

Центральноукраїнський національний технічний університет
Факультет будівництва, транспорту та енергетики
Кафедра автоматизації виробничих процесів

«Допущено до захисту»
Зав. кафедрою АВП
к.т.н., доцент
Олександр ДІДИК
«___» _____ 20__ р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти
на тему:
**«Автоматичне керування процесами забезпечення
промислової теплиці»**

Виконав здобувач вищої освіти
4 курсу, групи АК-20
ОПП «Автоматизація та
комп'ютерно-інтегровані технології»
спеціальності 151 «Автоматизація та
комп'ютерно-інтегровані технології»
_____ Махно Д.Г.
«___» _____ 20__ р.

Керівник роботи
доцент, к.т.н.
_____ Олена ГОЛИК
«___» _____ 20__ р.

Рецензент

«___» _____ 20__ р.

м. Кропивницький

Центральноукраїнський національний технічний університет

Факультет будівництва, транспорту та енергетики

Кафедра автоматизації виробничих процесів

Рівень вищої освіти перший (бакалаврський) рівень

Галузь знань 15 «Автоматизація та приладобудування»

Спеціальність 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»

Освітньо-професійна програма «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Олександр ДІДИК

«__» _____ 20__ року

**ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ
ЗА ПЕРШИМ (БАКАЛАВРСЬКИМ) РІВНЕМ ВИЩОЇ ОСВІТИ
ЗДОБУВАЧА ВИЩОЇ ОСВІТИ**

Махно Дениса Геннадійовича

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи

«Автоматичне керування процесами забезпечення промислової теплиці»

2. Керівник роботи

Голик Олена Петрівна, к.т.н., доцент

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

3. Строк подання роботи до захисту 28.06.2024 року

4. Мета та завдання кваліфікаційної роботи підвищення продуктивності вирощування с/г рослин та зменшення витрат на електроенергію в промисловій теплиці, шляхом використання альтернативних нетрадиційних відновлюваних джерел енергії за рахунок розробки автоматизованої системи енергопостачання у відповідності до енергетичних потреб промислової теплиці.

5. Перелік графічного матеріалу: структура, алгоритм роботи, функціональна та блок-схеми програмного забезпечення автоматизованої системи енергопостачання промислової теплиці.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	<i>Аналіз відомих засобів автоматизації процесів забезпечення промислових теплиць</i>	24.04.2024	
2	<i>Постановка задачі та вибір методів досліджень</i>	01.05.2024	
3	<i>Побудова структури автоматизованої системи енергопостачання промислової теплиці</i>	14.05.2024	
4	<i>Дослідження вхідних змінних автоматизованої системи енергопостачання промислової теплиці</i>	30.05.2024	
5	<i>Моделювання роботи автоматизованої системи енергопостачання промислової теплиці</i>	08.06.2024	
6	<i>Розробка апаратної та програмної частини для реалізації автоматизованої системи енергопостачання промислової теплиці</i>	17.06.2024	
7	<i>Кінцеве оформлення пояснювальної записки та підготовка доповіді до захисту</i>	24.06.2024	

Дата видачі завдання

«___» _____ 2024 р.

Підпис керівника

_____ Голик О.П.
(прізвище та ініціали)

Завдання прийнято до виконання

«___» _____ 2024 р.

Підпис здобувача

_____ Махно Д.Г.
(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Кваліфікаційна робота містить результати, спрямовані на автоматизацію процесу енергозабезпечення промислових теплиць з альтернативними джерелами енергії, за рахунок розробки автоматизованої системи енергопостачання у відповідності до енергетичних потреб промислової теплиці.

Обґрунтовано актуальність роботи, мету і задачі дослідження.

Проведено дослідження вхідних параметрів об'єкта керування автоматизованої системи керування та виконано аналіз імовірнісних функцій енергетичних потреб промислової теплиці та енергетичних потоків, який дав можливість виявити взаємозв'язок між цих параметрами.

Розроблено алгоритм роботи, структурну та функціональну схеми автоматизованої системи енергозабезпечення промислової теплиці з альтернативними джерелами енергії.

ANNOTATION

The qualification work contains results aimed at automation the process of energy supply of industrial greenhouses with alternative energy sources, due to the development of an automated energy supply system in accordance with the energy needs of an industrial greenhouse.

The relevance of the work, the aim and the task of the research is substantiated.

The study of the input parameters of the control object of the automated control system was carried out and the analysis of probabilistic functions of the energy needs of the industrial greenhouse and energy flows was performed, which made it possible to identify the relationship between these parameters.

The work algorithms, structural and functional schemes of the automated energy supply system of the industrial greenhouse with alternative energy sources have been developed.

ЗМІСТ

ВСТУП	3
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ СИСТЕМ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ АВТОМАТИЗАЦІЇ РОБОТИ ПРОМИСЛОВИХ ТЕПЛИЦЬ. ШЛЯХИ ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ З ВИКОРИСТАННЯМ АЛЬТЕРНАТИВНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ.	5
1.1. Структура систем забезпечення промислових теплиць	5
1.1.1. Призначення та класифікація теплиць	5
1.1.2. Опис споживачів енергії в теплиці	7
1.1.3. Вимоги до енергозабезпечення теплиці	9
1.1.4. Вимоги до температурного та вологісного режиму теплиці	12
1.2. Аналіз відомих засобів автоматизації процесів забезпечення промислових теплиць	13
1.2.1. Огляд технічних рішень процесу енергопостачання теплиць	13
1.2.2. Огляд та аналіз процесу опалення теплиць	14
1.2.3. Огляд технічних рішень керування температурним та вологісним режимом теплиці	15
1.3. Постановка задачі та вибір методів досліджень	16
1.4. Висновки до розділу	18
РОЗДІЛ 2. ДОСЛІДЖЕННЯ ВХІДНИХ ПАРАМЕТРІВ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ ЕНЕРГОПОСТАЧАННЯ ПРОМИСЛОВОЇ ТЕПЛИЦІ	19
2.1. Побудова структури АСЕП промислової теплиці	19
2.2. Дослідження роботи споживачів енергії в промисловій теплиці	20
2.3. Енергетичний потенціал енергії вітру	27
2.4. Висновки до розділу	30

РОЗДІЛ 3. ТЕОРЕТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ РОБОТИ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ ЕНЕРГОПОСТАЧАННЯ ПРОМИСЛОВОЇ ТЕПЛИЦІ	31
3.1. Моделювання роботи вітроустановки	31
3.2. Побудова графіків залежності вхідних параметрів АСК АСЕП та аналіз можливостей задоволення енергетичних потреб промислової теплиці	35
3.3. Визначення необхідної ємності системи акумулювання	38
3.4. Висновки до розділу	42
РОЗДІЛ 4. АПАРАТНА ТА ПРОГРАМНА РЕАЛІЗАЦІЯ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ ЕНЕРГОПОСТАЧАННЯ ПРОМИСЛОВОЇ ТЕПЛИЦІ	43
4.1. Структурна схема АСЕП промислової теплиці	43
4.2. Алгоритм роботи АСЕП	44
4.3. Функціональна схема АСК АСЕП	47
4.4. Блок-схема роботи АСК АСЕП	50
4.5. Система прийняття рішень для АСК АСЕП	51
5.3. Висновки до розділу	53
ВИСНОВКИ	54
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	55

ВСТУП

Актуальність теми. Промислові теплиці характеризуються перш за все тим, що в них є можливість протягом всього року вирощувати с/г рослини. Для цього в промислових теплицях створюють всі умови для сприятливого вирощування рослин, тобто встановлюють необхідні системи освітлення, поливу, обігріву, вентиляції, мікроклімату та ін. Всі ці системи потребують значного енергозабезпечення, що призводить до значних матеріальних витрат. Крім цього, можливі ситуації аварійних відключень мережі, що є неприпустимим при вирощуванні рослин, оскільки в такому разі може загинути весь врожай.

Останнім часом для енергозабезпечення таких споживачів все частіше стали використовувати нетрадиційні відновлювані джерела енергії (НВДЕ). Найдоступнішим та найрозповсюдженішим НВДЕ є енергія вітрових потоків.

Отже, пропонується для енергозабезпечення промислової теплиці разом з традиційною електромережею застосовувати енергію вітрових потоків, це дозволить підвищити продуктивність врожаю та зменшити витрати на електроенергію. Як правило, вирощування рослин потребує чіткого алгоритму роботи всіх систем, тому енергозабезпечення промислової теплиці повинно бути автоматизоване.

Таким чином, розробка автоматизованої системи енергопостачання (АСЕП) промислової теплиці є актуальною науковою задачею.

Мета і задачі дослідження. *Метою роботи є підвищення продуктивності вирощування с/г рослин та зменшення витрат на електроенергію в промисловій теплиці, шляхом використання альтернативних нетрадиційних відновлюваних джерел енергії за рахунок розробки АСЕП у відповідності до енергетичних потреб промислової теплиці.*

Досягнення поставленої мети реалізується через формулювання та розв'язання наступних задач:

- дослідити методи та засоби автоматизованого керування енергозабезпеченням промислової теплиці з метою виявлення задач, які виникають при автоматизації процесу енергозабезпечення промислової теплиці;
- дослідити енергетичні потреби промислової теплиці з метою визначення середньодобових графіків навантаження промислової теплиці;
- виконати аналіз стану задоволення енергетичних потреб промислової теплиці за рахунок НВДЕ;
- розробити автоматизовану систему керування (АСК) АСЕП промислової теплиці.

Об'єкт дослідження – процеси виробництва та споживання електричної енергії в умовах енергопостачання промислової теплиці.

Предмет дослідження – засоби автоматизації процесу енергозабезпечення промислової теплиці.

Методи дослідження. В бакалаврській роботі проведені дослідження, які базуються на методах: статистичної обробки та аналізу даних, теорії імовірності. Розрахункова частина та моделювання процесів дослідження було виконано за допомогою персонального комп'ютера та різних пакетів прикладних програм.

Практичне значення одержаних результатів полягає в тому, що розроблені в роботі структура та алгоритм роботи АСК АСЕП промислової теплиці можуть бути використані для автоматизації процесу енергозабезпечення промислових теплиць різного призначення та типу.

Апробація результатів досліджень. Основні результати кваліфікаційної роботи були представлені на LVIII науково-технічній конференції здобувачів вищої освіти, присвяченій Дню Науки-2024 (м. Кропивницький, ЦНТУ, 16 травня 2024 р.). Секція 33, тема доповіді «Автоматичне керування процесами забезпечення промислової теплиці».

Структура та обсяг кваліфікаційної роботи. Бакалаврська робота складається із завдання, анотації, змісту, вступу, чотирьох розділів, висновків та списку використаних джерел. Обсяг пояснювальної записки кваліфікаційної роботи складає 58 сторінок.

РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ СИСТЕМ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ АВТОМАТИЗАЦІЇ РОБОТИ ПРОМИСЛОВИХ ТЕПЛИЦЬ. ШЛЯХИ ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ З ВИКОРИСТАННЯМ АЛЬТЕРНАТИВНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ.

1.1. Структура систем забезпечення промислових теплиць

1.1.1. Призначення та класифікація теплиць

На рис. 1.1 показана класифікація інженерних споруд закритого ґрунту [1-3]. Основними з них є: ґрунт утеплений, парник та теплиця. За типом утепленого ґрунту мають призначення для вирощування розсади та ранніх овочів. Найбільш універсальною інженерною спорудою є теплиця. Найчастіше застосовують баштові, ангарні та блочні теплиці.



Рисунок 1.1 – Класифікація інженерних споруд для вирощування рослин

Промислові теплиці мають суттєві відмінності, у порівнянні з традиційними тепличними варіантами [1-3]:

1. Розмір. Така теплиця суттєво перевищує за квадратурою звичайний аналог. Промислове будівництво теплиць це важка робота, до складу якої входять етапи проектування, ретельного підбору матеріалів тощо.

2. Промислові теплиці можуть давати врожай протягом року. Навіть взимку теплицю можна використовувати, і тому можна мати постійний дохід.

На рис. 1.2. показаний типова загальна вигляд промислова теплиця. Її доцільно використовувати для електрично-оперованих систем контролю середовища та мікроклімату в теплиці [2].

Підходить як для холодного, так і для спекотного клімату: зміцнення для вітростійкості 122 км / год і 150 км / год; опорні стовпи 3 "кожні 4 м та арки 2" кожні 2 м; зафіксована та укріплена, снігостійка конструкція з опорними стовпами кожні 2 м; дугоподібні прольоти даху 8 м - 9.6 м; висота до жолоба становить 4, 4.5, 5 м.; загальна висота - 6 - 6.5 м [2].

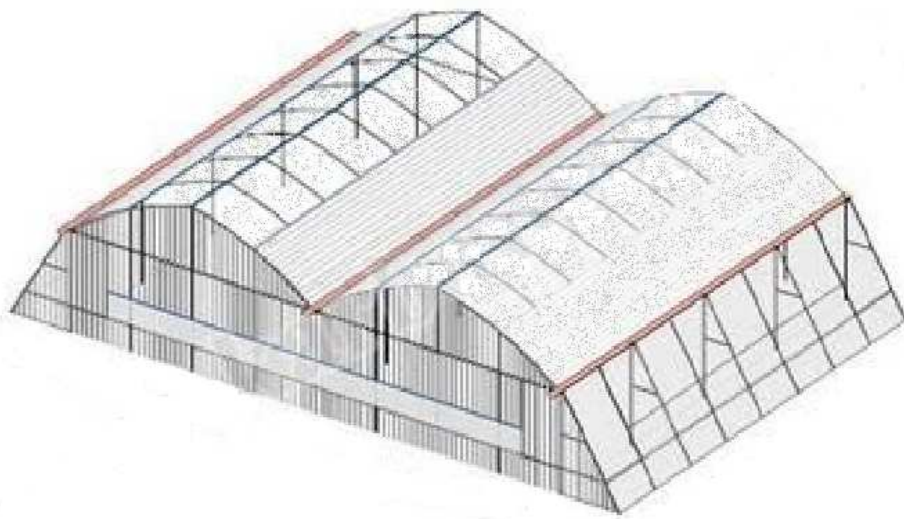


Рисунок 1.2 – Промислова теплиця «с закритим дахом»

По пристрою промислові теплиці класифікують [1-3]:

- з двокаскадним дахом - теплиця стоїть окремо;
- з двокаскадним дахом пристінна теплиця;
- з однокаскадним дахом пристінна теплиця;
- арочна, багатокутна і куполоподібна.

По виду покриття [1-4]:

- плівкові теплиці. У плівкових теплицях можна виконувати обробку рослин різними засобами. Таке плівкове покриття не розбивається та не потрібен фундамент;
- скляні теплиці (довговічніші, ніж теплиці з плівковим покриттям);
- стільниковий полікарбонат - дуже пружні панелі, які не зламати, і це найкращий теплозберігаючий матеріал.

Також теплиці бувають [1-4]:

- зимові, які можна використовувати протягом року, і весняні, які експлуатують навесні, влітку, восени. Весняні теплиці, бувають з плівковим, зимові – з заскленням і плівковим покриттям.
- за способом вирощування бувають ґрунтові теплиці і безґрунтові.
- за кількістю прорізів і скатів теплиці діляться на блокові (багатопролітні) і ангарні (однопролітні).
- за типом несучих конструкцій розрізняють каркасні і безкаркасні теплиці.
- за матеріалом огорожі засклені і пластмасові (пластикові). Для промислового виробництва найкращі блокові засклені теплиці [5].

1.1.2. Опис споживачів енергії в теплиці

Як правило, електроенергія в промисловій теплиці необхідна для таких споживачів енергії [6]:

- система освітлення;
- система поливу;
- система обігріву;

- система вентиляції;
- система мікроклімату.

Продуктивність рослин, вирощуваних у теплиці, багато в чому залежить від якості освітлення. У зимові місяці бракує сонячного світла. Для весняно-літнього періоду сонячні промені проникають у спорудження в надмірній кількості і порушують оптимальний температурний режим в теплиці [1, 6].

У залежності від пори року положення сонця змінюється. Взимку кут між точками заходу і сходу дорівнює 60° , влітку – 120° . Цей факт враховують при виборі місця розташування і типу теплиці. Наприклад, у зимовий період під прямим кутом сонячні промені падають на ту стіну споруди, яка знаходиться на південній стороні. Влітку, вранці і ввечері, до сонця звернені торцеві стіни конструкції (рис. 1.3) [7].

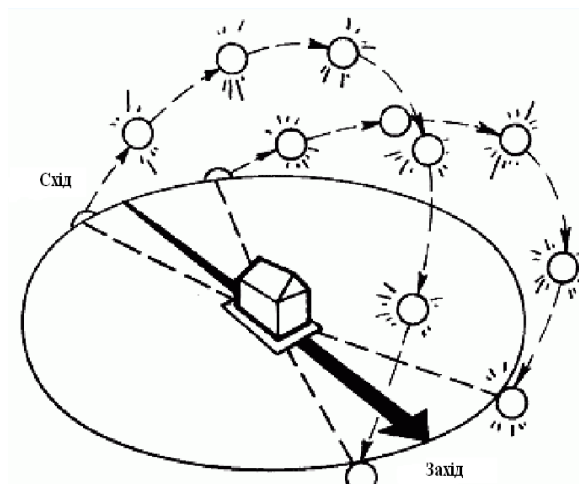


Рисунок 1.3 – Орієнтація теплиці на «сонячний шлях»

Не рекомендується використовувати в теплицях лампи розжарювання, оскільки рослини надзвичайно сприйнятливі не тільки до пульсації світла, а й до його спектрального складу. Тоді в якості джерела світла використовуються ультрафіолетові лампи, які ще й додатково вбивають шкідливих комах [1, 3, 8].

Відомо такі види обігріву теплиць – *сонячний, біологічний і технічний* [1-8].

Парниковий ефект є основою сонячного обігріву. Принцип біологічного обігріву ґрунтується під впливом мікроорганізмів, які розкладають повітря на органічні матеріали. І потім виділяють теплову енергію. Таким чином, органічні матеріали є біологічним паливом. Чим вища активність життєдіяльності мікроорганізмів, тим вище температура біопалива [5].

Технічний обігрів можна розділити на пічний, водяний, електричний та газовий [6]. Газовий обігрів дуже ефективний, але небезпечний. Обігрів електроенергією вважається найефективнішим, простим і зручним. Перевагою електричних джерел енергії тепла - абсолютно не виділяють отруйних газів.

