

Центральноукраїнський національний технічний університет
Факультет будівництва та транспорту
Кафедра "Електротехнічні системи та енергетичний менеджмент"

"Допущено до захисту"
Зав. кафедри ЕТС та ЕМ
канд. техн. наук., професор
_____Петро ПЛЕШКОВ
" ____ " _____ 2022р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
за другим (магістерським) рівнем вищої
освіти
на тему
" Підвищення ефективності енергозабезпечення на
основі гібридної установки з використанням
біоелектростанції та фотоелектричної станції "

Виконав здобувач вищої освіти
2 курсу магістратури, групи ЕЕ-21М
ОПП «Електротехнічні системи
електроспоживання»
спеціальності 141 «Електроенергетика,
електротехніка та електромеханіка»
_____Владислав ЛЮБИМОВ
« ____ » _____ 2022 р.

Керівник роботи
канд. техн. наук, доцент
_____Валентин СОЛДАТЕНКО
« ____ » _____ 2022 р.

Рецензент _____

м. Кропивницький

Центральноукраїнський національний технічний університет

Факультет будівництва та транспорту

Кафедра електротехнічних систем та енергетичного менеджменту

Рівень вищої освіти другий (магістерський)

Галузь знань 14 Електрична інженерія

Спеціальність 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

Освітньо-професійна програма Електротехнічні системи електроспоживання

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Завідувач кафедри

Плешков П.Г.

«___» _____ 2022 р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗА ДРУГИМ (МАГІСТЕРСЬКИМ) РІВНЕМ ВИЩОЇ ОСВІТИ ЗДОБУВАЧА ВИЩОЇ ОСВІТИ

Любімова Владислава Юрійовича

(прізвище, ім'я, по-батькові)

1. Тема роботи (проекту) Підвищення ефективності енергозабезпечення на основі гібридної установки з використанням біоелектростанції та фотоелектричної станції

Increasing the efficiency of energy supply based on a hybrid installation using a bioelectric plant and a photovoltaic plant

2. Керівник роботи (проекту) Солдатенко Валентин Петрович, канд. техн. наук, доц.
(прізвище, ім'я, по-батькові, науковий ступінь, вчене звання)

3. Строк подання студентом роботи до захисту 01.12.2022 р

4. Мета та завдання випускної кваліфікаційної роботи (проекту) Метою роботи є дослідження питання підвищення ефективності енергозабезпечення на основі гібридної установки з використанням біоелектростанції та фотоелектричної станції. Завдання роботи: 1. Виконати аналіз сучасного обладнання біогазових установок та мережесевих фотоелектричних станцій для гібридних установок електропостачання. 2. Визначити конструктивні та енергетичні показники гібридної уановки із біогазовою установкою та фотоелектричною станцією в складі. 3. Провести вибір обладнання для гібридної установки з використанням біоелектростанції та фотоелектричної станції. 4. Розробити схеми підключення до зовнішньої мережі електроживлення гібридної електроустановки з використанням біоелектростанції та фотоелектричної станції і визначити техніко-економічні показники проекту.

5. Консультанти по роботі, із зазначенням розділів роботи

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
<i>Економічна частина</i>	<i>к.е.н., доц. Журило І.В.</i>		
<i>Охорона праці</i>	<i>к.т.н, доц. Савеленко І.В.</i>		

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів випускної кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
<i>1</i>	<i>Вступ</i>	<i>4.10.22</i>	
<i>2</i>	<i>Аналіз сучасного обладнання біогазових установок та мережевих фотоелектричних станцій для гібридних установок</i>	<i>14.10.22</i>	
<i>3</i>	<i>Визначення складових елементів гібридної установки з біоелектростанцією та фотоелектричною станцією</i>	<i>21.10.22</i>	
<i>4</i>	<i>Обладнання гібридної установки з використанням біоелектростанції та фотоелектричної станції</i>	<i>04.11.22</i>	
<i>5</i>	<i>Підключення до зовнішньої мережі електроживлення гібридної електроустановки з використанням біоелектростанції та фотоелектричної станції</i>	<i>11.11.22</i>	
<i>6</i>	<i>Техніко-економічний аналіз проекту гібридної установки з використанням біоелектростанції та фотоелектричної станції</i>	<i>18.11.22</i>	
<i>7</i>	<i>Охорона праці</i>	<i>21.11.22</i>	
<i>8</i>	<i>Висновки</i>	<i>22.11.22</i>	
<i>9</i>	<i>Оформлення пояснювальної записки КР</i>	<i>25.11.22</i>	
<i>10</i>	<i>Оформлення презентаційної частини КР</i>	<i>29.11.22</i>	

Дата видачі завдання

« ____ » _____ 2022 р.

Підпис керівника _____

Завдання прийнято до виконання

« ____ » _____ 2022 р.

Підпис здобувача _____

АНОТАЦІЯ

Любімов В.Ю. Підвищення ефективності енергозабезпечення на основі гібридної установки з використанням біоелектростанції та фотоелектричної станції.

