

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.

ВИПУСКНА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти
на тему:
«Автоматизоване керування системою електроживлення»

Виконав здобувач вищої освіти
4 курсу, групи ЕС-20-3ск
ОПП «Електроенергетика,
електротехніка та електромеханіка»
спеціальності 141 «Електроенергетика,
електротехніка та електромеханіка»
_____ Бабоша І.В.
«___» _____ 20__ р.

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

Рецензент
доцент, к.т.н. кафедри ЕТС та ЕМ
_____ Іван Савеленко
«___» _____ 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 14 «Електрична інженерія»

Спеціальність 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

Освітньо-професійна програма «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри Дідик О.К.

“ ____ ” _____ 20__ року

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

Бабоши Іллі В'ячеславовича

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи

«Автоматизоване керування системою електроживлення»

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 23.06.2023 року

4. Мета та завдання випускної кваліфікаційної роботи _____

Підвищення ефективності енергозабезпечення автономного об'єкта, шляхом раціонального використання енергії. Система повинна виконувати розподіл наявної на автономному об'єкті енергії відповідно до енергетичних потреб кожної групи електроприймачів.

5. Перелік графічного матеріалу структура системи електроживлення;
структура автоматизованої системи керування електроживленням;
алгоритм роботи автоматизованої системи електроживленням;
середньодобове електроживлення та електроспоживання за сезонами
року; структурна схема автоматизованої системи керування
електроживленням; принципова схема автоматизованої системи
керування електроживленням.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів випускної кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	<i>Огляд та аналіз існуючих систем електрозабезпечення автономних об'єктів</i>	04.04.2023	
2	<i>Аналіз методів автоматизації процесу керування електроспоживанням автономних об'єктів</i>	16.04.2023	
3	<i>Дослідження енергетичних потоків автономного об'єкта. Розробка структури системи.</i>	05.05.2023	
4	<i>Дослідження вхідних змінних об'єкта керування. Визначення взаємозв'язку між електроживленням та електроспоживанням автономного об'єкта.</i>	12.05.2023	
5	<i>Розробка алгоритму роботи системи</i>	28.05.2023	
6	<i>Розробка електричних схем</i>	10.06.2023	
7	<i>Кінцеве оформлення пояснювальної записки та графічної частини</i>	19.06.2023	

Дата видачі завдання

«___» _____ 20__р.

Підпис керівника

_____ (прізвище та ініціали)

Завдання прийнято до виконання

«___» _____ 20__р.

Підпис здобувача

_____ (прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Бакалаврська робота присвячена розробці автоматизованої системи керування електроживленням. Розглянуто с/г об'єкт електроживлення якого здійснюється за допомогою енергії вітру та електростанції. Надходження вітрової енергії носить випадковий характер, тому споживач не завжди може бути повністю забезпечений енергією. У випадку, якщо припустити, що споживач немає можливості використовувати додаткові джерела енергії, то доцільним є визначати – яким електроприймачам слід надавати енергію в першу чергу.

В бакалаврській роботі визначено вхідні та вихідні змінні об'єкта керування, розроблено структуру системи. Розроблено алгоритм роботи, структурну, функціональну та принципову схеми.

ABSTRACT

The bachelor thesis is devoted to the development of an automated power supply control system. The object of rural development, which is powered by wind energy and a power plant, is considered. The arrival of wind energy is random, so the consumer cannot always be fully supplied with energy. If we assume that the consumer does not have the opportunity to use additional energy sources, then it is advisable to determine which electrical receivers should be supplied with energy in the first place.

In the bachelor's thesis, the input and output variables of the control object were defined, the structure of the system was developed. The work algorithm, structural, functional and principle schemes have been developed.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	3
1. ОГЛЯД ІСНУЮЧИХ СИСТЕМ ЕЛЕКТРОЖИВЛЕННЯ ОБ'ЄКТІВ СІЛЬСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА.....	5
1.1 Проблеми, що існують при електроживленні с/г об'єктів.....	5
1.2 Обґрунтування розробки автоматизованої системи керування електроспоживанням с/г об'єктів.....	6
1.3 Аналіз існуючих систем та методів автоматизованого керування електроспоживанням с/г об'єктів.....	8
1.3.1. Існуючі системи електроспоживання.....	8
1.3.2. Огляд технічних рішень.....	10
1.3.3. Постановка задач та вибір методів дослідження.....	12
Висновки до розділу.....	15
2. РОЗРОБКА СТРУКТУРИ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ЕЛЕКТРОЖИВЛЕННЯМ С/Г ОБ'ЄКТА.....	16
2.1 Загальна структура системи.....	16
2.2 Опис джерел енергії.....	18
2.3 Алгоритм роботи системи.....	24
Висновки до розділу.....	27
3. ДОСЛІДЖЕННЯ ВХІДНИХ ЗМІННИХ ОБ'ЄКТА КЕРУВАННЯ.....	28
3.1 Дослідження енергетичних потреб с/г об'єкта.....	28

3.2	Дослідження енергетичних потоків.....	41
3.3	Моделювання роботи вітроустановки.....	43
3.4	Аналіз можливостей задоволення енергетичних потреб споживача.....	46
	Висновки до розділу.....	49

4. РОЗРОБКА АПАРАТНОЇ ЧАСТИНИ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ЕЛЕКТРОЖИВЛЕННЯМ.....51

4.1	Структурна схема системи.....	51
4.2	Функціональна схема системи.....	53
4.3	Принципова схема системи.....	55
	Висновки до розділу.....	58

ВИСНОВКИ.....59

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....61

ВСТУП

Актуальність теми. Наразі Україна перебуває в енергетичній кризі. Особливо це стосується с/г об'єктів. До таких об'єктів належать віддалені від ліній централізованого електропостачання споживачі (фермерські господарства, тощо). Для їх електроживлення доцільним є використання альтернативних джерел енергії. До таких джерел енергії належать відновлювані джерела енергії (ВДЕ) та електростанції (ЕС) з двигуном внутрішнього згорання.

В бакалаврській роботі розглянуто с/г об'єкт електроживлення якого здійснюється за допомогою енергії вітру та резервної ЕС. Надходження вітрової енергії носить випадковий характер, тому споживач не завжди може бути повністю забезпечений енергією. У випадку, якщо припустити, що споживач немає можливості використовувати додаткові джерела енергії, то доцільним є визначати – яким електроприймачам слід надавати енергію в першу чергу.

Таким чином, розробка автоматизованої системи керування електроживленням (АСКЕ) є актуальною.

Мета і завдання дослідження. Метою бакалаврської роботи є підвищення ефективності електроживлення с/г об'єкта, шляхом раціонального використання енергії.

Досягнення поставленої мети реалізується за допомогою розв'язання наступних задач:

1. Розробка структури АСКЕ об'єкта.
2. Дослідження вхідних змінних об'єкта керування.
3. Розробка алгоритму роботи АСКЕ об'єкта.

Об'єкт дослідження – процеси керування електроживленням та електроспоживанням с/г об'єкта.

Предмет дослідження – методи та засоби автоматичного керування процесами електроживлення та електроспоживання с/г об'єкта.

Методи досліджень. В бакалаврській роботі проведено теоретичні та експериментальні дослідження. Теоретичні дослідження базуються на методах:

- статистичної обробки та аналізу даних, для визначення енергетичних потоків та енергетичних потреб об'єкта;
- теорії імовірності, для аналізу можливостей задоволення енергетичних потреб споживача.

Експериментальні дослідження по визначенню швидкості вітру виконувались за допомогою цифрової погодної метеостанції «Vantage Pro2™».

Розрахункова частина та моделювання процесів дослідження роботи АСКЕ виконувались за допомогою персонального комп'ютера з використанням сучасних програмних засобів.

Практичне значення одержаних результатів. На основі запропонованих моделей та методів розроблено алгоритм роботи, структурну, функціональну та принципову схеми АСКЕ с/г об'єкта.

Апробація бакалаврської роботи. Було прийнято участь в LVII науково-практичній конференції здобувачів вищої освіти університету до «Дня науки-2023». Секція автоматизації виробничих процесів (20 квітня 2023 року, м. Кропивницький). Тема доповіді: "Система моніторингу енергоспоживання".

Структура та обсяг бакалаврської роботи. Бакалаврська робота складається з вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел. Основна частина викладена на 65 сторінок друкованого тексту, містить 23 рисунків та 6 таблиць.

1. ОГЛЯД ІСНУЮЧИХ СИСТЕМ ЕЛЕКТРОЖИВЛЕННЯ ОБ'ЄКТІВ СІЛЬСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА

1.1. Проблеми, що існують при електроживленні с/г об'єктів

Наразі актуальною є проблема електроживлення с/г об'єктів, оскільки великого розповсюдження набувають окремі господарства розподілені по території та віддалені від ліній централізованого електроживлення. Крім того, існуючі системи електроживлення від традиційної мережі перебувають в незадовільному стані, внаслідок технічного стану мереж. Тобто, постійно відбуваються аварійні відключення від електроживлення, що призводить до неможливості забезпечити енергетичні потреби споживача.

Одним із шляхів розв'язання даної проблеми є комбіноване використання традиційної мережі та резервних енергостанцій (бензинові, дизельні, газові, тощо). Електроживлення с/г об'єктів також доцільно здійснювати за допомогою ВДЕ. Згідно з [26] до ВДЕ належать: сонячна енергія, енергія вітрових потоків, геотермальна енергія, гідроенергія, біологічна енергія та ін.. Використання того чи іншого ВДЕ залежить від наявності даного джерела в певній місцевості. Таким чином, системи електроживлення с/г об'єктів можна розділити на наступні типи:

- з мережею електроживлення;
- комбіноване використання мережі та резервної енергостанції;
- гібридна (мережа, резервна енергостанція та ВДЕ).

На рис. 1.1 наведено структури систем електроживлення, залежно від джерел енергії, які використовуються.

Для систем комбінованого типу (рис. 1.1 б) основними проблемами при енергозабезпеченні є: необхідність завезення пального, вартість пального та можливі шуми при роботі ЕС. Перевагою використання таких систем є те, що при наявності пального буди забезпечене безперебійне електроживлення.

Для систем гібридного типу (рис. 1.1 в) проблемами при енергозабезпеченні є: випадковий характер надходження ВДЕ та ті ж проблеми, що існують при використанні систем комбінованого типу. Перевагами

використання таких систем є: безкоштовність елегії, екологічна чистота та тривалість існування на перспективу.

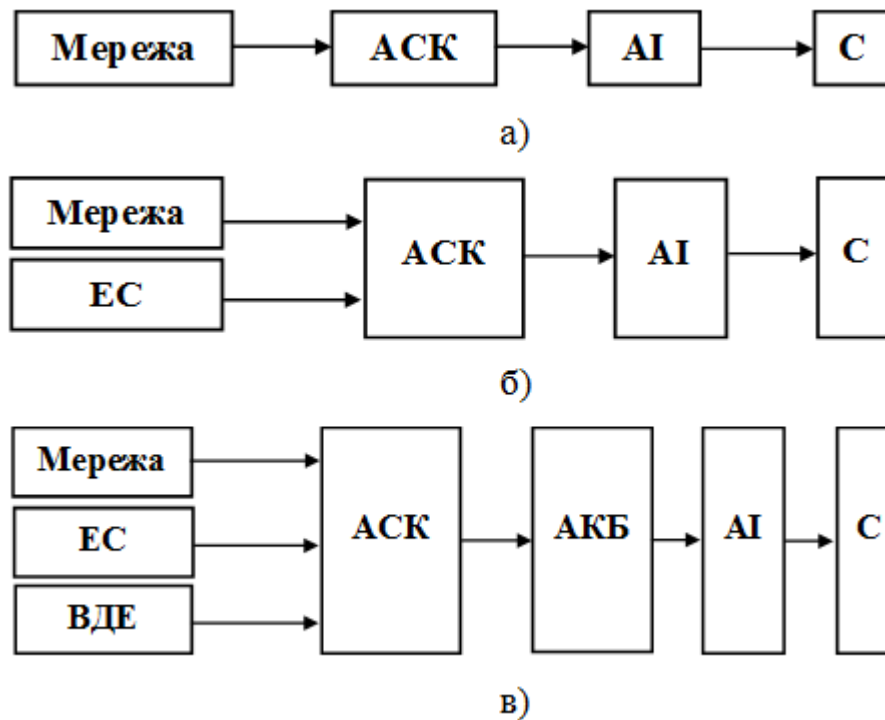


Рисунок 1.1 – Класифікація систем електроживлення:

а) з традиційною мережею електроживлення; б) комбінована; в) гібридна.

*АСК – автоматизована система керування; АІ – автономний інвертор;
С – споживач; ЕС – енергостанція; ВДЕ – відновлювані джерела енергії;
АКБ – акумуляторні батареї*

1.2. Обґрунтування розробки автоматизованої системи керування електроспоживанням с/г об'єктів

На основі наведеної в попередньому підрозділі інформації структура системи електроживлення має вигляд, представлений на рис. 1.2

В якості джерел енергії можуть виступати як ВДЕ, ЕС так і традиційна мережа електроживлення.

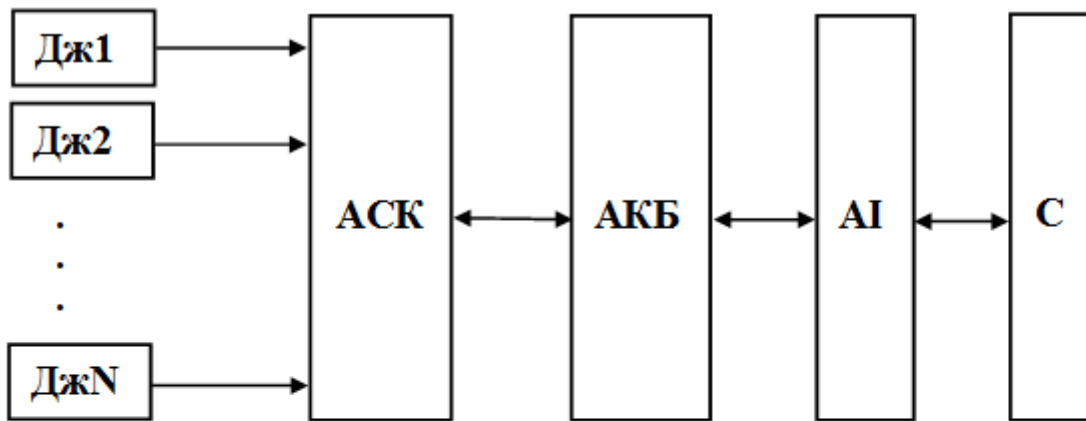


Рисунок 1.2 – Загальний вигляд структури системи електроживлення с/г об’єкта:

Дж1, Дж2,...,ДжN – джерела енергії;

АСК – автоматизована система керування; АКБ – акумуляторні батареї; АІ – автономний інвертор; С – споживач

В джерелі [10] зазначено, що для надійного та безперебійного електроживлення доцільним є комплексний підхід до розглядання процесу електроживлення та процесу електроспоживання.

При підході, що передбачає керування процесом електроживлення, необхідно визначати тип джерел енергії, їх кількість та потужність, таким чином щоб забезпечити енергетичні потреби споживача.

При керуванні процесом електроспоживання визначати тип джерел енергії їх кількість та потужність не потрібно. При такому підході необхідно враховувати наявні енергетичні можливості джерел енергії. Оскільки вартість енергетичних установок є високою і не завжди такі кошти є в наявності у споживача, тому доцільним є розглядати процес електроспоживання, який не вимагає використання додаткових матеріальних витрат.

Таким чином, в подальшому бакалаврська робота буде присвячена розв’язанню проблеми керування електроспоживанням с/г об’єкта.

1.3. Аналіз існуючих систем та методів автоматизованого керування електроспоживанням с/г об'єктів

1.3.1. Існуючі системи електроспоживання

В [19] проведено аналіз сучасного стану питання в області електроспоживання енергоприводів в житлово-комунальному господарстві. В результаті було запропоновано перехід від нерегульованого енергопривода до регульованого, тобто подача до робочого органа технологічної установки тієї потужності, що вимагається в даний момент, при мінімальних втратах у всіх елементах енергетичного каналу. Однак даний спосіб стосується лише енергоприводів в житлово-комунальному господарстві, які не є с/г об'єктами.

Система обліку і управління електроспоживанням у комунально-побутовому секторі [24], призначена для підвищення ефективності управління електроспоживанням у комунально-побутовому секторі. На рис. 1.3 представлена компонувальна схема системи.

Система включає вузли 1. 2. 3 обліку споживання електричної енергії (див рис. 1.3). встановлені в центрах 4, 5, 6 електроживлення, через які здійснюється електроживлення великих груп 7. 8. 9 споживачів, що проживають у територіально відособлених один від одного житлових масивах. Вузли 1, 2, 3 обліку з'єднані каналом 10 телеметрії із блоком 11 прийому інформації. Вихід останнього з'єднаний із входом обчислювального пристрою 12. вихід якого зв'язаний із входом блоку 13 видачі лімітів Блок ІЗ видачі лімітів зв'язаний з пультом 14 оператора.

Система також включає місцевий телерадіомовний канал 15 і комп'ютерну мережу 16 з базою 17 даних про самих споживачів 7, 8, 9 і про платежі, що надійшли від кожного з них, за спожиту ними електричну енергію. Кожний індивідуальний обліковий запис бази даних 17 містить в тій чи іншій формі наступну інформацію - прізвище споживача, його адресу, дату та суму отриманих від нього коштів.

