно-алгебраїчних рівнянь, диференціальних рівнянь із запізнюванням, рівнянь з обмеженнями, рівнянь в часткових похідних та інше;
- розріджені матриці – спеціальний клас даних пакету MATLAB, що використовується у спеціалізованих прикладних програмах;

– цілочисельна арифметика – виконання операцій цілочисельної арифметики в середовищі MATLAB.

Робоче середовище зображено на рисунку 4.3.

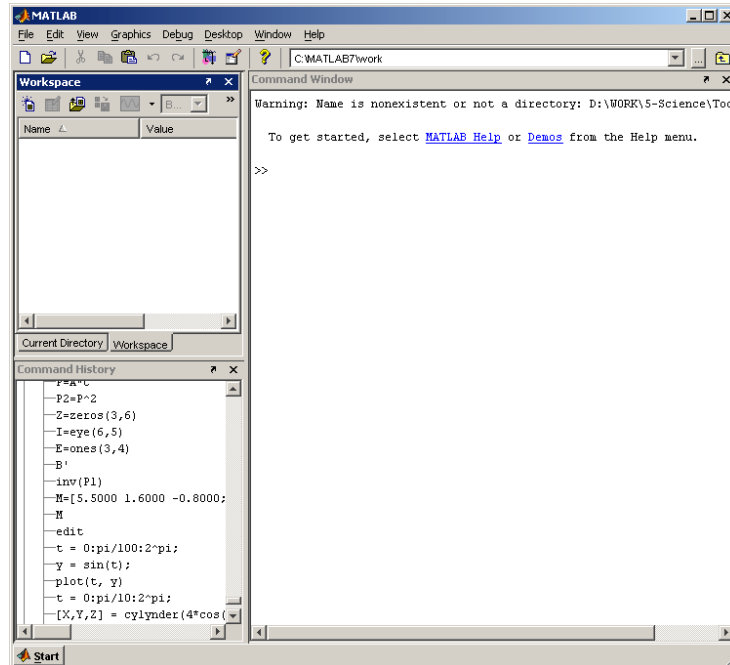


Рисунок 4.3. Робоче середовище Mat Lab

Важливо пам'ятати, що набір будь-якої команди або виразу повинен закінчуватися натисканням на Enter, для того, щоб програма MATLAB виконала цю команду або вирахувала вираз.

4.2. Середовище Simulink

Simulink призначений для моделювання, імітації та аналізу динамічних систем. Він дає можливість будувати графічні блок-діаграми, імітувати динамічні системи, досліджувати працездатність систем і вдосконалювати проекти. Такі широкі можливості дозволяють Simulink знаходити застосування в різних областях: фізиці, математиці, біології, економіці, медицині та ін., Всюди, де завдання описуються математичними і логічними операціями. На відміну від Simulink пакет SimPowerSystems є спеціалізованим і призначений для імітаційного моделювання

електротехнічних пристроїв. При роботі з пакетами MATLAB користувач має можливість модернізувати бібліотечні блоки, створювати свої власні, а також проектувати нові бібліотеки блоків.

Використовуючи спеціальні можливості Simulink, SimPowerSystems і SimElectronics, користувач може не тільки імітувати роботу пристроїв в тимчасовій області, а й виконувати різні види аналізу таких пристроїв. Зокрема, користувач має можливість розрахувати усталений режим роботи системи на постійному і змінному струмі, виконати розрахунок повного опору ділянки кола, отримати частотні характеристики, проаналізувати стійкість, виконати гармонічний аналіз струмів і напруг, поєднуючи електричний розрахунок з іншими розрахунками.

4.2.1. Моделювання електричного кола в SimScape

Для цього необхідно спочатку відкрити бібліотеку елементів Simulink через відповідну кнопку в панелі інструментів в основному вікні MATLAB або, набравши команду Simulink в командному вікні, і створити нову модель. У вікно нової моделі з гілки SimScape >> Foundation Library >> Electrical перенесемо джерело змінної напруги (AC Voltage Source), резистор (Resistor) і конденсатор (Capacitor) див. рис. 4.4. Параметри елемента налаштовуються після подвійного клацання по елементу. Назва елемента можна змінити, але необхідно врахувати, що кирилиця не підтримується.

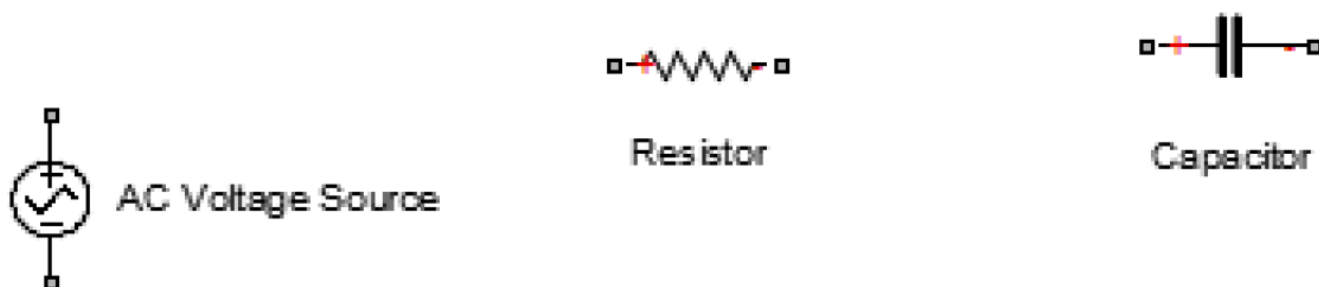


Рисунок 4.4. Елементи електричних кіл

З'єднаємо послідовно всі елементи в один контур (рис. 2). При необхідності повернути елемент на 90° , це можна зробити через контекстне меню командою Формат >> Rotate Block.

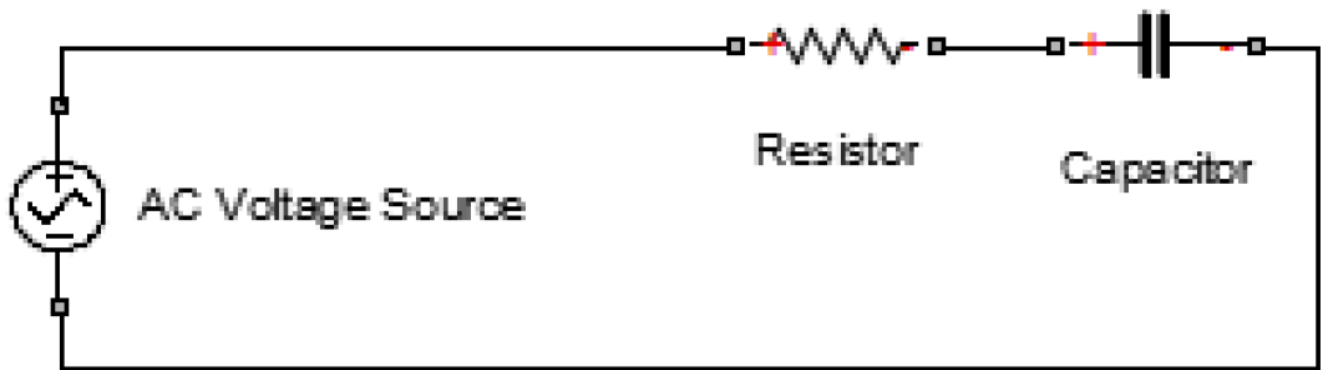


Рисунок 4.5. Схема електрична принципова

У схемі необхідно задати базисний вузол (землю), який в SimScare можна знайти як Electrical Reference. Після під'єднання цього елемента схема підготовлена до виконання, яке забезпечується виконувачем (Solver). Його підключають до проводу див. рис. 4.6.

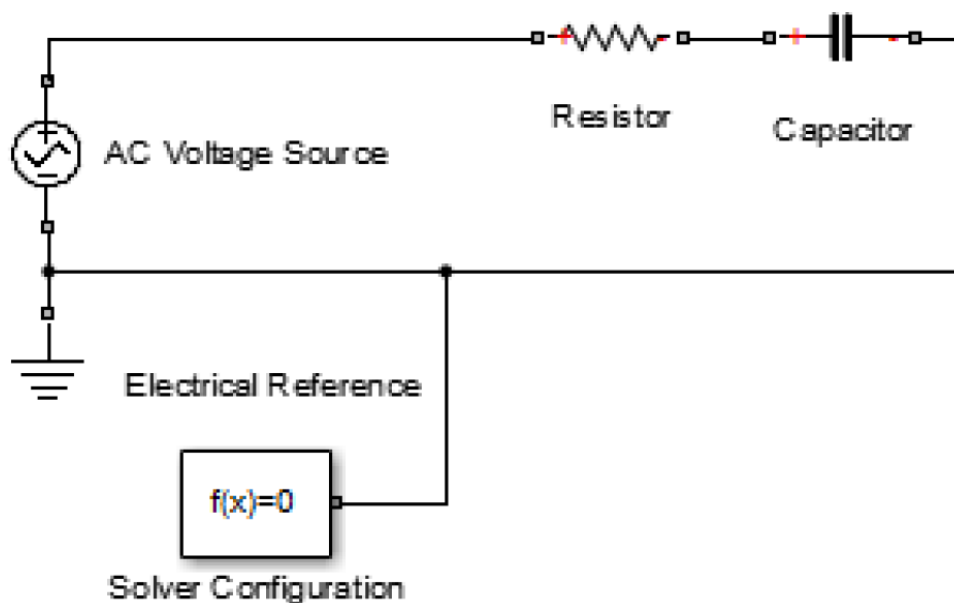


Рисунок 4.6. Схема електричного кола із зазначенням базисного вузла і підключеним вирішувачем

Перед тим як запусити моделювання роботи електричного кола, необхідно встановити вимірювальні прилади (Electrical Sensors) в місцях, де необхідно визначити напругу і струм див. рис. 4.7.