Правильна вентиляція підтримує в теплиці вологість [1-8]. Автоматичні вентилятори отримують інформацію з температурних датчиків (і потім в залежності від запрограмованих значень, вентилятори вмикаються або вимикаються). Для регулювання мікроклімату теплиці необхідна організація систем вентиляції. Задовольнити потребу у вуглекислому газі можна [1-8]:

- шляхом виділень з ґрунту, закладеного в парникові ящики;
- застосувавши процеси бродіння. Таким шляхом можна отримати двоокис вуглецю, навіть в більшій кількості, ніж потрібно;
- в результаті перебування в теплиці людей, які видихають двоокис вуглецю.

Система зрошення (поливу) складається з облаштування колонки із шлангом (лійкою), а також система крапельного зрошення [3, 5].

1.1.3. Вимоги до енергозабезпечення теплиці

Основними правилами розташування промислової теплиці для вирощування овочів в теплиці є [1-5, 8]:

Правило 1: необхідно щоб сонячне світло потрапляло в теплицю з усіх боків; зі сходу і півдня до полуденних годин;

Правило 2: направлення верхівки покрівлі теплиці - з півдня на північ, з відхиленням на кілька градусів;

Правило 3: рівна поверхня, нахил поздовжнього та поперечного напрямку не допускається;

Правило 4: повинна бути герметичною, для цього необхідно поставити канавки за периметром теплиці, які будуть збирати опади;

Правило 5: відсутність бур'янів;

Правило 6: захист теплиці від вітру забудовами, спорудами або насадженнями;

Правило 7: не можна розташовувати де близько знаходяться ґрунтові води;

Правило 8: розміщення теплиць найбільш сприятливе в місцевостях з чистим повітрям та слабким вітром.

Відповідно до стандарту [9], при проектуванні теплиць та парників слід керуватися відповідними нормами технологічного проектування та санітарними нормами. Для культиваційних споруд для промислового вирощування грибів слід керуватися нормами технологічного проектування таких споруд. Слід в проектуванні передбачати сучасні прогресивні технології, що забезпечують економію ПАР, підвищення урожайності, зменшення собівартості продукції, умови праці та охорону навколишнього середовища. Рекомендовано їх розташовувати з урахуванням використання альтернативних джерел енергії.

Виходячи з наведеної вище інформації та джерел [6, 7], можна зробити висновок, що системи для яких здійснюється енергопостачання в теплиці – це системи поливу, освітлення, обігріву, вентиляції, мікроклімату та ін. Всі ці системи отримують енергію від традиційної мережі електропостачання. Сукупність даних систем утворює систему енергопостачання (СЕР) теплиці, структура якої наведена на рис. 1.4.

В умовах війни Україна потерпає від енергетичної кризи, тому впровадження нетрадиційних відновлюваних джерел енергії (НВДЕ). Енергія вітру є найбільш розповсюдженим та доступним НВДЕ.

Привабливість вітрової енергії обумовлена рядом причин [6, 7, 10-13]: безкоштовна та екологічно чиста; доступ майже завжди; нескінченне.

Головними недоліками цієї енергії є [13]: випадковий характер надходження, який не завжди можна узгодити; іноді виникає можливість причинити шкоду птахам; шум під час роботи вітрових установок.

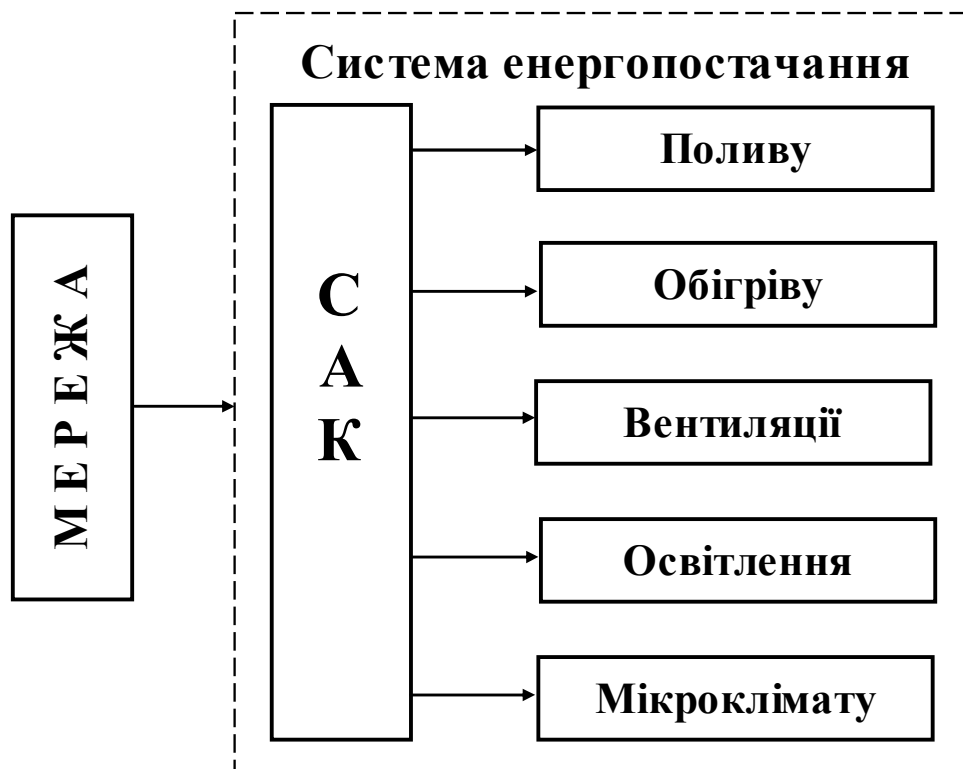


Рисунок 1.4 - Структура СЕП промислової теплиці:

САК – система автоматичного керування

СЕП промислової теплиці повинні відповідати таким вимогам [9, 13]:

1. Забезпечувати кількість енергії у відповідності до енергетичних потреб.
2. Надавати енергію належної якості.
3. В експлуатації бути простими та надійними.
4. Бути придатними до швидкого налагодження та ремонту.
5. Для накопичення енергії та надання їй належної якості слід передбачити системи безперебійного живлення.
6. При недостатній енергії енергопостачання здійснювати тільки для споживачів систем, які мають найвищий пріоритет.

7. Для того щоб ефективно використовувати НВДЕ, керування СЕП має бути автоматизоване.

З метою аналізу забезпечення наведених вище вимог було виконано огляд існуючих засобів автоматизації енергопостачання промислової теплиці.

1.1.4. Вимоги до температурного та вологісного режиму теплиці

Сукупність систем, які забезпечують мікроклімат показана на рис. 1.5.

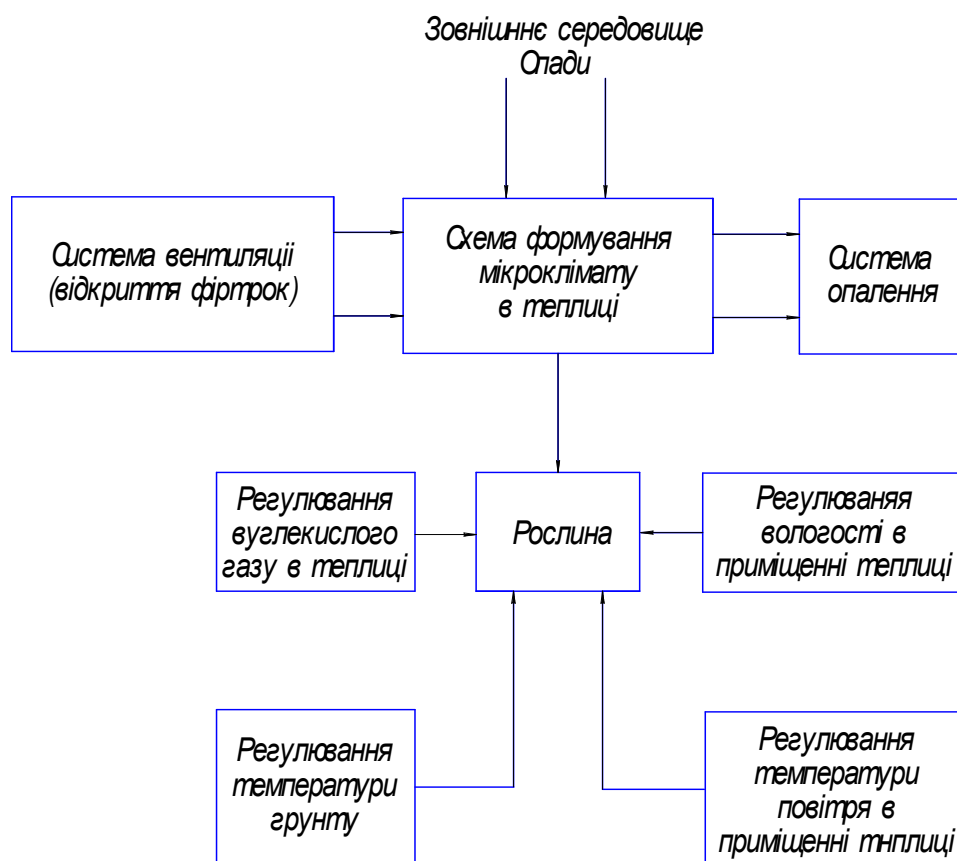


Рисунок 1.5 – Забезпечення мікроклімату в промисловій теплиці

За допомогою систем обігріву та вентиляції підтримується тепловий режим в теплицях. Допускається точність підтримання заданої температури в діапазоні $\pm 1^{\circ}\text{C}$.

Технологічними нормами регламентовано наступне: максимальна температура 35 °С (для розсади 25 °С); мінімальна температура 17 °С [14].

Зрошення та полив не повинні псувати тепловий режим в інженерній споруді, тому температуру такої води слід підтримувати в діапазоні від 20 °С до 25 °С [14].

Режим світла не регулюють. В окремих випадках застосовують штучне освітлення в межах від 100 Вт/м² до 300 Вт/м² [14].

Температурно-вологістий, поливний, вуглецевий і живильний режим мікроклімату теплиць значною мірою визначаються радіаційним режимом.

Таким чином потрібно врахування всіх кореляційних взаємозв'язків між режимами і параметрами. Треба щоб вони узгоджувались з підтримкою необхідного рівня в теплицях.

При відхиленні цих параметрів понад норми меж, може погіршитись урожайність та якість продукції.

1.2. Аналіз відомих засобів автоматизації процесів забезпечення промислових теплиць

1.2.1. Огляд технічних рішень процесу енергопостачання теплиць

Підвищення рівня або ступеня автоматизації виробництва це підвищення якості та об'єктивності процесів управління, підвищення врожайності та якості продукції, зниження питомих експлуатаційних витрат. Однак, підвищення ступеня автоматизації процесів управління тягне за собою підвищення складності і, відповідно, вартості самої системи управління. Наприклад, добитися підтримки необхідної температури повітря в теплиці можна включенням або вимиканням контуру обігріву, відкриттям або закриттям клапана обігріву або кватирки. Для цього достатньо одного автоматичного регулятора з одним датчиком температури повітря. Якщо ж ми хочемо якісної підтримки необхідної температури повітря в теплиці, то необхідно контролювати і враховувати безліч внутрішніх і зовнішніх

збурень, що вимагає застосування додаткових датчиків контролю температури теплоносіїв, метеодатчиків, відповідних перетворювачів і оптимальних регуляторів, що, природно, призводить до ускладнення і подорожчання систем управління. Стосовно тепличних комплексів, де теплиці розглядаються разом з обладнанням, яке виробляє енергію, вимоги до систем управління подвоюються.

В джерелах [15-18] авторами:

- розроблено установку змінного опромінення для світлокультури рослин, що дає можливість підвищити ефективність та надійність конструкції опромінювальної установки, і як наслідок, забезпечення заданого ступеня рівномірності опромінення;

- представлені технічні рішення з самообігріву теплиці, її освітлення та вентиляції, а також пристрій для регулювання температури в теплиці. Однак дані технічні рішення неможливо використовувати комплексно для промислової теплиці;

- запропонована енергоактивна агросадиба, в структуру якої включена прилегла до житлового будинку і культиваційних споруд територія малопродуктивних земель, як просторова база для спорудження баштової теплиці, на центральній несучій конструкції якої змонтовано вітроелектричну установку (ВЕУ) з вертикальною віссю обертання, зблоковану через багатотарифний лічильник з місцевою електромережею і одночасно з сонячними колекторам.

Аналіз розглянутих вище джерел показав, що не достатньо задовольняються вимоги, які висувають до СЕП промислової теплиці.

1.2.2. Огляд та аналіз процесу опалення теплиць

Для опалення теплиць найчастіше застосовують сонячну радіацію, біопаливо, котельні, вторинну сировину, електронагрівальні установки.

Аналіз опалювальних систем показав, бувають системи типові та альтернативні (енергозбереження та використання НВДЕ); треба обирати такі

системи, які будуть мати невеликі капітально-матеріальні витрати та термін окупності.

Теплові втрати через ґрунт визначають для вузької смуги землі, яка тісно прилягає до огороження. Теплову потужність системи обігріву повітря та ґрунту треба рахувати при найгіршому температурному режимі. Втрати тепла через вентиляцію суттєво залежать від коефіцієнту зовнішньої температури, швидкості вітру, повітрообміну та степені відчинення вентиляційних фрамуг. Втрати тепла випаровування вологи залежать від вологості повітря. І як наслідок, полив та зрошення також впливають на температурний режим у теплиці.

Система опалення промислових теплиць тісно пов'язана з проблеми в енергетичній сфері та ресурсоенергозбереження. Ефективність вирощування овочів залежить від енергозатрат виробництва відносно об'ємів, якості та строків вирощування готової продукції АПК.

1.2.3. Огляд технічних рішень керування температурним та вологісним режимом теплиці

Система автоматичного керування (САК), забезпечує оптимальні умови вирощування рослин. Сучасна САК мікрокліматом повинна підтримувати заданий режим, максимально ефективно раціонально використовувати наявні джерела енергії.

Чим більше виконуючих систем є в теплиці, тим більше вхідних параметрів для керування мікрокліматом. Таким чином, необхідно щоб керування давало можливість задавати багато різних параметрів, їх всі можливі комбінації.

Найкраще з цим завданням справляються ієрархічні цифрові системи. Всі контролери що входять до її складу здійснюють керування виконавчих пристроїв.

Цифрова САК температурним режимом теплиць складається [7, 14]. В наявності повинні бути такі датчики:

- швидкості і напрямку вітру;

- температури повітря;
- освітленості та інтенсивності сонячного випромінювання;
- вологості;
- інтенсивності опадів;
- положення кватирок і екрану.

Така система повинна вирішувати такі завдання:

- 1) використовувати системи обігріву для регулювання температури;
- 2) візуалізувати на екрані та записувати (реєструвати) в ПК (протягом декількох місяців, років) швидкість вітру, температуру і вологість повітря як в теплиці так і ззовні, атмосферний тиск, температуру та тиск прямої і зворотної води по контурам опалювання, освітленість тощо;
- 3) керувати приводами фрамуг;
- 4) записувати аварійні ситуації на цифровий носій;
- 5) підтримувати потрібну температуру й вологість повітря в заданих межах;
- 6) інформувати оператора щодо розузгодження за допустимі межі контрольованих параметрів.

Як видно, для автоматичної роботи всіх систем забезпечення промислової теплиці необхідна електроенергія. Тому в подальшому робота буде присвячена розробці автоматичного керування процесом енергозабезпечення.

1.3. Постановка задачі та вибір методів досліджень

На основі наведеної вище інформації можна визначити особливості автоматизації енергопостачання з НВДЕ та традиційною електромережею.

Надійне енергозабезпечення перш за все ґрунтується на виявленні взаємозв'язку між виробленням енергії та її споживанням (наприклад протягом доби, місяця, сезону, року). І на основі такого взаємозв'язку можна приймати рішення, щодо використання того чи іншого джерела енергії для задоволення енергетичних потреб теплиці. Проте при електропостачанні за рахунок енергії

вітру, виявити такий взаємозв'язок доволі складно через стохастичність надходження енергії та випадковості енергетичного навантаження споживача. Тоді керування енергопостачанням потрібно підлаштовувати шляхом керування існуючих енергетичних ресурсів з узгодженням енергетичних потреб споживача.

Керувати енергопостачанням може оператор. Він повинен оцінювати поточний стан СЕП: від наявних енергетичних ресурсів та енергетичних потреб споживача прийняти рішення про застосування таких джерел енергії, які можуть в цей час задовольнити потреби промислової теплиці.

Перевагою при даному способі керування СЕП може бути відсутність витрат на спеціальні програмні та апаратні засоби. Серед недоліків слід відзначити наступні: матеріальні витрати, пов'язані з оплатою праці оператора; можливі помилки в прийнятті рішень, оскільки завжди існує людський фактор; не висока швидкодія, оскільки оператору необхідний певний час для оцінки поточної інформації та прийняття рішення.

Слідуючим способом керування СЕП є використання в САК сучасних засобів, які мають високу швидкодію. Тоді САК швидше прийматиме рішення про підключення енергетичних установок для задоволення енергетичних потреб споживача. Перевагами такого керування СЕП є: керування виконується без участі людини-оператора, і тим самим зникають витрати, пов'язані з заробітною платою оператора; більша швидкодія, оскільки САК оцінює стан вхідних параметрів та приймає рішення швидше ніж людина. Недоліком є те, що, САК може втрачати швидкодію коли для прийняття рішення про вибір джерел енергії необхідно спочатку визначити стан енергоустановок та порівняти з енергетичними потребами споживача. Аж потім лише прийняти рішення щодо використання певного джерела енергії.

Аналіз розглянутих щойно шляхів керування енергопостачанням промислової теплиці (з врахуванням переваг і недоліків) показав, що доцільно є обрати останній спосіб керування, так як це дасть можливість автоматично керувати СЕП та підвищити швидкодію системи в цілому.

Задачу автоматизації енергопостачання промислової теплиці від різнорідних джерел енергії, доцільно розв'язувати у декілька етапів.

Для розв'язання поставлених задач було виділено 7 етапів, кожний з яких має свої методи досліджень.

Перший етап. На першому етапі пропонується побудувати загальну структуру автоматизованої СЕП (АСЕП). На даному етапі зазвичай використовують теоретичні методи досліджень.

Другий етап. Для дослідження енергетичного потенціалу вітрової енергії можна використати методи теоретичних досліджень або проводити безпосередні вимірювання швидкості вітру в місцевості.

Дослідження енергетичних потреб промислової теплиці проводять з метою отримання графіків енергоспоживання за певний період часу.

Третій етап. Треба обрати потужність ВЕУ та визначити яку потужність вона буде мати в конкретному регіоні.

Четвертий етап. Для розробки АСЕП необхідно мати алгоритм роботи системи, розробити структурну, функціональну та принципову схеми.