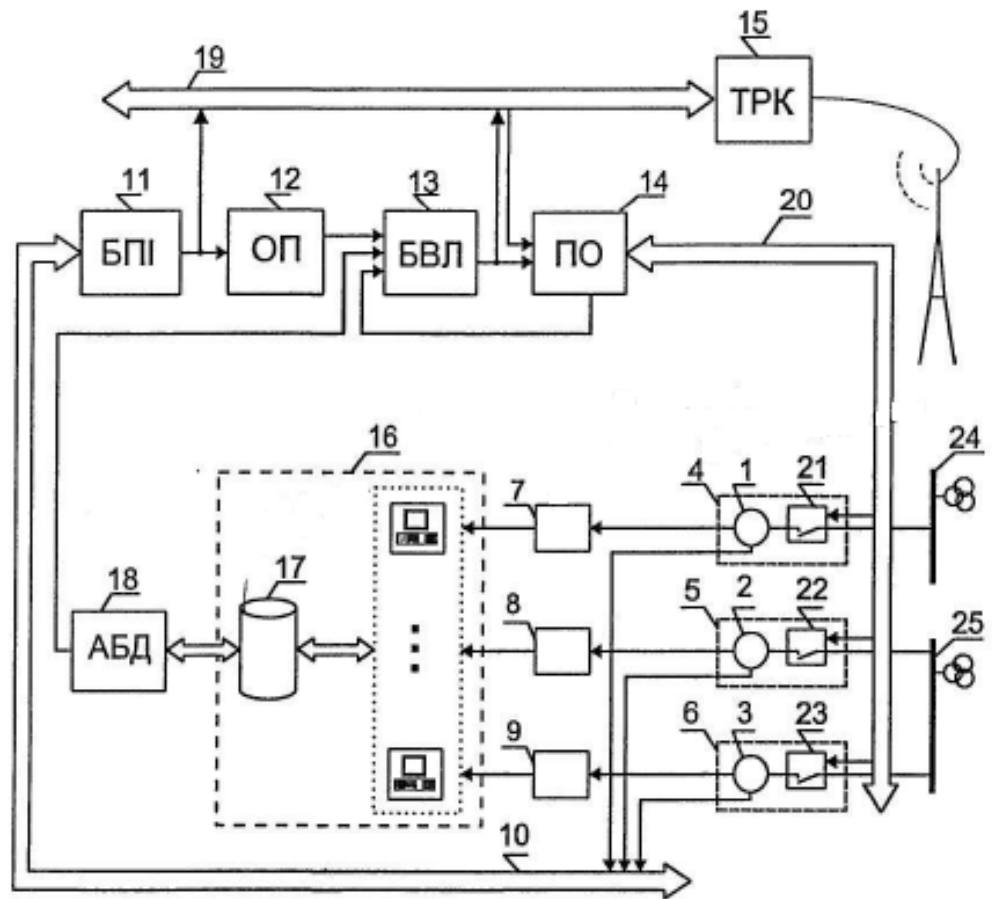


Рисунок 1.3 – Схема системи обліку і управління електроспоживанням у номінально-побутовому секторі:

ТРК – телерадіомовний канал; БПІ – блок прийому інформації;

ПО – обчислювальний пристрій; БВЛ – блок видачі лімітів;

АБД – аналізатор баз даних

В систему введений аналізатор 18 бази 17 даних платежів, що встановлений на вході блоку ІЗ видачі лімітів. Він може бути виконаний у вигляді самостійного пристрою, наприклад, персонального комп'ютера, що має доступ до бази 17 даних. Нарешті, у систему введений інформаційно-управляючий канал 19, за допомогою якого виходи блоку 11 прийому інформації і блоку ІЗ видачі лімітів з'єднують із входом місцевого телерадіомовного каналу 15. Крім того, інформаційно-управляючий канал 19 з'єднує між собою виходи блоку 11 прийому інформації і вхід пульта 14

оператора. Канал 19 може бути реалізований будь-яким з відомих способів, наприклад, за допомогою лінії телефонного зв'язку.

Пульти 14 оператора за допомогою каналу 20 телеметри і телеуправління зв'язаний з розмикачами 21, 22, 23 живлення центрів 4. 5. 6 електроживлення, встановленими на понижуючих підстанціях 24. 25 міської електричної мережі. Одночасно пульт 14 оператора має інформаційний зв'язок із входами блоку ІЗ видачі лімітів.

Однак використання даної системи можливе лише для АО, які отримують енергію від традиційної мережі електроживлення. Тобто для нашого випадку така система не доцільна, оскільки в подальшому планується розглядати системи комбінованого або гібридного типу.

1.3.2. Огляд технічних рішень

В джерелі [21] запропоновано спосіб керування електроспоживанням, який полягає у вимірюванні величини відхилення параметра від заданої величини. В результаті було створено математичні моделі графіка споживання електричної енергії конкретного об'єкта та електричної мережі цього об'єкта. Керування електроспоживанням за допомогою математичних моделей дозволило суттєво покращити процес регулювання. Недоліком даного способу є те, що його недоцільно використовувати при енергозабезпеченні с/г споживачів, оскільки для с/г споживачів наявність електричної мережі не передбачається.

В [22] запропоновано пристрій для автоматичного керування електроспоживанням, наведений на рис. 1.4.

Пристрій складається з первинних датчиків витрати енергоенергії Д1-ДN, блока прийому інформації від первинних датчиків, мікроконтролеру (МК), блоків прийому інформації від лічильників технічного і комерційного обліку, блока керування споживачами-регуляторами.

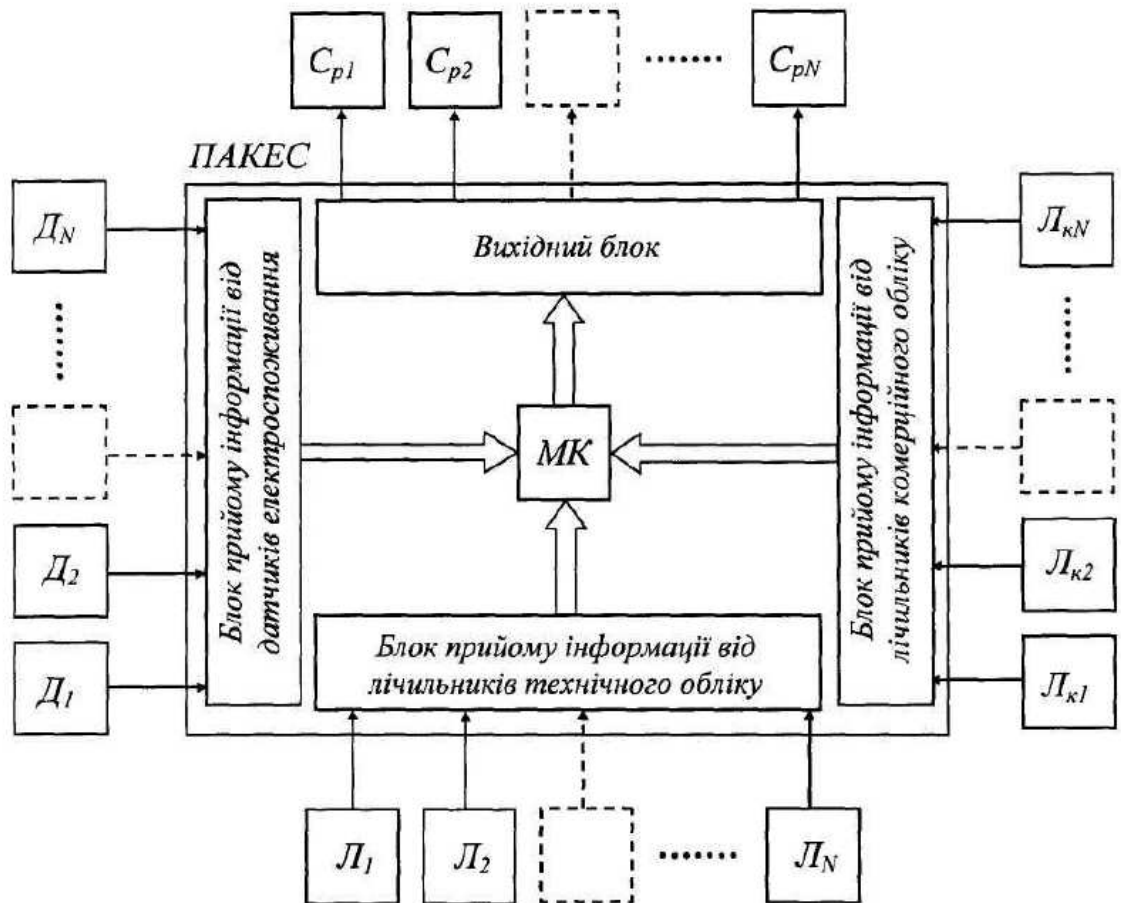


**Рисунок 1.4 – Пристрій для автоматичного керування
електроспоживанням:**

$C_{p1}, C_{p2}, \dots, C_{pN}$ – споживачі-регулятори;

*$D_1, D_2, \dots, D_N$ - датчики; $L_{k1}, L_{k2}, \dots, L_{kN}$ – лічильники комерційного
обліку; МК – мікроконтролер; $L_1, L_2, \dots, L_N$ – лічильник обліку*

Дані про електроспоживання надходять до пристрою автоматичного керування електроспоживанням від датчиків D_1 - D_N , лічильників технічного обліку L_1 - L_N , а також комерційного обліку L_{k1} - L_{kN} . МК обчислює спожиту усереднену потужність від початку півгодинного інтервалу, за якою визначає граничну потужність, з умови не перевищення заявленої півгодинної потужності споживача.

Для дотримання заявленого значення потужності пристрій включає або відключає споживачі-регулятори C_{p1} - C_{pN} . Крім цього пристрій, що заявляється, дозволяє за відомим технологічним процесом виробництва

зміщувати в часі виконання технологічних операцій, включаючи або відключаючи обумовлені споживачі-регулятори $Cp1-CpN$, з метою зміни графіка споживання енергоенергії підприємством з енергосистеми.

Метою зміни графіка споживання електричної енергії з енергосистеми може бути: зменшення плати за енергоенергію при диференційованому у часі тарифі, вирівнювання добового графіка енергосистеми або підприємства, тощо. Узгодження сигналів між Д1-ДN, -Л1-ЛN, Лк1-ЛкN та МК виконують блоки обробки інформації, узгодження сигналів керування виконується вихідним блоком.

Використання даного пристрою також недоцільне для с/г споживачів, які не користуються мережею електроживлення.

В джерелі [23] запропоновано пристрій керування електроспоживанням, у складі якого є цифровий керуючий блок вихід керування навантаженням якого через послідовно з'єднані нормалі затор та формувач імпульсів підключені до блоку керування виконавчими механізмами. Однак застосування даного пристрою стосується лише складних виробничих об'єктів. Тому застосування даного пристрою для керування процесом електроспоживання с/г об'єкта недоцільне.

1.3.3. Постановка задач та вибір методів дослідження

На основі наведеної вище інформації можна зробити висновок, що існуючі методи і засоби автоматизації процесу керування електроспоживанням не дозволяють досягти мети, поставленої в бакалаврській роботі.

Для досягнення поставленої мети необхідно розв'язати наступні задачі:

- 1) здійснити вибір джерел енергії, які використовуються для електроживлення;
- 2) дослідити енергетичні потреби споживача;
- 3) розробити структуру АСКЕ с/г об'єкта;

- 4) розробити алгоритм роботи, структуру та функціональну схеми системи.

Загалом постановку задач дослідження можна представити у декілька етапів, які представлені на рис. 1.5

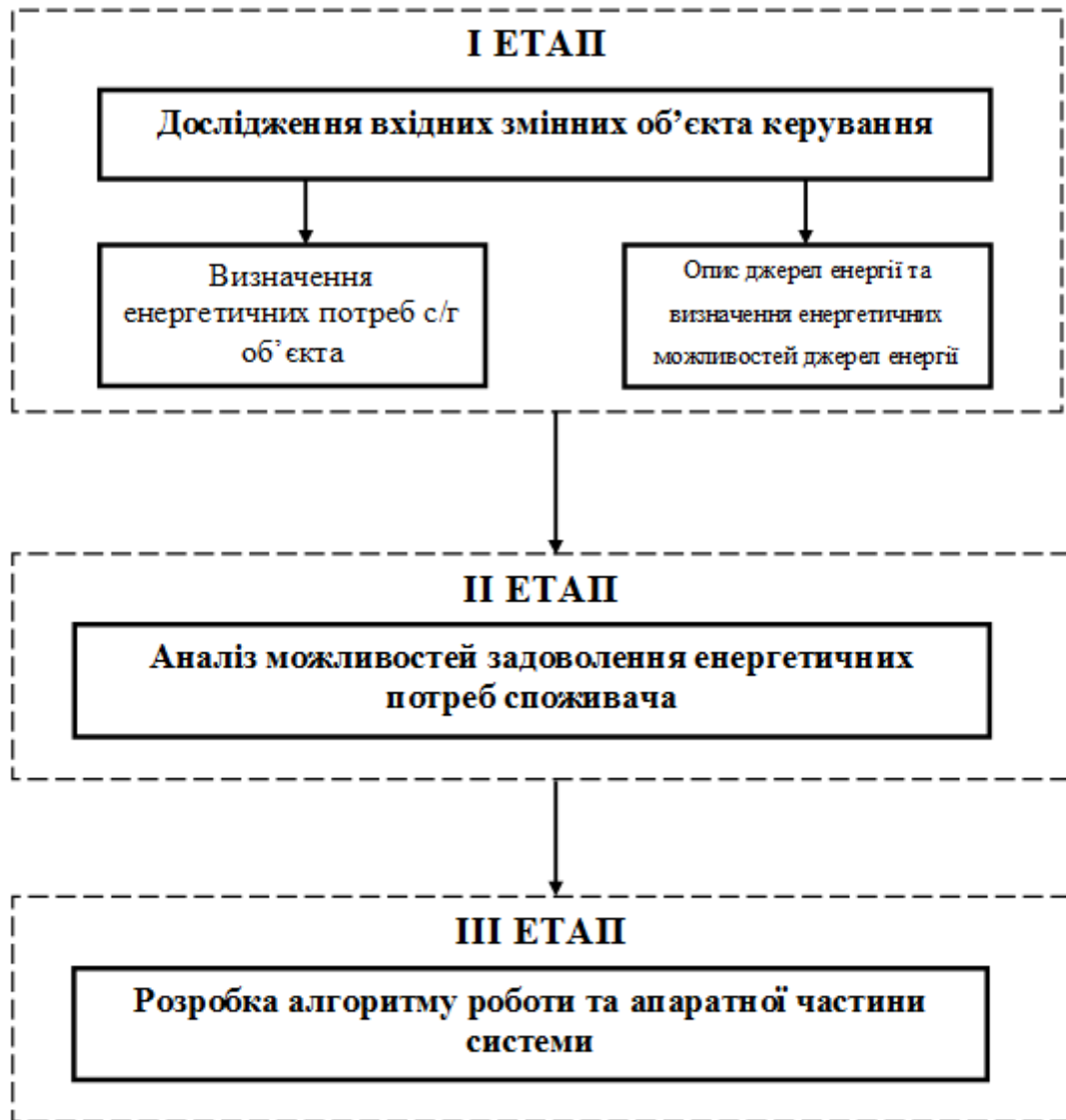


Рисунок 1.5 – Етапи розробки автоматизованої системи керування електроспоживанням с/г об'єкта

В джерелі [10] запропоновано підхід до автоматизації процесу керування електроспоживанням. Згідно даного підходу пропонується приймачів електричної енергії розподілити на групи.

Доцільно розподілити на такі групи [25]:

- 1) споживачі електричної енергії, які не допускають перерв в електроживленні;
- 2) споживачі електричної енергії, які допускають перерви в електроживленні на певний час;
- 3) споживачі електричної енергії, які допускають перерви в електроживленні.

Таким чином АСК повинна виконувати порівняння кількості енергії, яка потрібна споживачу. При цьому пріоритет повинен надаватись споживачам 1 групи.

Розглянемо методи дослідження для кожного етапу. На першому етапі необхідно дослідити вхідні змінні об'єкта керування. Об'єктом керування є система електроспоживання с/г об'єкта.

Вхідними змінними є енергетичні потреби споживача та енергетичні можливості (поток) джерел енергії. На даному етапі за допомогою методів статистичної обробки, теорії ймовірності та математичного аналізу необхідно побудувати графіки навантаження енергетичних потреб та потужностей джерел енергії за сезонами року.

На основі отриманих графіків необхідно провести аналіз можливостей задоволення енергетичних потреб споживача. Для проведення такого аналізу доцільно використовувати методи статистичного аналізу та теорії ймовірності, при цьому слід використовувати спеціальні програмні пакети (MathCad, MatLab та ін.)

На третьому етапі можна розробити алгоритм роботи системи та відповідні структурні і функціональні схеми. В подальшому необхідно провести моделювання роботи системи, з метою виявлення працездатності розробленої системи.

В наступних розділах наведено результати досліджень для кожного окремого етапу.

Висновки до розділу

З наведеного в даному розділі можна зробити такі висновки:

1. Для с/г об'єктів електроживлення слід здійснювати комбінованим або гібридним способом.
2. Обґрунтовано доцільність розв'язання задачі керування електроспоживанням с/г об'єктів.
3. Існуючі системи електроспоживання в основному призначені для житлово-комунального або комунально-побутового сектора, які не підходять для електроживлення с/г об'єктів.
4. Запропоновано етапи розробки АСКЕ с/г об'єкта та виконано вибір методів дослідження. Згідно першого етапу запропоновано електроприймачі розподілити групи, що дозволить, згідно визначеного пріоритету, забезпечити енергетичні потреби споживача.

2. РОЗРОБКА СТРУКТУРИ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ЕЛЕКТРОЖИВЛЕННЯМ С/Г ОБ'ЄКТА

2.1. Загальна структура системи

В бакалаврській роботі для подальших досліджень було обрано систему електроживлення, яка має в своєму складі 2 джерела енергії – вітроелектричну установку (ВЕУ) та енергостанцію (ЕС) з двигуном внутрішнього згорання.

Згідно загального вигляду структури електроживлення с/г об'єкта приймемо наступну структуру системи керування процесом електроживлення с/г об'єкта, наведена на рис. 2.1.

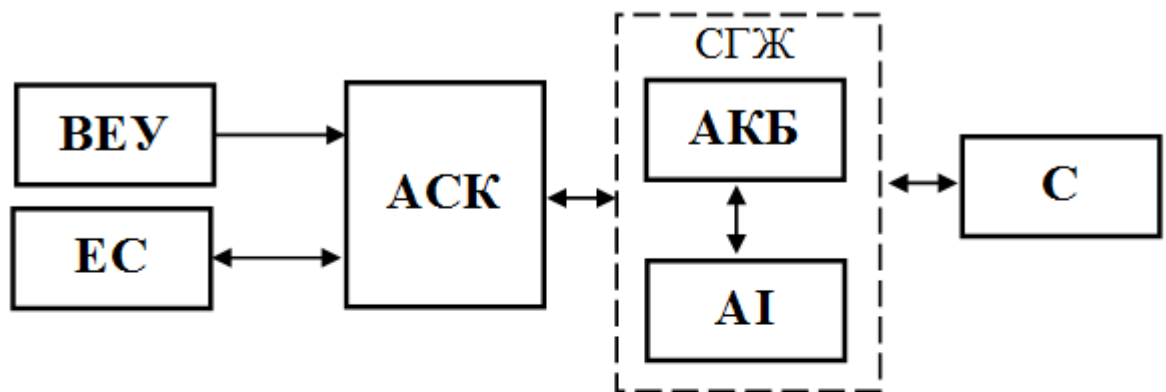


Рисунок 2.1 – Структура системи електроживлення с/г об'єкта:

ВЕУ – вітроелектрична установка; ЕС – енергостанція;

АСК – автоматизована система керування; СГЖ – система гарантованого живлення; АКБ – акумуляторні батареї;

АІ – автономний інвертор; С - споживач

Для розв'язання задачі керування електроспоживанням пропонується наступний підхід.

Припустимо, що споживач вже має систему електроживлення (рис. 2.1), і в нього немає можливості використовувати інші додаткові енергоустановки. Таким чином у разі недостатньої кількості енергії від енергоустановок,

споживач може не отримати достатню кількість енергії для забезпечення власних потреб.