Спеціальність 141 – «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка». – ОПП «Електротехнічні системи електроспоживання». – Центральноукраїнський національний технічний університет. – м. Кропивницький, 2022р.

Метою роботи є дослідження питання підвищення ефективності енергозабезпечення на основі гібридної установки з використанням біоелектростанції та фотоелектричної станції.

Був проведений вибір складових елементів для гібридної установки з біогазовою електростанцією та фотоелектричною станцією, підбрано обладнання для них. Розробка та впровадження гібридної фотоелектричної станції вимагає значних капітальних вкладень.

Був визначений строк окупності біофотостанції та рівень її екологічного впливу на оточуюче середовище. Гібридна електростанція окупається за термін 1,46 років в разі реалізації біодобрив, або за менш як чотири роки за умов реалізації лише електричної енергії. Біофотостанція знижує рівень викидів вуглекислого газу в атмосферу, при цьому не чинить негативного екологічного впливу.

Ключові слова: відновлювані джерела енергії, сонячна фотоелектрична станція, біогазова електростанція.

THE SUMMARY

Liubimov V. Increasing the efficiency of energy supply based on a hybrid installation using a bioelectric plant and a photovoltaic plant.

Specialty 141 – "Electric power, electrical engineering and electromechanics". – "Electrical power consumption systems". – Central Ukrainian National Technical University. – Kropyvnytskyi, 2022

The purpose of the work is to study the issue of increasing the efficiency of energy supply based on a hybrid installation using a bioelectric plant and a photovoltaic plant.

The selection of components for a hybrid plant with a biogas power plant and a photovoltaic plant was carried out, and the equipment for them was selected. The development and implementation of a hybrid photovoltaic plant requires significant capital investment.

The payback period of the biophoto plant and the level of its environmental impact on the environment were determined. A hybrid power plant pays for itself in 1.46 years in the case of biofertilizers, or in less than four years in the case of only electricity. The biophoto plant reduces the level of carbon dioxide emissions into the atmosphere, while not having a negative environmental impact.

Key words: renewable energy sources, solar photovoltaic plant, biogas power plant.

ЗМІСТ

АНОТАЦІЯ	4
ЗМІСТ	6
ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ	8
ВСТУП	9
РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ СУЧАСНОГО ОБЛАДНАННЯ БІОГАЗОВИХ УСТАНОВОК ТА МЕРЕЖЕВИХ ФОТОЕЛЕКТРИЧНИХ СТАНЦІЙ ДЛЯ ГІБРИДНИХ УСТАНОВОК	11
1.1 Типи сонячних електростанцій та особливості їх роботи.....	11
1.2 Види фотоелектричних модулів.....	18
1.3 Потенціал виробництва елементів для сонячної фотоенергетики в Україні.....	22
1.4 Загальні характеристики біогазу та його властивості.....	23
1.5 Фази біохімічного зародження біосубстрату в біогазових установках.....	25
1.6 Впливаючі чинники на процес отримання біогазу.....	26
1.7 Складові частини біогазової установки.....	30
1.8 Висновки до першого розділу.....	32
РОЗДІЛ 2 ВИЗНАЧЕННЯ СКЛАДОВИХ ЕЛЕМЕНТІВ ГІБРИДНОЇ УСТАНОВКИ З БІОЕЛЕКТРОСТАНЦІЄЮ ТА ФОТОЕЛЕКТРИЧНОЮ СТАНЦІЄЮ	33
2.1 Розрахунок конструктивних параметрів та показників роботи біогазової установки.....	34
2.2 Вибір сонячних фотоелектричних модулів.....	44
2.3 Визначення доцільного кута нахилу фотоелектричних модулів.....	49
2.4 Висновки до другого розділу.....	55
РОЗДІЛ 3 ОБЛАДНАННЯ ГІБРИДНОЇ УСТАНОВКИ З ВИКОРИСТАННЯМ БІОЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ ТА ФОТОЕЛЕКТРИЧНОЇ СТАНЦІЇ	56
3.1 Складові елементи біогазової частини гібридної установки.....	56

3.2 Вибір складових елементів сонячної фотоелектричної частини гібридної установки	63
3.3 Висновки до третього розділу.....	67
РОЗДІЛ 4 ПІДКЛЮЧЕННЯ ДО ЗОВНІШНЬОЇ МЕРЕЖІ ЕЛЕКТРОЖИВЛЕННЯ ГІБРИДНОЇ ЕЛЕКТРОУСТАНОВКИ З ВИКОРИСТАННЯМ БІОЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ ТА ФОТОЕЛЕКТРИЧНОЇ СТАНЦІЇ	
68	
4.1 Методи та технічні засоби підключення біоелектростанцій до зовнішньої мережі електроживлення	68
4.2 Електричні схеми підключення обладнання.....	71
4.2.1. Електрична схема підключення фотоелектричних панелей до інвертора	71
4.2.2. Схема підключення гібридної установки до зовнішньої мережі електроживлення.....	72
4.3 Висновки до четвертого розділу.....	74
РОЗДІЛ 5 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНИЙ АНАЛІЗ ПРОЕКТУ ГІБРИДНОЇ УСТАНОВКИ З ВИКОРИСТАННЯМ БІОЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ ТА ФОТОЕЛЕКТРИЧНОЇ СТАНЦІЇ	
75	
РОЗДІЛ 6 ОХОРОНА ПРАЦІ.....	
80	
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	84
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	86