1.4. Висновки до розділу

З наведеного в даному розділі можна зробити такі висновки:

1. Проведений аналіз наукових робіт, присвячених автоматизації енергопостачання з НВДЕ, показав що, існуючі засоби потребують удосконалення, і вони не задовольняють всім вимогам, які висувують до СЕП промислової теплиці.

2. Найголовнішою з усіх систем забезпечення промислової теплиці є система енергопостачання, тому в подальшому буде розроблено систему автоматичного керування енергопостачанням теплиці на основі НВДЕ та традиційної мережі.

3. Задачу автоматизації енергопостачання промислової теплиці пропонується розв'язувати у декілька етапів.

РОЗДІЛ 2. ДОСЛІДЖЕННЯ ВХІДНИХ ПАРАМЕТРІВ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ ЕНЕРГОПОСТАЧАННЯ ПРОМИСЛОВОЇ ТЕПЛИЦІ

2.1. Побудова структури АСЕП промислової теплиці

В попередньому розділі було зазначено, що СЕП промислової теплиці отримує енергію від традиційної електромережі. Для підвищення продуктивності та зменшення матеріальних витрат на електроенергію пропонується використовувати енергію вітру, а саме вітроелектричну установку (ВЕУ). Таким чином, структура АСЕП промислової теплиці має вигляд (рис. 2.1).



Рисунок 2.1 – Структура АСЕП промислової теплиці:

ВЕУ – вітроелектрична установка; АСК – автоматизована система керування;

СГЖ – система гарантованого живлення

В якості основного джерела енергії (ДЕ) буде використано енергію вітрових потоків, а в якості резервного – електромережа.

Визначення необхідної потужності ВЕУ слід виконувати за результатами аналізу графіків очікуваного енергопостачання промислової теплиці протягом певного періоду (не менше року) та очікуваного вироблення енергії від ВЕУ.

Система акумуляування має в своєму складі акумуляторні батареї (АКБ), контролер заряду батарей, зарядний пристрій та ін. Автономний інвертор (АІ), має у своєму складі стабілізатор напруги, перетворювач струму та інші пристрої, необхідні для надання електроенергії затвердженій ДСТУ якості.

Метою створення будь-якої АСК є керування поведінкою об'єкта керування (ОК), у якості якого може виступати пристрій (сукупність пристроїв) або динамічний процес [19], дана АСК повинна розподіляти згенеровану енергію від енергоустановок до СЕП промислової теплиці. Тоді об'єкт керування (ОК) в даній АСЕП є це процес енергопостачання у відповідності до енергетичних потреб промислової теплиці. Вхідними параметрами ОК є:

- необхідна кількість енергії, яка потрібна теплиці (енергетичні потреби);
- наявна кількість енергії, яку надають енергоустановки (енергетичні потоки).

Вихідний параметр - це вибір енергетичних потоків для даного моменту часу, які здатні забезпечити енергетичні потреби СЕП промислової теплиці.

2.2. Дослідження роботи споживачів енергії в промисловій теплиці

Необхідно дослідити енергетичні потреби промислової теплиці. Раніше було зазначено, що СЕП промислової теплиці складається з декількох систем, кожна з яких потребує енергії.

Було проведено аналіз роботи споживачів енергії промислової теплиці. Перелік електроприймачів та їх умови роботи зведені в табл. 2.1.

Таблиця 2.1 – Енергетичні потреби промислової теплиці

Прилади	Кіл-ть, шт.	Номінальна потужність, Вт	Сезон року	Години роботи, год.	Тривалість роботи, год.
1	2	3	4	5	6
Система вентиляції	3	200	зима	12..14	2
			весна	10..12	2
			літо	8..10, 12..14, 19..21	6
			осінь	8..10, 17..19	4
Система мікроклімату	1	150	всі сезони	1-24	24
Система поливу	2	500	зима	14..16	2
			весна	10..19	9
			літо	6..20	14
			осінь	12..16	4
Система обігріву	1	1000	зима	1-24	24
			весна	24..11, 17..24	18
			літо	-	0
			осінь	24..12, 16..24	20
Система освітлення					
LED лампа	10	125	зима	7...14	7
			весна	7..11	4
			літо	-	0
			осінь	7..12	5
LED лампа	7	115	зима	20..2	6
			весна	20..24	4
			літо	-	0
			осінь	20..1	5
LED лампа	12	71	зима	14..20	6
			весна	14..19	5
			літо	-	-
			осінь	14..19	5
LED лампа	15	14	зима	2..7	5
			весна	2..6	4
			літо	22..0	7
			осінь	2..7	5
Інші прилади	1	500	всі сезони	1..24	24

Система вентиляції може бути як з використанням електроенергії, так і без неї. Електричні складаються з вентилятора та термореле, яке вмикає вентилятор при заданій температурі повітря. Переваги - висока чутливість і зручне регулювання, а так само необмежена потужність. Недолік - ненадійність, оскільки навіть короточасне відключення електроенергії в спекотну погоду може залишити без урожаю на весь сезон [4, 6, 9].

Термопривід - автономний пристрій, не вимагає електрики і участі людини. Пристрій працює за рахунок розширення об'єму робочої рідини при плавленні. При виштовхуванні штока з гідроциліндра походить піднімання рами або відкриття вікна, двері. Термопривід забезпечить автоматичне відкривання і закривання теплиці для провітрювання при зміні температури усередині теплиці [4, 6, 9].

Система керування мікрокліматом призначена для автоматизованого управління режимом температурної вологості і виконавчими механізмами в декількох незалежних блокових або ангарних теплицях, що мають загальне і роздільне устаткування. Апаратна частина системи складається з блоку управління (контролера мікроклімату), комплексу датчиків для збору відомостей про теплицю, блоку ручного управління і релейної комутації. Збір даних і основне управління мікрокліматом здійснює контролер, але для найбільш зручного перегляду і завдання параметрів мікроклімату, а також для внесення коректувань до управління, існує програмний комплекс для моніторингу системи з персонального комп'ютера. Зв'язок між комп'ютером і контролером здійснюється за допомогою інтерфейсу RS-485 [4, 6, 9].

Система поливу. Найчастіше в промислових теплицях для поливу використовують крапельний полив. Перевага даного поливу полягає у безперервній і повністю систематизованій подачі води в прикореневу зону кожної рослини. Це дає можливість економити не лише воду, але також електрику і добрива. Звичайний трубопровід із спеціальними крапельницями прокладається в рядах теплиці, враховуючи ширину рядів і кількість рослин в ряду. Під кожен

рослину встановлюється окрема крапельниця, яка і забезпечує його необхідною вологою [4, 6, 9].

Автоматичний полив забезпечують такі пристрої [4, 6, 9]:

- поливальні голівки. Елементи автоматичного поливу, від яких залежить вихід води з системи, натиск, збереження тиску, дальність і висота викиду води;
- електромагнітні клапани. Спеціальні компоненти, які вмикають або вимикають подачу води в певній зоні. Управляються за допомогою пульта керування системою;
- пульт керування - це серце системи автоматичного поливу. Саме тут відбувається основне програмування кількості води, часу і періодів її подачі, автовимикання і автовимикання, а також інші функції системи;
- підземний трубопровід. По даній системі, точніше навіть, сітці труб, проходить чиста і живильна вода для рослин, при цьому подається вона безпосередньо з ємкості або централізованого трубопроводу під кожен рослин;
- гідророзетки. Встановлені в різних зонах вашої теплиці, гідророзетки допоможуть влаштувати швидкий полив навіть там, де це раніше не планувалося;
- насосна станція. Можна сказати, що це друге серце системи, без якого подача води просто неможлива;
- накопичувальні ємкості. В разі відключення води або її нестачі, подібні ємкості завжди виручать рослини і врятовують їх від засухи за допомогою великого запасу води;
- фільтри системи. Якісні фільтри очищають воду від забруднень, токсичних елементів, дрібних відшаровувань трубопроводу і інших компонентів, які зовсім не потрібні при поливі теплиці.

Система опалення призначена для підтримки температурного режиму в об'ємі теплиці відповідно до технологічних вимог. Передбачається опалення теплиці за допомогою багатоконтурної системи обігріву [4, 6, 9].

Призначення контурів обігріву промислової теплиці [4, 6, 9]:

- контур підлоткового обігріву - призначений для забезпечення снігорозтавання при інтенсивному випаданні опадів;

- контур верхнього технологічного обігріву - призначений для регулювання температурного режиму у верхній частині теплиці, виключаючи проникнення холодного повітря в зону рослин при різких пониженнях зовнішньої температури і відкритті штормового екрану (створення теплої повітряної «подушки» у верхній частині об'єму теплиці);

- контур нижнього технологічного обігріву, призначений для створення заданого теплового режиму в теплиці.

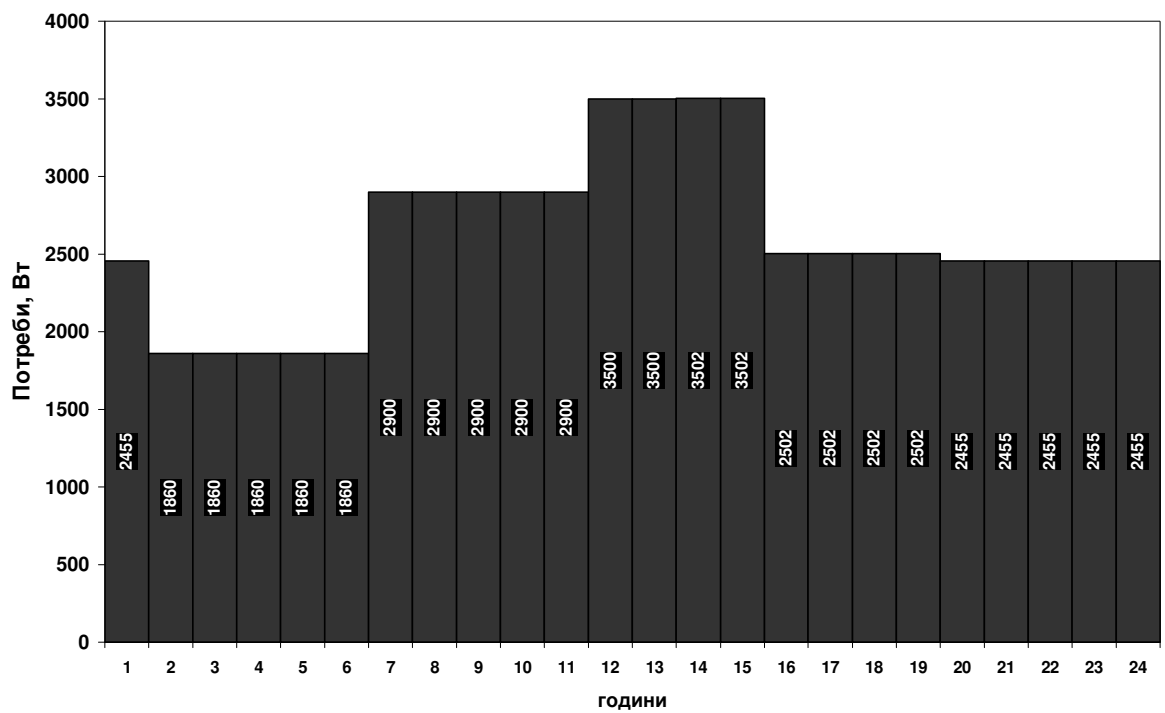
Параметри температурного режиму задаються згідно з вимогами агротехнології в кожному відділенні теплиці автономно. Розподіл подачі теплоносія в системі опалення теплиць здійснюється за допомогою вузлів регулювання температур по відділеннях блоку теплиць. Керування температурними режимами по контурах здійснюється від автоматизованої системи керування мікрокліматом [4, 6, 9].

Система освітлення. Світлодіодні лампи LED призначені для забезпечення повного проходження життєвого циклу у рослин. Основна задача LED-лампи – забезпечити повноцінне проходження фотосинтезу в рослинах на стадіях їх росту та нарощування біомаси. Переваги LED-ламп полягають в: мінімальному споживанні електроенергії, не потребує підігріву (як натрієві лампи), не нагрівається, екологічно безпечний, має високий ККД, значний час безперервної роботи світло діодів [4, 6, 9].

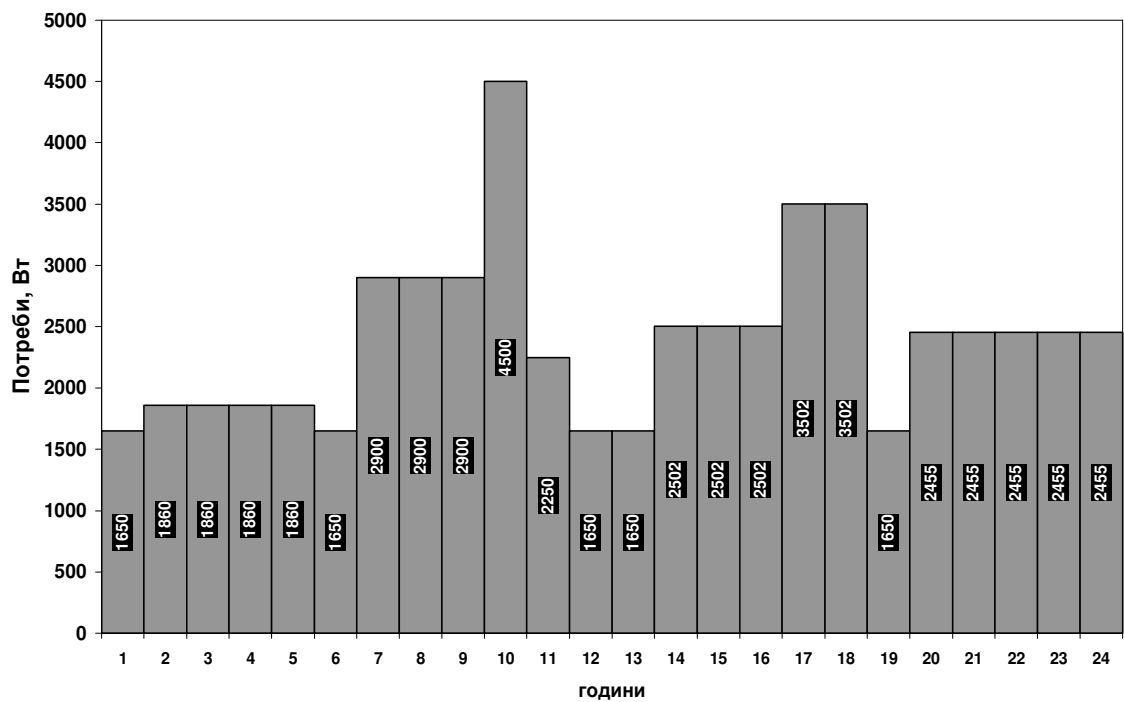
Інші прилади, які наведені в табл. 2.1, це різні побутові прилади, необхідні обслуговуючому персоналу промислової теплиці. Наприклад, телевізор, холодильник, персональний комп'ютер та ін.

З використанням даних, наведених в табл. 2.1 та рекомендацій [20] було визначено енергетичні потреби промислової теплиці за сезонами року. Результати на рис. 2.2-2.5.

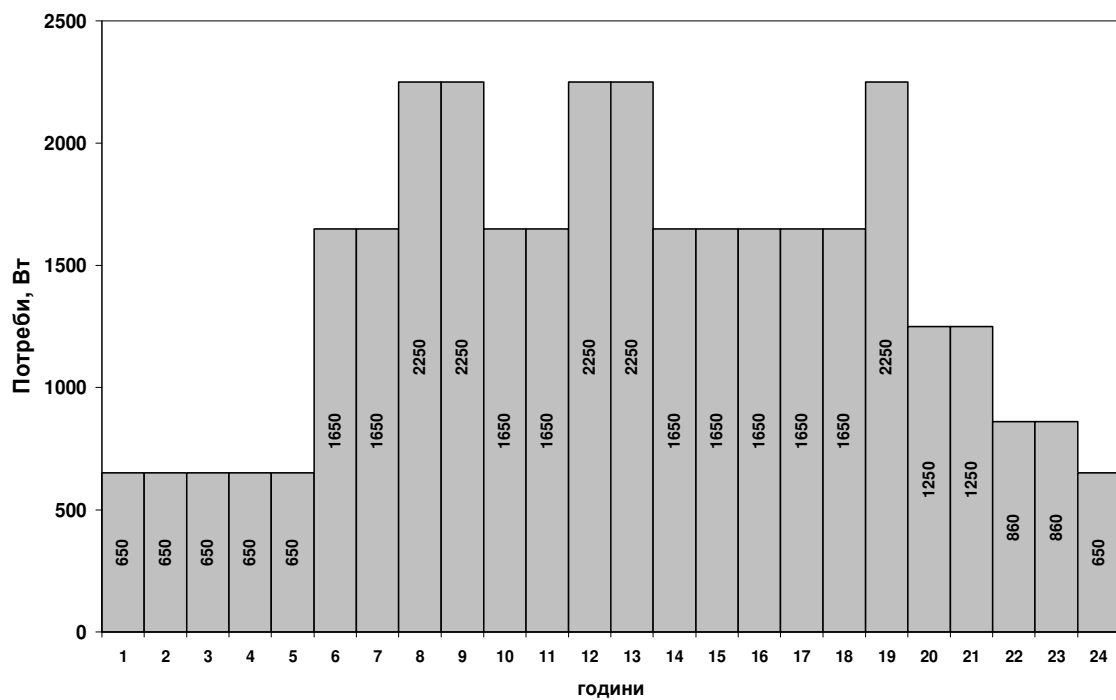
Як видно з рис. 2.2-2.5, максимальні енергетичні потреби становлять: взимку та восени – близько 3500 Вт, весною – 4500 , влітку – майже 2250 Вт.