Оскільки споживач не може використовувати додаткові джерела енергії (матеріальні, територіальні фактори), то необхідно раціонально використовувати енергію, що є в наявності.

Для розв'язання цієї задачі пропонується електроприймачі енергії розбити на групи [25]. Таким чином, структура АСКЕ с/г об'єкта буде мати вигляд, показаний на рис. 2.2.

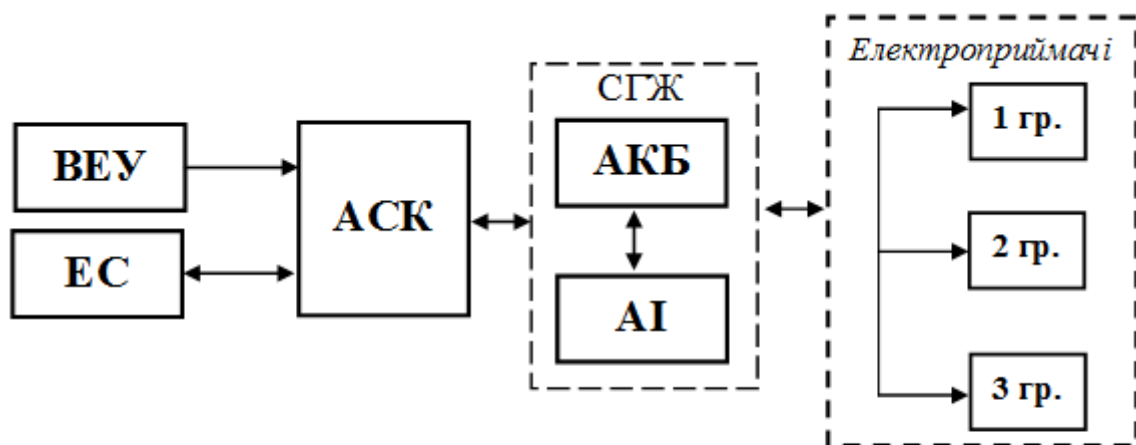


Рисунок 2.2 – Структура АСКЕ с/г об'єкта:
1 гр., 2 гр, 3 гр. – групи електроприймачів

Згідно даної структури основним джерелом енергії є ВЕУ, резервним – ЕС. Тобто спочатку використовується енергія від ВЕУ, а у разі її недостатньої кількості необхідно використовувати ЕС. Як тільки кількості енергії від ВЕУ достатньо, то ЕС вимикають. АКБ та АІ, що входять до складу СГЖ, необхідні для надання енергії належної якості (напруга 220 В, частота 50 Гц, симетричність та синусоїдальність струму і напруги тощо).

Керування роботою енергоустановками здійснюється згідно вже розробленого алгоритму роботи.

Для розв'язання поставленої задачі керування електроспоживанням пропонується наступний принцип роботи АСК.

Вона повинна виконувати перерозподіл наявної енергії до електроприймачів наступним чином:

1. Порівняти кількість енергії, що надходить від ВЕУ та ЕС, з кількістю енергії, що необхідна споживачу.
2. Якщо енергії вистачає для забезпечення всіх електроприймачів, то здійснювати електроживлення.
3. Якщо енергії не вистачає, то надавати енергію споживачам 1-ї групи, а залишок – для споживачів 2-ї та 3-ї груп.

Тобто АСК повинна постійно порівнювати кількість енергії, що необхідна споживачу в певний момент часу, з кількістю енергії, яка є в наявності. Таким чином, вхідними змінними об'єкта керування є:

- енергетичні потоки (кількість енергії, що генерують енергоустановки в певний момент часу);
- енергетичні потреби (кількість енергії, що необхідна споживачу в певний момент часу).

Вихідною змінною є – вибір групи електроприймачів для яких, згідно наявних в певний момент часу енергетичних потоків, слід здійснювати електроживлення.

2.2. Опис джерел енергії

Згідно розробленої в попередньому пункті структури АСКЕ с/г об'єкта, джерелами енергії є вітрова енергія, енергія від ЕС та енергія від АКБ. Таким чином, в даній системі присутні 3 джерела енергії, з яких 2 енергоустановки. Коротко розглянемо кожне з цих джерел енергії.

Енергія вітру.

Вітер – це складний геофізичний процес, який можна прогнозувати тільки з визначеною ступеню імовірності [14, 28]. Вітроенергетика – галузь

енергетики, яка пов'язана з розробкою методів та засобів перетворення енергії вітру в механічну, теплову та електричну енергії.

В Україні дослідженнями у галузі вітроенергетики займаються наступні установи та підприємства [30]:

МНТЦ вітроенергетики НАН України – основними науково-технічними роботами є визначення територій, перспективних для будівництва вітроелектричних станцій, вибір перспективних моделей ВЕУ, розроблення методів ефективного математичного моделювання характеристики потужності сучасних вітроагрегатів та ін.

ТОВ «ЕСТА лтд» - основною діяльністю підприємства є розробка та створення лопатей і гондол для промислових ВЕУ потужністю 110 кВт.

ФОП «Світ Вітру» - спеціалізується на розробці та виробництві обладнання для використання ВДЕ. Основним напрямком є розробка ВЕУ. Найвідомішими є СВ-3.1/200 (ВЕУ-08) та її попередниця СВ-3.1/150.

ТОВ «ПКТБ «Конкорд» - основною сферою діяльності є вітроенергетика. Основна розробка ВЕУ ТГ-1000.

Найбільш перспективними для розвитку вітроенергетики в Україні є такі області та регіони: Автономна республіка Крим, Карпати, Львівська, Івано-Франківська, Закарпатська, західна частина Чернівецької, Одеська, Миколаївська, Херсонська, Запорізька, Донецька та Луганська області; узбережжя Чорного та Азовського морів; Придніпровська височина та низовина [3, 30].

Вітрова установка перетворює кінетичну вітру в механічну або електричну, зручну для практичного використання. Механічна енергія, головним чином використовується для підйому води в сільських або віддалених місцевостях. ВЕУ генерують електричну енергію для побутових або промислових потреб.

Існують два основних типи ВЕУ – з вертикальною віссю обертання та горизонтальною віссю обертання.

Горизонтально-осьовою ВЕУ називають вітродвигун, у якого вісь обертання вітрокоlesa розташована паралельно або майже паралельно вектору швидкості вітру. У випадку якщо вісь обертання розташована перпендикулярно вектору швидкості, то вітродвигун називають вертикально-осьовим.

Перевагами горизонтально-осьових ВЕУ є [13, 14, 20, 30]: можливість самостійного запуску без допоміжного приводу (за рахунок зміни кута встановлення лопатей); досить великі показники коефіцієнту використання енергії вітру та швидкохідності.

Основним недоліком є необхідність орієнтації на вітровий потік.

Вертикально-осьові ВЕУ мають такі переваги [13, 14, 20, 30]:

- незалежне функціонування від напрямлення вітрового потоку;
- відносно просте виготовлення лопатей;
- можливість кріплення лопатей до ротора в декількох місцях, що призводить до зменшення вимог щодо міцності та жорсткості лопатей.

До недоліків можна віднести значно менші коефіцієнт використання енергії вітру та швидкохідності, ніж у горизонтально-осьових ВЕУ.

ВЕУ з горизонтальною віссю обертання складають близько 95 % всіх вітрових установок, які під'єднують до енергосистем.

За рівнем генерованої потужності ВЕУ поділяють на 4 групи [20, 30]: тихохідні (до 5 кВт); невеликої потужності (від 5 до 99 кВт); середньої потужності (від 100 кВт до 1 МВт); великої потужності (більше 1 МВт).

Серійні ВЕУ дають найбільший ефект там, де швидкість вітру не нижче 5 м/с, проте їх можна використовувати і при середньорічній швидкості вітру 3 м/с [3, 14, 20].

Серед ВЕУ, в яких передбачена паралельна робота установки слід виділити такі:

- виробники України: Тайфун-4 (НВП «Потенціал», м. Черкаси); «Бджола-3» (НВФ «Енергодар», м. Харків); WE1500, WE2000, WE2500, WE3000, WE5000, WE6000, WE8000, WE10000, WE12000 (WindElectric, м. Київ); ВЕУ -

08 (ПП «Аванте», м. Київ); FLAMINGO AERO (ПП «Світ вітру», м. Харків); та ін;

- серед іноземних виробників в Україні використовують Turbowind (Бельгія); Vestas (Данія); Sinovel, Goldwind, Dongfang Electric, United Power (Китай); GE Energy (США); Enercon, Siemens Wind (Німеччина); Gamesa (Іспанія); Suzlon Energy (Індія) та ін.

В нашому випадку використовується горизонтально-осьова ВЕУ типу WE-10000 (виробник Wind Electric, Україна).

Акумуляторні батареї.

Використання АКБ не тільки дозволяє забезпечити стабільне електроживлення, але також підвищує коефіцієнт використання ВДЕ за рахунок накопичення надлишкової енергії з подальшою передачею її споживачеві. АКБ широко використовуються в усіх галузях народного господарства. Вони є різновидом хімічних джерел струму, в яких електрична енергія перетворюється в хімічну (заряд) та хімічна – в електричну (розряд).

В роботі [6] було виділено основні показники ефективності роботи АКБ: довговічність; напруга АКБ; ємність, яку віддає; коефіцієнт віддачі; коефіцієнт корисної дії; саморозряд за певний період; здатність до зберігання (без енерголіту, з енерголітом); вплив на апаратуру та обслуговуючий персонал; орієнтована відносна вартість 1 Вт · год енергії, отриманої від різних типів АКБ, приблизно однакової ємності; «ефект пам'яті» – оборотна втрата ємності, яка має місце в деяких типах АКБ при порушенні режиму заряду, зокрема, при заряджанні ще не повністю розрядженого АКБ.

Однак неможливо забезпечити всі ці характеристики в одній АКБ. Внаслідок того, що деякі з них несумісні між собою, доводиться жертвувати частиною переваг заради інших вимог. Тому, щоб досягти взаємодії між технічними характеристиками АКБ, необхідно брати до уваги здатність АКБ працювати в критичних ситуаціях.

Перед тим як обрати необхідний тип АКБ для живлення конкретного споживача, необхідно знати наступні дані:

- режим роботи (постійний або періодичний);
- характер зміни навантаження (плавний або ступінчастий);
- діапазон зміни сили струму та напруги;
- температуру навколишнього середовища тощо.

В різних джерелах [1, 15, 29] електрохімічні АКБ класифікуються на: свинцево-кислотні (СЦ); срібно-цинкові; срібно-кадмієві; нікель-кадмієві; залізонікелеві; нікель-металгідридні; нікель-цинкові; нікель-водневі; літій-іонні; літій-полімерні та ін.

В роботі [6] зазначено, що з усіх перерахованих вище типів АКБ в системах електроживлення з різномірними ДЕ (в тому числі ВДЕ) доцільно використовувати такі типи: свинцево-кислотні, срібно-цинкові та срібно-кадмієві, нікель-кадмієві та нікель-металгідридні (герметизовані циліндричні та призматичні), нікель цинкові, літій-іонні.

Майже за всіма технічними показниками свинцево-кислотні АКБ мають переваги над іншими типами АКБ. Через відносну дешевизну та непогані експлуатаційні властивості свинцево-кислотні АКБ широко використовуються в енергосистемах на основі ВДЕ. Вартість 1 Вт · год виробленої енергії у свинцево-кислотні АКБ найменша і їх здебільшого використовують в енергосистемах на основі ВДЕ.

В нашому випадку використано 20 АКБ типу SB 12-200 (виробник Sunlight, Греція). Технічні характеристики даної АКБ наступні:

- номінальна ємність 200 А · год.;
- номінальна напруга 12 В;
- струм короткого замикання 3300 А;
- діапазон температур -20..+50 °С;
- термін служби – до 10..12 років.

Електростанція з двигуном внутрішнього згорання.

Найголовнішими параметрами ЕС з двигуном внутрішнього згорання є [11, 12]: потужність, кількість фаз струму, та тип палива, яке використовується.

Діапазон потужностей ЕС досить широкий і лежить в межах від 2 кВт для постачання замських будинків до 100 кВт для застосування в промисловості [11, 30].

За типом струму, що виробляється ЕС бувають однофазні та трифазні. Однофазні енергостанції використовуються в основному в побутових мережах. Трифазні призначені для живлення промислових об'єктів і спеціального устаткування.

За типом палива в основному поділяються на бензинові та дизельні.

Основними перевагами бензинових ЕС є [11, 12]:

- мобільність та компактність (можуть бути встановлені в будь-якому відповідному місці, невеликі розміри та незначна вага);
- безшумність та простота у використанні (не вимагають наявності спеціальних знань для експлуатації);
- економічність (вартість у декілька разів нижче дизельних та інших аналогів);
- широкий робочий діапазон температур (можна експлуатувати навіть при дуже низьких температурах, на відміну від дизельних, які при мінусових показниках запускаються вкрай важко).

Основним недоліком бензинових ЕС є нетривалий час роботи, тому при необхідності довготривалого функціонування перевагу віддають дизельним ЕС [12].

Сучасний ринок бензинових ЕС представлений наступними виробниками: «Honda», «Energy Power», (Японія); «Endress Ese», (Німеччина); «Sdmo», (Франція); «Europower», (Бельгія); «KIPOR», (Китай); «Briggs&Stratton», (Україна) та ін. [21, 30].

Дизельні ЕС мають набагато складнішу конструкцію, ніж бензинові, і, як наслідок, їх вартість значно вища. Кажучи про дешеву експлуатацію дизельних двигунів, не можна не відзначити, що ця дешевизна має місце лише у тому випадку, коли йому не потрібний дуже частий ремонт. Як показала практика,

витрати на придбання запчастин і проведення ремонтних робіт двигуна здатні «з'їсти» практично всі заощаджені засоби.

Сучасний ринок дизельних ЕС представлений наступними виробниками: «Endress Ese», «Geko», (Німеччина); «Forte», (Німеччина, Китай); «Glendale», (Бельгія); «KIPOR», (Китай); «Matari», (Японія) та ін. [10, 21].

При виборі типу ЕС, перш за все, звертають увагу на такий показник, як – витрата пального на $1 \text{ кВт} \cdot \text{год}$. Зазвичай, цей показник наводиться виробниками в паспорті технічних характеристик.

В нашому випадку використовується бензинова ЕС типу Briggs&Stratton TBS-10/1 (виробник Briggs&Stratton, Україна), потужність якої становить 10 кВт , а витрата пального на $1 \text{ кВт} \cdot \text{год}$. – $0,39 \text{ л}$. Основні технічні характеристики цієї ЕС:

- номінальна потужність 10000 Вт ;
- кількість фаз – 1;
- номінальна кількість обертів двигуна 3000 об/хв. ;
- вид пального – бензин;
- місткість баку 20 л. ;
- ресурс роботи 87600 год .

2.3. Алгоритм роботи системи

При розробці алгоритму роботи АСКЕ необхідно враховувати, що в першу чергу повинні бути забезпечені енергією споживачі 1-ї групи. Таким чином, алгоритм роботи системи наступний, показаний на рис. 2.3:

1. Визначення потужності енергетичних потоків.
2. Визначення навантаження енергетичних потреб.
3. Порівняння енергетичних потоків та енергетичних потреб.
4. У разі достатньої потужності енергетичних потоків для задоволення енергетичних потреб всіх груп споживачів – здійснювати електроживлення.