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

БГУ – біогазова установка

ВДЕ – відновлювальні джерела енергії

ВЕ – відновлювальна енергетика

ККД – коефіцієнт корисної дії

РП – пристрій розподілу

СЕС – сонячна електростанція

ТЕС – теплова електростанція

ТП – трансформаторна підстанція

ФЕМ – фотоелектричний модуль

ФЕС – фотоелектрична станція

ВСТУП

Актуальність теми. Вископне паливо (вугілля, нафта, газ) у майбутньому будуть невпинно дорожчати внаслідок їх виснаження та постійного росту попиту. Це спонукає розвинені країни вживати заходів із зменшення залежності енергетики від вказаних видів палива. Додатковим чинником є екологічний фактор, який вимагає постійного скорочення викидів парникових газів [1-10].

Найперспективнішою галуззю відновлюваної енергетики є сонячна енергетика, яка останніми роками демонструє динамічні показники росту.

Географічні умови розташування України досить сприятливі для використання сонячної енергії. Проте негативним чинником є нестабільність генерації електроенергії сонячними установками внаслідок залежності цього параметра від чинника погоди. З цих причин виникає необхідність доповнити виробництво електроенергії в нічний час та похмуру погоду іншим резервним джерелом. Таким чином приходять до застосування гібридних установок, що включають кілька джерел енергії. Одним із варіантів є використання біогазових установок, потенціал використання яких в Україні теж значний [7-14].

В даній роботі виконано розрахунок комплексного застосування фотоелектростанції та біогазової установки для сумісної роботи в складі гібридної системи на прикладі фермерського господарства.

Комплексне застосування фотоелектростанцій та біоелектростанцій в складі гібридних установок дає можливість знизити коливання виробленої потужності об'єктів відновлюваної енергетики, що обумовлює актуальність теми даної роботи.

Мета і задачі дослідження. *Метою роботи* є дослідження питання підвищення ефективності енергозабезпечення на основі гібридної установки з використанням біоелектростанції та фотоелектричної станції.

Для досягнення мети в потрібно вирішити наступні задачі:

1. Виконати аналіз сучасного обладнання біогазових установок та мережевих фотоелектричних станцій для гібридних установок електропостачання.

2. Визначити конструктивні та енергетичні показники гібридної установки із біогазовою установкою та фотоелектричною станцією в складі.

3. Провести вибір обладнання для гібридної установки з використанням біоелектростанції та фотоелектричної станції.

4. Розробити схеми підключення до зовнішньої мережі електроживлення гібридної електроустановки з використанням біоелектростанції та фотоелектричної станції і визначити техніко-економічні показники проекту.

Об'єкт дослідження – процеси перетворення енергії випромінювання Сонця та розкладу біоречовини в гібридній електроенергетичній системі.

Предмет дослідження – параметри гібридної установки з біофотоелектростанцією для умов Кіровоградської області.

Методи дослідження. В дослідженнях було застосовано методи теорії електричних кіл, методи конструкційних енергетичних розрахунків, метод комп'ютерного моделювання.

Наукова цінність роботи полягає в тому, що було запропоновано зменшити нерівномірність зміни потужності виходу гібридної установки з біофотоелектростанцією при комбінованому застосуванні сонячної енергії та енергії біогазу, що позитивно впливає на зовнішню мережу електроживлення.

Практична цінність Схемні рішення гібридної установки з біофотоелектростанціями для умов Кіровоградської області.

Структура роботи: кваліфікаційна робота складається із вступу, п'яти розділів, загальних висновків, переліку посилань. Повний обсяг роботи складає 90 сторінок. Основна частина викладена на 77 сторінках друкованого тексту, містить 33 рисунки та 15 таблиць. Список використаних джерел містить 53 джерела та викладений на 5 сторінках.

РОЗДІЛ 1

АНАЛІЗ СУЧАСНОГО ОБЛАДНАННЯ БІОГАЗОВИХ УСТАНОВОК ТА МЕРЕЖЕВИХ ФОТОЕЛЕКТРИЧНИХ СТАНЦІЙ ДЛЯ ГІБРИДНИХ УСТАНОВОК

1.1 Типи сонячних електростанцій та особливості їх роботи

Сонце для людства представляє собою джерело енергії яке практично вічне. Випромінення Сонця (ВС) під час проходження через верхні слої атмосфери розсіюється приблизно на половину (22% – розсіяне сонячне випромінення, 28% – пряме сонячне випромінення);

Випромінення Сонця володіє рядом переваг порівняно з традиційними джерелами енергії, основні з яких є:

- невичерпність у часі;
- існує можливість застосування енергії ВС практично повсюдно на території Землі у якості місцевого джерела енергії;
- пришвидшення перетворення енергії ВС у процесах фотосинтезу;
- можливість прямого перетворення енергії ВС на електрику [6].