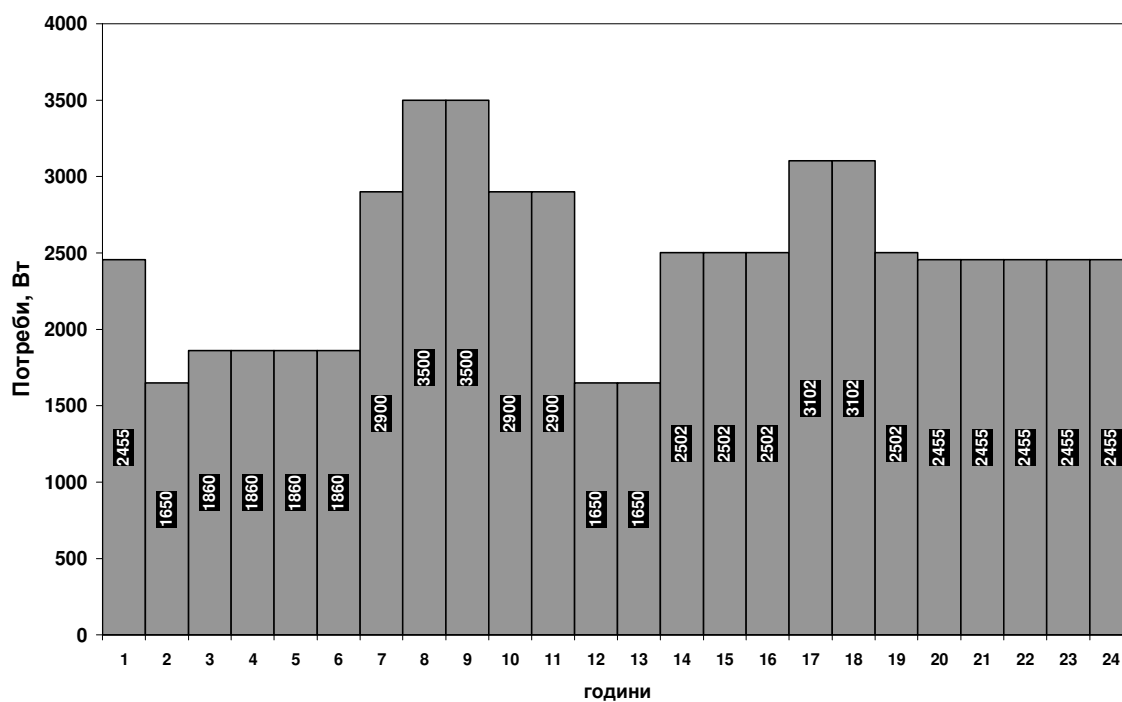
**Рисунок 2.2 – Середньодобові енергетичні потреби
промислової теплиці взимку**



**Рисунок 2.3 – Середньодобові енергетичні потреби
промислової теплиці весною**



**Рисунок 2.4 – Середньодобові енергетичні потреби
промислової теплиці влітку**



**Рисунок 2.5 – Середньодобові енергетичні потреби
промислової теплиці восени**

2.3. Енергетичний потенціал енергії вітру

Другим вхідним параметром ОК є кількість енергії, яку генерують енергоустановки, в нашому випадку – це ВЕУ. Для визначення кількості енергії, яку зможе надати ВЕУ (потужність ВЕУ) необхідно знати інформацію щодо енергетичного потенціалу енергії вітру де знаходиться промислова теплиця. Виконаємо розрахунки, припустивши, що промислова теплиця знаходиться в Кропивницькому районі, Кіровоградська область.

В роботі [21] наведено результати таких досліджень для м. Кропивницький (Кіровоград). Так як необхідна інформація стосовно середньодобового енергетичного потенціалу швидкості вітру, то використати результати досліджень [21] не доцільно, тому що там використано статистичні дані зі швидкості вітру через кожні 4 години, а нам потрібно за всю добу. Тому було проведено обробку статистичних даних зі швидкості вітру.

Для цього було використано інформацію з цифрової погодної метеостанції «Vantage Pro2TM», яка знаходиться на кафедрі автоматизації виробничих процесів ЦНТУ.

Анемометр розташований на стандартній висоті у 10 м. Станція кожні 30 хвилин передає інформацію на ПК. Для обробки інформації було взято дані швидкості вітру за період з 2009-2023 рр (15 років).

В подальшому за допомогою методики [13] було зроблено обробку статистичних даних. Після чого побудували графіки залежності швидкості вітру за сезонами року.

На рис. 2.6-2.9 представлено енергопотенціал енергії вітру за сезонами року в Кропивницькому районі.

Як видно з рис. 2.6-2.9 максимальний вітроенергетичний потенціал в Кропивницькому районі становить: взимку – майже 4,7 м/с, весною – 5,8 м/с, влітку та восени – майже 5 м/с.

На основі цих даних буде промодельовано та розраховано потужність ВЕУ в умовах Кропивницького району.

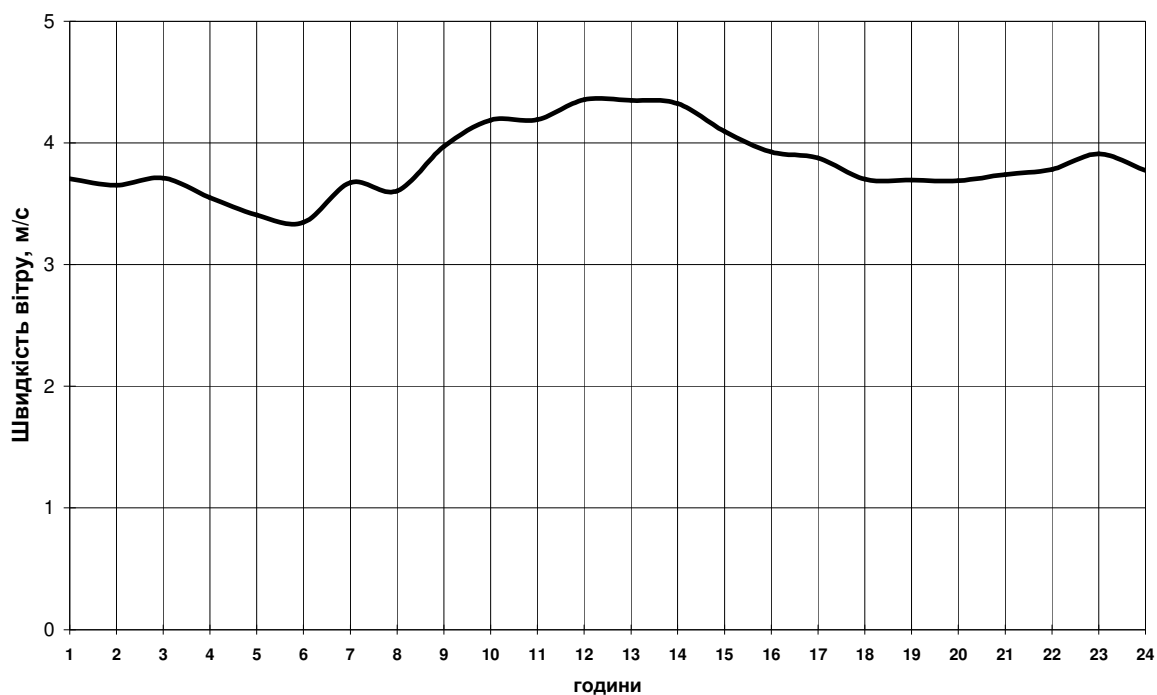


Рисунок 2.6 - Залежність швидкості вітру взимку

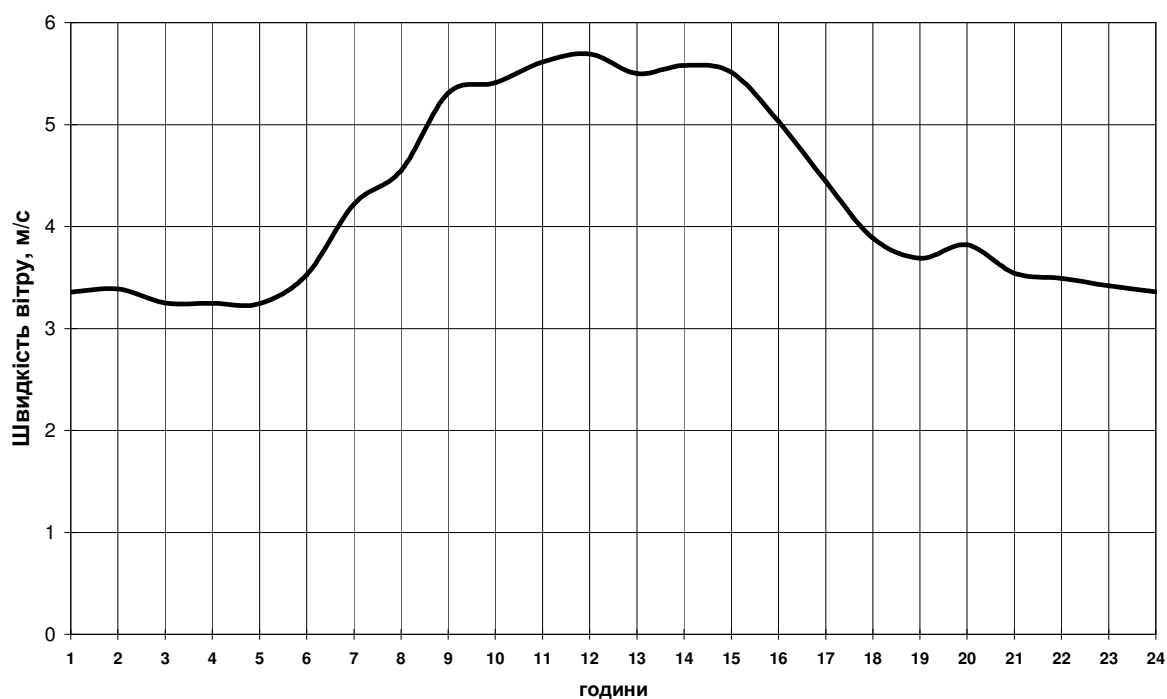


Рисунок 2.7 - Залежність швидкості вітру весною

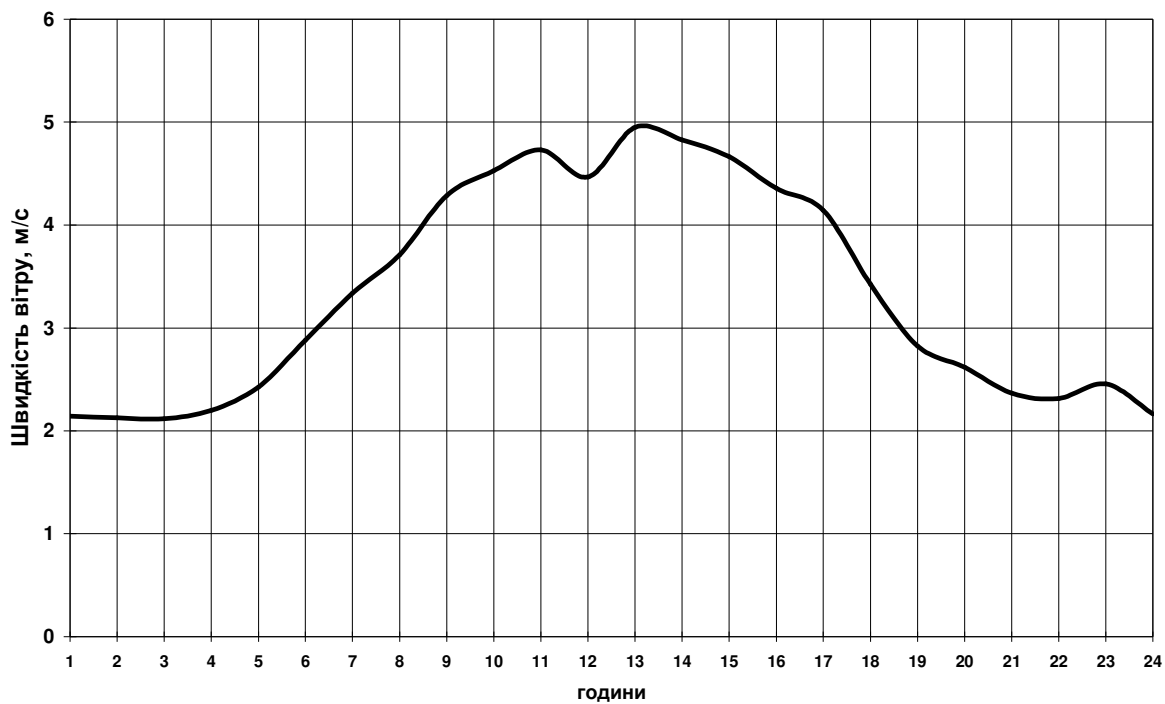


Рисунок 2.8 - Залежність швидкості вітру влітку

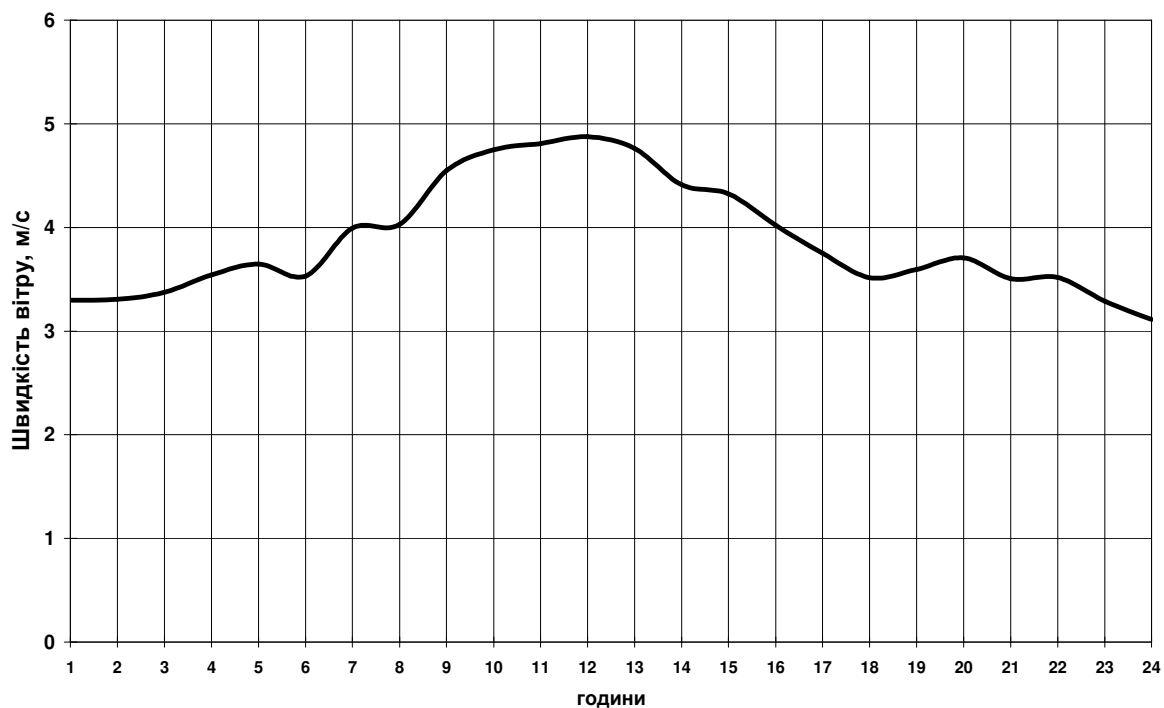


Рисунок 2.9 – Залежність швидкості вітру восени

2.4. Висновки до розділу

З наведеного в даному розділі можна зробити такі висновки:

1. Запропоновано структуру АСЕП промислової теплиці. Основними ДЕ є вітрова енергія, резервним – традиційна електромережа.
2. При дослідженні енергетичних потреб промислової теплиці було визначено, що пікове навантаження становить 4,5 кВт весною.

РОЗДІЛ 3. ТЕОРЕТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ РОБОТИ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ ЕНЕРГОПОСТАЧАННЯ ПРОМИСЛОВОЇ ТЕПЛИЦІ

3.1. Моделювання роботи вітроустановки

Для кваліфікаційної роботи було обрано ВЕУ потужністю 5000 Вт (виробник Україна) тому що пікове енергетичне навантаження становить 5 кВт. Основні технічні характеристики вітроустановки показані в табл. 3.1.

Таблиця 3.1 – Технічні характеристики обраної ВЕУ

Основні характеристики	
Номінальна потужність, Вт	5000
Номінальна напруга, В	240
Діаметр вітроколеса, м	5,6
Номінальна кількість обертів, об. / хв.	190
Кількість лопатей, шт.	3
Рекомендована висота щогли, м	12-21
Коефіцієнт використання енергії вітру	0,45
ККД генератора	0,85
Робочий діапазон швидкостей	
Стартова, м / с	2
Номінальна, м / с	12
Максимальна, м / с	60

В підручнику [13] запропоновано методику визначення основних показників роботи горизонтально-осьової ВЕУ. Скориставшись цією методикою було визначено:

- швидкість вітру на висоті головки (щогли) ВЕУ. Результати показані в табл. 3.2;
- визначено потужність установки (рис. 3.1).

Також для моделювання роботи вітроустановки було визначено середньодобову потужність ВЕУ. На рис. 3.2-3.5 показані залежності середньодобової потужності вітроустановки від сезонів року Для Кропивницького району.

З вигляду залежностей, наведених на рис. 3.2-3.5, можна сказати, що в Кропивницькому районі максимальна середньодобова потужність вітроустановки буде: зимою – 2,15 кВт, весною – близько 2,6 кВт, влітку та восени – майже 2,4 кВт.

Таблиця 3.2 – Порівняльна характеристика швидкості вітру

	Швидкість вітру V, м/с													
h=10 м	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
h=17 м	0	1,11	2,22	3,34	4,45	5,56	6,7	7,8	8,9	10	11,1	12,2	13,3	14,5

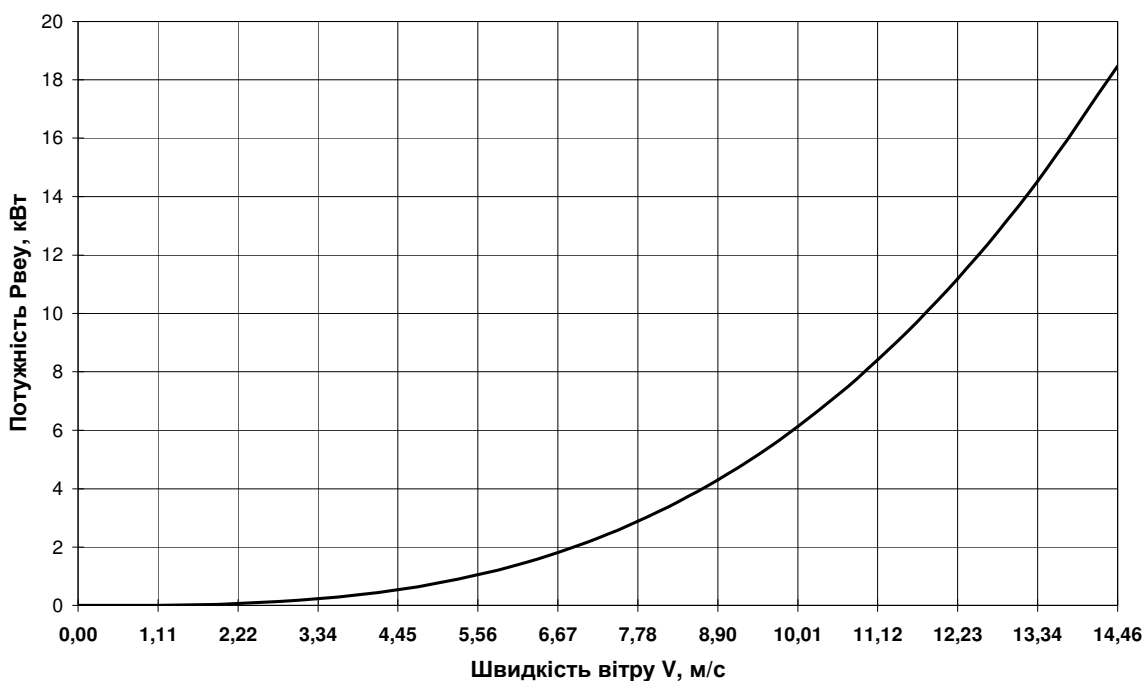


Рисунок 3.1 – Залежність потужності ВЕУ від швидкості вітру

Потім треба побудувати графіки залежності вхідних параметрів АСЕП та проаналізувати можливості ВЕУ задовольнити енергопотреби теплиці.