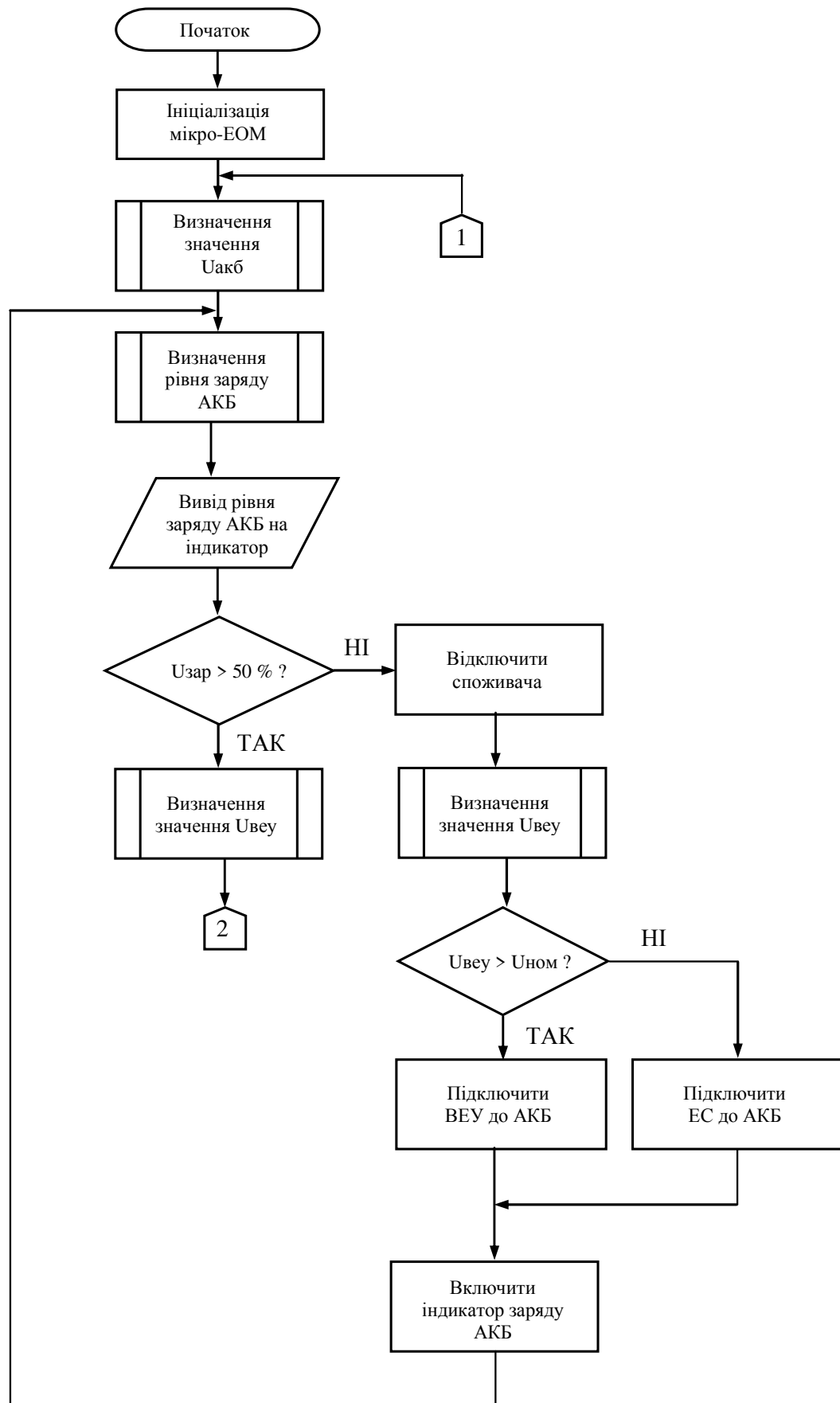


Рисунок 2.3, аркуш 1 – Алгоритм роботи АСКЕ автономного об'єкта

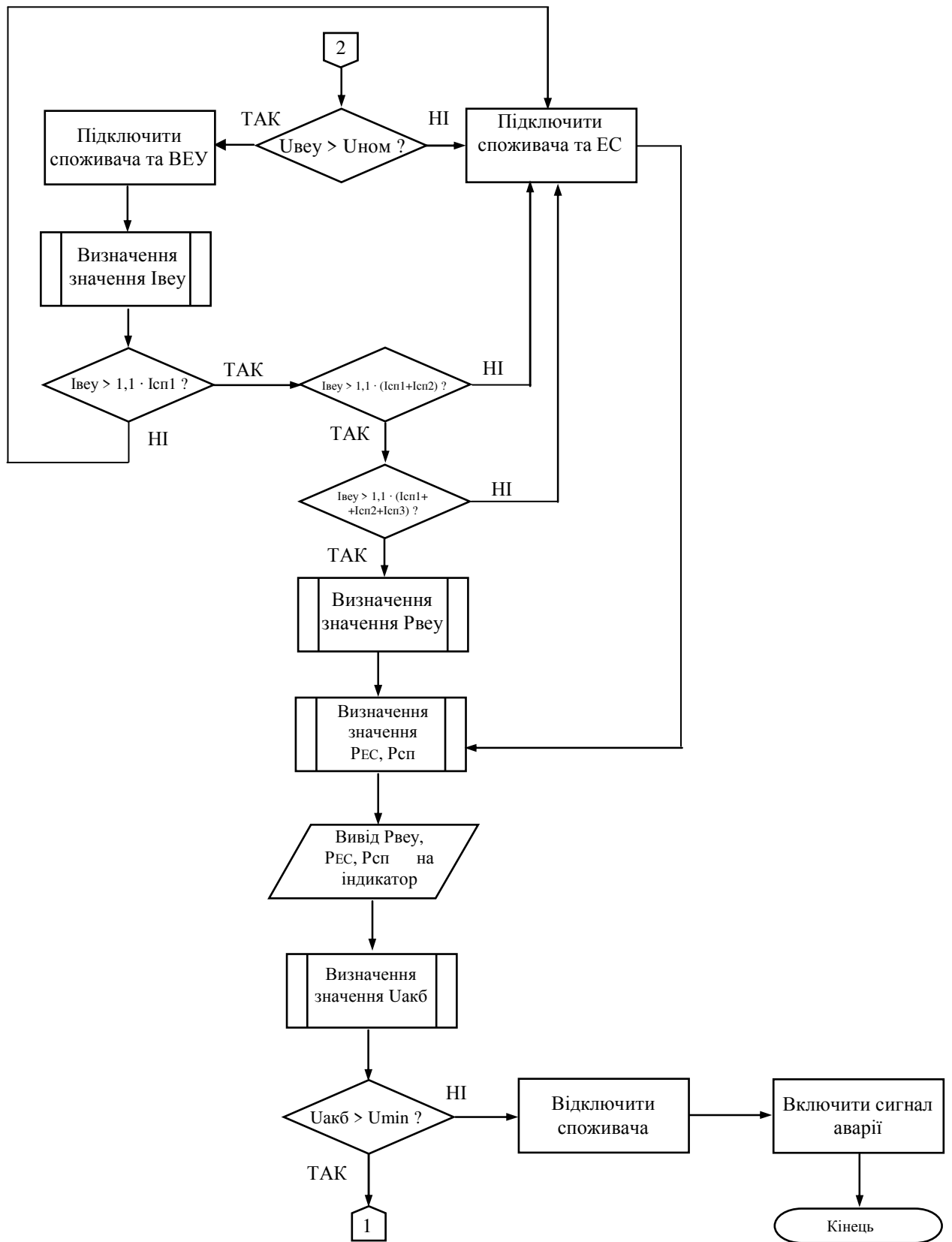


Рисунок 2.3, аркуш 2 – Алгоритм роботи АСКЕ автономного об’єкта

5. У разі недостатньої потужності енергетичних потоків – визначити для яких груп споживачів достатньо кількості енергії (пріоритет надавати групі 1).

6. У разі якщо потужності енергетичних потоків не вистачає для задоволення енергетичних потреб 1-ї групи – визначити чи спроможна АКБ задовольнити енергетичні потреби.

7. Як тільки потужності енергетичних потоків для задоволення енергетичних потреб 1-ї групи достатньо – припинити використовувати АКБ.

8. Якщо потужності енергетичних потоків та енергії з АКБ не вистачає для задоволення енергетичних потреб 1-ї групи – подати сигнал аварійної зупинки.

Висновки до розділу

З наведеного в даному розділі можна зробити такі висновки:

1. Запропоновано структуру АСКЕ с/г об'єкта. Основним джерелом енергії є вітрова енергія, резервним – ЕС з двигуном внутрішнього згорання. Виявлено, що вхідні параметри об'єкта керування носять випадковий характер надходження, тому виникає необхідність у їх дослідженні.

2. Запропоновано та розроблено алгоритм роботи АСКЕ с/г об'єкта, згідно якого було визначено керуючі впливи на об'єкт керування.

3. ДОСЛІДЖЕННЯ ВХІДНИХ ЗМІННИХ ОБ'ЄКТА КЕРУВАННЯ

3.1. Дослідження енергетичних потреб с/г об'єкта

Як було сказано раніше, для створення АСКЕ с/г об'єкта необхідно мати відомості як про саму систему та її складові, енергетичні потенціали джерел енергії в місцевості де використовується система, так і про енергетичні потреби об'єкта, а саме – динаміку цих потреб у часі.

Згідно запропонованого раніше підходу щодо розподілу електроприймачів на групи, було проведено аналіз роботи електроприймачів за сезонами року, наведені в табл. 3.1-3.4.

Таблиця 3.1 – Енергетичні потреби в зимовий період

Години	Прилади	Потужність, кВт	Потужність, %
<i>Електроприймачі 1-ї групи</i>			
1	Холодильник+насос для електричного котла+ електричний котел+Інкубатор	6,3	78,5
2	Холодильник+ насос для електричного котла+ електричний котел+Інкубатор	6,3	78,5
3	Холодильник+ насос для електричного котла+ електричний котел+Інкубатор	6,3	78,5
4	Холодильник+ насос для електричного котла+ електричний котел+Інкубатор	6,3	78,5
5	Холодильник+ насос для електричного котла+ електричний котел+Інкубатор	6,3	78,5
6	Холодильник+ насос для електричного котла+ електричний котел+Інкубатор для яєць+Галогенові лампи	6,4	80
7	Холодильник+ насос для електричного котла+ електричний котел+Інкубатор +Галогенові лампи+Бойлер+Насосна станція	8,0	100
8	Холодильник+ насос для електричного котла+ електричний котел+Інкубатор для яєць+Бойлер+Насосна станція	7,9	98,75

Години	Прилади	Потужність, кВт	Потужність, %
9	Холодильник+ насос для електричного котла+ електричний котел+Інкубатор для яєць+Насосна станція	7,3	91,25
10	Холодильник+ насос для електричного котла+ електричний котел+Інкубатор для яєць	6,3	78,5
11	Холодильник+ насос для електричного котла+Опалювальний електричний котел+Інкубатор для яєць	6,3	78,5
12	Холодильник+ Водяний насос для електричного котла+Опалювальний електричний котел+Інкубатор для яєць	6,3	78,5
13	Холодильник+ Водяний насос для електричного котла+Опалювальний електричний котел+Інкубатор для яєць+Бойлер+Насосна станція	7,9	98,75
14	Холодильник+ Водяний насос для електричного котла+Опалювальний електричний котел+Інкубатор для яєць+ Насосна станція	7,3	91,25
15	Холодильник+ Водяний насос для електричного котла+Опалювальний електричний котел+Інкубатор	6,3	78,5
16	Холодильник+ Водяний насос для електричного котла+Опалювальний електричний котел+Інкубатор для яєць	6,3	78,5
17	Холодильник+ Водяний насос для електричного котла+Опалювальний електричний котел+Інкубатор для яєць+ Насосна станція	7,3	91,25
18	Холодильник+ Водяний насос для електричного котла+Опалювальний електричний котел+Інкубатор для яєць+Галогенові лампи+Насосна станція	7,4	92,5
19	Холодильник+ Водяний насос для електричного котла+Опалювальний електричний котел+Інкубатор для яєць+Насосна станція	7,3	91,25
20	Холодильник+ Водяний насос для електричного котла+Опалювальний електричний котел+Інкубатор для яєць+Бойлер+Насосна станція	7,9	98,75

Години	Прилади	Потужність, кВт	Потужність, %
21	Холодильник+ Водяний насос для електричного котла+Опалювальний електричний котел+Інкубатор для яєць+Бойлер+Насосна станція	7,9	98,75
22	Холодильник+ Водяний насос для електричного котла+Опалювальний електричний котел+Інкубатор для яєць+Насосна станція	7,3	91,25
23	Холодильник+ Водяний насос для електричного котла+Опалювальний електричний котел+Інкубатор для яєць	6,3	78,5
Електроприймачі 2-ї групи			
24	Люмінесцентні лампи, еквівалентні 40 Вт лампи накали.	0,011	0,21
25	Люмінесцентні лампи, еквівалентні 40 Вт лампи накаливання+Електроплита	5,011	100
26	Люмінесцентні лампи, еквівалентні 40 Вт лампи накаливання	0,011	0,21
27	Люмінесцентні лампи, еквівалентні 40 Вт лампи накаливання	0,011	0,21
28	Електроплита	5,0	99,7
29	Люмінесцентні лампи, еквівалентні 40 Вт	0,11	0,21
30	Люмінесцентні лампи, еквівалентні 40 Вт лампи накаливання	0,11	0,21
31	Електроплита	5,0	99,7
32	Електроплита	5,0	99,7
33	Люмінесцентні лампи, еквівалентні 40 Вт лампи накаливання	0,11	0,21
Електроприймачі 3-ї групи			
34	Мікрохвильова піч	0,6	95,2
35	Люмінесцентні лампи, еквівалентні 75 Вт лампи накали.	0,02	3,17
36	Люмінесцентні лампи, еквівалентні 100 Вт лампи накали.	0,03	4,7
37	Люмінесцентні лампи, еквівалентні 100 Вт лампи накаливання+Мікрохвильова піч	0,63	100
38	Люмінесцентні лампи, еквівалентні 100 Вт лампи накали.	0,03	4,7
39	Люмінесцентні лампи, еквівалентні 75 Вт лампи накали.	0,02	3,17
40	Люмінесцентні лампи, еквівалентні 75 Вт лампи накали.	0,02	3,17

Години	Прилади	Потужність, кВт	Потужність, %
41	Мікрохвильова піч	0,6	95,2
42	Люмінесцентні лампи, еквівалентні 100 Вт лампи накалювання	0,03	4,7
43	Люмінесцентні лампи, еквівалентні 75 Вт лампи накалювання + Люмінесцентні лампи, еквівалентні 100 Вт лампи накалювання	0,05	7,93
44	Люмінесцентні лампи, еквівалентні 75 Вт лампи накалювання	0,02	3,17
45	Люмінесцентні лампи, еквівалентні 75 Вт лампи накалювання	0,02	3,17
РАЗОМ		181,64	

Таблиця 3.2 – Енергетичні потреби у весняний період

Години	Прилади	Потужність, кВт	Потужність, %
<i>Електроприймачі 1-ї групи</i>			
1	Холодильник	0,6	26,5
2	Холодильник	0,6	26,5
3	Холодильник	0,6	26,5
4	Холодильник	0,6	26,5
5	Холодильник	0,6	26,5
6	Холодильник+Насос на станція	1,6	70,79
7	Холодильник+Насос на станція+Бойлер	2,2	97,3
8	Холодильник+Насос на станція+Бойлер	2,26	100
9	Холодильник+насос на станція	1,6	70,79
10	Холодильник	0,6	26,5
11	Холодильник	0,6	26,5
12	Холодильник	0,6	26,5
13	Галогенові лампи+Бойлер+Холо дильник+Насосна станція	2,26	100
14	Галогенові лампи+Холодильник +Насосна станція	1,66	73,45
15	Холодильник	0,6	26,5
16	Холодильник	0,6	26,5
17	Холодильник+Насос на станція	1,6	70,79
Години	Прилади	Потужність, кВт	Потужність, %

18	Холодильник+Насос на станція	1,6	70,79
19	Холодильник+Насос на станція	1,6	70,79
20	Холодильник+Насос на станція+Бойлер	2,2	97,3
21	Холодильник+Насос на станція+Бойлер	2,2	97,3
22	Холодильник+Насос на станція	1,6	70,79
23	Холодильник	0,6	26,5
<i>Електроприймачі 2-ї групи</i>			
24	Люмінесцентні лампи, еквівалентні 40 Вт лампи накаливання+Електроплита+Обігрівач радіаторного типу	6,011	100
25	Обігрівач радіаторного типу+ Люмінесцентні лампи, еквівалентні 40 Вт лампи накаливання	1,011	16,8
26	Обігрівач радіаторного типу	1,0	16,6
27	Електроплита	5,0	83,1
28	Люмінесцентні лампи, еквівалентні 40 Вт лампи накаливання+Кондиціонер	1,21	20,1
29	Люмінесцентні лампи, еквівалентні 40 Вт лампи накаливання+Кондиціонер	1,21	20,1
30	Кондиціонер	1,2	20,1
31	Електроплита	5,0	83,1
32	Електроплита+Обігрівач радіаторного типу	6,0	99,8
33	Обігрівач радіаторного типу	1,0	16,6
34	Обігрівач радіаторного типу	1,0	16,6
35	Люмінесцентні лампи, еквівалентні 40 Вт лампи накаливання+Обігрівач радіаторного типу	1,011	16,8
36	Люмінесцентні лампи, еквівалентні 40 Вт лампи накаливання+Обігрівач радіаторного типу	1,011	16,8
Години	Прилади	Потужність, кВт	Потужність, %

<i>Електроприймачі 3-ї групи</i>			
37	Мікрохвильова піч	0,6	95,2
38	Люмінесцентні лампи, екв 75 Вт.	0,02	3,17
39	Люмінесцентні лампи, екв 100 Вт.	0,03	4,7
40	Люмінесцентні лампи, екв 100 Вт +Мікрохвильова піч	0,63	100
41	Люмінесцентні лампи, екв 100 Вт.	0,03	4,7
42	Люмінесцентні лампи, екв 75 Вт.	0,02	3,17
43	Люмінесцентні лампи, екв 75 Вт	0,02	3,17
44	Мікрохвильова піч	0,6	95,2
45	Люмінесцентні лампи, екв 100 Вт	0,03	4,7
46	Люмінесцентні лампи, екв 75 Вт + Люмінесцентні лампи, еквівалентні 100 Вт	0,05	7,93
47	Люмінесцентні лампи, екв 75 Вт .	0,02	3,17
48	Люмінесцентні лампи, екв 75 Вт .	0,02	3,17
РАЗОМ		62,7	

Таблиця 3.3 – Енергетичні потреби в літній період

Години	Прилади	Потужність, кВт	Потужність, %
<i>Електроприймачі 1-ї групи</i>			
1	Холодильник	0,6	27,2
2	Холодильник	0,6	27,2
3	Холодильник	0,6	27,2
4	Холодильник	0,6	27,2
5	Холодильник+Насосна станція	1,6	72,7
6	Холодильник+Насос на станція	1,6	72,7
7	Холодильник+Насос на станція	1,6	72,7
8	Холодильник+Насос на станція	1,6	72,7
9	Холодильник+Насос на станція	1,6	72,7
10	Холодильник	0,6	27,2
11	Холодильник	0,6	27,2
12	Холодильник	0,6	27,2
Години	Прилади	Потужність, кВт	Потужність, %

13	Холодильник+Галогенові лампи+Насосна станція	1,6	72,7
14	Галогенові лампи+Холодильник+Насосна станція	1,66	72,7
15	Холодильник	0,6	27,2
16	Холодильник	0,6	27,2
17	Холодильник	0,6	27,2
18	Холодильник	0,6	27,2
19	Холодильник+Насосна станція	1,6	72,7
20	Холодильник+Насосна станція+Бойлер	2,2	100
21	Холодильник+Бойлер+Насосна станція	2,2	100
22	Холодильник+Насосна станція	1,6	72,7
23	Холодильник	0,6	27,2
<i>Електроприймачі 2-ї групи</i>			
24	Електроплита	5,0	100
25	Люмінесцентні лампи, екв 40 Вт	0,011	0,22
26	Електроплита	5,0	100
27	Люмінесцентні лампи, екв 40 Вт +Кондиціонер	1,21	24,2
28	Люмінесцентні лампи, екв 40 Вт +Кондиціонер	1,21	24,2
29	Кондиціонер	1,2	24,2
30	Електроплита	5,0	100
31	Електроплита	5,0	100
32	Люмінесцентні лампи, екв 40 Вт.	0,011	0,22
33	Люмінесцентні лампи, екв 40 Вт .	0,011	0,22
<i>Електроприймачі 3-ї групи</i>			
34	Мікрохвильова піч	0,6	95,2
35	Люмінесцентні лампи, еквівалентні 75 Вт лампи накали.	0,02	3,17
36	Люмінесцентні лампи, еквівалентні 100 Вт лампи накали.	0,03	4,7
37	Люмінесцентні лампи, екв 100 Вт +Мікрохвильова піч	0,63	100

Години	Прилади	Потужність, кВт	Потужність, %
38	Люмінесцентні лампи, екв 100 Вт.	0,03	4,7
39	Люмінесцентні лампи, екв 75 Вт.	0,02	3,17
40	Люмінесцентні лампи, екв 75 Вт.	0,02	3,17
41	Мікрохвильова піч	0,6	95,2
42	Люмінесцентні лампи, екв 100 Вт.	0,03	4,7
43	Люмінесцентні лампи, екв 75 Вт + Люмінесцентні лампи, екв 100 Вт	0,05	7,93
44	Люмінесцентні лампи, екв 75 Вт.	0,02	3,17
45	Люмінесцентні лампи, екв 75 Вт .	0,02	3,17
РАЗОМ		51,8	