Роблячи огляд переваг ВС цілком зрозуміле повсюдне використання сонячних електростанцій (СЕС).

Випромінення Сонця – це природне джерело яке використовується у різноманітних процесах на планеті. Дослідження випромінення Сонця проводиться з метою виявлення впливу його на кліматичні зміни, вирішувати різноманітні прикладні задачі та здійснювати екологічні та кліматичні прогнози. У складі випромінення Сонця, досягаючого поверхні Землі виділяють пряме та дифузне випромінення. Величина випромінення знаходиться в залежності від висоти Сонця над горизонтом, положення Сонця відносно освітленої площадки (часу доби), стану атмосфери (прозорість, хмарність, наявність смогу, вологості тощо) [6].

Сонячна енергетична установка – це технічний пристрій, що призначений для перетворення випромінення Сонця на інші види енергії, зокрема теплову, електричну, механічну, хімічну.

Прийнято виділяти три основні технології (напрямки) щодо використання та перетворення енергії випромінення Сонця: фотоелектричний, термодинамічний, тепловий.

Фотоелектрична технологія представляє собою фіксацію електромагнітного випромінення Сонця та вироблення за рахунок нього електричної енергії за допомогою фотоелектричних перетворювачів (ФЕП), на рис. 1.1 приведений їх зовнішній вигляд.

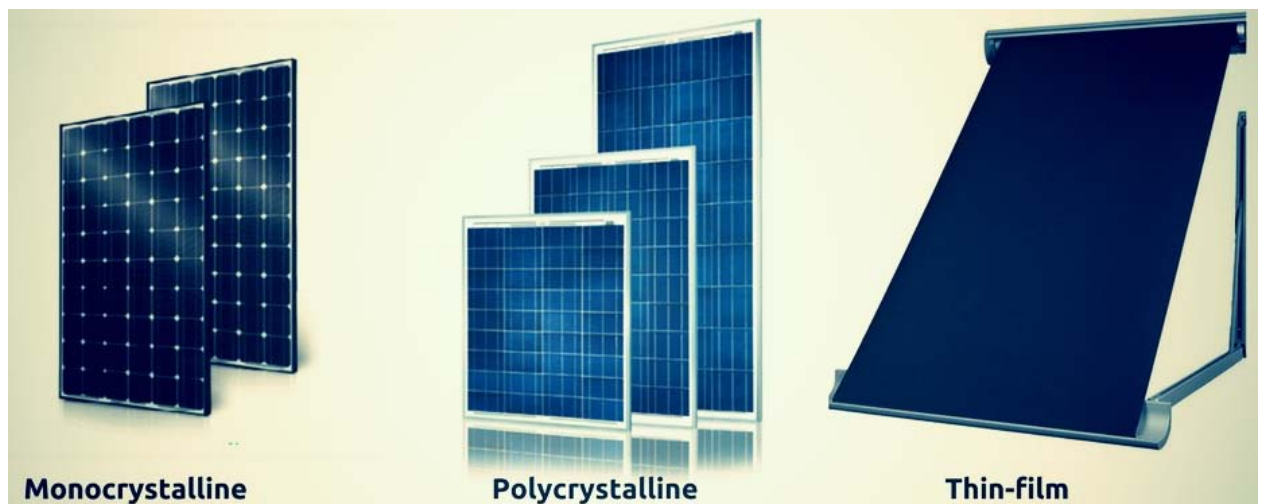


Рис. 1.1. Загальний вигляд фотоелектричних перетворювачів

Застосування фотоелектричних перетворювачів станом на сьогодні являє собою найважливіший напрямок практичного засвоєння енергії випромінення Сонця [8].

Елементи фотоелектричних перетворювачів володіють рядом переваг:

- відсутність обертових та рухомих елементів (за винятком слідкуючих за Сонцем систем), що значно підвищує надійність роботи, простоту обслуговування;
- досить тривалий термін роботи (десятки років);

- високі показники екологічності;
- знижені вимоги до частоти та складності обслуговування;
- можливість сполучення в електроустановки різної потужності від самих малих (кілька ват) до надпотужних електростанцій (кілька мегават).

Теплова технологія представляє собою фіксацію електромагнітного випромінення Сонця за допомогою спеціального пристрою сонячного колектора та перетворення його на теплову енергію. Загальний вигляд сонячних колекторів приведений на рис. 1.2.



Рис. 1.2. Загальний вигляд плоского (а) та вакуумного (б) сонячних колекторів

Сонячні колектори на даний час являють собою високотехнологічні пристрої із застосуванням новітніх матеріалів та стали невіддільною частиною сонячних систем для опалення, підігріву води в побутових басейнах, приготування гарячої води для купання чи миття посуду тощо [6].