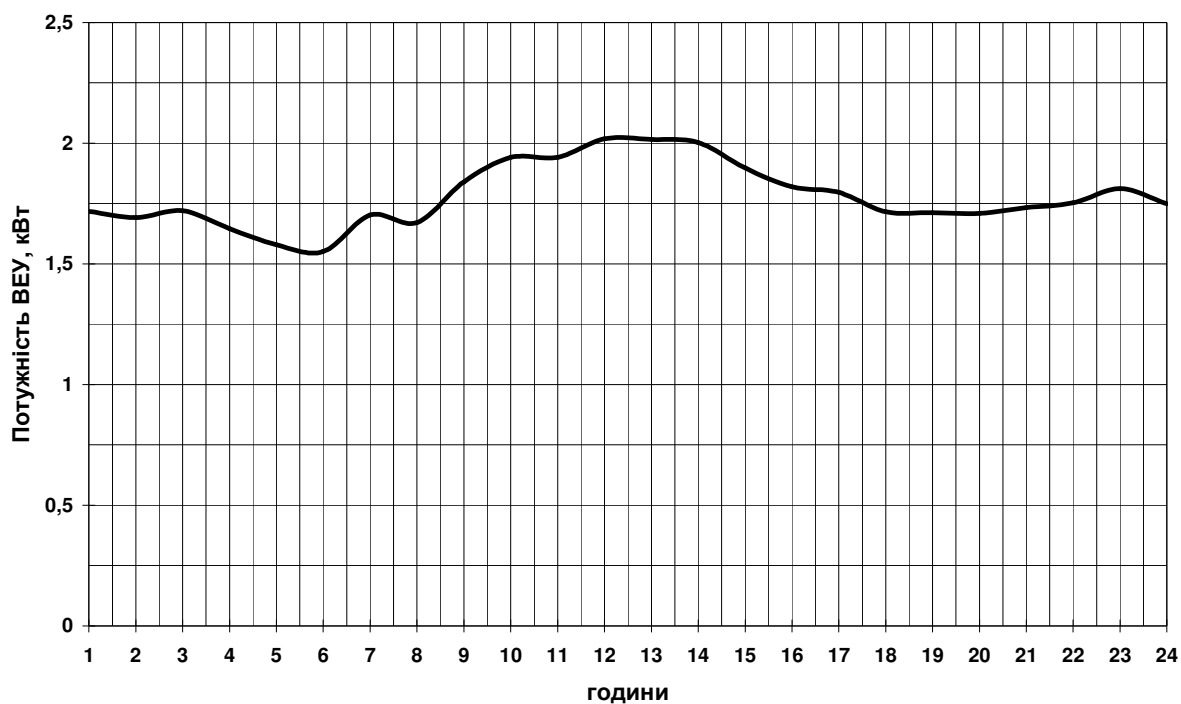


Рисунок 3.2 – Потужність ВЕУ взимку

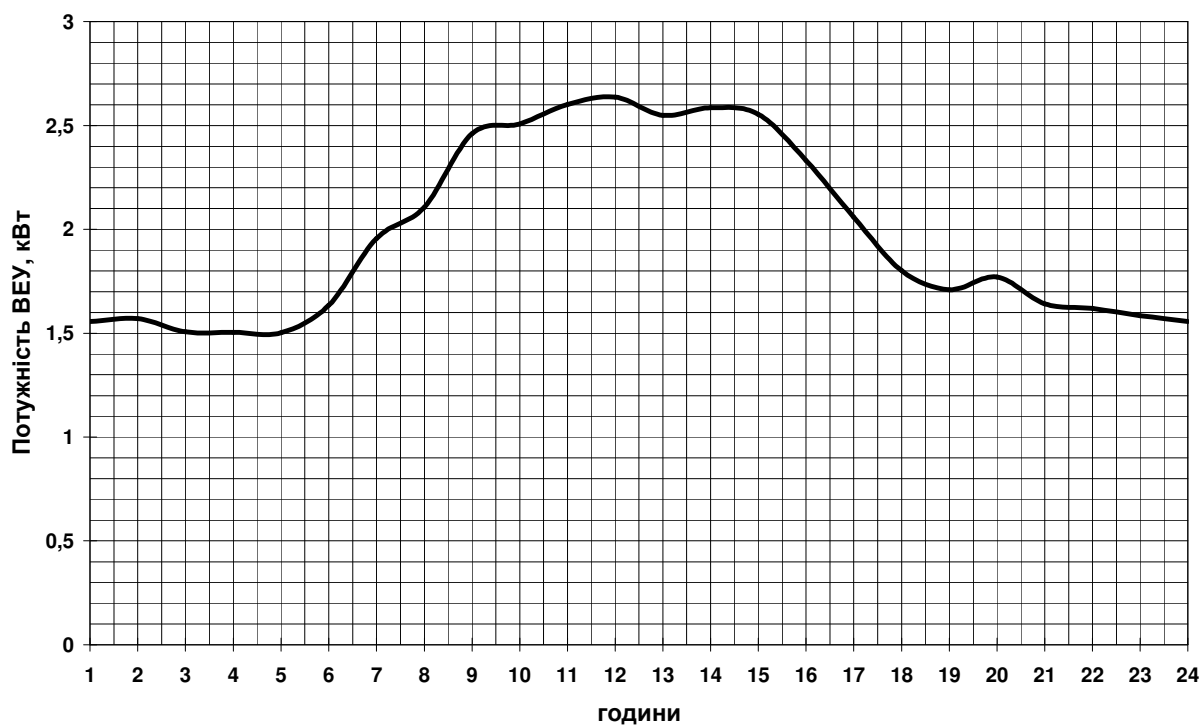


Рисунок 3.3 – Потужність ВЕУ весною

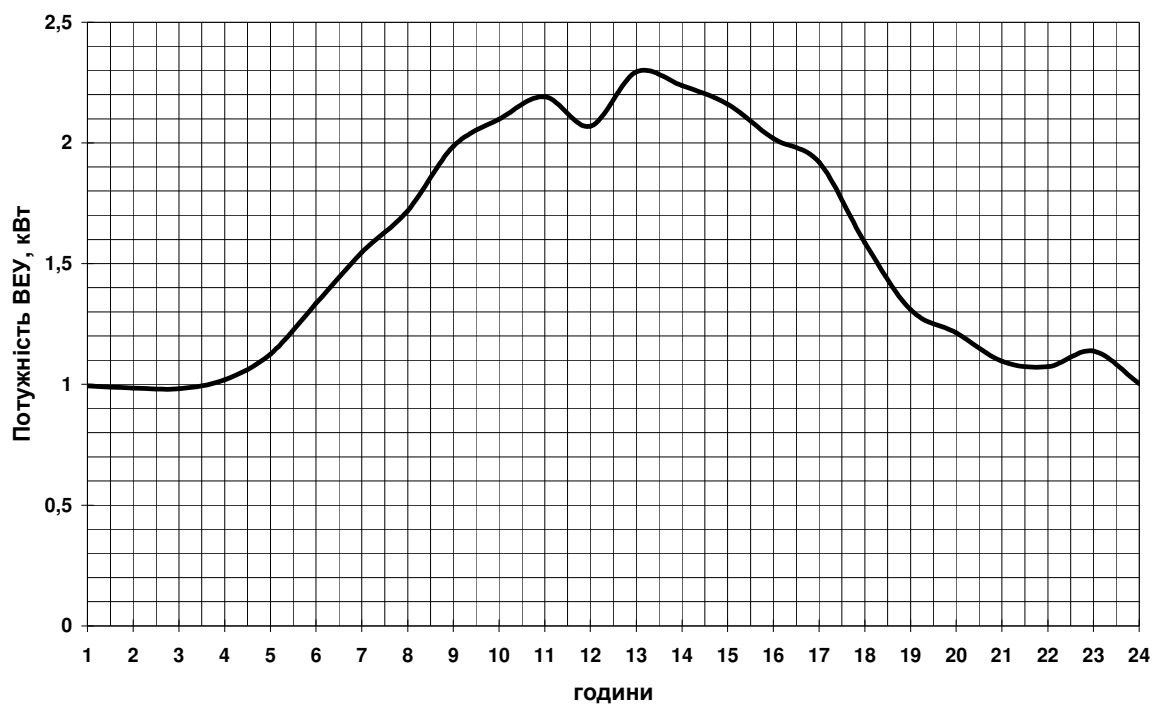


Рисунок 3.4 – Потужність ВЕУ влітку

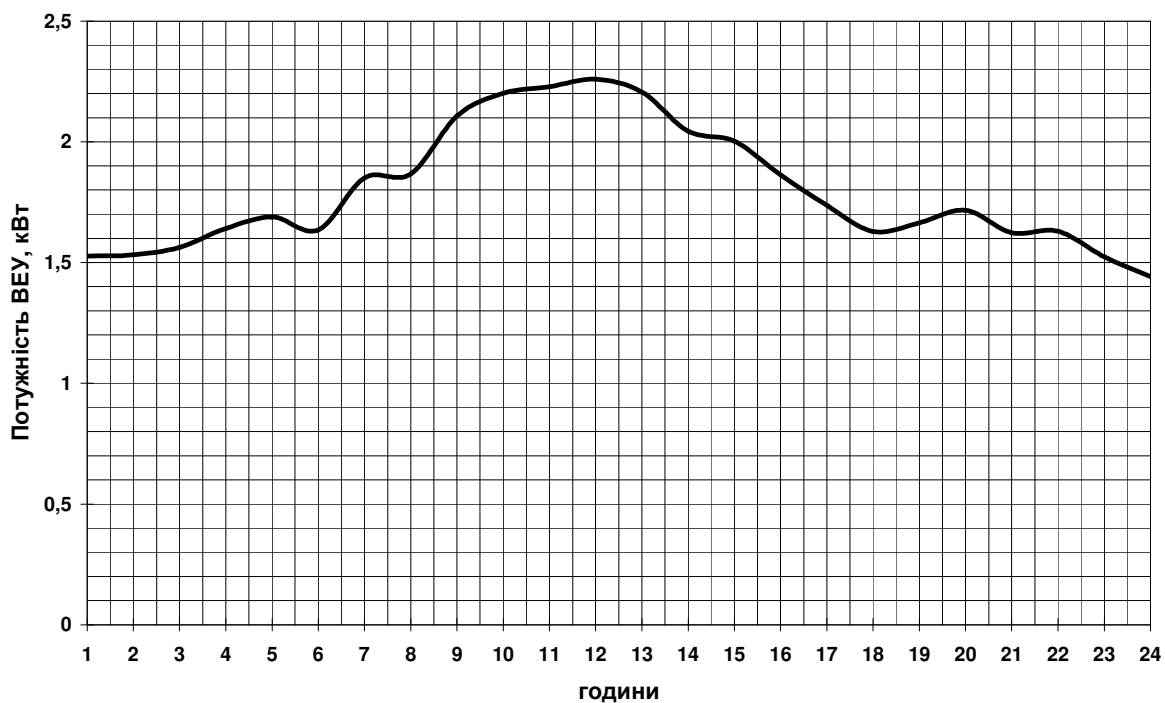


Рисунок 3.5 – Потужність ВЕУ восени

3.2. Побудова графіків залежності вхідних параметрів АСК АСЕП та аналіз можливостей задоволення енергетичних потреб промислової теплиці

Як видно з графіків, показаних в попередньому підрозділі, то середньодобові енергетичні потреби промислової теплиці становлять:

- взимку – 62,5 кВт;
- весною – 57,9 кВт;
- влітку – 34,2 кВт;
- восени – 59 кВт.

Середньодобова кількість генерованої від ВЕУ енергії становить:

- 42,7кВт – взимку;
- 47,3 кВт – весною;
- 37 кВт – влітку;
- 43, 2 кВт – восени.

Тобто, у відсотковому відношенні взимку енергетичні потреби мають бути задоволені на 68% взимку, 82% весною, більш ніж 100 % влітку та на 73% восени.

Для визначення взаємозв'язку між енергопостачанням та енергоспоживанням промислової теплиці необхідно побудувати графіки залежності вхідних параметрів об'єкта керування АСК АСЕП.

Скористаємося методикою, запропонованою в [6]. На рис. 3.6-3.9 показані графіки залежності вхідних параметрів об'єкта керування АСК АСЕП за сезонами року в Кропивницькому районі.

Як видно з графіків, то вітрова енергія не здатна цілком задовольнити енергетичні потреби промислової теплиці (у пікові години максимально можуть забезпечити близько 50 % потреб, крім літнього періоду). Там де не вистачає енергії вітру буде використано центральне електропостачання, тобто: на графіках місця, де вітрова енергія не задовольняє енергетичні потреби промислової теплиці, треба енергетичні потреби задовольняти за рахунок резервного ДЕ – традиційна електромережа.