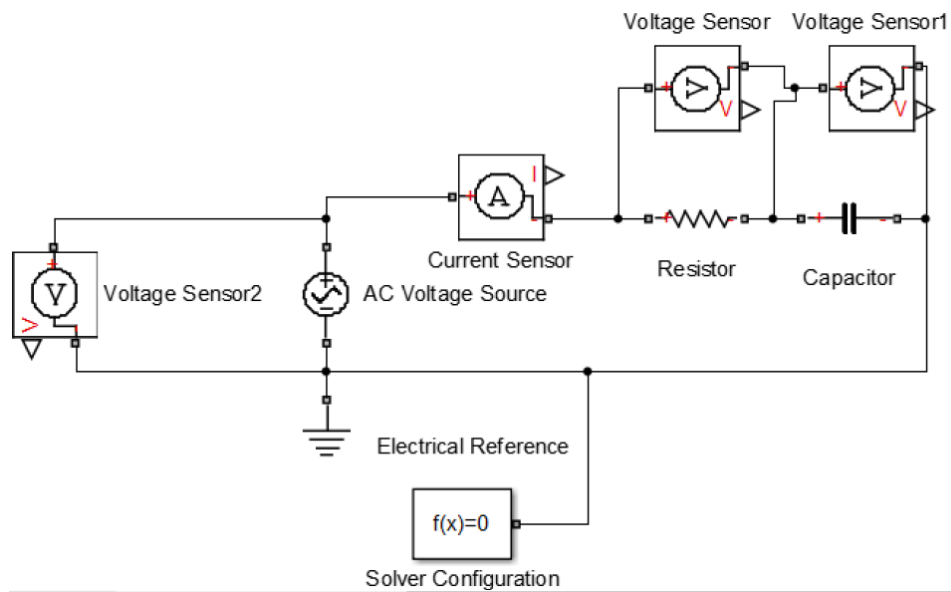


Рисунок 4.7. Схема з вимірювальними приладами

Додатковий вихід від вимірювального приладу призначений для передачі в основний модуль Simulink для візуалізації і збереження результатів розрахунку в файл або робочу область MATLAB. Після додавання зазначених елементів остаточна схема виглядає див. рис. 4.8.

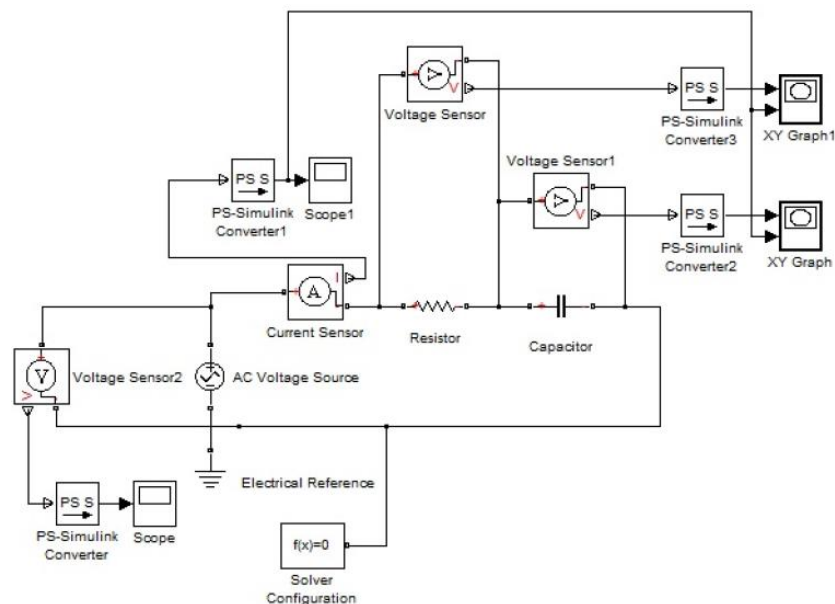
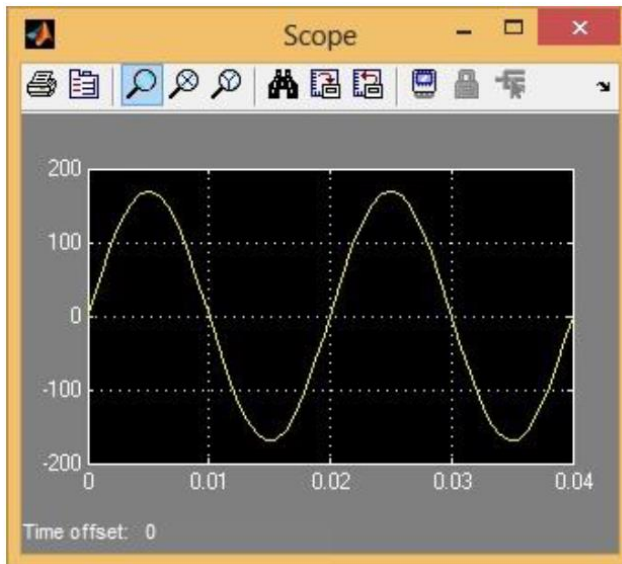


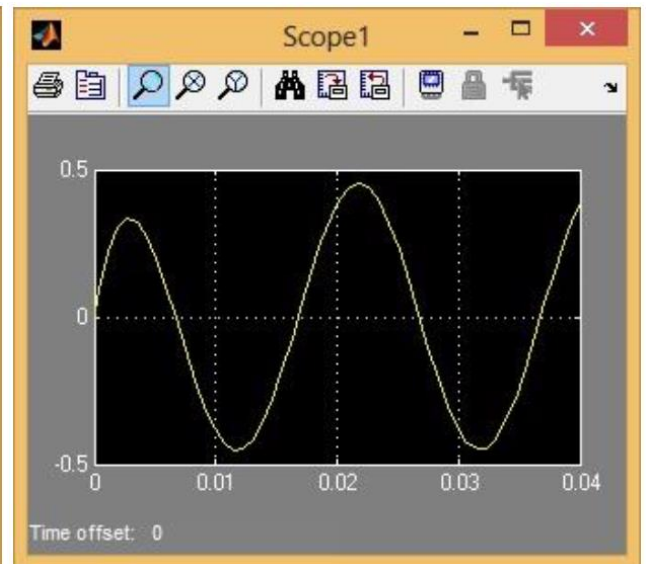
Рисунок 4.8. Схема електрична принципова для моделювання

Налаштувати параметри елементів, наприклад амплітуду і частоту напруги, можна за подвійним клацанням миші по іконці елемента. Також можна змінити

найменування елемента, вказавши на нього мишею. Після визначення всіх параметрів вказується час розрахунку на панелі інструментів 0.04 с, що дорівнює двом періодам при частоті 50 Гц, і запускаємо імітацію (Run). Результати імітації див. рис. 4.(9-10).

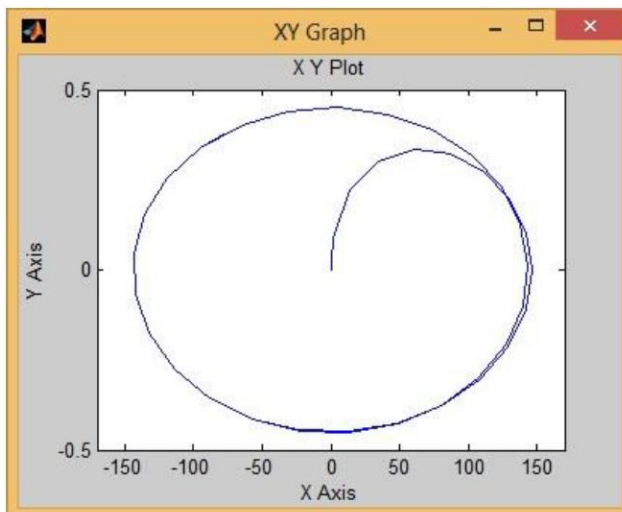


а) напруги

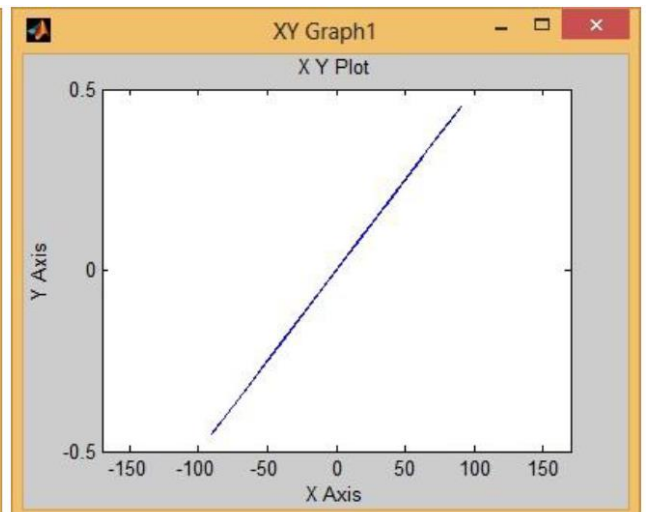


б) струму

Рисунок 4.9. Залежність від часу



а) на конденсаторі



б) резисторі

Рисунок 4.10. Залежність струму від напруги

4.3. Висновки до розділу 4

В даній магістерській роботі проведено побудову схеми електричної принципової та її розрахунок, математичних моделей системи енергозабезпечення автономного об'єкту із застосуванням сонячної панелі та вітрової установки та системи енергозабезпечення автономного об'єкту із застосуванням сонячної панелі та вітрової установки. Досліджено контури регулювання слідкуючих системи при ступінчастому входному впливі. Отримані результати перевірені за допомогою імітаційних моделей і експериментів досліджуваного пристрою. в середовищі MATLAB.