Таблиця 3.4 – Енергетичні потреби в осінній період

Години	Прилади	Потужність, кВт	Потужність, %
<i>Електроприймачі 1-ї групи</i>			
1	Холодильник	0,6	27,2
2	Холодильник	0,6	27,2
3	Холодильник	0,6	27,2
4	Холодильник	0,6	27,2
5	Холодильник	0,6	27,2
6	Холодильник+Насосна станція	1,6	72,7
7	Холодильник+Насосна станція+Галогенові лампи+Бойлер	2,2	100
8	Холодильник+Насосна станція+Бойлер	2,2	100
9	Холодильник+Насосна станція	1,6	72,7
10	Холодильник	0,6	27,2
11	Холодильник	0,6	27,2
12	Холодильник	0,6	27,2
13	Холодильник+Бойлер+ Насосна станція	2,2	100
14	Холодильник+Насосна станція	1,6	72,7
15	Холодильник	0,6	27,2

Години	Прилади	Потужність, кВт	Потужність, %
16	Холодильник	0,6	27,2
17	Холодильник	0,6	27,2
18	Холодильник+Насосна станція	1,6	72,7
19	Холодильник+Насосна станція+Галогенові лампи	1,66	72,7
20	Холодильник+Насосна станція	1,6	72,7
21	Холодильник+Бойлер+Насосна станція	2,2	100
22	Холодильник+Насосна станція	1,6	72,7
23	Холодильник	0,6	27,2
Електроприймачі 2-ї групи			
24	Електроплита	5,0	100
25	Люмінесцентні лампи, екв 40 Вт	0,011	0,22
26	Електроплита	5,0	100
27	Люмінесцентні лампи, екв 40 Вт +Кондиціонер	1,21	24,2
28	Люмінесцентні лампи, еквівалентні 40 Вт лампи накаливання+Кондиціонер	1,21	24,2
29	Кондиціонер	1,2	24,2
30	Електроплита	5,0	100
31	Електроплита	5,0	100
32	Люмінесцентні лампи, екв 40 Вт лампи накали.	0,011	0,22
33	Люмінесцентні лампи, екв 40 Вт лампи накали.	0,011	0,22
34	Люмінесцентні лампи, екв 40 Вт лампи накали.	0,011	0,22
Електроприймачі 3-ї групи			
35	Мікрохвильова піч	0,6	95,2
36	Люмінесцентні лампи, екв 75 Вт лампи накали.	0,02	3,17
37	Люмінесцентні лампи, екв 100 Вт лампи накали.	0,03	4,7
38	Люмінесцентні лампи, еквівалентні 100 Вт лампи накаливання+Мікрохвильова піч	0,63	100
39	Люмінесцентні лампи, еквівалентні 100 Вт лампи накали.	0,03	4,7
40	Люмінесцентні лампи, еквівалентні 75 Вт лампи накали.	0,02	3,17

Години	Прилади	Потужність, кВт	Потужність, %
41	Люмінесцентні лампи, еквівалентні 75 Вт лампи накали.	0,02	3,17
42	Мікрохвильова піч	0,6	95,2
43	Люмінесцентні лампи, еквівалентні 100 Вт лампи накали.	0,03	4,7
44	Люмінесцентні лампи, еквівалентні 75 Вт лампи накали + Люмінесцентні лампи, еквівалентні 100 Вт лампи накали	0,05	7,93
45	Люмінесцентні лампи, еквівалентні 75 Вт лампи накали.	0,02	3,17
46	Люмінесцентні лампи, еквівалентні 75 Вт лампи накали.	0,02	3,17
РАЗОМ		53,1	

Як видно з даних таблиць найбільше енергії споживає 1 група, трохи менше – 2 група, найменше – 3 група. При цьому середньодобові енергетичні потреби с/г об'єкта становлять:

- зимою – близько 182 кВт · год.,
- весною – майже 63 кВт · год.,
- літом – близько 52 кВт · год.,
- восени – 53,1 кВт · год.

Внаслідок того, що графіки надходження енергії від ВЕУ мають стохастичний характер, то для надійного електроживлення необхідно знати графіки споживання електроенергії.

З використанням даних, наведених в табл. 3.1-3.4 було визначено енергетичні потреби с/г об'єкта по групах за сезонами року. Результати представлені на рис. 3.1-3.4.

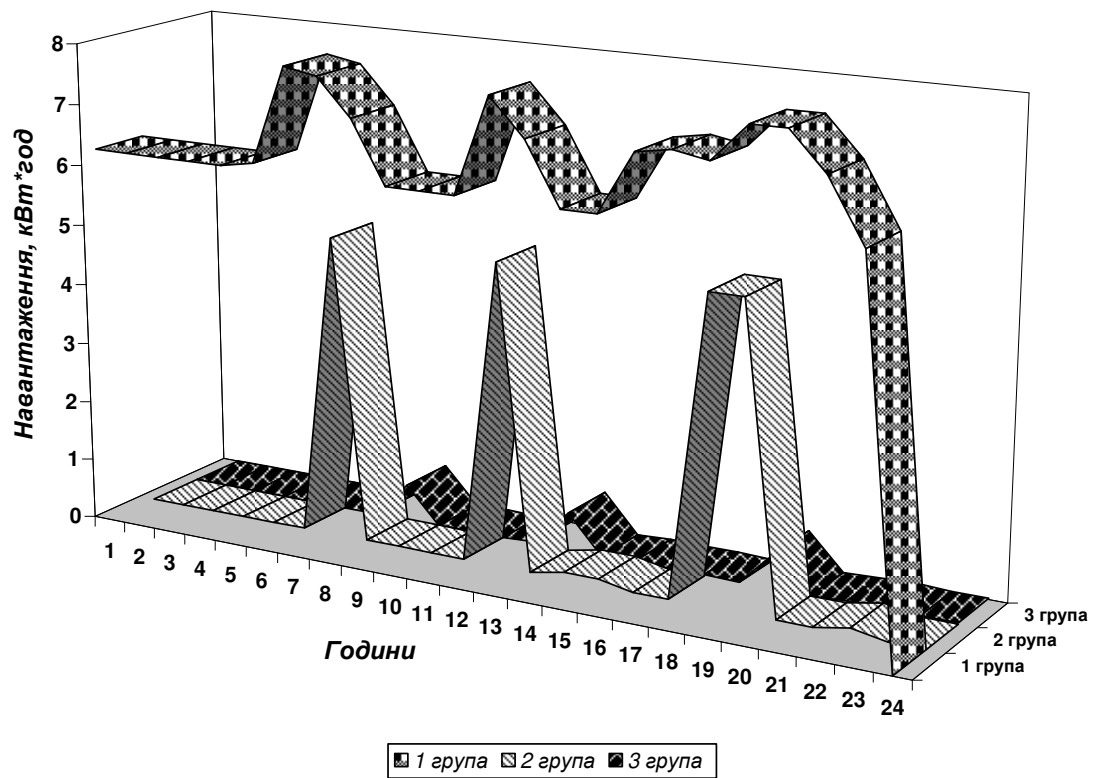


Рисунок 3.1 – Середньодобові енергетичні потреби в зимовий період

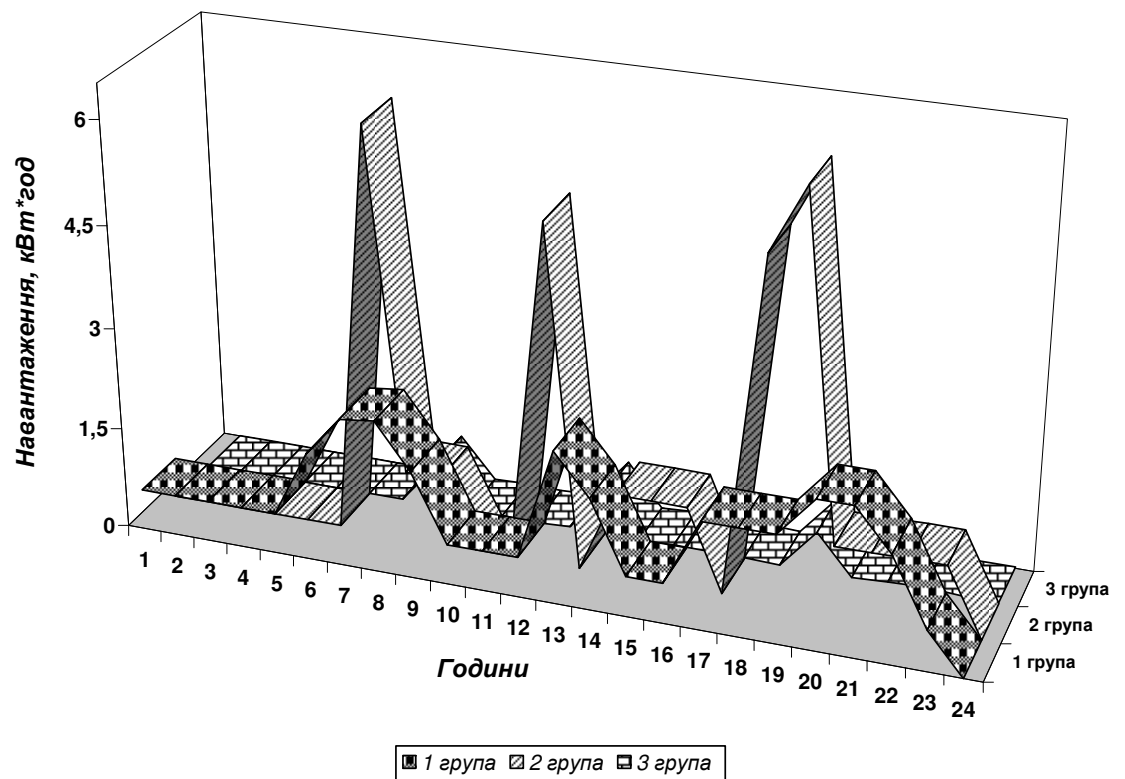


Рисунок 3.2 – Середньодобові енергетичні потреби у весняний період

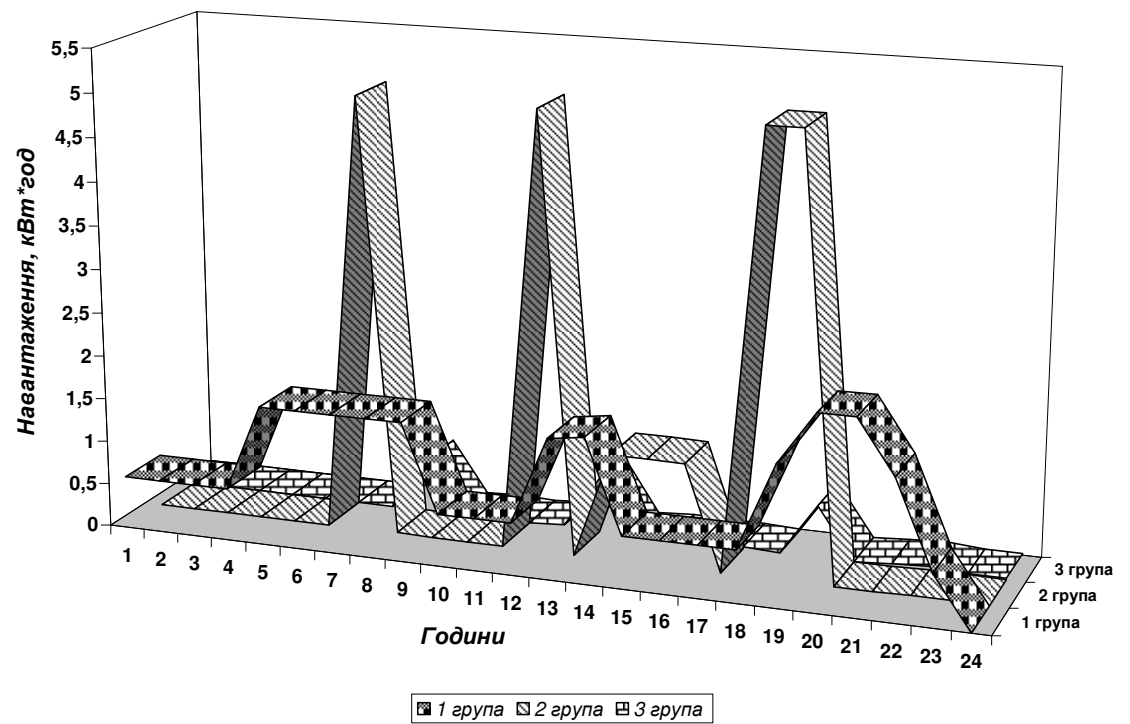


Рисунок 3.3 – Середньодобові енергетичні потреби в літній період

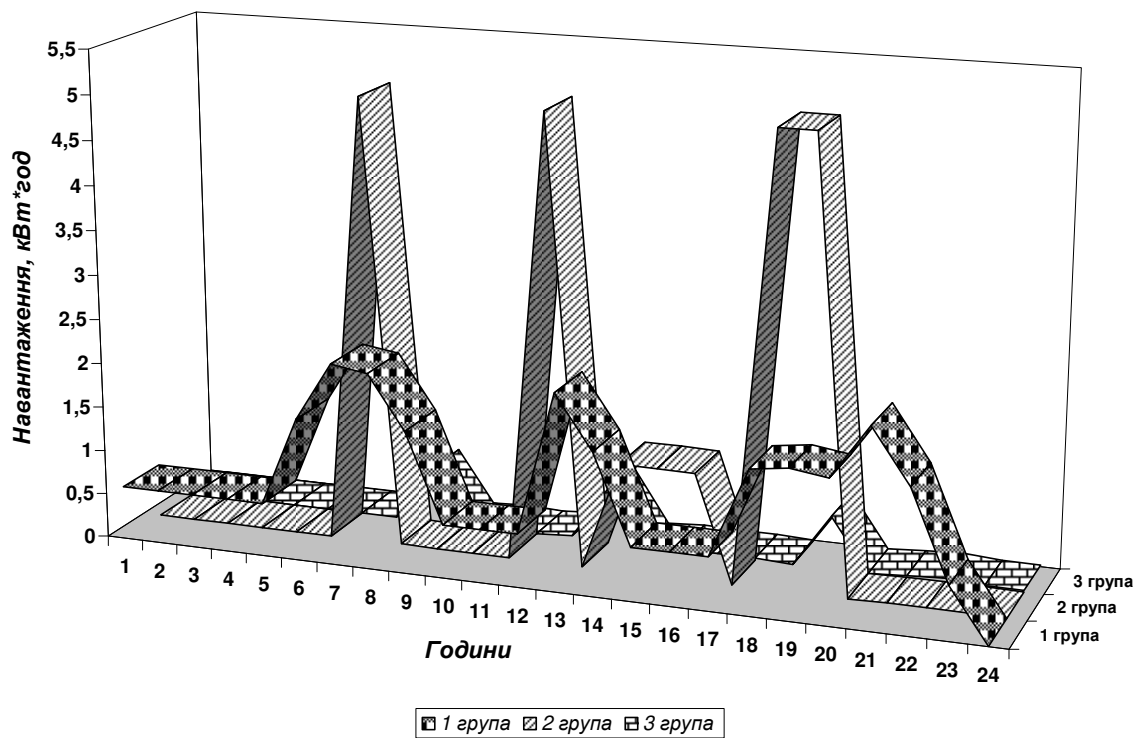


Рисунок 3.4 – Середньодобові енергетичні потреби в осінній період

Використавши програмний пакет Matlab було визначено імовірнісні функції навантаження с/г об'єкта:

$$f_C(t) = a_1 \cdot \exp\left(\left(\frac{t-b_1}{c_1}\right)^2\right) + a_2 \cdot \exp\left(\left(\frac{t-b_2}{c_2}\right)^2\right) + a_3 \cdot \exp\left(\left(\frac{t-b_3}{c_3}\right)^2\right) + a_4 \cdot \exp\left(\left(\frac{t-b_4}{c_4}\right)^2\right) + a_5 \cdot \exp\left(\left(\frac{t-b_5}{c_5}\right)^2\right) + a_6 \cdot \exp\left(\left(\frac{t-b_6}{c_6}\right)^2\right), \quad (3.1)$$

де a , b , c – параметри розподілу; $1 \leq t \leq 24$ - години доби.

Параметри a , b , c для кожного сезону року представлені в табл. 3.5.

Таблиця 3.5 – Параметри розподілу функції навантаження

Сезон року			
зима	весна	літо	осінь
a1 = 885.1	a1 = 5399	a1 = 2437	a1 = 2884
b1 = 5.562	b1 = 21.55	b1 = 22.03	b1 = 20.1
c1 = 0.9519	c1 = 0.5427	c1 = 0.6489	c1 = 1.757
a2 = 1.259e	a2 = 1240	a2 = 4446	a2 = 2089
b2 = 10.35	b2 = 11.05	b2 = 10.52	b2 = 10.27
c2 = 12.95	c2 = 1.07	c2 = 4.551	c2 = 1.932
a3 = 1.255e	a3 = 4392	a3 = 1793	a3 = 1569
b3 = 19.09	b3 = 10.82	b3 = -2.606	b3 = 7.532
c3 = 3.368	c3 = 8.725	c3 = 13.62	c3 = 0.8797
a4 = 3279	a4 = 1476	a4 = 4952	a4 = 3830
b4 = 7.569	b4 = 18.08	b4 = 20.84	b4 = 15.87
c4 = 0.5877	c4 = 2.496	c4 = 3.728	c4 = 14.47
a5 = -8929	a5 = 3939	a5 = 1651	a5 = 8.059e
b5 = 6.98	b5 = 20.57	b5 = 16.37	b5 = -9.58
c5 = 8.287	c5 = 1.386	c5 = 1.521	c5 = 4.627
a6 = -1.299e	a6 = 3332	a6 = 547.2	a6 = 0
b6 = 18.58	b6 = 23.31	b6 = 13.87	b6 = -0.4916
c6 = 4.483	c6 = 0.9626	c6 = 0.1706	c6 = 0.2656

Електроприймачі 1-ї групи споживають максимально: 159,2 кВт · год. - зимою; 28,98 кВт · год. - весною; 26,06 кВт · год. - літом; 27,32 кВт · год. - восени.

Електроприймачі 2-ї групи споживають максимально: 20,37 кВт · год. - зимою; 31,66 кВт · год. - весною; 23,65 кВт · год. - літом; 23,68 кВт · год. - восени.

Електроприймачі 3-ї групи споживають максимально: 2,07 кВт · год. – всі сезони року.

При цьому, як видно з рис. 3.1-3.4, пікове навантаження становить:

- в зимовий період – 8 кВт – для 1-ї групи, 5 кВт – для 2-ї групи, 0,63 кВт – для 3-ї групи;
- у весняний період – 2,3 кВт – для 1-ї групи, 6 кВт – для 2-ї групи, 0,6 кВт – для 3-ї групи;
- в літній період – 2,2 кВт – для 1-ї групи, 5 кВт – для 2-ї групи, 0,63 кВт – для 3-ї групи;
- в осінній період – 2,26 кВт – для 1-ї групи, 5 кВт – для 2-ї групи, 0,63 кВт – для 3-ї групи.

На основі отриманих даних можна визначити взаємозв'язок між електроживленням та електроспоживанням на об'єкті.