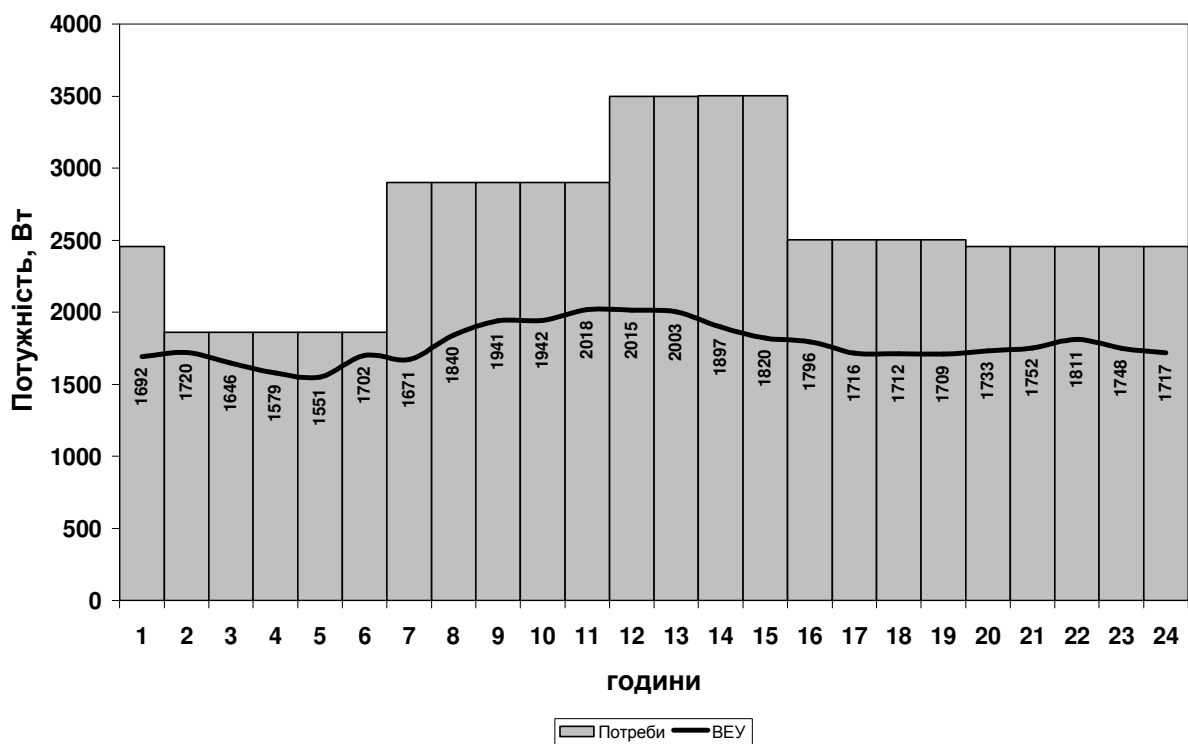


Рисунок 3.6 – Задоволення енергетичних потреб взимку

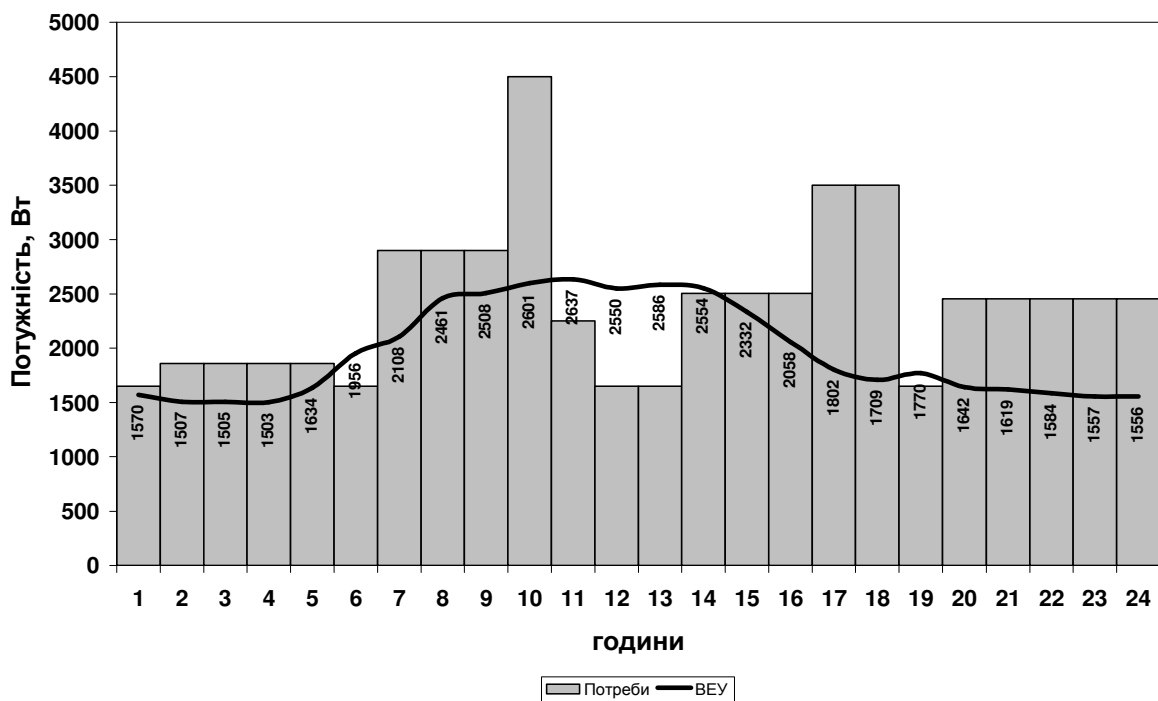


Рисунок 3.7 – Задоволення енергетичних потреб весною

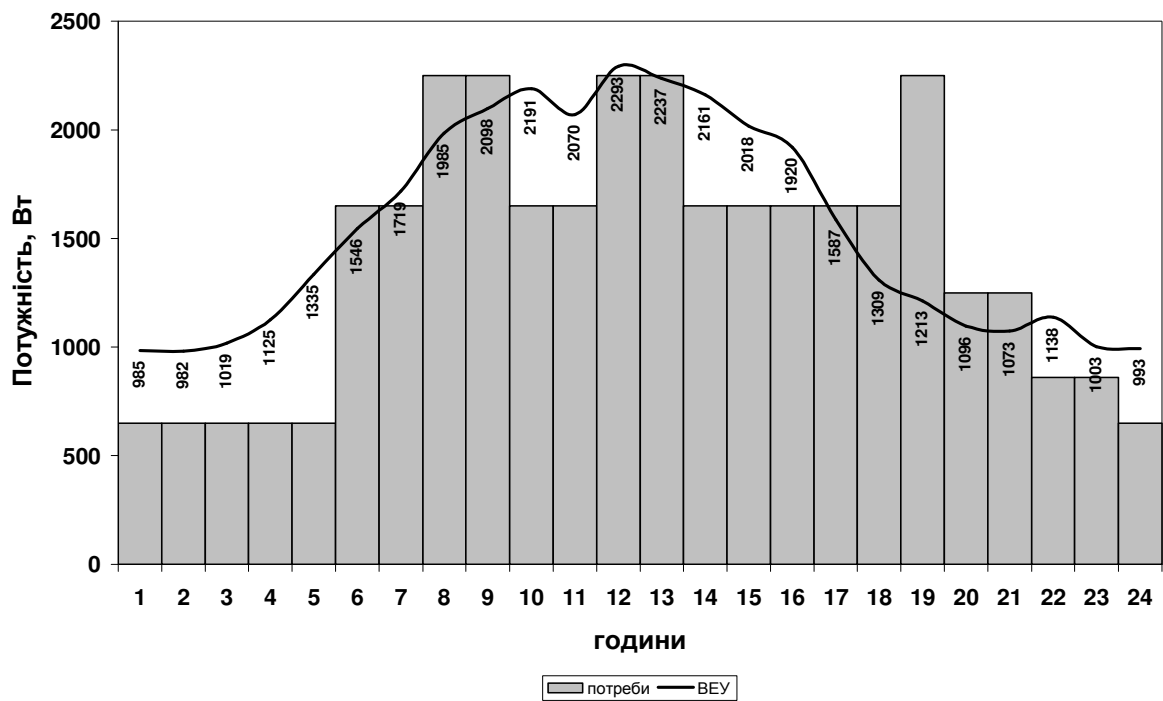


Рисунок 3.8 – Задоволення енергетичних потреб влітку

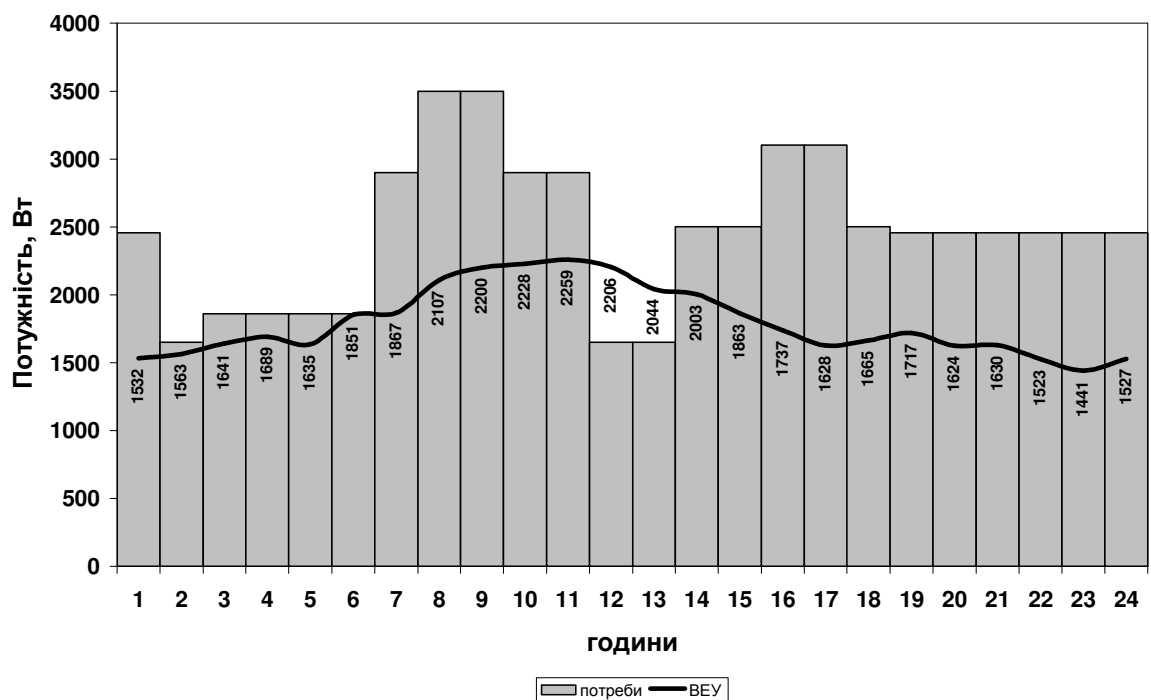


Рисунок 3.9 – Задоволення енергетичних потреб восени

Зима. Розглянемо рис. 3.6 піковими годинами навантаження є період з 12 години до 15 години включно. В цей період ВЕУ здатна забезпечити близько 55% енергетичних потреб. Нажаль, на графіках немає інтервалів часу, де існував би надлишок вітрової енергії, тому заряджати АКБ в даний період не вдасться. Загалом в середньому ВЕУ здатна забезпечити до 70% енергетичних потреб промислової теплиці, а отже за допомогою мережі необхідно буде забезпечити лише 30% енергетичних потреб промислової теплиці.

Весна. Розглянемо рис. 3.7 Як бачимо, о 6, 12, 13, 14, 15 та 19 годинах існує надлишок вітрової енергії, який можна направити до АКБ. Для 6 години – це 305 Вт, о 12 годині – 390 Вт, о 13 та 14 годинах – близько 920 Вт, о 15 годині – 50 Вт, в 19 годині – 120 Вт. Пікове навантаження 4500 Вт (о 10 годині) ВЕУ здатна забезпечити в середньому близько 85% енергетичних потреб.

Літо. Розглянемо рис. 3.8 Можна сказати, що з 22 години по 5 годину ранку включно, а також о 10, 11, 14, 15, 16 годинах ВЕУ здатна повністю забезпечити енергетичні потреби промислової теплиці, а надлишок направити до АКБ. В інші інтервали часу доцільно використовувати резервне ДЕ. В середньому вітрова енергія здатна забезпечити майже 100% потреб та 15% направити до АКБ.

Осінь. Розглянемо рис. 3.9 Як бачимо, лише о 12 та 13 годинах енергетичні потреби промислової теплиці можуть бути повністю задоволені за рахунок ВЕУ. В інші періоди часу слід застосовувати резервне ДЕ. Загалом енергетичні потреби в середньому задоволені за рахунок ВЕУ на 75%, а отже лише 25% буде задоволено за рахунок традиційної мережі.

3.3. Визначення необхідної ємності системи акумулювання

Також необхідним є розрахувати ємність системи акумулювання для АСК АСЕТ. Для цього застосуємо методику розрахунку енергосистеми на основі вітрогенераторів, яка детально описана в [13].

Денний максимум навантаження P_{max} для теплиці становить 4,5 кВт.

Згідно аналізу можливостей задоволення енергетичних потреб промислової теплиці для зимового періоду система акумулювання повинна забезпечити імовірність безперебійного електропостачання $p=0,6$. В нашому випадку середня швидкість вітру в Кропивницькому районі, відповідно до виконаних попередніх досліджень, дорівнює 5 м/с. Найдоцільнішим є виконувати розрахунок для найгіршого сезону року – зимовий період, оскільки розрахована ємність системи акумулювання зможе забезпечити тоді не лише в зимовий період, а й в інші сезони року.

Порогова швидкість вітру – це швидкість вітру, нижче якої не задовольняються енергетичні потреби промислової теплиці. Приймаємо $v_{tr}=2$ м/с.

Після чого треба побудувати графіки залежності (бажано у вигляді гістограм) щільності розподілу періодів відсутності вітру.

Для $v_{tr} = 2$ м/с експоненційний закон розподілу повністю відповідає цим залежностям (щільність розподілу періодів відсутності вітру). Цей закон розподілу визначається формулою [13]:

$$F(t) = \lambda \cdot e^{-\lambda t} \quad (3.1)$$

де t – тривалість періоду відсутності вітру;

λ – параметр розподілу, визначається як:

$$\lambda = \frac{n}{\sum_{i=0}^n t_i} \quad (3.2)$$

де n – кількість періодів відсутності вітру;

t_i – тривалість i -го періоду відсутності вітру.

Отримані значення параметра в зимовий період (λ_z) та літній період (λ_l) було показано в табл. 3.3.

Таблиця 3.3 – Величина параметрів λ_3 та $\lambda_{\text{л}}$

Роки	2009	2014	2019	2023
λ_3	0,333	0,233	0,325	0,517
$\lambda_{\text{л}}$	0,342	0,658	0,333	0,708

Знайдемо математичне сподівання для λ за формулою:

$$\bar{\lambda} = \frac{1}{m} \cdot \sum_{i=1}^m \lambda_i \quad (3.3)$$

де m – кількість отриманих значень параметру λ .

Підставивши у формулу (4.3), маємо:

- для зимового періоду $\bar{\lambda}_3 = 0,352$,
- для літнього періоду $\bar{\lambda}_{\text{л}} = 0,510$.

Знайдемо дисперсії для λ_3 , $\lambda_{\text{л}}$ за формулою:

$$\sigma_{\lambda} = \frac{1}{m-1} \cdot \sum_{i=1}^m (\lambda_i - \bar{\lambda})^2 \quad (3.4)$$

Маємо для зимового та літнього сезонів, відповідно:

$$\sigma_{\lambda_3} = 0,027; \sigma_{\lambda_{\text{л}}} = 0,020$$

Надійнісний інтервал для λ_3 та $\lambda_{\text{л}}$. при імовірності 0,6 складатиме $\lambda \pm 3\sigma_{\lambda}$.

Найгірший випадок визначаємо $\lambda_{\text{н}}$. так :

$$\lambda_{\text{нз}} = \bar{\lambda}_3 \cdot 3\sigma_{\lambda_3} = 0,313,$$

$$\lambda_{\text{нл}} = \bar{\lambda}_{\text{л}} \cdot 3\sigma_{\lambda_{\text{л}}} = 0,442$$

Побудуємо для $\lambda_{нз}$ та $\lambda_{нл}$ графіки функцій імовірності появи періоду відсутності вітру із швидкістю, більшою за задану, показаний на рис. 3.10. Згідно виразу:

$$P(t) = 1 - \int_0^t \lambda \cdot e^{-\lambda t} \quad (3.5)$$

маємо

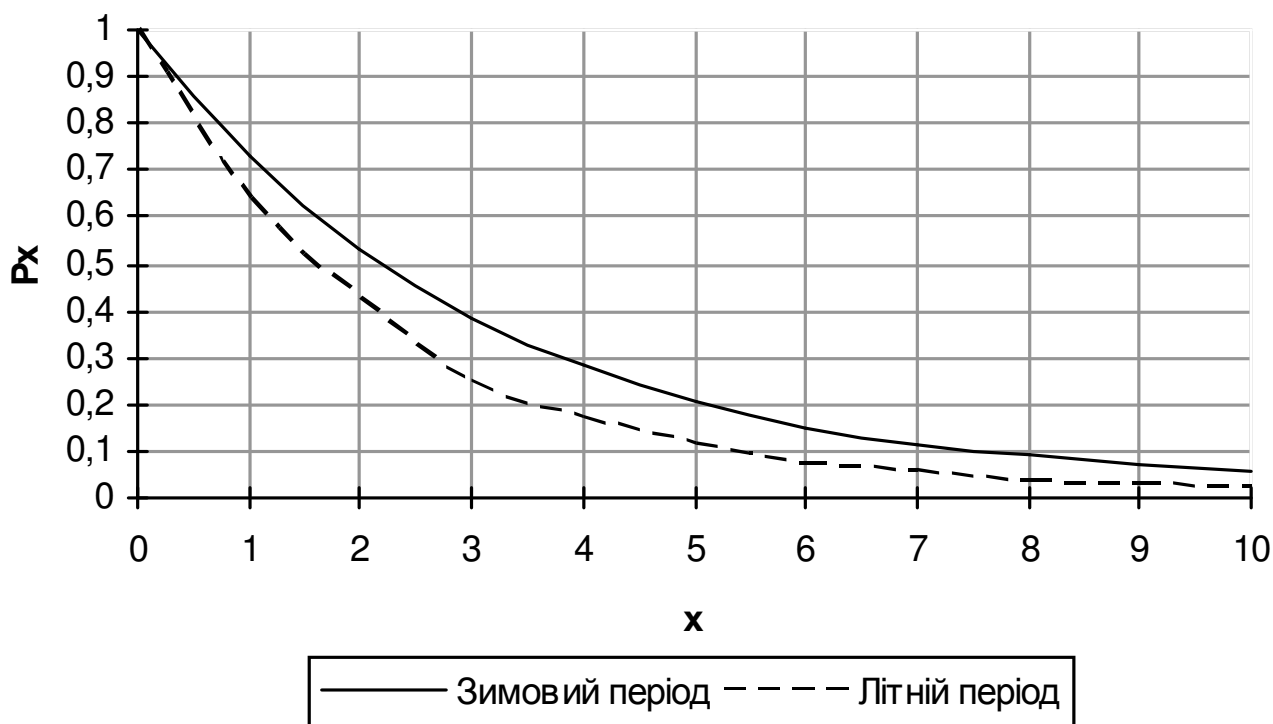


Рисунок 3.10 - Графіки ймовірності появи періоду відсутності вітру зі швидкістю, більшою за задану:

Рх – імовірність; х – час, днів

По заданій імовірності безперебійного електропостачання $p=0,6$ та графікам, які наведені вище, визначається тривалість періоду безвітря, T_w , імовірність якого дорівнює $1-p=0,5$.

По графікам (див. рис. 3.10) знаходимо, що ємність системи акумулювання повинна бути такою щоб забезпечити потреби споживачів в зимовий період на ~ 3 доби, а в літній період – на ~ 2 доби.

Ємність Q системи акумулювання визначається [13]:

$$Q = P_{\max} \cdot T_w \quad (3.6)$$

Підставивши значення у вираз (3.6) було знайдено, що ємність системи акумулювання в зимовий становить 13,5 кВт·год, літній період – 9 кВт·год.

3.4. Висновки до розділу

З наведеного в даному розділі можна зробити такі висновки:

1. В результаті проведеного моделювання роботи ВЕУ було визначено, що максимальна середньодобова потужність ВЕУ становить 2,65 кВт весною.
2. Аналіз графіків вхідних параметрів АСК АСЕП показав, що максимальна середньодобова згенерована енергія від ВЕУ дорівнює 47,3 кВт весною.
3. В результаті аналізу спроможності задовольнити енергетичні потреби промислової теплиці було визначено, що вітрова енергія може забезпечити близько 100% потреб літом, а загалом до 60% потреб промислової теплиці.
4. Для безперебійного енергопостачання промислової теплиці необхідно, щоб система акумулювання могла в зимовий період забезпечити енергетичні потреби на 3 доби, а влітку – на 2 доби. При цьому ємність системи акумулювання становить взимку 13,5 кВт·год., а в літній період – 9 кВт·год.

РОЗДІЛ 4. АПАРАТНА ТА ПРОГРАМНА РЕАЛІЗАЦІЯ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ ЕНЕРГОПОСТАЧАННЯ ПРОМИСЛОВОЇ ТЕПЛИЦІ

4.1. Структурна схема АСЕП промислової теплиці

В роботі [24], згідно структури АСЕП було розроблено схему структурну АСЕП промислової теплиці з НВДЕ, наведену на рис. 4.1. АСЕП складається з:

ПК - персонального комп'ютера; МК – мікроконтролера;

ВЕУ - вітроелектричної установки; АІ - автономного інвертора;

БКД – блоку комутації джерел; мережі електропостачання;

ДШВ - датчика швидкості вітру; БІ – блоку індикації;

АЦП - аналого-цифрового перетворювача; БДН - блоку датчиків напруги;

АКБ – акумуляторних батарей; БДС - блоку датчиків струму.

Для контролю за станом системи встановлено блок індикації. За його допомогою відбувається сповіщення про підключення (використання) певного джерела енергії та/або якісь аварійні ситуації. Автономний інвертор призначений для перетворення постійного струму в струм, що необхідний споживачу (з наданням енергії необхідної якості).

Блок датчиків напруги вимірює напругу на виході кожного джерела енергії та АКБ. Вона є елементом, який забезпечує постійно безперебійне електрозабезпечення, якщо не використовуються всі ДЕ.

З датчиків інформація передається на АЦП, а потім на мікроконтролер. Стежити за параметрами системи можливо за допомогою ПК, на який також передається та виводиться поточна ситуація щодо стану системи.

Датчик швидкості вітру визначає швидкість вітру швидкості для прийняття рішення щодо застосування енергії вітру. Безпосередньо вітрова енергія надходить до вітроустановки, а потім блок датчиків струму вимірює струм від джерел енергії та енергетичні потреби.

Згідно з розробленим алгоритмом роботи мікроконтролер приймає рішення про застосування та підключення необхідних джерел до автономного інвертора. Також МК програмує сигнали керування, які надходять на БКД, який підключає конкретне ДЕ до входів акумуляторних батарей та автономного інвертора.