РОЗДІЛ 5

ОБҐРУНТУВАННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ

Встановлення економічної ефективності проведення науково–дослідної роботи є основною метою виконання розділу обґрунтування економічної ефективності дипломної роботи магістра.

5.1. Розрахунок норм часу на виконання науково–дослідної роботи

Основні етапи виконання НДР та витрати часу на їх виконання представлено в таблиці 5.1.

Таблиця 5.1

Основні етапи виконання НДР

№ та назва етапу	Середній час виконання, год.
визначення актуальності теми ДР магістра	50
розробка першого розділу магістерської роботи	100
розробка другого розділу магістерської роботи	100
розробка третього розділу магістерської роботи	95
розробка спеціальної частини магістерської роботи	20
обґрунтування економічної ефективності	20
охорона праці та безпека життєдіяльності	10
екологія	5
загальні висновки магістерської роботи	8
Разом	408

Витрати часу керівника на виконання окремих стадій (етапів) при недостатній кількості інформації доцільно приймати в межах 5% сумарних витрат часу інженерів на виконання цих стадій (етапів).

5.2. Розрахунок витрат на проведення НДР

Розрахунок поточних витрат на проведення НДР проводять в розрізі таких калькуляційних статей:

- основна заробітна плата (з/п);
- додаткова (з/п);
- нарахування на (з/п);
- консультаційні витрати;
- матеріали для виконання робіт по НДР ;
- експериментально–виробничі витрати;
- загальновиробничі витрати;
- адміністративні витрати;
- поза виробничі витрати.

При системному розв'язанні питання про облік праці і заробітної плати велике значення має умовно–постійна (нормативна, довідкова та інша) інформація, яка в даному разі характеризує переважно постійних виконавців (людей і механізми) та постійні процеси (технологічні операції). Тому у першу чергу зміст по обліку праці і заробітної плати неодмінно повинна входити інформація про виконавців (облік складу працівників).

Основна з/п складається із прямої з/п і доплати, яка при укрупнених розрахунках становить 25% – 35% від прямої з/п. При розрахунку з/п кількість робочих днів в місяці необхідно приймати — 25,4 дні/міс., що відповідає 203,2 год./міс. Прийmemo розмір місячного окладу інженера розряд 13 тарифна ставка 4000 грн.

Пряма з/п визначається [48]:

$$\text{ЗП} = O_i \times T_i / 203,2, \quad (5.1)$$

де O_i – розмір місячних окладів i -х категорій працівників;

T_i – трудомісткість робіт виконаних працівниками i -х категорій.

Для інженера: $\text{ЗП} = 4000 \times 408 / 203,2 = 8031,50$ грн.

Величина доплат обраховується за формулою:

$$\text{ЗП}_1 = \text{ЗП} \times K_i, \quad (5.2)$$

де K_i – коефіцієнт доплат (0,25 – 0,35).

Вибираємо коефіцієнт 0,3:

Для інженера: $ЗП_1 = 8031,50 \times 0,3 = 2409,45$ грн.

Основна з/п обчислюється за формулою:

$$ЗП_0 = ЗП + ЗП_1, \quad (5.3)$$

Для інженера: $ЗП_0 = 8031,50 + 2409,45 = 10441,00$ грн.

Величина додаткової з/п обчислюється за формулою [48]:

$$ЗП_д = ЗП_0 \times K_д \quad (5.4)$$

де $K_д$ – коефіцієнт додаткової з/п (0,05 – 0,1).

Нехай коефіцієнт додаткової $K_д = 0,1$.

Для інженера додаткова плата: $ЗП_д = 10441 \times 0,1 = 1044,10$ грн.

Витрати, на проведення НДР, крім річного фонду заробітної плати, включають ще й соціальні нарахування. Всього норматив нарахувань на заробітну плату становить 37% .

Загальний норматив нарахувань на заробітну плату згідно формули [48]:

$$ЗП_н = (ЗП_0 + ЗП_д) \times K_н, \quad (5.5)$$

де $ЗП_0$ – величина основної заробітної плати;

$ЗП_д$ – величина додаткової заробітної плати;

$K_н$ – загальний відсоток нарахувань на заробітну плату.

Для інженера загальний норматив нарахувань становить:

$ЗП_н = (10441 + 1044,10) \times 0,37 = 4249,50$ грн.

Для розрахунку витрат на консультації, врахуємо, що консультації були надані в обсязі 2 год., вартість їх 400 грн.

Витрати на матеріали розраховуються на основі норм їх витрат і відповідних оптових цін [48]:

Таблиця 5.2

Зведена відомість витрат на заробітну плату, грн.

№ з/п	Категорія працівників	Основна заробітна плата			Додаткова заробітна плага	Нарахування на заробітну	Всього витрати на заробітну плату
		Пряма заробітна	Доплати	Всього:			
1	Інженер	10441	2409,45	12850,45	1044,1	4249,50	18144,05

$$M_3 = \sum_{i=1}^n H_{mi} * C_{oi} \quad M_3 = \sum_{i=1}^n H_{Mi} \times C_{oi}, \quad (5.6)$$

де M_3 – затрати на матеріали;

H_{Mi} – норма затрат і-их матеріалів;

C_{oi} – оптова ціна за одиницю витрат і-их матеріалів;

Таблиця 5.3

Визначення величини матеріальних витрат

Найменування матеріальних ресурсів	Одиниця виміру	Норма витрат	Ціна за одиницю, грн	Затрати матеріалів, грн	Транспортно-заготівельні витрати, грн.	Загальна сума витрат на матеріали, грн.
1 Основні матеріали						
Ручка	шт.	2	10	20	2,00	22,00
Олівець	шт.	2	5	10	1,00	11,00
Гумка	шт.	1	5	5	5,50	5,50
Флешка	шт.	1	5	50	55,00	55,00
Разом						93,50

Експериментально–виробничі витрати визначаються як витрати на машинний час для виконання необхідного об'єму робіт виходячи з його вартості за одиницю часу, тобто [48]:

$$Z_{E.B.} = V_p \times T, \quad (5.7)$$

де $Z_{E.B.}$ – затрати експериментально–виробничі;

V_p – витрати на користування ПК та послуги інтернет;

T – час роботи ПК.

Вартість роботи на ПЕОМ і користування мережею Інтернет встановлюємо виходячи з реальних даних (6 грн./год.). Оскільки, інтернет та ПК використовувався на стадіях 4–7, то експериментально–виробничі затрати становлять:

$$Z_{E.B.} = (60 + 94 + 60 + 28) \times 6 = 1452,00 \text{ грн.}$$

Загальновиробничі витрати при укрупнених розрахунках приймаємо на рівні 70% – 90% від суми основної і додаткової з/п інженерів, яка була нарахована за роботу при проведенні НДР, тобто [48]:

$$Z_{3.B.} = (Z_{П_0} + Z_{П_д}) \times K_{3.B.}, \quad (5.8)$$

де $Z_{3.B.}$ – загально–виробничі затрати;

$Z_{П_0}$ – основна заробітна плата;

$Z_{П_д}$ – додаткова заробітна плата;

$K_{3.B.}$ – коефіцієнт загальновиробничих затрат.

В даному випадку прийmemo коефіцієнт загально–виробничих затрат на рівні 75%, тоді сума затрат становитиме: $Z_{3.B.} = (10441 + 1044,10) \times 0,75 = 8613,80$ грн.

Аналогічно визначаються адміністративні витрати, які доцільно приймати на рівні 50% – 60% від суми основної і додаткової з/п інженерів.

$$Z_{3.A.} = (Z_{П_0} + Z_{П_д}) \times K_{3.A.}, \quad (5.9)$$

де $Z_{з.а.}$ – адміністративні витрати;

$Z_{п.о.}$ – величина основної заробітної плати;

$Z_{п.д.}$ – величина додаткової заробітної плати;

$K_{з.а.}$ – коефіцієнт адміністративних витрат.

Коефіцієнт адміністративних витрат становить 50%, то величина адміністративних витрат буде рівна: $Z_{з.а.} = (10441 + 1044,10) \times 0,5 = 5742,50$ грн.

Позавиробничі витрати необхідно приймати на рівні 3% – 7% від виробничої собівартості. Виробнича собівартість включає [48]:

$$V_{п.в.} = (Z_{п.о.} + Z_{п.д.} + Z_{н.} + M_{з.} + Z_{е.в.} + Z_{з.в.}) \times K_{п.в.}, \quad (5.10)$$

де $V_{п.в.}$ – позавиробничі витрати;

$K_{п.в.}$ – коефіцієнт позавиробничих витрат.