3.2. Дослідження енергетичних потоків

Для виявлення взаємозв'язку між енергетичними потребами та енергетичними потоками необхідно знати кількість енергії, що генерує ВЕУ. Для цього потрібно мати інформацію щодо енергетичного потенціалу енергії вітру в місцевості, де розташований с/г об'єкт.

Припустимо, що с/г об'єкт розташований в Кіровоградському регіоні.

В роботі [9] наведено результати досліджень енергетичного потенціалу вітрової енергії для Кіровоградського регіону. Було визначено імовірнісний

розподіл швидкості вітру. Однак в нашому випадку цю інформацію неможливо використати, оскільки нам необхідна інформація про середньодобовий енергетичний потенціал швидкості вітру, а при дослідженнях в [9] використано дані зі швидкості вітру не за всю добу, а лише взято 6 значень часу (через кожна 4 години).

Тому виникає необхідність у проведенні експериментальних досліджень з вимірювання швидкості вітру.

В нашому випадку для вимірювання швидкості вітру було використано цифрову погодні метеостанцію «Vantage Pro2TM» (виробник Davis Instruments Corp., Каліфорнія, США), яка розташована на кафедрі автоматизації виробничих процесів Кіровоградського національного технічного університету. Для досліджень було використано дані зі швидкості вітру за 2022 рік. Анемометр встановлено на висоті 10 м.

В подальшому за допомогою методики [22] було оброблено статистичні дані та визначено середньодобовий вітроенергетичний потенціал в Кіровоградському регіоні.

Використавши накопичені статистичні дані, за допомогою програмного пакету Microsoft Excel було визначено середньодобову швидкість вітру.

На рис. 3.5 наведено результати вимірювань швидкості вітру в Кіровоградському регіоні за сезонами року.

З даного графіка видно, що максимальний вітроенергетичний потенціал в Кіровоградському регіоні становить: взимку – близько 4,5 м/с, весною – майже 5,7 м/с, влітку та восени – близько 5 м/с.

Отримані дані будуть використані для визначення потужності ВЕУ та моделювання її роботи. Результати даного моделювання наведені в наступному пункті.

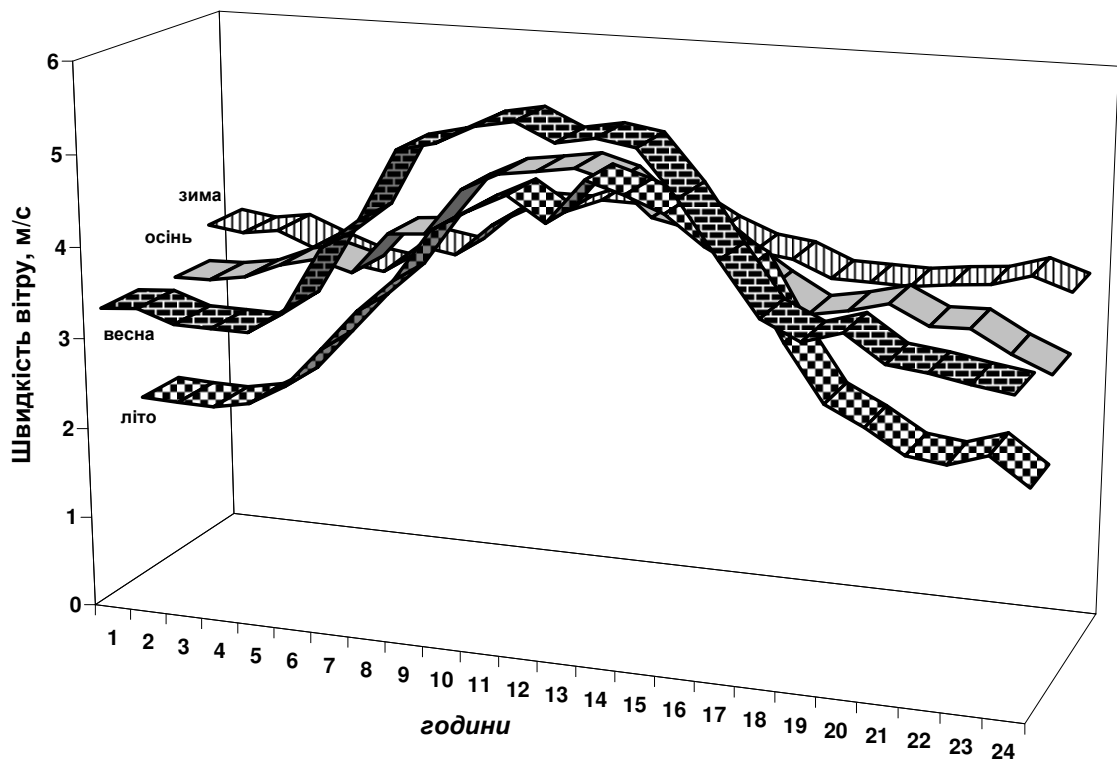


Рисунок 3.5 – Середньодобова швидкість вітру за сезонами року

3.3. Моделювання роботи вітроустановки

Технічні характеристики ВЕУ, які наводяться виробниками, не завжди дають змогу визначити кількість електроенергії, яку буде генерувати ВЕУ, особливо в умовах стохастичного характеру зміни вітрового потоку. Тому виникає необхідність розрахувати показники роботи конкретної ВЕУ з урахуванням метеорологічних умов конкретної місцевості.

Для забезпечення енергією від ВЕУ використовується WE-10000. Основні технічні характеристики цієї установки наведені в табл. 3.6.

В джерелах [5, 7, 8, 13, 14, 16] запропоновано методику визначення основних показників роботи горизонтально-осьової ВЕУ. Скористаємося даною методикою.

Таблиця 3.6 – Технічні характеристики ВЕУ WE – 10000

Основні характеристики	
Номінальна потужність, Вт	10000
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

На рис. 3.6 наведено залежності потужності вітрового потоку P_{Π} та потужності P_{BEU} від швидкості вітру V .

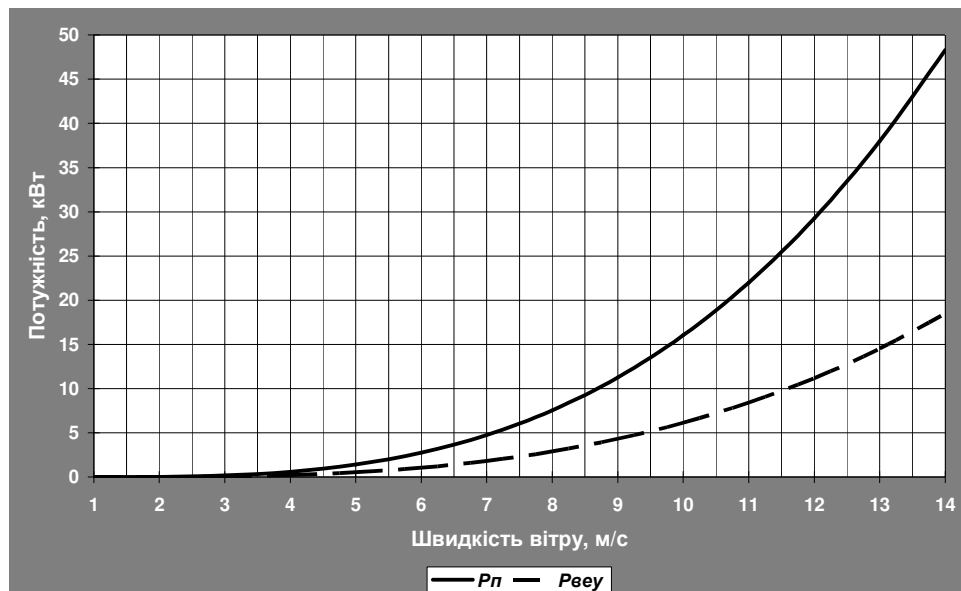


Рисунок 3.6 – Потужності вітрового потоку та вітроустановки від швидкості вітру в Кіровоградському регіоні

Крім того, для моделювання роботи ВЕУ необхідно знати середньодобову потужність установки. На рис. 3.7 наведено залежність середньодобової потужності ВЕУ WE-10000 за сезонами року в умовах Кіровоградського регіону.

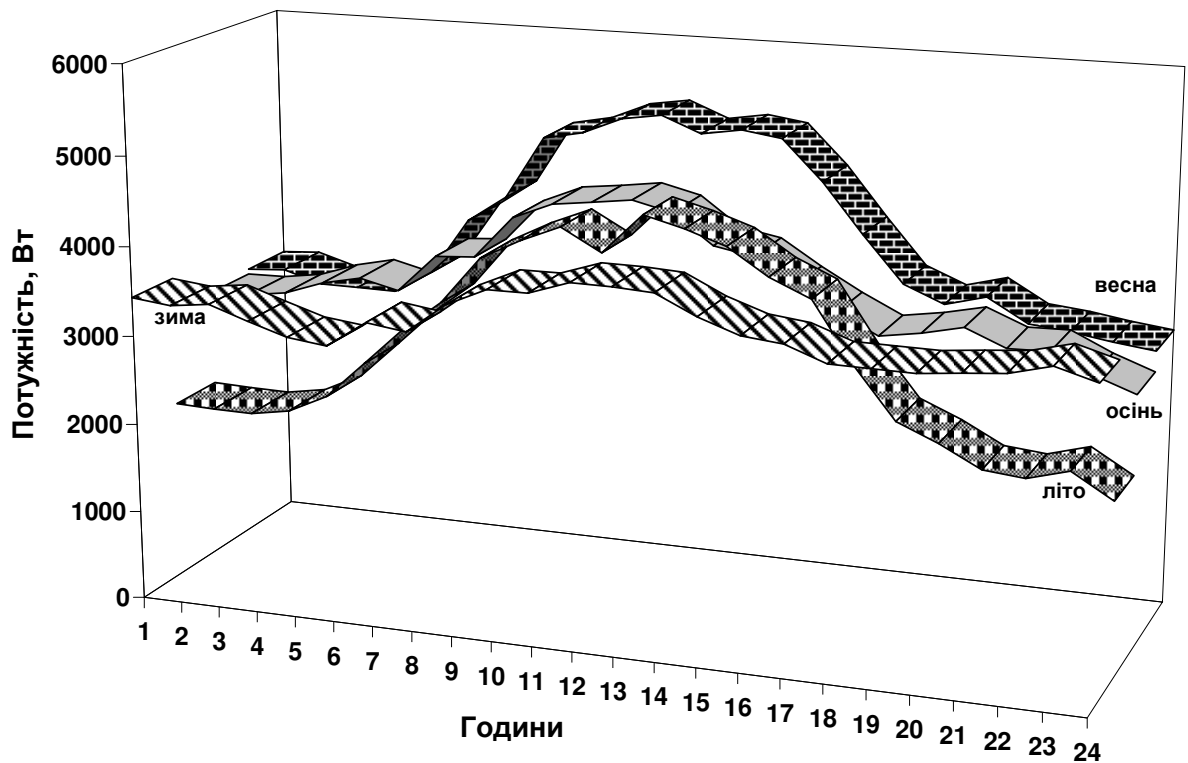


Рисунок 3.7 – Залежність потужності ВЕУ WE-10000 від швидкості вітру в Кіровоградському регіоні за сезонами року

З вигляду залежностей, наведених на рис. 3.7, можна сказати, що в умовах Кіровоградського регіону, де середня швидкість вітру становить майже 5 м/с, максимальна середньодобова потужність ВЕУ WE-10000 становить: взимку – близько 4 кВт, весною – майже 5,3 кВт, влітку та восени – приблизно 4,6 кВт. При цьому сумарна потужність ВЕУ WE-10000 становить: 85 кВт зимою, 95 кВт весною, 74 кВт літом та 86 кВт восени.

Отримані залежності дають змогу побудувати графіки залежності вхідних параметрів АСКЕ та виявити взаємозв'язок між електроспоживанням та

електроживленням с/г об'єкта. З цією метою необхідно провести дослідження вхідних змінних об'єкта керування. Результати даних досліджень наведені нижче.

3.4. Аналіз можливостей задоволення енергетичних потреб споживача

Для виявлення взаємозв'язку між електроживленням та електроспоживанням с/г об'єкта необхідно побудувати відповідні графіки енергетичних потреб та енергетичних потоків (потужність ВЕУ). Для досягнення цієї мети було використано програмний пакет Microsoft Excel, результати наведені на рис. 3.8-3.11.