Сонячні колектори володіють рядом переваг:

- легкий монтаж та зручне обслуговування;
- відносно низька ціна;
- довговічність експлуатації;
- широка область застосування.

Термодинамічна технологія – представляє собою концентрацію електромагнітного випромінення Сонця за допомогою дзеркал-геліостатів на центральному приймачі з парогенератором. Таким способом на вершині центрального приймача можна отримати теплоносії з температурою від 300°C до 1500°C за рахунок якої відбувається випаровування робочого тіла в котлі, що потім спрямовується в турбіну з електрогенератором (рис. 1.3).



Рис. 1.3. Термодинамічна технологія використання випромінення Сонця

Термодинамічна технологія має ряд як переваг так і недоліків.

До переваг варто віднести те, що така технологія відрізняється від традиційних лише способом нагрівання робочого тіла. А в іншому процес отримання електричної енергії подібний до теплових електростанцій. Це дозволяє використовувати досвід та обладнання традиційних технологій.

До недоліків варто віднести те, що потужність таких установок не може мати малих значень, тому вони занадто дорогі і не можуть використовуватися широко.

Сонячна електростанція являє собою інженерну споруду, яка призначена для перетворення енергії випромінення Сонця на електричну енергію.

Можна виділити наступні типи сонячних електростанцій: автономні, мережеві, автономно-мережеві (гібридні). Розглянемо нижче детальніше особливості зазначених типів сонячних електростанцій.

Автономні сонячні електростанції.

Назва автономних СЕС походить від того, що вони можуть працювати абсолютно незалежно від інших джерел живлення. Необхідність в такому типі електростанцій виникає там, де відсутній доступ до централізованої мережі електроживлення. В таких станціях сонячні фотоелектричні панелі підключені до акумуляторних батарей (АКБ) через спеціальний контролер заряду, що забезпечує найоптимальніший режим відбору електричної енергії. До акумуляторних батарей також підключають споживачі електричної енергії постійного струму та спеціальний інвертор (ІНВ) з метою можливості живлення споживачів змінного струму напругою 220/380 В.

Загальний вигляд автономної СЕС приведений на рис. 1.4.

У світлий час доби електричні прилади отримують живлення від фотоелектричних панелей а надлишок електричної енергії запасється в акумуляторах. В темний час доби електричні прилади отримують живлення від акумулятора. Існують автономні сонячні електростанції у однофазному та у трьохфазному виконанні.

Область застосування автономних СЕС – це будинки (котеджі) у важкодоступній або гірській місцевості, віддалені від централізованих мереж електроживлення тощо [6].

Широкого розповсюдження автономні СЕС на даний час не отримали внаслідок значної дороговизни електроживлення від них та малої внаслідок цього потужності. Однак вони застосовуються з метою виробництва електрики для віддалених від зовнішніх електричних мереж споживачів, що робить їх повністю незалежними від них.