В даному випадку $K_{п.в.} = 5\%$, тоді позавиробничі витрати становитимуть:

$$V_{п.в.} = (10441 + 1044,10 + 4249,50 + 93,50 + 1452,00 + 8613,80) \times 0,05 = 1294,70 \text{ грн.}$$

Розрахунок поточних витрат зводиться в таблицю 5.4:

Таблиця 5.4

Калькуляція собівартості проведення НДР

Статті витрати, грн.	Витрати, грн.	В % до загальної суми
Основна заробітна плата	10441,00	30,41
Додаткова заробітна плата	1044,10	03,04
Нарахування на заробітну плату	4249,50	12,38
Консультації	400,00	1,17
Матеріали	93,50	0,27
Експериментально-виробничі витрати	1452,00	4,23
Загальновиробничі витрати	8613,80	25,09
Разом виробнича собівартість	26293,90	76,59
Адміністративні витрати	6742,50	19,64
Позавиробничі витрати	1294,70	3,77

Повна собівартість	34331,10	100
--------------------	----------	-----

Заключною частиною роботи є показники, які необхідні для встановлення собівартості, проведення комплексного економічного аналізу затрат праці і нарахованої заробітної плати.

5.3. Розрахунок ціни НДР і економічна ефективність від використання програмної системи

Ціну НДР можна визначити [48]:

$$Ц = (C_{\text{ПР}}/N + C_{\text{КОП}}) + П, \quad (5.11)$$

де $C_{\text{ПР}}$ – собівартість НДР, грн.;

N – кількість замовлень, од.;

$C_{\text{КОП}}$ – собівартість копіювання (ксерокопії, дискети, компакт-диски, поштові витрати, відрядження спеціалістів тощо), грн.;

$П$ – нормативна величина прибутку (15% – 30% від собівартості $C_{\text{ПР}}$).

Кількість замовлень при проведенні НДР: $N = 1$, собівартість копіювання становить: $C_{\text{КОП}} = 100$ грн. Оцінка економічної ефективності розробки НДР при створенні магістерської рівна: $Ц = (34331,10/1 + 100) + 34331,10 \times 0,2 = 41297,30$ грн.

Економічна ефективність від використання НДР зумовлена:

- скороченням трудовитрат при виконанні певних завдань;
- скороченням машинного часу при виконанні певних завдань.

При визначенні економічної ефективності необхідно порівняти використовуваний (базовий) програмний продукт і пропонований. З допомогою відповідних розрахунків (в разі значної складності використання експертних оцінок) визначається скорочення трудовитрат і (або) машинного часу, і як наслідок – економія коштів при використанні нового програмного продукту.

Для визначення ефективності продукту розраховують чисту приведену цінність NVP і термін окупності T_{OK} [48]:

$$NVP = \sum\{(D_t - B_t)/(1 + i)^t\}, \quad (5.12)$$

де D_t – повний дохід за рік t при використанні методу;

B_t – повні витрати за рік t при використанні;

t – відповідний рік проекту;

i – дисконтна ставка (0,3).

Нехай повний дохід за рік при використанні – 30000 грн., а витрати на обслуговування – 10000 грн. тоді чиста приведена цінність:

$$NVP = \sum_{i=1}^2\{(30000 - 10000)/(1 + 0,3)^2\} = 27218,90 \text{ грн.}, \quad (5.13)$$

Термін окупності визначається за формулою [48]:

$$T_{OK} = C/\sum\{D_i/(1 + i)^t\}, \quad (5.14)$$

Термін окупності становить:

$$T_{OK} = 41297,30/\{30000/(1 + 0,3)^1 + 30000/(1 + 0,3)^2\} = 1,011 \text{ року.}$$

Таблиця 5.5

Основні показники ефективності

№ п/п	Назва показника	Один, вимір.	Величина
1	Витрати часу на розробку	год.	440
2	Витрати на розробку	грн.	34331,10
3	Кількість покупців системи	од.	1,00
4	Ціна розробки	грн.	41297,30
5	Чиста приведена цінність	грн.	27218,90
6	Термін окупності витрат по НДР	рік	1,011

Отже, собівартість методу оцінювання якості систем дистанційного навчання становить 19183,59 грн., а термін окупності даного методу – 1,011 року, що дозволяє говорити про економічну доцільність та ефективність їх впровадження.

РОЗДІЛ 6

ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

6.1. Охорона праці

Оскільки, важливим чинником якості систем будь-якого класу є безпека користувачів, то необхідним є врахування та дотримання норм та правил з охорони праці і техніки безпеки при використанні комп'ютерів та інших пристроїв. Окрім цього, супровід та налаштування системи проводить спеціаліст, який також відповідає за дотримання техніки безпеки та охорони праці при використанні ПК.

Основним нормативним документом, який регламентує норми і правила експлуатації електронно-обчислювальної техніки є НПАОП 0.00–1.28–10 «Правила охорони праці під час експлуатації електронно-обчислювальних машин». Правила встановлюють вимоги безпеки до обладнання робочих місць операторів ЕОМ. Вимоги НПАОП 0.00–1.28–10 є обов'язковими для роботодавців, операторів електронно-обчислювальних машин, операторів комп'ютерного набору, операторів комп'ютерної верстки та працівників інших професій, які у своїй роботі застосовують ЕОМ з ВДТ і ПП [14].

Згідно з [14, 15] площа, на якій розташовується одне робоче місце, облаштоване комп'ютером, повинна становити не менше як 6.0 м^2 , об'ємом не менше як 20 м^3 .

Робочі місця працівників, які використовують ПК, розташовуються на відстані від стін – на 1 м; між собою на відстані 1,7 м, що відповідає вимогам до організації робочих місць, обладнаних комп'ютерами.

З метою запобігання нещасним випадкам та організації охорони праці на виробництві розробляються інструкції з охорони праці і техніки безпеки при використанні комп'ютерної техніки. Дія інструкції поширюється на всі структурні підрозділи даної установи.

До роботи на ПК допускаються особи, які пройшли спеціальне навчання, медичне обстеження, вступний інструктаж з охорони праці, інструктаж на робо-

чому місці та інструктаж з пожежної безпеки.

Згідно із розробленою інструкцією, відповідальний працівник за охорону праці і техніку безпеки при експлуатації системи підтримки процесу оцінювання якості систем дистанційного навчання, повинен дотримуватись правил внутрішнього трудового розпорядку, не допускати в робочу зону сторонніх осіб, не виконувати вказівок, які суперечать правилам охорони праці та пам'ятати про особисту відповідальність за виконання правил охорони праці та безпеку товаришів по роботі.

Для усіх працівників поставлено вимоги щодо вміння надавати першу медичну допомогу потерпілим від нещасних випадків, користування первинними засобами пожежогасіння та дотримання правил особистої гігієни.

Основними небезпечними та шкідливими виробничими факторами, які впливають на користувачів ПК є:

- підвищений рівень шуму на робочому місці (від вентиляторів, процесорів та аудіоплат);
- можливе підвищене значення напруги в електричному колі, замикання якого може статися через тіло людини;
- підвищений рівень статичної електрики;
- підвищений рівень електромагнітного випромінення;
- підвищена напруженість електричного поля;
- прямий та відбитий від екранів блиск; несприятливий розподіл яскравості в полі зору;
- фізичні перевантаження статичної та динамічної дії;
- нервово–психічні перевантаження (розумове перенапруження, перенапруження аналізаторів, монотонність праці, емоційні перевантаження).

При виборі кімнат для розміщення робочих місць ПК враховано ступінь відбиття світла на екранах дисплеїв, яке проходить через вікна і яке може викликати значне осліплення в тих, хто сидить перед ними, особливо влітку та в сонячні дні. Тому, ПК і оргтехніка розміщені біля стін, які не знаходяться біля вікон або навпроти них.

Оскільки, при незадовільному освітленні знижується продуктивність праці користувачів ПК, і можливі негативні впливи на здоров'я такі, як короткозорість, швидка втомленість, тому всі приміщення мед закладу, які облаштовані робочими місцями з ПК, мають природне і штучне освітлення.

Розміщення робочих місць користувачів ПК повинні відповідати ГОСТ 22269–76 «Рабочее место оператора. Взаимное расположение элементов рабочего места». Не допускається розташування робочих місць з ПК в підвальних приміщеннях.

Робочі місця з ПК при виконанні творчої роботи, яка потребує значної розумової напруги чи великої концентрації уваги, ізолювано одне від одного перегородкою висотою 1,6 м.

Поверхня підлоги у приміщеннях повинна бути оздоблена керамічною плиткою і бути рівною та зручною для очищення та вологого прибирання.

Штучне освітлення у приміщеннях повинно бути виконано у вигляді комбінованої системи освітлення з використанням люмінесцентних джерел світла у світильниках загального освітлення, які розташовувати над робочими поверхнями у рівномірно–прямокутному порядку. Штучне освітлення забезпечує на робочих місцях з ПК освітленість 300 – 500 лк.

Для запобігання засвітленню екранів ПК прямими світловими потоками ліній світильників розташовані з достатнім бічним зміщенням відносно рядів робочих місць, а також паралельно до світлових отворів. При цьому кожне вікно повинно мати світлорозсіюючі штори з коефіцієнтом відбивання 0,7.

У приміщенні також необхідно забезпечити і природне освітлення, при цьому на кожному вікні закріплені жалюзі з вертикальними ламелями, що регулюються для зменшення прямого попадання сонячного світла на екран комп'ютерів.

Згідно [18] світлових відблисків з клавіатури, екрана та від інших частин ВДТ у напрямку очей оператора не повинно бути. Усі робочі місця з ПК повинні бути розташовані таким чином, щоб в поле зору користувача не потрапляли вікна або освітлювальні прилади.

З метою мінімізації відблисків від клавіатури та екрану застосовуються спеціальні захисні козирки і джерела штучного світла розташовано паралельно напрямку погляду на екран ПК з обох сторін.

Для запобігання засліпленню користувачів світильники місцевого освітлення молочного кольору. Захисний кут відбивача світильника становить 60° .