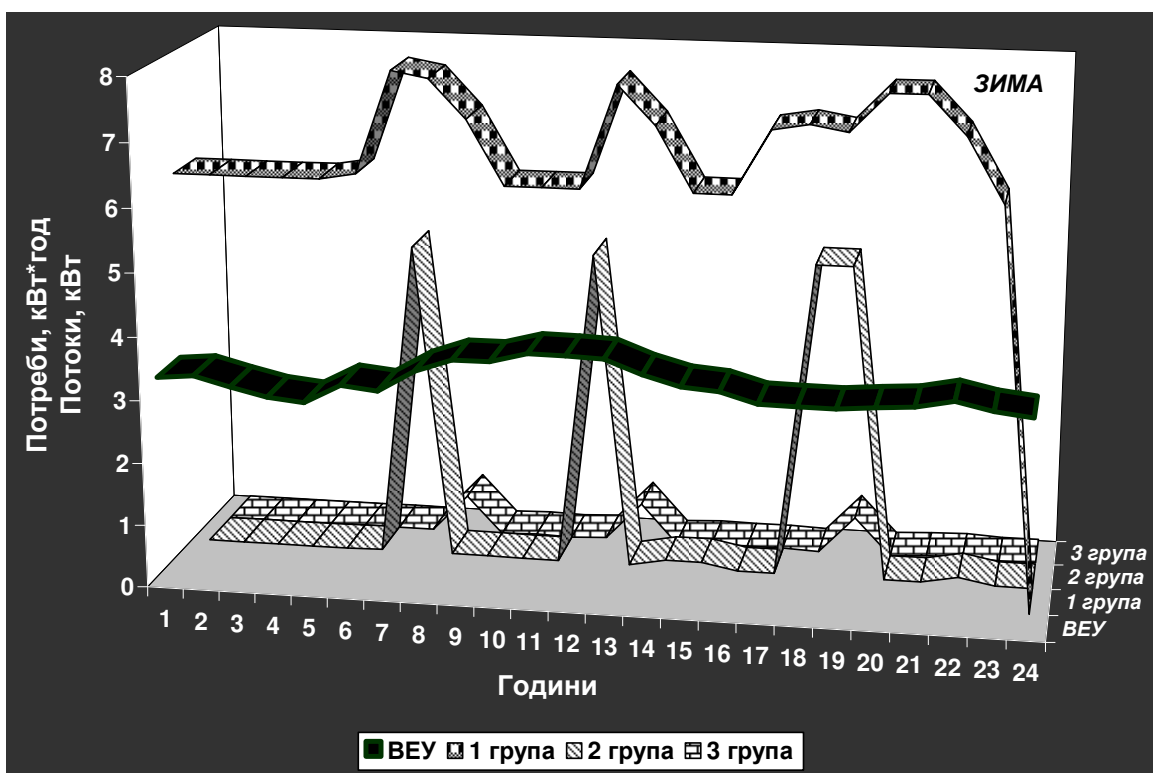


Рисунок 3.8 – Середньодобове електроживлення та електроспоживання зимою

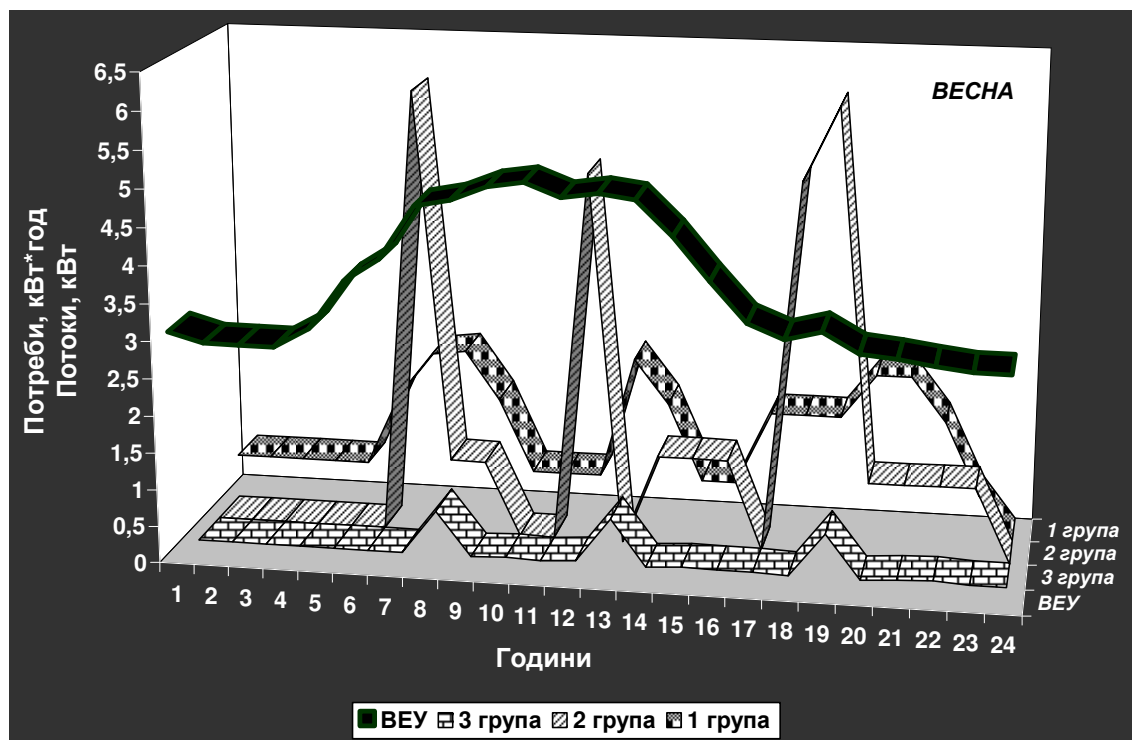


Рисунок 3.9 – Середньодобове електроживлення та електроспоживання весною

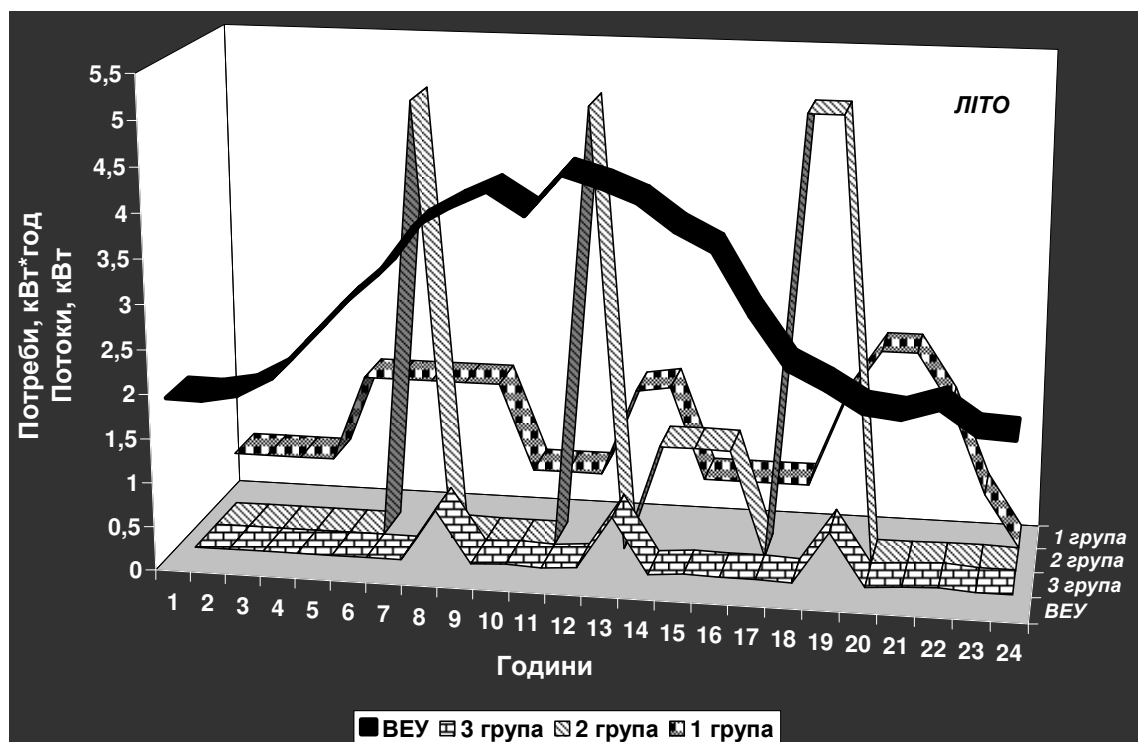


Рисунок 3.10 – Середньодобове електроживлення та електроспоживання влітку

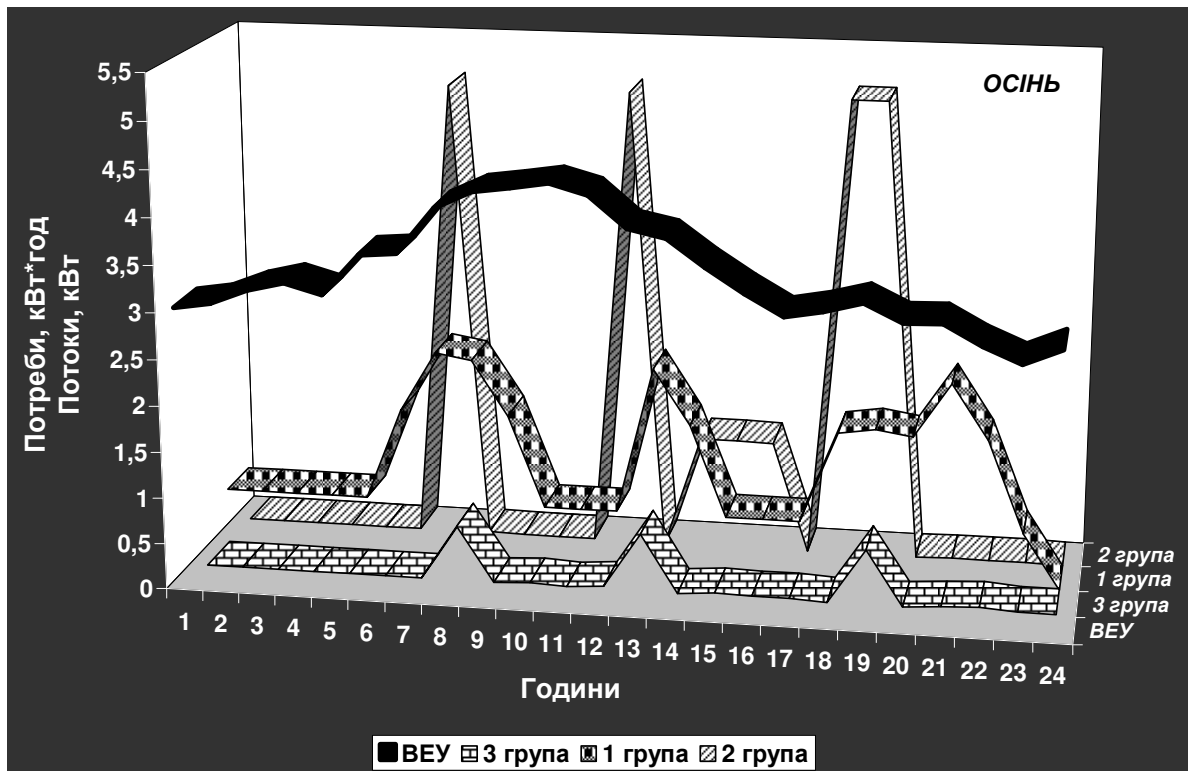


Рисунок 3.11 – Середньодобове електроживлення та електроспоживання восени

Виконавши аналіз даних графіків можна визначити наступне.

В зимовий період енергетичні потреби 1-ї групи є максимальними у порівнянні з іншими сезонами року. Енергетичні потреби 2-ї групи є максимальними у весняний, літній та осінній сезони. При цьому вони є найбільшими о 7, 12, 18 та 19 годинах. Енергетичні потреби 3-ї групи є мінімальними, їх пікове навантаження буває о 8, 13 та 19 годинах.

Розглянемо кожен сезон року, щодо задоволення енергетичних потреб.

Зимовий сезон (рис. 3.8). Тут видно, що енергетичні потреби 3-ї групи можуть бути повністю задоволені за рахунок енергії вітру. На відміну від цього, енергетичні потреби 1-ї групи можуть бути задоволені за рахунок ВЕУ приблизно на 50%, а отже необхідно використовувати ЕС.

Весняний, літній та осінній сезони (рис. 3.9-3.11). Енергетичні потреби можуть бути повністю задоволені за рахунок енергії вітру. Лише о 7, 18 та 19 годинах для електропостачання 2-ї групи необхідно буде використовувати ЕС.

У весняний, літній та осінній сезони енергетичні потреби с/г об'єкта можуть бути майже повністю задоволені за рахунок енергії вітру. В зимовий сезон енергії вітру недостатньо для забезпечення енергією. При цьому сумарні середньодобові енергетичні потреби та потоки становлять:

- в зимовий період 181,64 кВт · год., а потужність ВЕУ – 85,5 кВт;
- у весняний період 62,71 кВт · год., а потужність ВЕУ – 94,6 кВт;
- в літній період 51,78 кВт · год., а потужність ВЕУ – 74,2 кВт;
- в осінній період 53,07 кВт · год., а потужність ВЕУ – 86,4 кВт.

Висновки до розділу

З наведеного в даному розділі можна зробити такі висновки:

1. Дослідження енергетичних потреб с/г об'єкта показало, що найбільше енергії споживає 1-ша група. Лише у весняний період енергетичні потреби 2-ї групи приблизно на 10% є більшими, ніж для 1-ї групи.

2. Наявність імовірнісних функцій споживання електричної енергії дає змогу виявити взаємозв'язок між електроживленням та електроспоживанням с/г об'єкта та визначення пріоритетів надавання електричної енергії для кожної групи.

3. Проведено експериментальні дослідження з вимірювання швидкості вітру в Кіровоградському регіоні, в результаті чого визначено, що максимальний вітроенергетичний потенціал належить до весняного сезону і становить майже 5,7 м/с.

4. В результаті проведеного моделювання роботи ВЕУ було визначено, що максимальна середньодобова потужність ВЕУ становить близько 5,3 кВт у весняний період.

5. У весняний, літній та осінній періоди енергетичні потреби с/г об'єкта можуть бути задоволені за рахунок енергії вітру.

6. В зимовий період ВЕУ може задовольнити енергетичні потреби 1-ї групи приблизно на 50%, а отже необхідно використовувати ЕС.

4. РОЗРОБКА АПАРАТНОЇ ЧАСТИНИ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ЕЛЕКТРОЖИВЛЕННЯМ

4.1. Структурна схема системи

Згідно структури АСКЕ с/г об'єкта було розроблено схему електричну структурну, яка наведена на рис. 4.1.

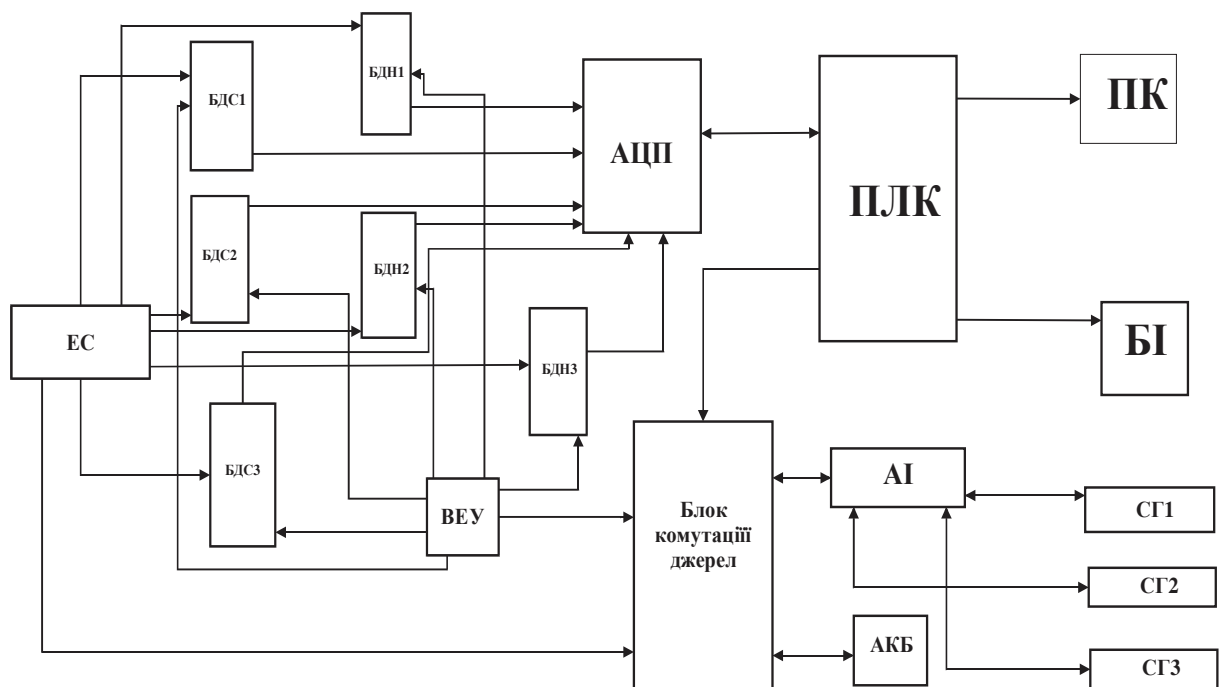


Рисунок 4.1 – АСКЕ с/г об'єкта. Схема електрична структурна

До складу системи входять:

- електростанція (бензинова) з двигуном внутрішнього згорання (ЕС);
- горизонтально-осьова вітроелектрична установка (ВЕУ);
- блоки датчиків струму для 1-ї, 2-ї та 3-ї груп, відповідно (БДС1, БДС2, БДС3);
- блоки датчиків напруги для 1-ї, 2-ї та 3-ї груп, відповідно (БДН1, БДН2, БДН3);
- аналого-цифровий перетворювач (АЦП);
- блок комутації джерел та споживачів;
- програмований логічний контролер (ПЛК);

- персональний комп'ютер (ПК);
- блок індикації (БІ);
- автономний інвертор (АІ);
- акумуляторні батареї (АКБ);
- споживачі електроенергії 1-ї, 2-ї та 3-ї груп, відповідно (СГ1, СГ2, СГ3).

Вітрова енергія надходить до відповідної перетворюючої енергоустановки (ВЕУ). Після чого БДС1, БДС2, БДС3 вимірюють струм від кожного джерела енергії та загальні витрати енергії, що передається СГ1, СГ2, СГ3.

БДН1, БДН2, БДН3 призначені для вимірювання напруги на виході кожного джерела енергії та на АКБ, яка забезпечує безперебійне електропостачання при відключенні всіх джерел енергії.

Інформація з датчиків подається на блок АЦП після чого цифрові дані надходять на ПЛК. ПЛК згідно з розробленим алгоритмом функціонування приймає рішення щодо підключення певних джерел енергії та електроприймачів відповідної групи до АІ, який перетворює постійний струм у струм промислової напруги та частоти (220 В, 50 Гц) і передає енергію споживачу. Крім того, ПЛК формує сигнали керування, які подаються на блок комутації джерел, підключаючи відповідне джерело енергії та відповідну групу електроприймачів до входів АКБ та АІ.

Для контролю стану системи в схемі передбачено БІ, який сигналізує про підключення того чи іншого джерела енергії, аварійні ситуації тощо.

Візуальне спостереження за параметрами системи відбувається за допомогою ПК, на який виводиться поточна інформація про режими навантаження, споживану енергію та ін.

4.2. Функціональна схема системи

Схема електрична функціональна АСКЕ наведена на рис. 4.2.

Датчик струму (9) визначає рівень навантаження ВЕУ. Датчик являє собою струмовий трансформатор з первинним перетворювачем «струм-напруга» виконаний в одному корпусі. З датчика напруга подається на активний фільтр (14), де фільтрується та підсилюється до необхідного рівня.

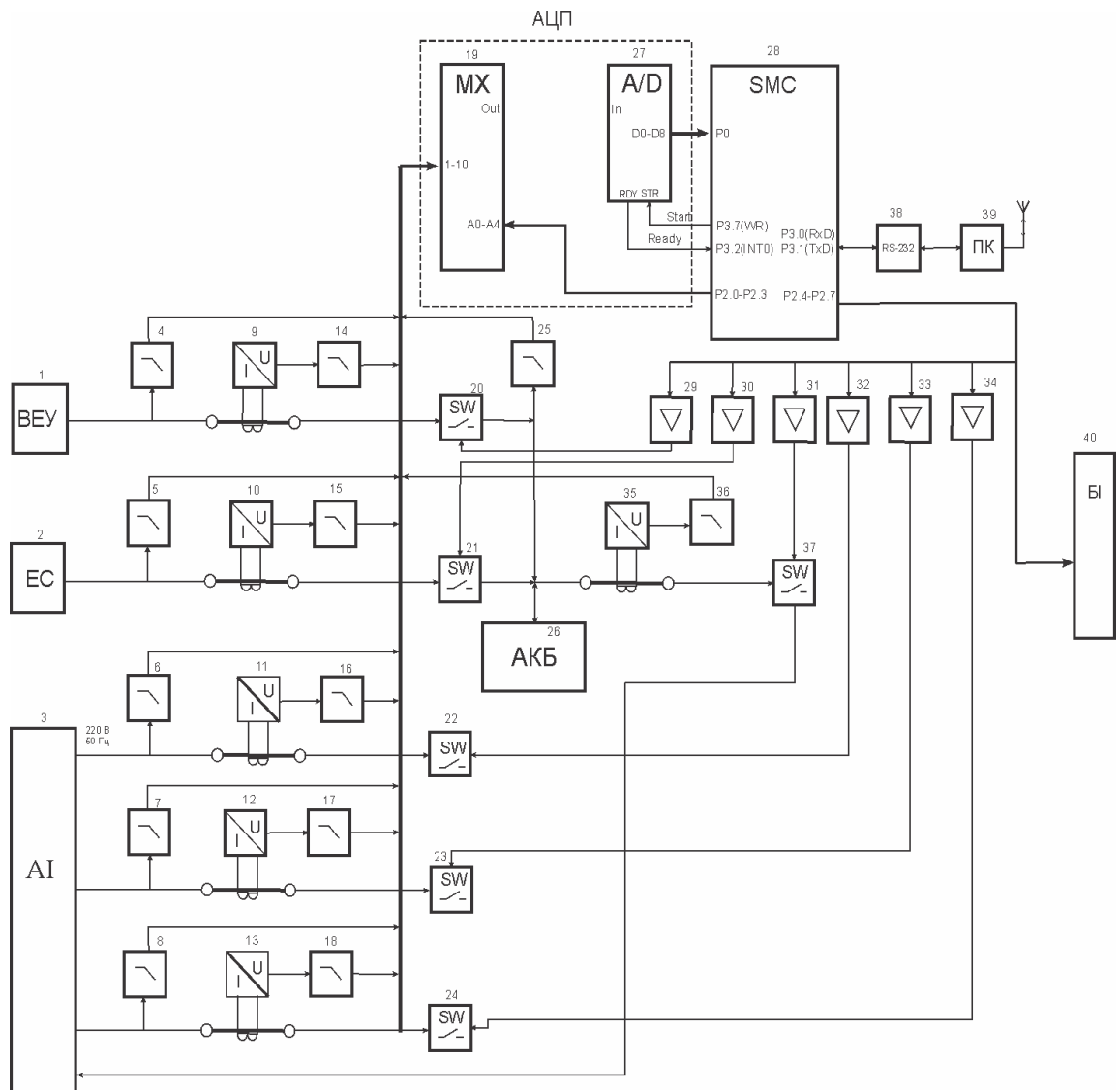


Рисунок 4.2 – АСКЕ с/г об'єкта. Схема електрична функціональна

Датчик струму (10) визначає рівень навантаження ЕС. З датчика напруга подається на активний фільтр (15), де фільтрується та підсилюється до необхідного рівня.

Напруга на виході енергетичних установок (1, 2) подається на активні фільтри (4, 5) відповідно, де фільтрується та обмежується до необхідного для перетворення рівня.

Датчики струму (11-13) визначають рівень споживання 1-ї, 2-ї та 3-ї груп відповідно. З датчиків напруга подається на активні фільтри (16-18) відповідно, де фільтрується та підсилюється до необхідного рівня.

Напруга на виході АІ (3) подається на активні фільтри (6-8) (для кожної групи), де фільтрується та обмежується до необхідного для перетворення рівня.

Датчик струму (35) визначає загальний рівень споживання. З датчика напруга подається на активний фільтр (36), де фільтрується та підсилюється до необхідного рівня.

Напруга з АКБ подається на активний фільтр (25), де фільтрується та обмежується до необхідного для перетворення рівня.

Інформація з датчиків (4-8), (14-18), (25), (36) подається на входи (1-10) 10-канального мультиплексора (19). Вибір каналу вимірювання здійснюється через лінії P2.0-P2.3 ПЛК (28), які підключені до адресних входів A0-A4 мультиплексора (19).

Керування перетворювачем здійснюється сигналами Start – запуск перетворювача та Ready – закінчення перетворення. Сигнал Start формується ПЛК (28) після встановлення номеру каналу вимірювання на лініях P2.0-P2.3. Після закінчення перетворення АЦП (27) формує сигнал Ready, який подається на вхід зовнішнього переривання INTO ПЛК (28) і викликає переривання. Процедура обслуговування переривань зчитує отримані з АЦП (27) дані через порт P0.