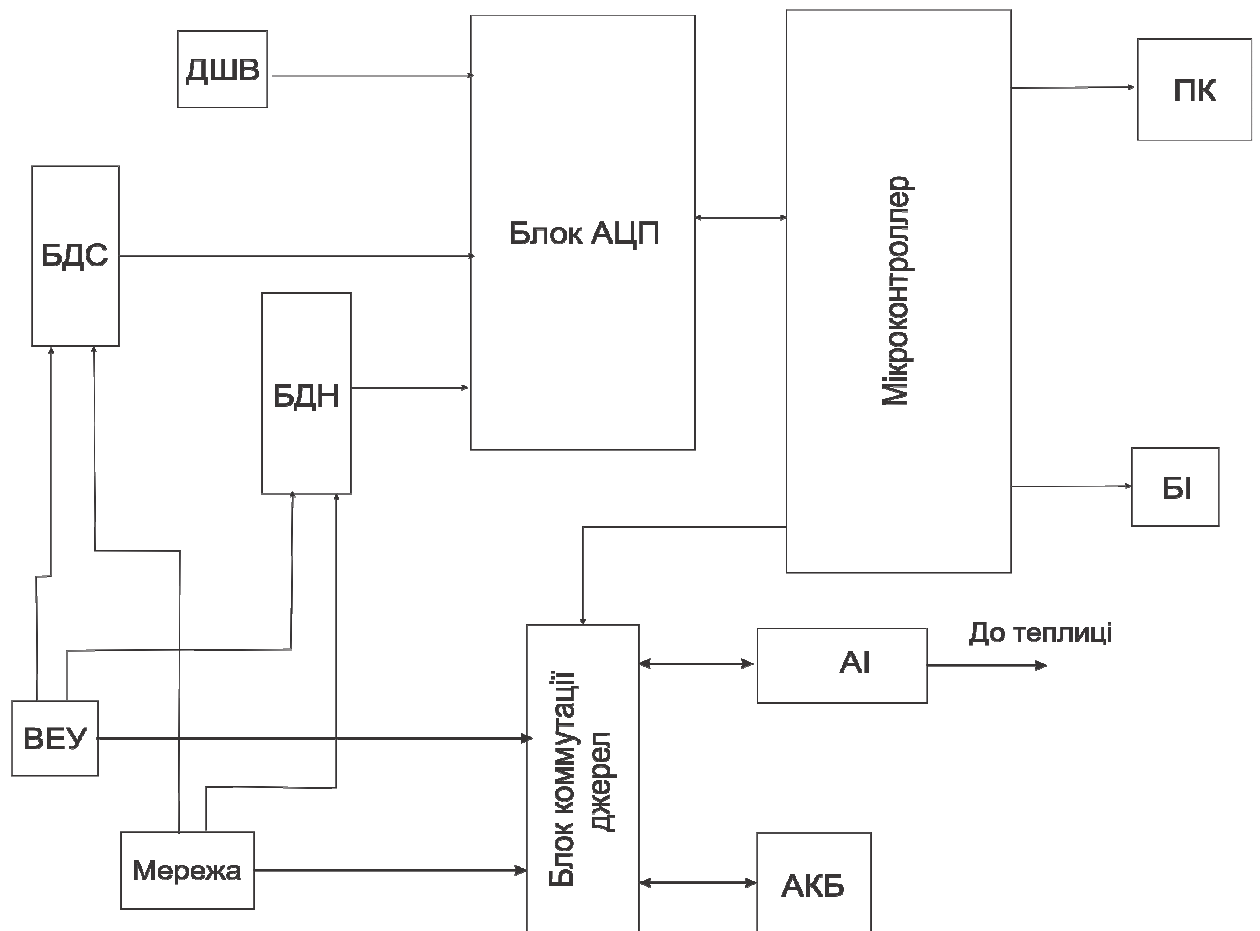


Рисунок 4.1 – АСЕП промислової теплиці.

Структурна схема.

4.2. Алгоритм роботи АСЕП

Алгоритм роботи АСЕП показаний на рис. 4.2. при початку роботи мікроконтролер очікує надходження інформації.

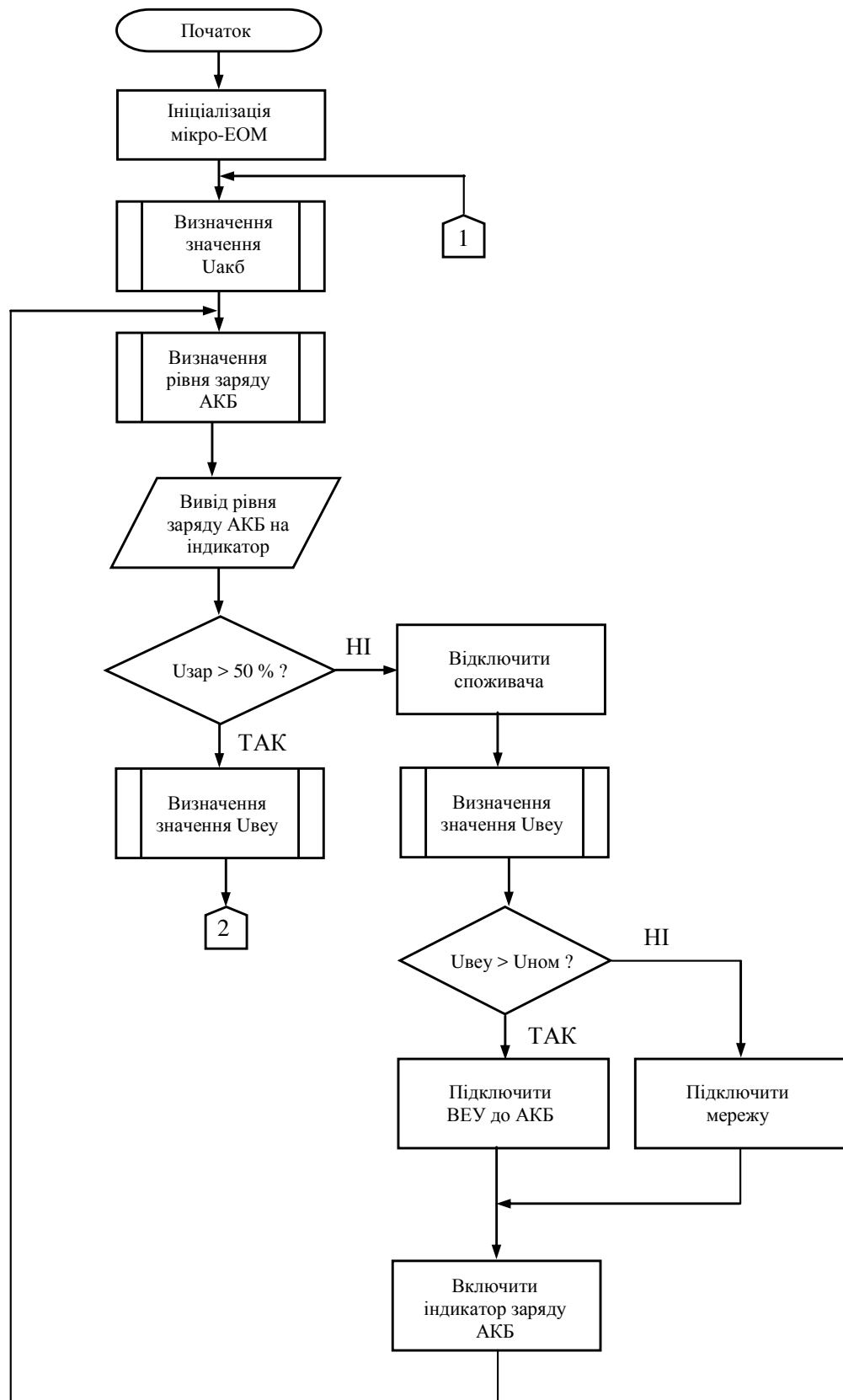


Рисунок 4.2 – Алгоритм роботи АСЕП промислової теплиці

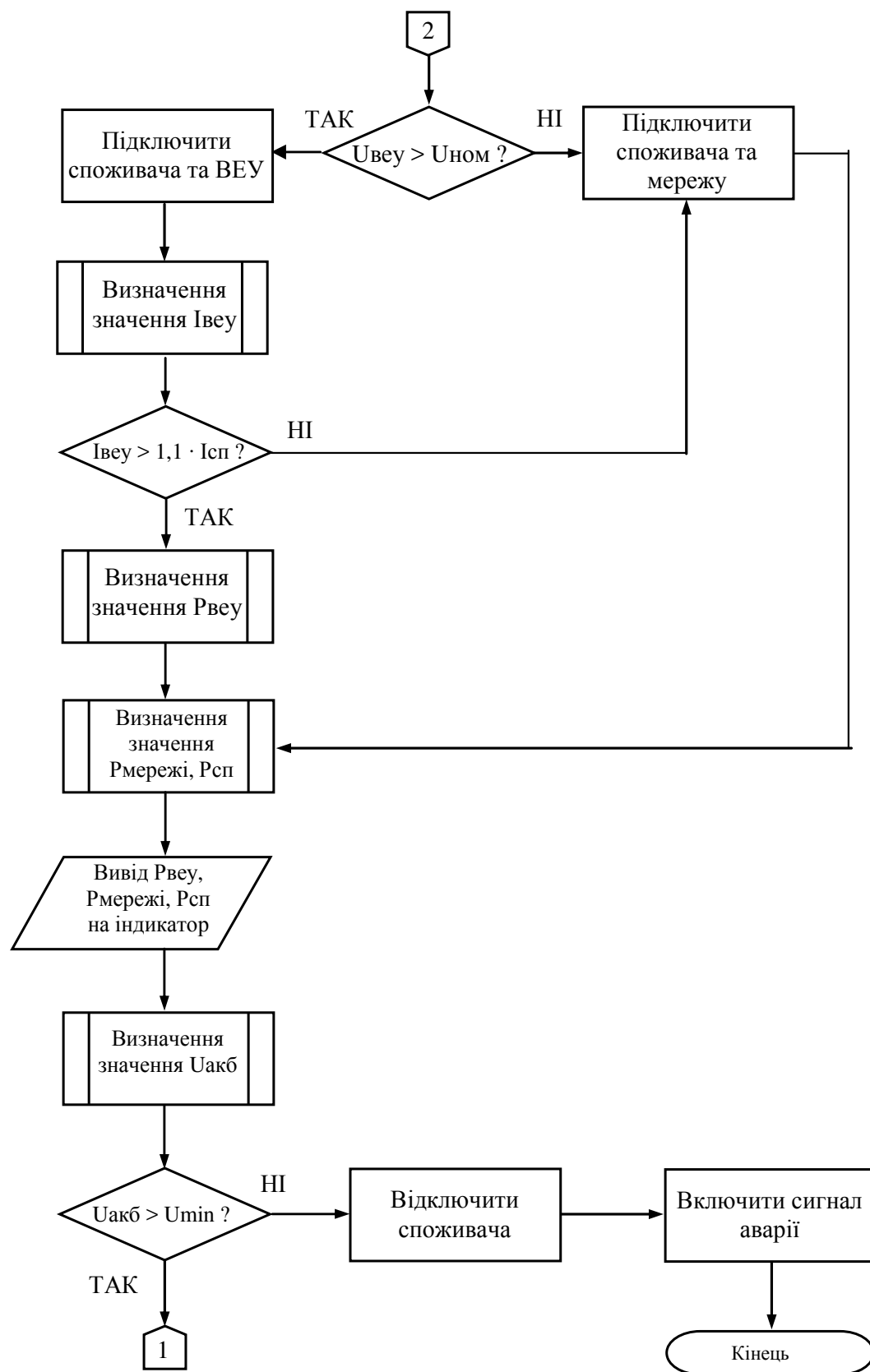


Рисунок 4.2 – Алгоритм роботи АСЕСІ промислової теплиці (продовження)

Він запрограмований на такі пріоритети роботи:

1. Визначення стану ВЕУ та її використання у разі достатньої кількості (кількість вітрової енергії);
2. Використання традиційної електромережі;
3. У разі нестачі всіх ДЕ, використання АКБ.

Як тільки до МК надходить сигнал про необхідність споживача у енергії, то він починає опитувати ВЕУ.

Визначається працює чи не працює ВЕУ та/або чи надходить енергія від ВЕУ). Мікроконтролер опитує мережу у разі якщо не надходить енергія або не працює ВЕУ. У разі задовільного сигналу від ВЕУ мікроконтролер порівнює кількість генерованої енергії та кількість енергетичних потреб. Якщо не достатньо, то виконати аналіз стану електромережі. Якщо задовольняю, то направити в теплицю. Якщо є надлишок енергії, то направити в теплицю, а надлишок до акумуляторних батарей.

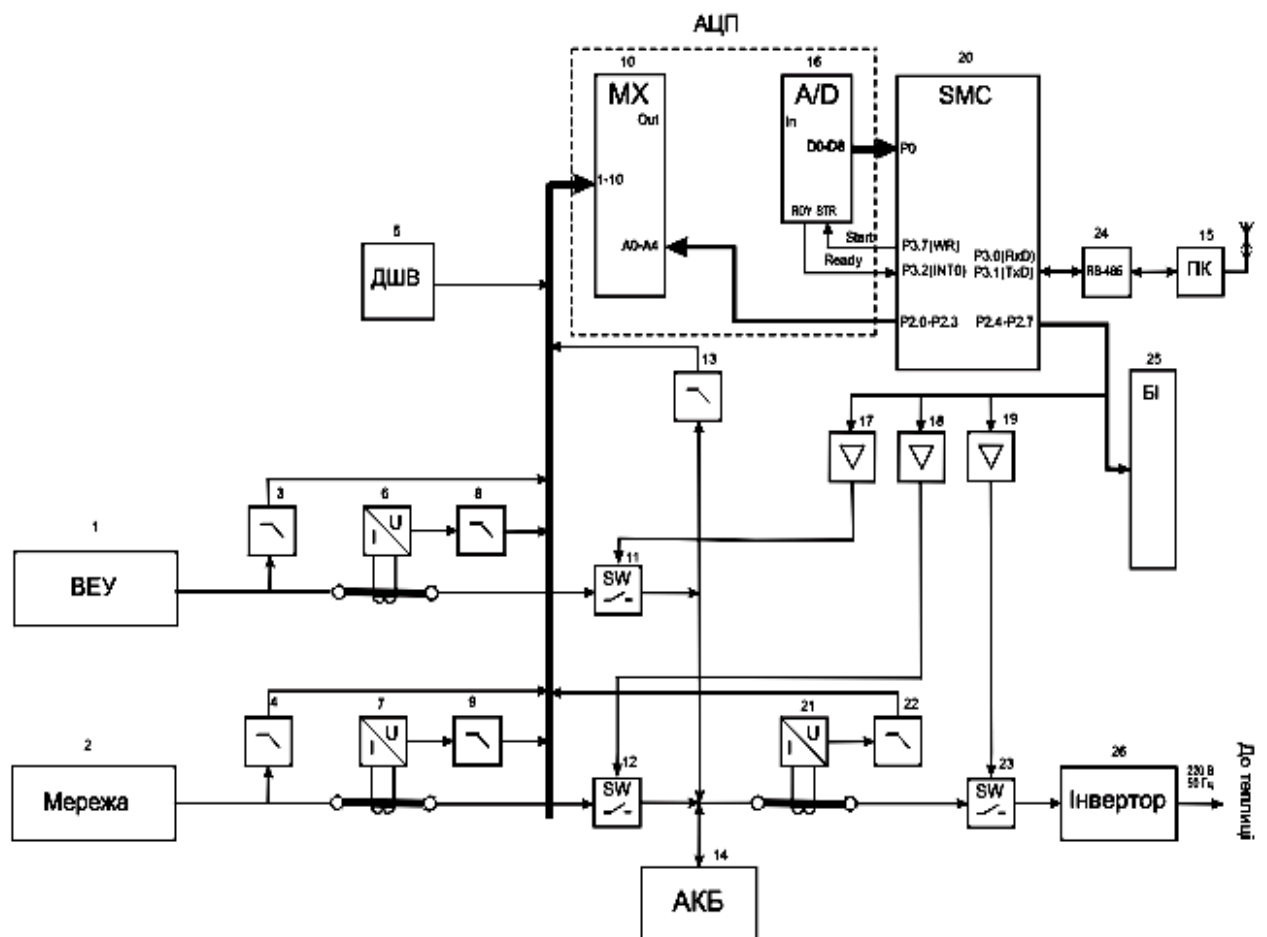
При визначенні стану електромережі необхідно додати енергію від мережі до загальної кількості енергії з ВЕУ. Потім постійно порівнювати кількість енергії. Коли не вистачає, опитувати та визначати стан АКБ. У разі задоволення направити до теплиці. В теплицю енергія завжди буде проходити через АКБ.

Якщо ніяке з ДЕ не здатне забезпечити теплицю енергією, мікроконтролер повинен передати сигнал про аварійне вимкнення системи. Такий випадок є небажаним для теплиці, тому що не будуть задоволені енергетичні потреби.

4.3. Функціональна схема АСК АСЕП

Функціональна схема АСЕП наведена на рис. 4.3.

Рівень споживання визначає датчик струму 21. З нього напруга надходить до активного фільтру 22, після чого вона фільтрується та підсилюється для необхідного рівня.



**Рисунок 4.3 – АСЕП промислової теплиці.
Функціональна схема.**

Для прийняття рішення щодо можливості застосування вітрової енергії застосовують ДШВ 5, який визначає швидкість вітру в даний час, а також він потрібен для захисту ВЕУ на високих швидкостях.

З датчиків 3, 4, 8, 9, 13, 22 інформація надходить на входи 1-6 десятиканального аналогового мультиплексора 10. Через шини P2.0-P2.3 мікроконтролеру 20 здійснюється вибір каналу вимірювання. Ці шини підключено до адресних входів A0-A4 мультиплексора.

Датчик струму 6 потрібен для визначення рівня навантаження вітроустановки. Для фільтрації та підсилення до необхідного рівня напруга з датчика подається на активний фільтр 8.

Підсилювачі 17-19 виконують гальванічну розв'язку між ланцюгами управління та силовими ланцюгами (крім функції підсилення сигналу). За допомогою силового електронного ключа 23 (який через підсилювач 19 підключений до шини P2.7 МК 20) здійснюється підключення автономного інвертора до акумуляторних батарей.

На активні фільтри 3, 4 подається напруга з виходів енергетичних установок 1, 2 там вона отримує необхідний для перетворення рівень. Адаптер інтерфейсу RS-485 24 та ПК 15 призначені для архівації даних та керування системою.

Датчик струму 7 визначає рівень потужності електромережі. Потім з датчика напруга надходить на активний фільтр 9 (фільтрується та підсилюється до потрібного рівня).