Для оздоблення приміщень використовують дифузно-відзеркалюючі матеріали з коефіцієнтами відбиття: стелі – 0,8; стін – 0,5; підлоги – 0,3, що відповідає чинним вимогам [14].

Вміст шкідливих хімічних речовин у приміщеннях з ПК не перевищує концентрацій вказаних у ГОСТ 12.1.005–88 «Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны».

На робочому місці користувачів ПК розміщується монітор, клавіатура, робочий стіл, крісло. При розташуванні елементів робочого місця враховано наступні фактори:

- робочу позу користувача;
- простір для розміщення користувача;
- можливість огляду елементів робочого місця;
- можливість огляду простору за межами робочого місця;
- можливість робити записи, розміщення документації і матеріалів, які використовує користувач.

Взаємне розташування елементів робочого місця не заважає виконанню всіх необхідних рухів та переміщень для експлуатації ПК. Отже, при розробці моделей, методів і системи підтримки процесу оцінювання якості систем дистанційного навчання, враховано необхідні вимоги щодо охорони праці при використанні електронно-обчислювальної техніки і забезпечено умови для зручної та ефективної роботи працівників.

6.2. Безпека в надзвичайних ситуаціях

6.2.1. Організація та проведення оповіщення робітників і службовців підприємства та населення з використанням систем автоматизованого централізованого оповіщення цивільного захисту на об'єкті що проектується

Об'єктова система оповіщення – програмно-технічний комплекс, що створюється і функціонує на об'єкті підвищеної небезпеки та об'єкті з масовим перебуванням людей, призначений для оповіщення у разі загрози виникнення та під час виникнення надзвичайних ситуацій, в результаті яких зона можливого ураження не виходить за його територію

Найбільш сучасними системами оповіщення є “системи раннього виявлення надзвичайних ситуацій та оповіщення людей у разі їх виникнення” [10]. Ці системи складаються з різних технологічних давачів і сигналізаторів, які контролюють небезпечні параметри обладнання і навколишнього середовища, та приймально-контрольних приладів. Технологічні давачі та сигналізатори указаних систем устанолюються і використовуються відокремлено від аналогічних давачів промислової автоматики. Системи оповіщення працюючого персоналу про загрозу виникнення НС чи виникнення НС складаються з приладів, що видають спеціальні звукові сигнали, мовних оповіщувачів та світлових покажчиків, базової апаратури автоматичного включення оповіщення та мереж зв'язку. Системи централізованого моніторингу це комплекс технічних засобів, розміщених у суб'єкта господарювання, призначених для приймання, обробки і видачі в заданому вигляді повідомлень про стан систем виявлення загрози виникнення НС, реєстрації цих повідомлень та передачі в автоматичному режимі на пульт централізованого спостереження сигналів про НС. Системи централізованого спостереження складаються з комплексу технічних засобів, розміщених в операторському центрі диспетчерської служби МНС України, призначених для приймання, обробки і видачі у заданому вигляді повідомлень про НС на об'єктах чи загрозу їх виникнення; системи оповіщення населення, яке проживає в прогнозованих зонах ураження небезпечних об'єктів

зпечними чинниками ПНО, що складаються зі спеціальних пристроїв мовного та візуального оповіщення [10].

Керування такими системами виконують диспетчери чи інші вповноважені особи потенційно небезпечних об'єктів або чергові операторських центрів диспетчерських служб МНС.

6.2.2. Забезпечення захисту виробничого персоналу суб'єкта господарювання підприємства цеху дільниці від зброї масового ураження

Таблиця 6.1

Критерії для прийняття рішень на ранній фазі розвитку аварії

Захисні заходи	Дозові критерії (прогнозована доза за перші 10 діб), мЗв			
	Все тіло		Окремі органи (легені, щитовидна залоза, шкіра)	
	Нижній рівень	Верхній рівень	Нижній рівень	Верхній рівень
Укриття, захист органів дихання і шкіри	5	50	50	500
Йодова профілактика:				
дорослі	–	–	50	500
діти, вагітні жінки	–	–	50	250
Евакуація:				
Дорослі, діти, вагітні жінки	50 10	500 50	500 200*	5000 500*

До числа основних заходів щодо захисту персоналу від радіаційного впливу під час радіаційної аварії, належать:

- виявлення факту радіаційної аварії та оповіщення про неї;
- виявлення радіаційної обстановки в районі аварії;
- організація радіаційного контролю;
- встановлення та підтримання режиму радіаційної безпеки;
- проведення, при необхідності, на ранній стадії аварії йодної профілактики персоналу, персоналу аварійного об'єкту, учасників ліквідації наслідків аварії;

- забезпечення персоналу, персоналу аварійного об'єкту, учасників ліквідації наслідків аварії засобами індивідуального захисту та використання цих коштів;
- укриття персоналу, яке опинилося в зоні аварії, в притулках і укриттях, що забезпечують зниження рівня зовнішнього опромінення і захист органів дихання від проникнення в них радіонуклідів, які опинилися в атмосферному повітрі;
- санітарна обробка персоналу, персоналу аварійного об'єкту, учасників ліквідації наслідків аварії;
- дезактивація аварійного об'єкту, об'єктів виробничого, соціального, житлового призначення, території, сільськогосподарських угідь, транспорту, інших технічних засобів, засобів захисту, одягу, майна, продовольства і води;
- евакуація або відселення громадян із зон, в яких рівень забруднення перевищує допустимий для проживання персоналу.

Радіація на сьогодні є чи не найнебезпечнішим фактором впливу не тільки на людину, але й на усі живі організми на планеті. Неконтрольовані ядерні реакції, ядерні війни та ряд інших можливих результатів людської діяльності, пов'язаних із радіацією негативно впливають на здоров'я людини та навколишнє середовище. Дотримання рекомендацій щодо захисту персоналу від впливу радіації, які проаналізовано вище, дає змогу мінімізувати ризики, пов'язані із загибеллю великої кількості людей, а також зберегти їхнє здоров'я.

РОЗДІЛ 7

ЕКОЛОГІЯ

7.1. Відновлювальна енергетика

На сьогодні запаси викопних енергоресурсів зменшуються, тому ресурси традиційної енергетики зростають в ціні і в перспективі можуть стати недоступними. Проблему вирішує освоєння відновлювальних джерел енергії. Одним із взятих Україною зобов'язань відповідно до Угоди про Асоціацію з ЄС є розвиток та підтримка відновлювальної енергетики з урахуванням принципів економічної доцільності та охорони навколишнього середовища. Відновлювальна енергетика визнана одним із головних пріоритетів енергетичної реформи, а сприяння виробництву енергії з альтернативних джерел енергії – завданням державної політики в енергетичній сфері. Це зафіксовано у прийнятій Енергетичній стратегії України на період до 2035 року та в положеннях законодавчої бази. Відновлювальна енергетика гарантує екологічну безпеку та енергетичну незалежність суб'єктам, які її запроваджують.

Біомаса є ваговою складовою ВДЕ. Україна володіє достатнім потенціалом біомаси, доступної для виробництва енергії – більше 27млн. т/рік. Для виробництва біогазу придатні більшість відходів харчової промисловості та сільського господарства, а також спеціальні енергетичні рослини. Біогазові потужності в Україні нарощуються. Ще на кінець 2018 р. в країні було 10 біогазових установок загальною потужністю 15 МВт, а станом на кінець II кварталу 2019 року – 29 установок потужністю 41 МВт. Потенціал генерації біометану в Україні становить щонайменше 7,8 млрд м³ у рік або 25% від поточного споживання газу. ПрАТ «Компанія Ензим», відомий український виробник дріжджового продукту «Львівські дріжджі», побудував та ввів в експлуатацію біогазову установку, що працює на власних очисних спорудах і виробляє біогаз з відходів виробництва. Продуктивність біоустановки на сьогодні складає 620 м³/год. Це означає, що компанія за ра-

хунок генерації біогазу економить 3,7 млн. м³ природного газу або практично повністю покрила потребу в природному газі.

З огляду на зобов'язання України перед ЄС, держава стимулює вітроенергетику, сонячну енергетику, гідроенергетику та енергію біомаси. Це створює сприятливі передумови для залучення в дану сферу приватних інвестицій. В гірських районах Львівської області піонером з розвитку вітроенергетики є очолювана львівським підприємцем Максимом Козицьким компанія «Еко-Оптіма», яка тут реалізувала два успішних проекти. Завдяки змінам у законодавстві та впровадженню реформи енергоефективності «Еко-Оптіма» прийняла рішення про спорудження об'єктів відновлювальної енергетики, в першу чергу ВЕС, а далі і наземних сонячних станцій.

Сонячні станції мають цілу низку переваг – це екологічно чиста енергія, тривалий період експлуатації, автономність роботи панелей та іншого обладнання, легка експлуатація, висока прибутковість, а головне, майже ніяких ризиків. Правда, є й недоліки – висока вартість обладнання та необхідність професійної допомоги. Завдяки змінам у законодавстві та реформі у енергоефективності компанія «Карпати-Логістик» прийняла рішення встановлення найбільшої у Західному регіоні дахової сонячної станції. Компанія на даху своїх складських приміщень площею 30 тис. м² встановило 7410 сонячних панелей загальною потужністю 2 МВт.

7.2. Сонячна енергетика

Головними перевагами використання сонячної енергії є: екологічна чистота, надійність та можливість довготривалої експлуатації, безпека (наявність автоматичного захисту від короткого замикання, перегріву, перевантажень приладів; розряджання акумуляторів), простота монтування і розбирання, стійкість до впливу природних факторів.