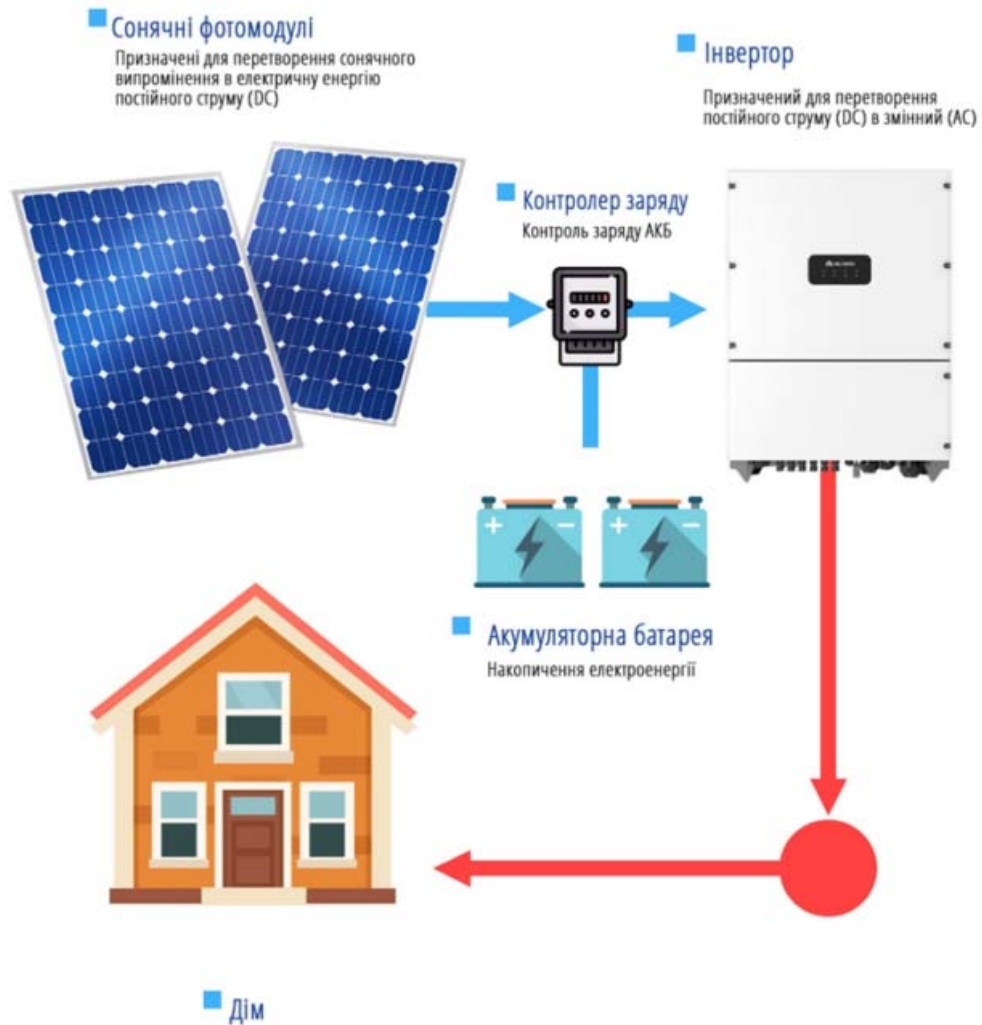


Рис. 1.4. Загальний вигляд автономної СЕС

Мережеві сонячні електростанції.

На противагу автономним сонячним електростанціям мережеві значно простіші та менш вартісні в експлуатації, адже включають до свого складу лише кілька елементів. Сонячні фотоелектричні панелі скомпоновані з інвертором, що має зв'язок із зовнішньою мережею електроживлення та передає в неї енергію змінним струмом напругою 220/380 В. Характерною відмінною рисою таких станцій є відсутність високовартісних акумуляторних батарей. Варто зауважити, що термін служби акумуляторів при активній експлуатації складає від двох до трьох років, а потім необхідно їх відновлювати або замінювати на нові. Оскільки в мережевих СЕС

аккумулятори відсутні, то дана обставина значно зменшує витрати на їх експлуатацію. Таким чином мережеві СЕС дуже вигідний спосіб виробництва електричної енергії.

Загальний вигляд мережевої СЕС приведений на рис. 1.4.

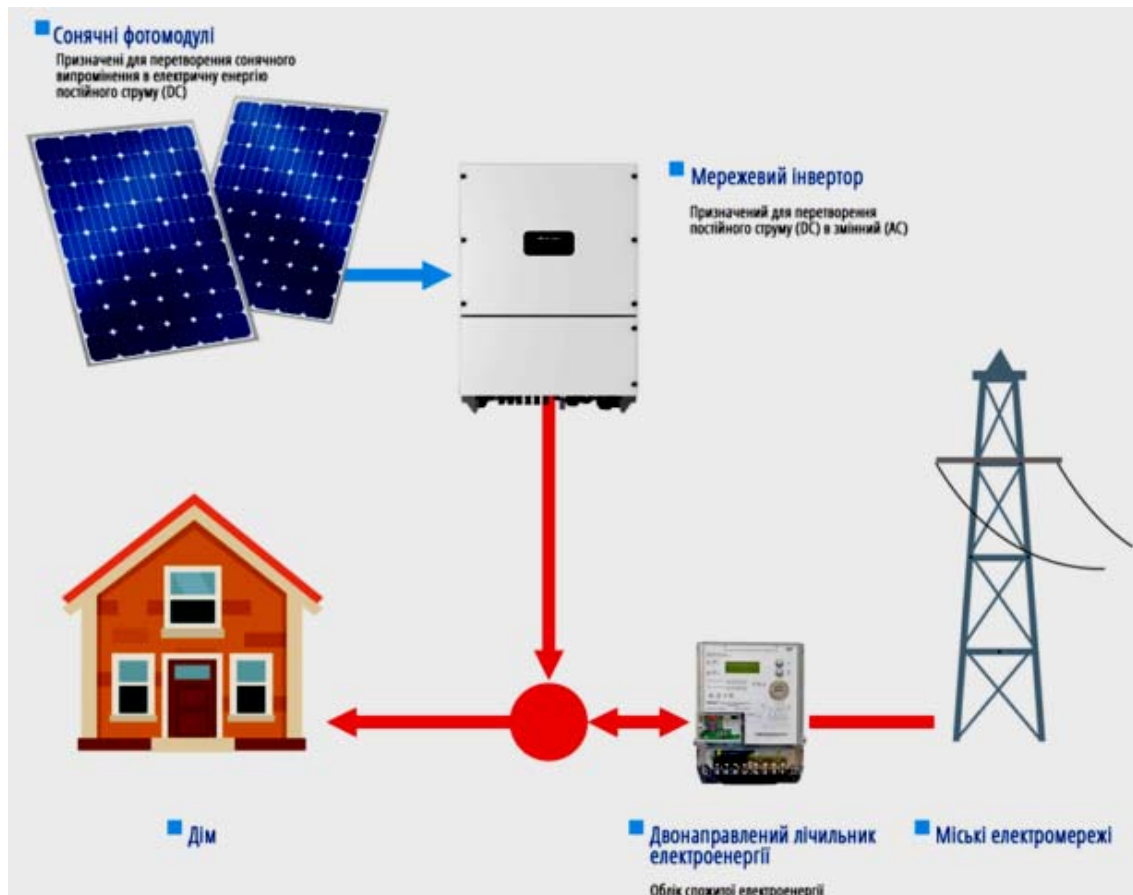


Рис. 1.5. Загальний вигляд мережевої СЕС

Автономно-мережеві сонячні електростанції.