Для підключення енергетичних установок до АКБ (26) застосовано силові електронні ключі (20, 21), які через підсилювачі (29, 30) відповідно, підключені до ліній P2.4-P2.7 ПЛК (28).

Лінії P2.4-P2.7 також підключені до БІ (40), щоб сигналізувати про підключення джерел енергії, споживачів енергії та АІ (3).

Для архівації даних та керування системою в схемі передбачений адаптер інтерфейсу RS-238 (38) та ПК (39).

Для підключення споживачів кожної групи до АКБ використано силові електронні ключі (22-24) для 1-ї, 2-ї та 3-ї груп відповідно, які через підсилювачі (32-34) підключені до ліній P2.4-P2.7 ПЛК (28).

Підключення AI (3) до АКБ (26) здійснюється за допомогою силового електронного ключа (37), який через підсилювач (31) підключений до лінії P2.7 ПЛК (28).

Підсилювачі (29-34) крім функції підсилення сигналу виконують гальванічну розв'язку між ланцюгами керування та силовими ланцюгами.

4.3. Принципова схема системи

Реалізація роботи системи, згідно схеми електричної принципової, наведеної на рис. 4.3, полягає в наступному.

Для вимірювання швидкості вітру застосовано датчик типу M-128M1 під'єднано через роз'єм XP4 до активного фільтра на операційному підсилювачі DA4, Він визначає швидкість вітру в певний момент часу для прийняття рішення щодо можливості застосування ВЕУ, а також для захисту ВЕУ від роботи при високих швидкостях вітру.

Напруга з виходів ВЕУ, ЕС, споживача та АКБ через роз'єми XP5, XP6, XP7 та XP8 відповідно, подається на активні фільтри DA5, DA6, DA7 та DA8 відповідно, після чого фільтрується та обмежується до необхідного для перетворення рівня.

Канали вимірювання струмів та напруг побудовані однаково та являють собою активні фільтри Салмана-Кея, які призначені для усунення індустриальних перешкод та згладження сигналів датчиків при комутаціях. Фільтри побудовані на двох операційних підсилювачах типу MCP602. Перший операційний підсилювач мікросхеми працює як фільтр, а другий – нормуючий підсилювач.

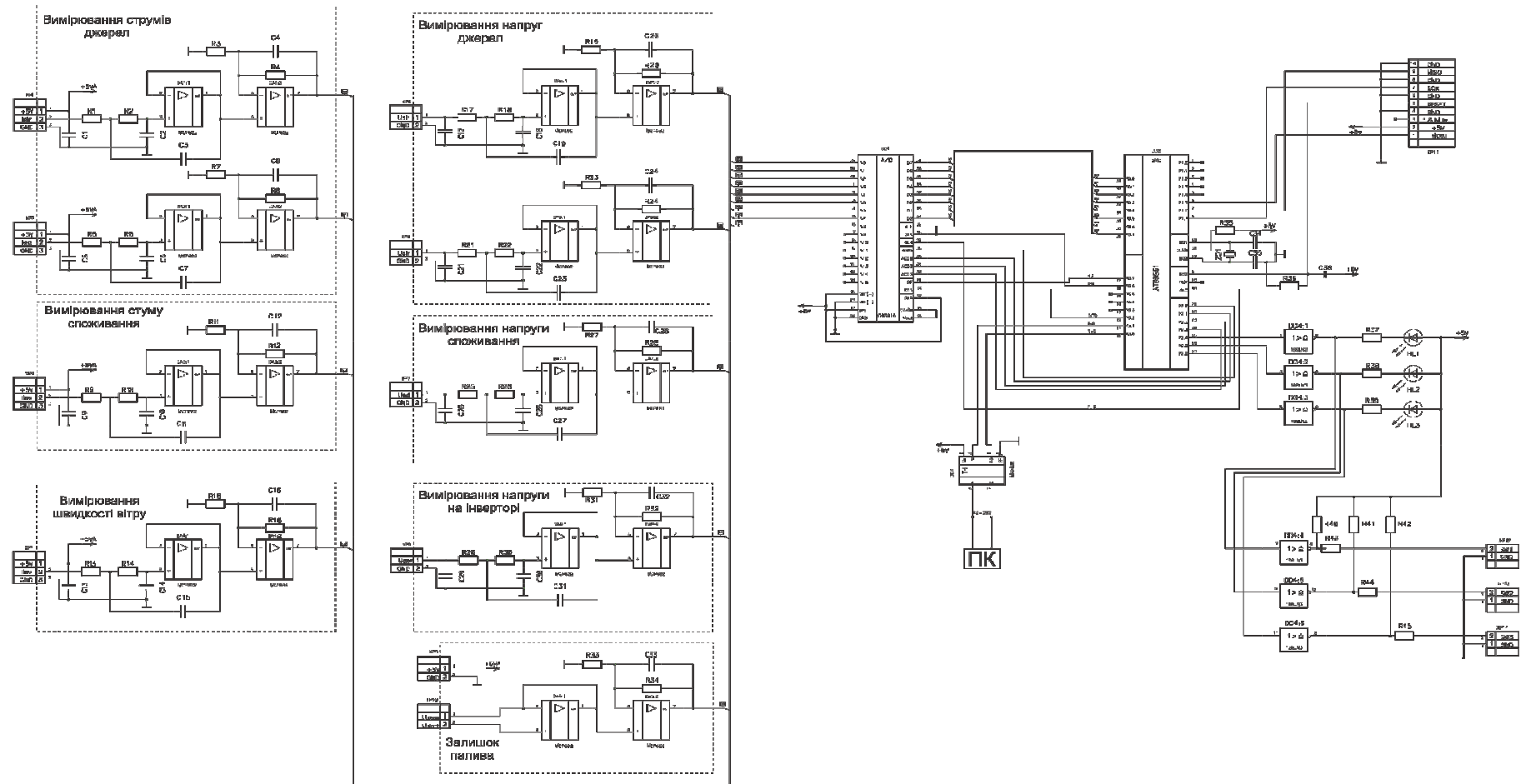


Рисунок 4.3 – АСКЕ с/г об'єкта. Схема електрична принципова

Датчик струму типу ASC754SCB-200 визначає рівні навантаження BEY, EC та струм споживання. Датчик являє собою струмів трансформатор з первинним перетворювачем «струм-напруга» виконаний в одному корпусі. З датчика напруга через роз'єми XP1 (BEY), XP2 (EC), XP3 (для електроприймачів) надходить на активні фільтри DA1, DA2 та DA3 відповідно, після чого фільтрується та підсилюється до необхідного рівня.

До роз'ємну XP9 (живлення) та XP10 (вимірювання) підключено датчик гідростатичного тиску типу DUXL-20-D. З виходу датчика сигнал надходить на вхід повторювача напруги на DA9.1, а далі на інтегруючий підсилювач на DA9.2, який визначає коефіцієнт підсилення сигналу датчика.

Інформація з виходів фільтрів надходить на входи (1-11) 16-канального АЦП DD1 типу ADC0816CCN. Вибір каналу вимірювання здійснюється через лінії P2.0-P2.3 МК DD2 типу AT89S51 (виробник Atmel), які підключені до адресних входів ADDA-ADDD вбудованого в АЦП мультиплексора каналів.

Керування перетворювачем здійснюється сигналами STR - запуск перетворювача та ALE - запис номеру каналу для вимірювання. Сигнали формуються МК на виводі WR (P3.6) після встановлення номеру каналу вимірювання на лініях P2.0-P2.3. Після закінчення перетворення АЦП формує сигнал EOC (End of Convert – закінчення перетворення), який подається на вхід зовнішнього переривання INTO МК та викликає переривання. Процедура обслуговування переривань зчитує отримані з АЦП дані через порт P0. При цьому формується сигнал OE (Output Enable – дозвіл виходу) P3.7, який дозволяє зчитування даних з АЦП. Отримані дані через інтерфейс RS-232 передаються на ПК.

Для підключення енергетичних установок, споживачів енергії та AI до АКБ застосовано силові електронні ключі типу IRF2903, які через підсилювачі DD4.1-DD4.3 підключені до ліній P2.4-P2.7 ПЛК. Лінії P2.4-P2.7 через DD4.4-DD4.6 також підключені до світлодіодних індикаторів HL1-HL3, для сигналізації про підключення того чи іншого джерела енергії та AI.

Принципова схема немає силової частини, оскільки для кожного окремого випадку вона буде відрізнятись. В залежності від енергетичних потреб можна застосовувати безконтактні електронні ключі, наприклад польові транзистори або оптопари.

Висновки до розділу

На основі досліджень вхідних параметрів та моделювання роботи АСКЕ с/г об'єкта, запропоновано та розроблено структурну, функціональну та принципову схеми, згідно яких було визначено керуючі впливи на об'єкт керування АСКЕ.

ВИСНОВКИ

В бакалаврській роботі запропоновано розробити систему автоматизованого керування електроживленням для с/г об'єкта. На основі результатів теоретичних та експериментальних досліджень можна зробити наступні висновки:

1. Існуючі системи електроживлення в основному призначені для житлово-комунального або комунально-побутового сектора, які не підходять для енергозабезпечення с/г об'єктів.

2. Запропоновано електроприймачі розподілити групи, що дозволить, згідно визначеного пріоритету, забезпечити енергетичні потреби.

3. Запропоновано структуру АСКЕ с/г об'єкта. Основним джерелом енергії є вітрова енергія, резервним – ЕС з двигуном внутрішнього згорання. Виявлено, що вхідні параметри об'єкта керування носять випадковий характер надходження, тому виникає необхідність у їх дослідженні.

4. Використання методів статистичної обробки та аналізу даних дало змогу визначити імовірнісні характеристики швидкості вітру та електричних навантажень (на прикладі Кіровоградського регіону). Середня швидкість вітру становить майже 5 м/с, максимальна середньодобова потужність БЕУ WE-10000 становить: взимку – близько 4 кВт, весною – майже 5,3 кВт, влітку та восени – приблизно 4,6 кВт.

5. Сумарні середньодобові енергетичні потреби та потоки становлять: в зимовий період 181,64 кВт · год., а потужність БЕУ – 85,5 кВт; у весняний період 62,71 кВт · год., а потужність БЕУ – 94,6 кВт; в літній період 51,78 кВт · год., а потужність БЕУ – 74,2 кВт; в осінній період 53,07 кВт · год., а потужність БЕУ – 86,4 кВт.

6. Наявність імовірнісних функцій споживання електричної енергії дає змогу виявити взаємозв'язок між електроживленням та електроспоживанням та визначити пріоритети надавання електричної енергії для кожної групи.

7. Дослідження енергетичних потреб показало, що найбільше енергії споживає 1-ша група. Лише у весняний період енергетичні потреби 2-ї групи приблизно на 10% є більшими, ніж для 1-ї групи. У весняний, літній та осінній періоди енергетичні потреби АО можуть бути задоволені за рахунок енергії вітру. В зимовий період ВЕУ може задовольнити енергетичні потреби 1-ї групи приблизно на 50%, а отже необхідно використовувати ЕС.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Advanced development of chemical sources of current (CSC) and ultra high-volume capacitor structures (UCS) for energy storage devices / V. V. Sleptsov et al. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. 2018. Vol. 387. P. 012072. URL: <https://doi.org/10.1088/1757-899x/387/1/012072> (date of access: 10.04.2023).
2. Бакалін Ю. І. Енергозбереження та енергетичний менеджмент / Бакалін Ю. І. навч. посіб. для студ. ВНЗ. – 3-тє вид., доп. та перероб.: – Х.: Бурун і К, 2006. – 319с.
3. Волеваха М. М. Енергетичні ресурси клімату України / Волеваха М. М., Гойса М. І. – К.: Наук. думка, 1967. – 132 с.
4. Волох П. Довідникова книга з електроенергетики. Аграрна освіта, 2014. 506 с.
5. Голик О.П. Розрахунок основних показників роботи горизонтально-осьової вітроелектричної установки у складі системи автоматизованого електроживлення автономного споживача в умовах Кіровоградського регіону / О. П. Голик, Р. В. Жесан, Є. П. Босов, Н. С. Крепак // Техніка в сільськогосподарському виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація: зб. наук. праць Кіровоград. нац. техн. ун-ту – 2008. - Вип. 21 - С. 224-233.
6. Голик О. П. Аналіз основних характеристик електрохімічних акумуляторів, що впливають на можливість та ефективність їх використання в автоматизованих системах електроживлення автономного споживача на основі відновлювальних джерел енергії / О. П. Голик, Р. В. Жесан, В. О. Дудник // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства ім. Петра Василенка “Проблеми електроживлення та енергозбереження в АПК України” / Вип. 73, Том 1. – Харків: ХНТУСГ, 2008. – С. 120-127.

7. Голик О. П. Методика визначення основних показників енергоефективності горизонтально-осьової вітроелектричної установки у складі системи автоматизованого електроживлення автономного споживача / О. П. Голик, Р. В. Жесан // Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України / № 139. – Київ: - НУБІП, 2009. – С. 190-195.

8. Голик О. П. Моделювання роботи вітроенергетичної установки та визначення її основних характеристик / О. П. Голик, Р. В. Жесан // Інтелектуальні системи прийняття рішень і проблеми обчислювального інтелекту: зб. наук. праць за матеріалами міжнар. наук. конф., 19 – 23 травня 2008 р., Євпаторія. Т.2 (частина 1) – Херсон: ХНТУ, 2008. - С. 56–57.

9. 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.

10. Голик О. П. Підхід до автоматизації електроживлення від нетрадиційних відновлюваних джерел енергії / О. П. Голик, О. О. Сосунова, І. О. Хавтуляріна // Проблеми конструювання, виробництва та експлуатації сільськогосподарської техніки: Матеріали IX-ї Міжнародної науково-практичної конференції. – Кіровоград: КНТУ, 2013. – вип. 1. – С. 157-159.

11. Двигуни внутрішнього згоряння. Теорія : підручник / В.Г. Дяченко; За ред. А.П. Марченка. – Харків : НТУ “ХПІ”, 2008. – 488 с.

12. Двигуни внутрішнього згоряння: Серія підручників у 6 томах. Т. 3. Комп’ютерні системи керування ДВЗ. / За редакцією А.П. Марченка, засл. діяча науки України проф. А.Ф. Шеховцова – Харків: Видавн. центр НТУ “ХПІ”, 2004.

13. Енергозбереження та використання поновлюваних джерел енергії. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт для студентів денної та заочної форми навчання за спеціальністю: 141 «Електроенергетика,

електротехніка та електромеханіка» / О. П. Голик, Р. В. Жесан. – Кропивницький: ЦНТУ. -2020. - 88 с.
<http://dspace.kntu.kr.ua/jspui/handle/123456789/10345>

14. Енергозбереження та використання поновлюваних джерел енергії. Частина I: 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>

15. Євсєєва М., Ранський А., Гордієнко О. Електрохімічні процеси. Теорія та практикум. : навч. посіб. Вінниця : ВНТУ, 2017. 111 с.
URL: http://pdf.lib.vntu.edu.ua/books/2018/Evseeva_Elektroxim_2017_111.pdf.

16. Жесан Р. В. Визначення потужності вітроелектричної установки для автономного електроживлення за результатами аналізу даних у Кіровоградському регіоні / Р. В. Жесан, О. П. Голик // Відновлювана енергетика. – 2009. - № 2 (17). – С. 39-42.

17. Іноземцев Г.Б., Козирський В.В. Математичне моделювання та оптимізація систем електроспоживання у сільському господарстві / Режим доступу: http://www.studmed.ru/nozemcev-gb-kozirskiy-vv-matematichne-modelyuvannya-ta-optimzacya-sistem-elektrospozhivannya-u-slskomu-gospodarstv_6fc3d8bd39f.html

18. Концепція розвитку вітроенергетичної галузі України [Електронний ресурс]. – Режим доступу: www.necin.com.ua.

19. Малярєнко В.А. Оптимізація керування електроспоживанням електроприводів об'єктами ЖКГ / В. А. Малярєнко, Д. І. Абраменко // Електроенергетика. – 2012. - №1. – С. 63-67.

20. Олійник М., Лисяк В., Дудурич О. Енергоощадність та альтернативні джерела енергії : навч. посіб. / ред. М. Сегеда. Львів : Львів. політехніка, 2020. 184 с.

21. Пат. 14372 Україна, МПК⁵¹ H02J 3/12. Спосіб керування електроспоживанням / Шестеренко В. Є., Шестеренко О. В., заявник(и) і власник(и) Шестеренко В. Є., Шестеренко О. В. - №u200510678; заявл. 11.11.2005; опубл. 15.05.2006, Бюл.№5.

22. Пат. 62126 Україна, МПК⁵¹ H02J 13/00. Пристрій для автоматичного керування електроспоживанням / Плешков П. Г., Савеленко І. В., Сіріков О. І, заявник(и) і власник(и) Плешков П. Г., Савеленко І. В., Сіріков О. І,- №u201101588; заявл. 11.02.2011; опубл. 10.08.2011, Бюл.№15.

23. Пат. 6834 Україна, МПК⁵¹ H02J 13/00; G05B 15/02. Пристрій керування електроспоживанням / Сандрацький М. В, Вовк В. М, Прокопець В. І., Праховник А. В., Калінчик В. П., Гудименко С. В., Холявенко В. Г. заявник(и) і власник(и) Сандрацький М. В, Вовк В. М, Прокопець В. І., Праховник А. В., Калінчик В. П., Гудименко С. В., Холявенко В. Г.,- №94270875; заявл. 26.07.1986; опубл. 31.03.1995, Бюл.№1.

24. Пат. 68444 Україна, МПК⁵¹ H02J 13/00. Система обліку і управління електроспоживанням у комунально-побутовому секторі / Ольшевський О. М., Сергеев С. О., заявник(и) і власник(и) Ольшевський О. М., Сергеев С. О. - №2002010315; заявл. 15.03.2004; опубл. 16.08.2004, Бюл.№8.

25. Правила улаштування електроустановок. Індустрія, 2017. 800 с.
URL: <https://art-energetyka.com.ua/Правила-улаштування-електроустановок.pdf>.

26. Про альтернативні джерела енергії : Закон України від 20.02.2003 р. № 555-IV : станом на 1 січня 2023 р.
URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/555-15#Text>.

27. Сегеда М., Олійник М., Лисяк В. Режими систем пересилання та споживання електричної енергії : навч. посіб. Львів : Львів. політехніка, 2021. 304 с.

28. Сиротюк С., Боярчук В., Гальчак В. Альтернативні джерела енергії. Енергія вітру : навч. посіб. Магнолія, 2020. 182 с.

29. Шелест М., Гайда П. Основи будови та експлуатації акумуляторних батарей : навч. посіб. Суми : Сум. держ. ун-т, 2014. 210 с.
URL: <https://essuir.sumdu.edu.ua/bitstream/123456789/37035/1/baterei.doc>.

30. 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.