Проте необхідно сказати і про деякі її недоліки. По-перше, через відносно невелику величину для сонячної енергетики потрібне використання великих зе-

мельних площ під електростанції (наприклад, для СЕС потужністю 1 ГВт це може бути декілька десятків квадратних кілометрів). Але цей недолік не такий значний – наприклад, гідроенергетика виводить з користування значно більші ділянки землі. До того ж фотоелектричні елементи на великих СЕС встановлюються на висоті 1,8-2,5 м, що дозволяє використовувати землі під електростанціями для сільськогосподарських потреб, наприклад, для випасу худоби. Проблема пошуку великих площ землі під сонячні електростанції вирішується у разі застосування сонячних аеростатних електростанцій, придатних як для наземного, так і для морського та висотного базування.

По-друге, СЕС не працює вночі і недостатньо ефективно працює у ранкових і вечірніх сутінках. При цьому пік споживання електроенергії припадає саме на вечірні години. Крім того, потужність електростанції може стрімко і несподівано коливатися внаслідок змін погоди. Для подолання цих недоліків потрібно або використовувати ефективні електричні акумулятори (на сьогодні це поки що не вирішена проблема), або будувати гідроакумуляуючі станції, які теж займають велику територію, або використовувати концепцію водневої енергетики, яка також поки далека від економічної ефективності. Проблема залежності потужності сонячної електростанції від часу доби і погодних умов може бути вирішена спорудженням сонячних аеростатних електростанцій. Ще один шлях вирішення проблеми – будівництво гібридних електростанцій, тобто вдень електроенергія виробляється параболічними концентраторами, а вночі - з природного газу.

По-третє, сонячні фотоелементи високовартісні. Ймовірно, з розвитком технології цей недолік буде подолано. Протягом 1990-2019 рр. ціни на фотоелементи знижувалися у середньому на 4 % щороку.

Ще одним недоліком є недостатній ККД сонячних елементів (ймовірно, незабаром цю проблему буде вирішено). Крім того, поверхню фотоелектричних панелей періодично потрібно очищувати від пилу та інших забруднень. Зважаючи на те, що їх площа досягає декількох квадратних кілометрів, це також можна вважати серйозним недоліком.

Ефективність фотоелектричних елементів значно знижується при їх нагріванні, тому виникає необхідність в установці систем охолодження, зазвичай водяних. Знижується вона також і через 30 років експлуатації, що теж належить до проблемних питань.

Незважаючи на екологічну чистоту отримуваної енергії, самі фотоелементи містять отруйні речовини, наприклад, свинець, кадмій, галій, миш'як тощо, у їх виробництві використовуються також інші небезпечні речовини. Сучасні фотоелементи мають обмежений термін експлуатації (30-50 років), їх активне застосування передбачатиме виникнення проблеми їх утилізації. Тому останнім часом починає активно розвиватися виробництво тонкоплівкових фотоелементів, у складі яких міститься близько 1 % кремнію, завдяки чому вони дешевші у виробництві, але поки мають меншу ефективність.

ВИСНОВКИ

- 1) На основі аналізу сучасного стану генерації теплової та електричної енергії та ВДЕ зроблено висновок, що для реалізації ефективного вироблення електричної енергії в умовах України необхідно використовувати сонячну енергію.
- 2) Вперше розроблено математичну модель, що дозволяє управляти і оптимізувати роботу сонячної панелі в залежності від кліматичних умов і від ступеня освітленості;
- 3) Продемонстровано методику розрахунку балансу потужностей автономного об'єкту, яка дозволяє ефективно використовувати генерується енергію від джерел;
- 4) Вперше розроблено математичну модель системи енергозабезпечення автономного об'єкту із застосуванням сонячної панелі та вітрової установки;
- 5) Проведено розрахунок низьковольтної системи живлення, запропоновано методику, що дозволяє ефективно використовувати вироблену сонячною панеллю енергію з мінімальними втратами на перетворення;
- 6) При створенні автоматизованого управління енергозабезпеченням і енергоспоживанням автономного об'єкту розроблена математична модель оптимального управління температурою.
- 7) Показана можливість використання низьковольтної системи живлення для освітлення автономного об'єкту і для заряду акумуляторної батареї, без втрат енергії при перетворенні від 24В постійного струму в 220В змінного струму;
- 8) Показано, що імітаційна модель СЕЗ побудована і функціонує відповідно до закладеної в неї логікою роботи. За допомогою цієї моделі можна наочно імітувати різні режими роботи СЕЗ;
- 9) У програмі Simulink і Simpowersystems, що входить до складу пакету MATLAB розроблено імітаційну модель управління контролером енергозабезпечення автономного об'єкту з елементами Smart технології. Ця модель дозволяє реально відображати логіку роботи сонячної панелі та вітрової установки;

10) Вперше розроблено модель оптимального управління відчуття температури в автономному об'єкті;

11) Представлені моделі лягли в основу при проектуванні Smart технології контролю та управління системами енергозабезпечення автономного об'єкту.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Белогорьев А.М. Тренды и сценарии развития мировой энергетики в первой половине XXI века. – М: ИД «Энергия», 2011. – 68с.
2. Шеповалова О.В. Использование возобновляемых источников энергии в комплексных системах энергообеспечения сельских зданий // Ползуновский Вестник. – 2011. - №5. – С. 175-180.
3. Renewable Energy Policy Network for the 21st Century: renewable 2010 global status report, 2010. – 80p.
4. Renewable Energy Policy Network for the 21st Century: renewable 2011 global status report, 2011. – 116p.
5. Renewable Energy Policy Network for the 21st Century: renewable 2012 global status report, 2012. – 172p.
6. Андреева Н. Ю., Кубов В. И., Кубова Р. М., Павленко А. А. Исследование вариации солнечной радиации для оценки энергетической эффективности солнечных фотоэлектрических батарей / Научные работы, техногенная безопасность, – 2014. С. 123-133.
7. Геро Р., Гурков А. Мировая солнечная энергетика: переломный год [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www>.
8. The European wind energy association. Wind in power: 2009 European statistics, February 2012. – 11p.
9. Бекбаев А.Б., Акпанбетов Д.Б., Байбутанов Б.К., Абдраманов Г.А. Способы утилизации избыточной мощности в автономных ветроэнергетических установках малой мощности // Вестник КазНТУ. – 2015. - № 4. – С.217-221.
10. Соснина Е. Н., Филатов Д. А. Выбор энергоустановок на ВИЭ для электроснабжения сельскохозяйственных предприятий // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. – 2015. – №4. С. 110-121.
11. Бабаханова А.М. Определение поступления солнечной радиации на территорию Казахстана // Вестник КазНТУ. – 2015. - № 4. – С.195-199

12. Гавриков В. До 61 Вна входе новые DC/DC – преобразователи от STMicroelectronics // Новости электроники. – 2014. - №6. – С. 37-44.
13. Богданов А.А. Практика применения систем управления освещением светодиодами // Светотехника. – 2012. – №3. – С. 20-28.
14. Piccablottoa G., Aghemob C., Pellegrinob A., Iacomussic P, Radis M. Study on conservation aspects using LED technology for museum lighting // 6th International Building Physics Conference, IBPC // Energy Procedia 78 (2015). – 2015. – pp. 1347-1352.
15. Techno-economic Analysis of LED Lighting: A Case Study in UTeM's Faculti Building // Malaysian Technical Universities Conference on Engineering & Technology 2012, MUCET 2012 Part 1 Electronic and Electrical Engineering / Procedia Engineering 53 (2013). – 2013. – pp. 208 – 216.
16. Fathi M, Chikouche A., Abderrazak M. Design and realization of LED Driver for solar street lighting applications // Energy Procedia 6 (2011). – 2011. – pp. 160–165.
17. Hung Min-Wei, Chen Chun-Jen, Chang Chun-Li, Hsu Chia-Wei. The impacts of high frequency pulse driving on the performance of LED light // ICOPEN 2011 / Physics Procedia 19 (2011). – 2011. – pp. 336–343.
18. Carleaa F., Teodoreanua D. I., Iancua I. Analysis of financial parameters for a combined photovoltaic/ LED intelligent lighting low voltage distributed generation // 1st International Conference 'Economic Scientific Research - Theoretical, Empirical and Practical Approaches', ESPERA 2013//Procedia Economics and Finance 8 (2014). – 2015. – pp. 113 – 121.
19. Пост С.С., Донцов О.А., Иванчура В.И., Краснобаев Ю.В. Имитационная модель контроллера солнечной батареи //Известия Томского политехнического университета. Техника и технологии в энергетике. – 2014. – № 4(325). – С. 111-120.
20. Алимгазин А.Ш., Бахтиярова С.Г. Создание демонстрационной зоны новых энергосберегающих технологий с использованием альтернативных источ-

ников теплоты на базе АО «Региональный научно-технологический парк «Алтай» // Вестник ПГУ им.С.Торайгырова, серия «Энергетика». – 2005. – №4. – С. 30-41.

21. Palombaa V., Vastaa S., Giacoppoa G., Calabreseb L., Giuseppe Gulli`a, Davide La Rosaa, Angelo Frenia. Design of an innovative graphite exchanger for adsorption heat pumps and chillers // ScienceDirect 69th Conference of the Italian Thermal Engineering Association, ATI 2014 / Energy Procedia 81 (2015). – 2015. – pp. 1030 – 1040.

22. Claudia N., Dongellinia M., Morinia G. L. Climate influence on seasonal performances of air-to-water heat pumps for heating // 69th Conference of the Italian Thermal Engineering Association, ATI 2014 / Energy Procedia 81 (2015). – 2015. – pp. 100 – 107.