Автономно-мережеві СЕС поєднують обидва попередні типи сонячних електростанцій і сполучають переваги обох типів. Такі СЕС включають до свого складу сонячні фотоелектричні панелі, аккумуляторні батареї та гібридний інвертор підключений до централізовано мережі електроживлення.

Загальний вигляд автономно-мережевої СЕС приведений на рис. 1.6.

В такій СЕС гібридний інвертор розподіляє електричну потужність споживану із централізованої мережі, вироблену фотоелектричними

панелями, та акумуляторними батареями. Електроспоживачі використовують енергію від фотоелектричних панелей, а у разі її недостатчі підключається зовнішня мережа. У разі відсутності зовнішнього електропостачання така система переходить в режим автономної роботи від заряджених акумуляторів.

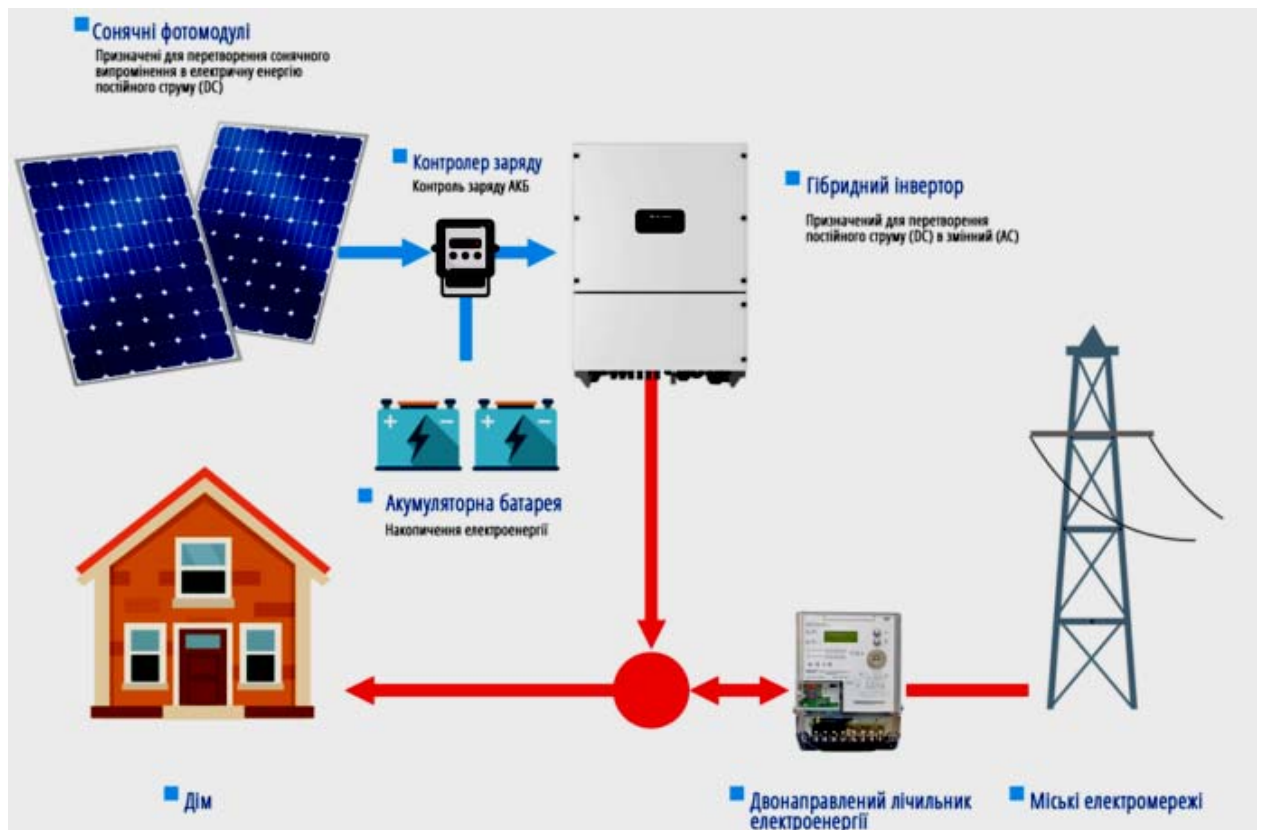


Рис. 1.6. Загальний вигляд автономно-мережевої СЕС

1.2 Види фотоелектричних модулів

Монокристалічні фотоелектричні модулі. Фотоелектричні елементи із монокристалічного кремнію володіють найвищим показником ефективності біля 23 %. Цього вдається досягнути завдяки технології виготовлення модулів, яка дозволяє здійснити високий ступінь очищення кремнію. Загальний вигляд фотоелектричного модуля із монокристалічного кремнію приведений на рис. 1.7 а.