Функцію буферного елемента та забезпечення безперебійного живлення при відключеннях всіх установок виконує АКБ, яку встановлено перед автономним інвертором 26. Керування перетворювачем виконується за допомогою сигналів Start (запуск перетворювача)/Ready (закінчення перетворення). Після визначення номеру каналу вимірювання на шинах P2.0-P2.3 мікроконтролер формує сигнал Start. Потім АЦП 16 формує сигнал Ready. Процедура переривань проходить через порт P0.

Також до шин P2.4-P2.6 МК через підсилювачі 17, 18 підключені силові електронні ключі 11, 12 енергетичні установки до АКБ 14. Шини P2.4-P2.7 теж підключено до блоку індикації 25, для сигналізації щодо підключення ДЕ та АІ. Напруга з акумуляторної батареї поступає до активного фільтру 13 (фільтрується та обмежується).

Для усунення перешкод та згладження сигналів датчиків при комутаціях призначені активні фільтри Салмана-Кея (підсилювачі типу MCP602). Для підключення ДЕ, АІ до АКБ можна застосувати силові електронні ключі IFR2903. Датчик струму типу ASC754SCB-200. 16-канальний АЦП типу ADC0816CCN. Мікроконтролер типу AT89S51 (виробник Atmel).

4.4. Блок-схема роботи АСК АСЕП

На рис. 4.4 наведено блок-схему програмного забезпечення АСЕП.

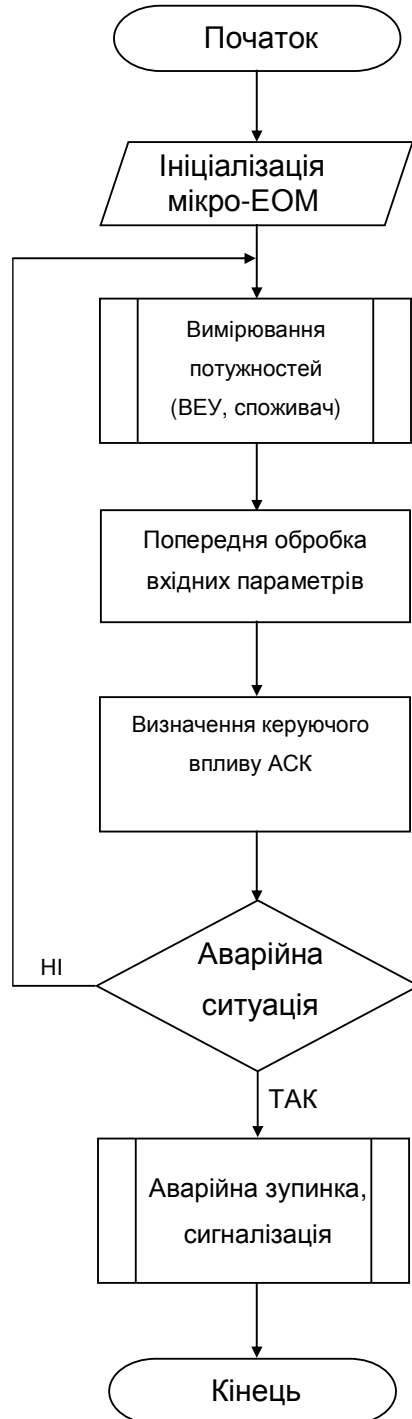


Рисунок 4.4 – Блок-схема програмного забезпечення АСК АСЕП

На сьогоднішній час на ринку можна виділити наступні:

- однокристальні МК;
- програмовані логічні контролери PLC;
- IBM сумісні контролери з вбудованим ядром;
- SCADA-системи.

Для програмування МК зазвичай використовують стандартні засоби проектування, але необхідною умовою є здатність підтримувати стандарт ІЕС 1131-3 [25-27], як приклад, Trace mode. Вибір ДЕ здійснюється шляхом виконання запрограмованого алгоритму управління роботою системою. Задане значення режиму за допомогою модуля і-87054 буде надходити на силові електронні ключі.

В подальшому пропонується виконувати реалізацію алгоритму функціонування програмного забезпечення АСЕП за допомогою функціональних блоків на мові FBD/LD. Програмну реалізацію АСЕП на мові діаграм FBD/LD легко виконати, оскільки для цього потрібен лише функціональний блок регулятора. Використання цього засобу проектування надає можливість при роботі працювати з такими динамічними змінними, які присутні в АСК АСЕП:

- потужність ВЕУ (до 3000 Вт);
- потужність, яка необхідна промисловій теплиці (до 5000 Вт).

Значення вхідних змінних надходять безпосередньо з сприймаючих елементів через модуль і-87017 у функціональний блок діаграм FBD/LD. Через інтерфейс RS-485 інформація надходить до комп'ютера, який крім того також можна використовувати для керування АСК АСЕП.

4.5. Система прийняття рішень для АСК АСЕП

Структурна архітектура комплексу прийняття рішень АСК АСЕП, наведена на рис. 4.5. Повинна мати в своєму складі: блок нечіткого керування; базу знань технологічного процесу; пристрій комутації; блок нейромережевої адаптації.

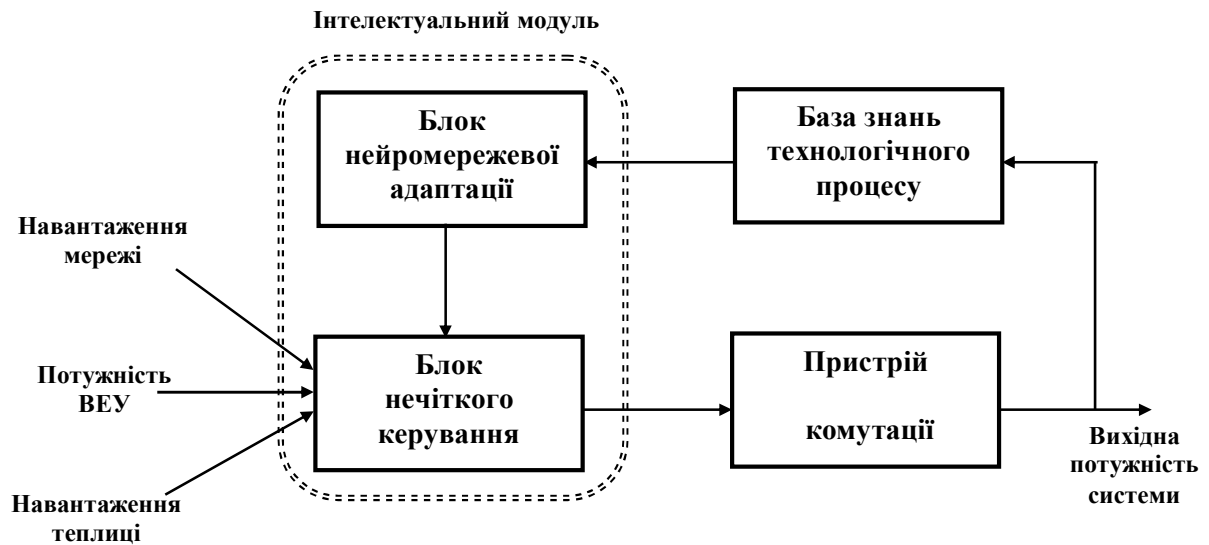


Рисунок 4.5 – Структура архітектури АСК АСЕП

На вхід будуть поступати дані про стан джерел енергії та енергетичні потреби. Залежно від їхніх значень пристрій комутації буде забезпечувати якийсь з цих режимів:

- 1 – підключення лише ВЕУ.
- 2 – підключення електромережі та ВЕУ.
- 3 – підключення електромережі, ВЕУ та АКБ.

Для реалізації цієї мети необхідно використати нейронні мережі для налагодження нечіткого регулятора. Тому на початковому етапі за допомогою нейронної мережі треба адекватне налаштувати систему керування, а потім вже буде запуск АСК АСЕП.

Застосування нейронної мережі дозволить в режимі реального часу постійно поповнювати базу знань технологічного процесу. Якщо якість керування невідповідна якості функціонування (або через певний інтервал часу) інформацію з бази даних слід передати на інтелектуальний модуль, який з використанням нейронної мережі буде виконувати перенавчання нечіткої системи АСК АСЕП.

4.6. Висновки до розділу

З наведеного в даному розділі можна зробити такі висновки:

1. На основі досліджень вхідних параметрів та моделювання роботи АСЕП запропоновано та розроблено алгоритм роботи, структурну, функціональну схеми АСЕП, згідно яких було визначено керуючі впливи на об'єкт керування АСК АСЕП.
2. Для програмної та апаратної реалізації розробленого алгоритму роботи АСЕП промислової теплиці, доцільно використовувати стандартні мови програмування на основі стандарту ІЕС 1131-3.
3. Оскільки вхідні параметри системи мають випадковий (імовірнісний) характер надходження, то бажано програмувати АСК таким чином, щоб вона могла адаптуватись до зовнішніх умов.
4. Запропоновано для програмування роботи АСКА СЕП використовувати апарат нейронних мереж та нечіткої логіки, що дозволить адаптувати роботу системи в режимі реального часу.

ВИСНОВКИ

В ході виконання кваліфікаційної роботи було виконано дослідження та отримано ряд результатів, з яких можна зробити наступні висновки.

1. Проведений аналіз наукових робіт, присвячених автоматизації енергопостачання з НВДЕ, показав що, існуючи засоби потребують удосконалення, і вони не задовольняють всім вимогам, які висувають до СЕП промислової теплиці.

2. Запропоновано структуру АСЕП промислової теплиці. Основними ДЕ є вітрова енергія, резервним – традиційна електромережа. При дослідженні енергетичних потреб промислової теплиці було визначено, що пікове навантаження становить 4,5 кВт весною.

3. На основі досліджень вхідних параметрів та моделювання роботи АСЕП розроблено алгоритм роботи, структурну, функціональну схеми АСЕП, згідно яких було визначено керуючі впливи на об'єкт керування АСК АСЕП.

4. Аналіз графіків вхідних параметрів АСК АСЕП показав, що максимальна середньодобова згенерована енергія від ВЕУ дорівнює 47,3 кВт весною. В результаті аналізу спроможності задовольнити енергетичні потреби промислової теплиці було визначено, що вітрова енергія може забезпечити близько 100% потреб літом, а загалом до 60% потреб промислової теплиці.

5. Для безперебійного енергопостачання промислової теплиці необхідно, щоб система акумулювання могла в зимовий період забезпечити енергетичні потреби на 3 доби, а влітку – на 2 доби. При цьому ємність системи акумулювання становить взимку 13,5 кВт·год., а в літній період – 9 кВт·год.

6. Запропоновано для програмування роботи АСКА СЕП використовувати апарат нейронних мереж та нечіткої логіки, що дозволить адаптувати роботу системи в режимі реального часу. Для програмної та апаратної реалізації розробленого алгоритму роботи АСЕП промислової теплиці, доцільно використовувати стандартні мови програмування на основі стандарту ІЕС 1131-3.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Теплиці, парники та інші споруди закритого ґрунту. - К.: Наш дім, 1998. - 64 с.
2. В.І. Риженко. Теплиці та парники –К.: Онікс, 2007. – 33с.
3. Шишко Г.Г., Потапов В, А., Сулима Л.Т., ЧебановЛ.С. Теплиці та тепличні господарства - К.: Врожай, 1992. — 402 с.
4. Рациональне використання паливно-енергетичних ресурсів при експлуатації теплиць / Александра Агаркова, Геннадий Шишко. - К. : Будівельник, 1985. - [1], 120 с.
5. Пат.1349 Україна, 5⁵¹ А01G9/14, А01G9/24. Теплиця,що самообігрівається / Астаф'єв В.В.; заявник(и) і власник(и) Астаф'єв В.В. – №93250314; заявл.29.01.1993; опубл. 25.03.1994,Бюл.№1.
6. Голик О. П. Аналіз можливостей задоволення енергетичних потреб автономного споживача за рахунок відновлюваних джерел енергії / О. П. Голик, Р. В. Жесан, Я. В. Степанова // Збірник наукових праць Кіровоградського національного технічного університету / Техніка в сільськогосподарському виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація. / Вип. 25, Ч.ІІ – Кіровоград: КНТУ, 2012. – С. 155-161.
7. Дудніков С. М. Оцінка заходів щодо ефективного використання альтернативних джерел енергії споживачами АПК / С. М. Дудніков // Відновлювана енергетика ХХІ століття: матеріали ІХ міжнародної конф., 15-19 вересня 2008 р., АР Крим, с.м.т. Миколаївка. – Київ: ТОВ «ВІОЛ ПРИНТ», 2008. – С. 111-113.
8. Пат. на винахід 57292 Україна, МПК А01 G 9/ 24, 9/14. Теплиця енергозберігаюча / Худенко А. А., Кириченко М. А., Чепурний В. В., Чепурна Н. В.; заявник і власник Худенко А. А., Кириченко М. А., Чепурний В. В., Чепурна Н. В. – № u2002075947; заявл. 18.07.2002; опубл. 16.06.2003,Бюл. № 6/2003.

9. ДБН В.2.2-2-95 Будинки і споруди. Теплиці та парники.
https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=4023
<https://document.vobu.ua/wp-content/uploads/DBN/DBN-V.2.2-2-95.pdf>
10. Кваша Т. К. Розвиток альтернативних технологій в енергетиці у світі та Україні / Т. К. Кваша, О. Ф. Паладченко, А. В. Ямчук // Нетрадиційні і поновлювані джерела енергії як альтернативні первинним джерелам енергії в регіоні: зб. наук. статей за матеріали п'ятої міжнар. науково-практичної конф., 02-03 квітня 2009 р., Львів. – Львів: ЛьВЦНТЕІ, 2009. – С. 9-18.
11. Щербина О. М. Енергія для всіх: [технічний довідник з енергоощадності та відновлюваних джерел енергії / Вид. 4-е, допов. і перероб.] / Щербина О. М. – Ужгород: Вид-во В. Падяка, 2007. – 340 с.
12. Kravtsov S., Zhesan R., Holyk O. Renewable Energy Sources and Other Basic Components of Increasing Energy Efficiency and Energy Independence. *Central Ukrainian Scientific Bulletin. Technical Sciences*. 2023. Т. 1, № 8(39). С. 48–56. URL: [https://doi.org/10.32515/2664-262x.2023.8\(39\).1.48-56](https://doi.org/10.32515/2664-262x.2023.8(39).1.48-56)
13. Енергозбереження та використання поновлюваних джерел енергії. Частина І: навчальний посібник для здобувачів освіти за спеціальністю 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» / Уклад.: О.П. Голик, Р.В. Жесан, І.В. Волков [та ін.]. – Кропивницький : Видавець Лисенко В.Ф., 2020 – 192 с. Режим доступу: <http://dspace.kntu.kr.ua/jspui/handle/123456789/9295>
14. Дудник А. О. Розробка моделей інформаційної бази і діаграм потоків даних системи керування біотехнічним об'єктом / А. О. Дудник // Альтернативна енергетика, новітні технології та інтелектуальні управляючі системи в АПК: міжн. наук. конф., 25–26 жовтня 2012 р. : тези доп. – К., 2012. – С. 18–19.
15. Пат. 72710 Україна, МПК⁵⁴ A01G 9/24, A01G 14/00. Нагрівач / Ладичук Д.О., Булигін О.І.; заявник(и) і власник(и) Ладичук Д.О., Булигін О.І. – №20031211944; заявл. 19.12.2003; опубл. 15.03.2007, Бюл.№3.

16. Пат. 7277 Україна, 7⁵¹ A01G9/26. Установка змінного опромінення для світлокультури рослин / Андрійчук В.А., Воркун С.В., Костик Л.М.; заявник(и) і власник(и) Тернопільський держ. техн. ун-т ім. Івана Пулюя – №20041109454; заявл. 18.11.2002; опубл. 15.06.2005, Бюл. №6.
17. Пат. 19509 Україна, МПК⁵¹(2006), A01G 9/24. Пристрій для регулювання температури в приміщенні споруди, наприклад в теплиці / Грабовий І.І., Романенко В.О.; заявник(и) і власник(и) Грабовий І.І., Романенко В.О. – №u200607328; заявл. 03.07.2006; опубл. 15. 12.2006, Бюл. № 12.
18. Пат. 94796 Україна, МПК⁵¹ A01G9/14, A01G9/24(2006.01), F24J2/02(2006.01), F24D17/02(2006.01). Енергоактивна агросадина / Дутка С.М., Деревянко В.І, Деревянко І.В. – №a200908912; заявл. 28.08.2009; опубл. 10.06.2011, Бюл. №11.
19. Трегуб В.Г. Проектування систем автоматизації: Навч. посібник. – К.: Видавництво Ліра-К, 2017. – 344 с.
20. Голик О., Панченко Є., Шаврунов О. Визначення параметрів розподілу функції електричних навантажень індивідуального господарства. *Сучасні світові тенденції розвитку науки, освіти і технологій*: зб. тез доп. Міжнар. науково-практ. конф., м. Біла Церква, 20 берез. 2024 р. Біла Церква, 2024. С. 68–69. URL: <https://www.economics.in.ua/2024/03/20-2.html>.
21. Голик О. П. Одержання імовірнісних характеристик та законів розподілу швидкостей вітру на основі аналізу даних метеоспостережень / О. П. Голик, Р. В. Жесан // Праці Таврійського державного агротехнологічного університету – Вип. 8. Т.4 – Мелітополь: ТДАТУ, 2008. – С. 57-66.
22. Лисенко В. П. Спеціальні розділи вищої математики (Нечіткі множини) / В. П. Лисенко, Б. В. Кузьменко. – К.: НАУ, 2004 р.- 83 с.

23. Воронін А. М. Інформаційні системи прийняття рішень: навчальний посібник. / Воронін А. М., Зіатдінов Ю. К., Климова А. С. – К. : НАУ-друк, 2019. – 136с.
24. Голик О. П. Структура автоматизованої системи керування автономним енергопостачанням на основі відновлюваних джерел енергії [Електронний ресурс] / О. П. Голик, Р. В. Жесан, І. В. Волков // Науковий електронний журнал «Енергетика і автоматика». – 2010. – № 1(3). – Режим доступу до журн.: http://www.nbu.gov.ua/e-journals/eia/2010_1/index.htm.
25. Лисенко В. П. Інструментальні засоби розробки і налагодження мікропроцесорних систем / В. П. Лисенко, В. Л. Ботвин – К.: НАУ, 2004. – 118 с.
26. Нейротехнології та нейрокомп'ютерні системи: підручник / Л.С. Ямпольський, О.І. Лісовиченко, В.В. Олійник – К.: «Дорадо-Друк», 2016. – 576 с. ISBN 978-966-2077-69-8
27. Пушкар, О. І., Гіковатий В. М., Євсєєв О. С., Потрашкова Л. В. Системи підтримки прийняття рішень: навч. посібник. Харків : Інжек, 2006. 304с.