23. Laukaa D., Guscaa J., Blumbergaa D. Heat Pumps Integration Trends in District Heating Networks of the Baltic States // The 5th International Conference on Sustainable Energy Information Technology (SEIT 2015) / Procedia Computer Science 52 (2015). – 2015. – pp. 835 – 842

24. Kandler C., Wimmera P., HonoldaJ. Predictive control and regulation strategies of air-to-water heat pumps // 6th International Building / Physics Conference, IBPC 2015 Energy Procedia 78 (2015). – 2015. – pp. 2088 – 2093

25. Безруких П.П., Безруких П.П. (младший). Ветроэнергетика вымыслы и факты. Ответы на 100 вопросов - М.: Институт устойчивого развития Общественной палаты РФ/Центр экологической политики России, 2011. – 74 с.

26. Global Energy Network Institute(GENI)<http://www.geni.org/>

27. Боженко А. Л., Зюляев Д. Д., Козуб С. В., Кубов В. И. Опыт регистрации параметров ветра в цифровой системе измерения параметров внешней среды// Научные работы, техногенная безопасность, – 2014. С. 22-32.

28. Пивняк Г.Г., Бешта А.С. Оптимизация энергетического баланса ветрогенератора // Теоретические вопросыавтоматизированного электропривода. – 2010. – С. 52-54.

29. Игнатъев С.Г. Развитие методов оценки ветроэнергетического потенциала расчет годовой производительности ветроустановок // Международный науч-

ный журнал «Альтернативная энергетика и экология». – 2010. – №10(09). – С. 49-72.

30. Zendehbad M., Chokani N., Abhari R.S. Impact of forested fetch on energy yield and maintenance of wind turbines // *Renewable Energy* (Volume 96, Part A) October 2016. – pp. 548-558.

31. Jerson R.P. Vaz, David H. Wood. Performance analysis of wind turbines at low tip-speed ratio using the Betz-Goldstein model // *Energy Conversion and Management*, Volume 126, 15 October 2016. – pp. 662-672.

32. Спицын В. С., Спицын В.В. Алгоритмы управления температурой в помещениях // *Вестник ЮУрГУ*. – 2012. № 35. – С. 80-84.

33. Abdeddaim S., Betka A. Optimal Tracking and Robust Power Control of the DFIG Wind Turbine // *International Journal of Electrical Power and Energy Systems*, Vol. 49. – 2013. – pp. 234-242.

34. Бганцев В.Н. Некоторые особенности приготовления экспериментальных образцов смесевых биодизельных топлив на основе отходов масложирового производства и дизельного топлива // *Двигатели внутреннего сгорания*. – 2008. – №2. – С. 126-128.

35. Вохмин В. С., Линкевич А. С., Касаткин В. В., Литвинюк Н. Ю. Разработка технологической линии утилизации биомасс животного и растительного происхождения // *Научный журнал КубГАУ*. – 2011. – №73(09). – С. 2-10.

36. Арбузова Е.В., Щеклеин С.Е., Холмаков А.А., Гладиков И.А., Шагин А.Г. Технологические аспекты повышения эффективности использования энергетического потенциала биомассы России // *Энергия биомассы*. – 2012. – №2. – С. 3-8.

37. Чернова Н.И., Коробкова Т.П., Киселева С.В. Биомасса как источник энергии // *Вестник Российской академии естественных наук*. – 2010. – №1. – С. 54-60.

38. Крайнов Ю.Е, Вандышева М.С. Технологии получения биогаза из отходов и сырья в сельскохозяйственном производстве // *Научный вестник ТДАТУ*. – 2012. - №2. – Том 4. – С. 127-130.

39. Беляков П.Ю. О роли биоэнергетики в энергосбережении // Региональная экономика и управление. – 2010. – №3. – С. 6-15.
40. Renewables 2015 Global Status Report REN 21's, Annual Reporting on Renewables: Ten years of excellence, – 2015. – p. 251.
41. Renewables 2016 Global Status Report REN 21's: Renewables Interactive Map for country specific data, – 2016. – p. 272.
42. Francisco J. Aguilara, Pedro V. Quilesa, Simón Aledob. Operation and energy efficiency of a hybrid air conditioner simultaneously connected to the grid and to photovoltaic panels // SHC 2013, International Conference on Solar Heating and Cooling for Buildings and Industr / Energy Procedia 48 (2014). – 2014. – pp. 768- 777.
43. Токмолдин С.Ж. Развитие солнечной фотоэнергетики в Республике Казахстан // Энергетика и топливные ресурсы. – 2010. – №1. – С. 43-51.
44. Дырчева М.Б, Уразов К.А., Кенжалиев Б.К., Бейсембаева Г.Ж. Тонкопленочные фотоэлементы на основе халькогенидов // Энергетика и топливные ресурсы. – 2010. – №1. – С. 52-54.
45. Нестеренков А.Г., Нестеренков В.А., Абдуллаев К.А., Магомедов Р.М. Алхасов, А.Б. Возобновляемые источники энергии: учебное пособие М.: МЭИ. – 2011. – 272с.
46. Квасов И.А. Формирование системы SMART управления в распределенной энергетике // Интернет-журнал «Науковедение» Том 8. – 2016. - №2. – С. 1-8.
47. Sicari S., Rizzardi A., Miorandi D., Cappiello C., Coen-Porisini A. Security policy enforcement for networked smart objects // Computer Networks Volume 108, 24 October 2016. – p. 133-147.
48. Carolina Teixeira Nicolaua, Reinaldo C. Souza, Mauricio N. Frota. The profession/ occupation field model'as an activity theoretical framework for the development of engineers in the context of the Smart City approach // Information Technology and Quantitative Management (ITQM 2015) / Procedia Computer Science 55 (2015). – 2015. – pp. 278 - 287.

49. Andrey A. Volkova, Luiza V. Sukneva BIM-Technology in Tasks of the Designing Complex Systems of Alternative Energy Supply // XXIII R-S-P seminar, Theoretical Foundation of Civil Engineering (23RSP) (TFoCE 2014) Procedia Engineering 91. – 2014. – pp. 377 - 380.

50. András Kovács, Roland Bártai, Balázs Csanád Csáji, Péter Dudás, Borbála Háty, Gianfranco Pedone, Tibor Révész, József Váncza Intelligent control for energy-positive street lighting // Energy. November. – 2016. – pp. 40–51.

51. 82Manuel Peña, Félix Biscarri, Juan Ignacio Guerrero, Iñigo Monedero, Carlos León Rule-based system to detect energy efficiency anomalies in smart buildings, a data mining approach // Expert Systems with Applications. September. – 2016. – pp. 242–255.

52. Hoong Yan See Taoa, Ahmed Bahabrya, Robert Cloutier. Customer Centricity in the Smart Grid Model // 2015 Conference on Systems Engineering Research / Procedia Computer Science 44 (2015) 115 – 124

53. Govinda K. Design of Smart Meter using Atmel 89S52 Microcontroller // Smart Grid Technologies / Procedia Technology 21 (2015) 376 – 380, August 6-8, 2015

54. 85R. Melicio, V.M.F. Mendes, J. Martins, J.C. Quadrado, R. Melicio, V.M.F. Mendes, J. Martins, J.C. Quadrado.Consumer energy management system with integration of smart meters // Energy Reports 1. – 2015. – pp. 22–29.

55. Alontseva E.N., BelousovP.A.Flexible distributed control and protection system for industrial objects – Consumers of electric power // Nuclear Energy and Technology 1. – 2015. – pp. 233–236.

56. Fabio Favoino, Mauro Overend, Qian Jin. The optimal thermo-optical properties and energy saving potential of adaptive glazing technologies // Applied Energy 156. – 2015. – pp. 1–15.

57. Ramakrishna Kappagantua, S. Arul Daniela, M. Venkatesh. Analysis of Rooftop Solar PV System Implementation Barrier in Puducherry Smart Grid Pilot Project // Smart grid Technologies / Procedia Technology 21. – 2015. – pp. 490 – 497.

58. Miroslav Behan, Ondrej Krejcar. Vision of Smart Home Point Solution as Sustainable Intelligent House Concept // 12th IFAC Conference on Programmable

Devices and Embedded Systems the International Federation of Automatic Control September 25-27. Czech Republic IFAC. – 2013. – pp. 383-387.

59. C.J.J. Paredis, C. Bishop, D. Bodner, Georgia. An Intelligent Controller for the Smart Grid // Conference on Systems Engineering Research (CSER'13) Eds.: Institute of Technology, Atlanta, GA, March 19-22, 2013 / Procedia Computer Science. – 2013. – pp. 776 – 785.

60. Pavle Skocir, Petar Krivic, Matea Tomelj, Mario Kusek, Gordan Jezic Activity detection in smart home environment // 20th International Conference on Knowledge Based and Intelligent Information and Engineering Systems Procedia Computer Science 96. – 2016. – pp. 672 – 681.

61. Qiang Suna, Xubo Gea, Lin Liua, Xin Xub, Yibin Zhanga, Ruixin Niuc, Yuan. Review of Smart Grid Comprehensive Assessment Systems // Energy Procedia ICSGCE 2011. – 2011. – pp. 219 – 229.

62. Jalpa Shaha, Biswajit Mishra Customized IoT enabled Wireless Sensing and Monitoring Platform for Smart Buildings // 3rd International Conference on Innovations in Automation and Mechatronics Engineering, ICIAME 2016 / Procedia Technology 23. – 2016. – pp. 256 – 263.

63. Suleimenov B. A., Sugurova L.A., Suleimenov A. B. Intelligent and Hybrid Systems of Process Control: Theory, Methods, Applications // Mediterranean Journal of Social Sciences. – 2015. January -Vol 6, No 2

64. Сулейменов Б.А., Мутанов Г.М., Сулейменов А.Б. Интеллектуальные системы управления: теория, методы, средства – Алматы: Казак университеті. – 2012. – 223с.

65. Титов А.Р., Коркушев Д.Н., Широков А.В. Разработка и внедрение интеллектуальной системы диагностики мощных силовых трансформаторов. – Казань: Сетевая компания. – 2006. – 138 с.

66. Рутковский Л. Методы и технологии искусственного интеллекта. – М.: Горячая линия-Телеком. 2010. – 354 с.

67. Гаврилова Т.А., Хорошевский В.Ф. Базы знаний интеллектуальных систем. - СПб.: Питер, 2000. - 348 с.

68. Yee Wei Law, Hemanshu R. Pota, Jiong Jin, Zhihong Man, Marimuthu Palaniswami. Control and Communication Techniques for the Smart Grid: An Energy Efficiency Proceedings of the 19th World Congress // The International Federation of Automatic Control Cape Town, (IFAC). August 24-29. – 2014. – pp. 987-998.

69. Бессекерский В.А., Попов Е.П. Теория систем автоматического управления. – 4-е изд., перераб. И доп. – СПб.: Профессия, 2003.

70. Красновский А.А. и др. Современная прикладная теория управления: Оптимизационный подход в теории управления / Под ред. А.А. Колесникова. Ч.1. – Таганрок: Изд-во ТРТУ, 2000. – 400с.

71. Муханов Б.К., Еренчинов К.К., Базил Г.Д. К вопросу выбора критериев эффективности систем управления теплоснабжением. // Вестник автоматизации, – 2015. – №1(47). – С. 20-22.

72. Телегин В.В. Системы автономного энергоснабжения на базе технологий альтернативной энергетики // Журнал Электрика. – 2012. – №2. – С. 17-20.

73. Шпиганович А.Н. Энергоснабжение с использованием автономных источников на базе технологий альтернативной энергетики // Вести высших учебных заведений Черноземья. – 2011. – №4. – С. 16-21.

74. Романенко А.С., Кобзев А.Б., Семенов В.Д. Энергобаланс в автономной системе электроснабжения с регулятором мощности на основе матричного преобразования тока солнечной батареи // ТУСУР. – 2013. – №4. – С. 115-119.

75. Худяков В. Школа MatLab // Силовая электроника. – 2005. – №2. – С. 80-88.

76. Гололобов В. Н. «Умный дом» своими руками. –М.: НТ Пресс. – 2007. – 414 с.

77. ХаркеВ. «Умный дом». Объединение в сеть бытовой техники и системы коммуникаций в жилищном строительстве. – Техносфера. – 2006. –288 с.

78. Сопер М. Э. Практические советы и решения по созданию «Умного дома». – НТ Пресс. – 2007. – 432 с.

79. Кашкаров А. П.Электронные схемы для «Умного дома» // НТ Пресс – 2007. – 256 с.

80. Богданов С. В. «Умный дом» // Наука и техника. – 2005. – 208 с.
81. Тесля Е. «Умный дом» своими руками // Строим интеллектуальную цифровую систему в своей квартире – Санкт-Петербург. – 2008. – 224 с
82. Дерачиц А.И. Управление системой слежения за солнцем для мобильных солнечных энергетических установок // Информационные управляющие системы и компьютерный мониторинг (ИУС КМ 2013). – 2013. – С. 528-532.
83. Саврасов Ф.В. Варианты построения автономных систем электроснабжения с использованием фотоэлектрических устройств и алгоритмы их работы // Интернет-журнал «Науковедение». – 2013. – №6. – С. 1-13.
84. Коберси И.С., Фиров Н.А., Сахно Д.А. Разработка контроллера заряда
85. – разряда для ветроэнергетических систем // Известия ЮФУ. Технические науки. – 2011. – С. 248-253.
86. Колосов Р.В., Пученкин А.В., Титов В.В., Титов В.Г. Возобновляемые источники энергии в системах мало генерации // Электротехника и электроэнергетика. – 2013. – №3. – С. 207-211.
87. Грахов Ю.В., Кривоспицкий В.П., Мартьянов А.С., Матвеев О.В., Соломин Е.В. Программно – математическая модель ветроэнергетической установки с вертикальной осью вращения // Вестник Российской академии естественных наук. – 2009. – №1. – С. 64-69.
88. Раушенбах Г. Справочник по проектированию солнечных батарей / Г. Раушенбах; пер. с англ. – М.: Энергоатомиздат. – 1983. – 360 с.
89. Расчет ресурсов солнечной энергетики / В. И. Виссарионов, Г. В. Дерюгина, С. В. Кривенкова, В.А. Кузнецова, Н. К. Малинин; под.ред. В. И. Виссарионова. – М.: Изд-во МЭИ, 1998. – 61с.
90. Фаренбрух А., Бьюб Р. Солнечные элементы. Теория и эксперимент / И.П. Гаврилова, А.С. Даревская; пер. с англ. – М.: Энергоатомиздат. – 1987. – 280 с.
91. Твайделл, Дж. Возобновляемые источники энергии: научное издание / Дж. Твайделл, А. Уэйр; пер. с англ. В. А. Коробков, – М.: Энергоатом-издат, 1990. – 392 с.

92. Чопра К., Дас С. Тонкопленочные солнечные элементы / И.П. Гаврилова: пер. с англ. – М.: Мир. – 1986. – 435 с.

93. Харитонов, В.П. Автономные ветроэлектрические установки / В.П. Харитонов. – М: ГНУ ВИЭСХ. – 2006. – 280 с.

94. Телегин, В. В. Баланс мощности в системе электроснабжения потребителей с использованием возобновляемых источников энергии (ВИЭ) // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. Сборник научных трудов по материалам международной заочной научно практической конференции Воронеж: ФГБОУ ВПО «ВГЛТА». – 2013. – № 1 (1). – С.141-144.

95. Sharapova., KvasovA., GyorokG. Autonomous light-emitting-diode (LED) low voltage systems of lighting integrated into —smart home// 9th International Symposium on Applied Informatics and Related Areas «New Faculty, New Ability! » (AIS-2014)». – Szekesfehervar. Hungary. 2014. - pp. 102-106/

96. Панферов В.И., Панферов С.В. Автоматизированный контроль и анализ теплового режима здания химического факультета ЮУРГУ // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Энергетика. № 14 (190). 2010. – С. 29-34.

97. Анисимова Е.Ю. «Оптимизация температурных режимов общественно-административных и производственных зданий». г. Челябинск 2008. – 171 с.

98. Жапарова А.Т., Квасов А.И, Титов Д.Н. Исследования эффективности включения светодиодных осветительных приборов и использование низковольтной системы питания // Вестник ВКГТУ им. Д.Серикбаева. – Усть- Каменогорск. 2015.–№2. – С.45-53.

99. 138 Черных, И. В. Моделирование электротехнических устройств в MATLAB, SimPowerSystem и Simulink / И. В. Черных. – М.: ДМК Пресс; СПб.: Питер, 2008. – 288 с.

100. Жапарова А.Т., Квасов А.И, Бакланов А.Е. Методика обеспечения заданных режимов работы системы питания с использованием солнечной батареи как элемент Smart технологий // Вестник ВКГТУ им. Д.Серикбаева. – Усть-Каменогорск.2016. –№2. – С.83-88.

101. A. Zhaparova, A. Baklanov, D. Titov, G. Gyorok. Study of the Effectiveness of Switching-on LED Illumination Devices and the Use of Low Voltage System in Lighting // Journal of Applied Sciences Acta Polytechnica Hungarica. – Budapest. Volume 12. – 2015. Issue Number 5. pp 71-80.

102. Пост С.С., Иванчура В.И., Краснобаев Ю.В., Донцов О.А. Электромеханические преобразователи энергии (ЭПЭ – 2013). Выпуск 6. Томск. Россия. – 2013. – С.

103. Жапарова А.Т. Квасов А.И., Бакланов А.Е. Методика обеспечения заданных режимов работы системы питания с использованием солнечной батареи как элемент Smart технологий // Вестник ВКГТУ им. Д. Серикбаева. – Усть-Каменогорск. – 2016. – №2. – С.83-88.

104. Заде Л. Понятие лингвистической переменной и его применение к принятию приближенных решений – М.: Изд-во «Мир», 1976. – 167с.

105. Денисов А.А., Колесников Д.Н. Теория больших систем управления. – М.: Энергоиздат, 1982. – 288с.

106. Ю.И. Ребрин «Управление качеством Учебное пособие» Таганрог: Изд-во ТРТУ, 2004г. – 174 с.

107. Морозова О.В., Романова Е.В., Корнев В.А. Моделирование бизнес-процессов сложных организационно - технических систем // Монография. М.: Изд-во МЭСИ. – 2015. – 244 с.

108. Леванова Л.Н. Основы эконометрики // Эконометрика. Саратов. – 2003. – 34 с.

109. Жапарова А.Т., Квасов И.А., Бакланов А.Е., Приходько М.Е. «Программа «КАЭС-1» Конструирование и качественный анализ электрических схем» // Свидетельство о государственной регистрации прав на объект авторского права, Комитет по правам интеллектуальной собственности №1605 от 22.10.10.

110. Руководство по работе с GX IEC Developer, 2008. – 295 с.

ДОДАТКИ