Рис. 1.7. Загальний вигляд монокристалічного фотоелектричного модулю

До переваг монокристалічних фотоелектричних модулів відносять:

- чудові робочі характеристики, досягнення яких стає можливим завдяки технології вирощування кремнію із мізерною кількістю домішок (кремній високого ступеня очищення).
- високий показник компактності; продуктивність високого рівня дає можливість використовувати менше значення площі, передбачену для розташування батарей, при цьому монокристалічні фотоелектричні модулі вироблятимуть більше електроенергії, порівняно з іншими видами модулів.
- високий строк служби; фірми-виробники таких фото панелей дають гарантію на строк служби мінімум 25 років.

До недоліків монокристалічних фотоелектричних модулів відносять:

- відчутна вартість, адже технологія глибокого очищення кремнію високовартісна, тому такі фотоелементи вартують значно дорожче інших, а системи що їх включають вимагають більш значних капітальних вкладень.

Полікристалічні фотоелектричні модулі. Фотоелектричні елементи із полікристалічного кремнію володіють дещо нижчим показником ефективності, біля 18%. Таке зниження ефективності фотомодулів виникає внаслідок використання для їх виробництва кремнію з відносно високим вмістом домішок, зокрема вуглецю, кисню тощо. Всі ці домішки призводять

до зменшення ефективної площі фотобатареї. Загальний вигляд фотоелектричного модуля із полікристалічного кремнію приведений на рис. 1.8.



Рис. 1.8. Модулі з полікристалічного кремнію

До переваг полікристалічних фотоелектричних модулів відносять:

- меншу вартість, що спричинено менш витратним способом виробництва.

До недоліків полікристалічних фотоелектричних модулів відносять:

- низька продуктивність, ефективність перетворення енергії випромінювання Сонця складає порядка значення 14-18 %, що спричинене низькою чистотою кремнію.

- необхідність застосування для установки фотоелектричних панелей більшої площі, адже зважаючи на знижену ефективність витримати розрахункову потужність можна лише за рахунок встановлення більшого числа полікристалічних батарей порівняно з монокристалічними.

- чутливість до високих температур: значна кількість домішок сторонніх елементів, включених до складу полікристала, мають деяке значення температурного порогу, при його досягненні цих домішках проходять деякі хімічні реакції. Ця обставина позначається на строці роботи фотоелементів та батарей.

Фотоелектричні модулі з аморфного кремнію. Сонячні фотоелектричні модулі та панелі із аморфного кремнію іще називають тонкоплівковими фотопанелями. Ефективність таких фотопанелей сягає близько 13%, а їх загальний вигляд приведений на рис. 1.9.



Рис. 1.9. Загальний вигляд фотоелектричних модулів з аморфного кремнію

Обмеження в роботі таких фотопанелей зв'язані з їх фізичними розмірами.

До переваг фотоелектричних модулів з аморфного кремнію відносять:

- мала вартість виробництва у порівнянні з фотомодулями із монокристалічного та полікристалічного кремнію;
- чудова естетичність зовнішнього вигляду внаслідок однорідності напилення кремнію;
- можуть витримувати високі значення температури, при яких тонкоплівкові фотобатареї підтримують первинну продуктивність, тому їх можна вважати стабільними та універсальними по параметрам і їх можна використовувати для різноманітного клімату.

До недоліків фотоелектричних модулів з аморфного кремнію відносять наступне:

- для досягнення заданої потужності установки потребують більшої площі для установки
- додаткові витрати на придбання елементів для опорних конструкцій, провідникових кабелів та інших супутніх матеріалів;
- знижений термін експлуатації.

1.3 Потенціал виробництва елементів для сонячної фотоенергетики в Україні

Результатом тривалорічних досліджень в Україні сформована науково-дослідне підґрунтя для розробки і серійного виробництва сонячних фотоелементів, модулів та батарей з використанням напівпровідникового кремнію. Ключовим питанням для сучасної фотоелектричної галузі як України так і світу є створення фотоелектричних перетворювачів з підвищеною ефективністю для зниження вартості виробленої електроенергії. Для цього слід провести вдосконалення та впровадження нових тонкоплівкових технологій для виробництва сонячних фотомодулів, які працюють в денний час доби та потребують меншу кількість дефіцитного кремнію.

Провідні підприємства з виробництва фотоелектричного обладнання зосереджені на зниженні вартості встановлених установок шляхом:

- розробки і впровадження якісніших технологій продукування напівпровідникового кремнію, сонячних фотоелементів, фотомодулів, систем акумулювання електричної енергії;
- максимально нарощувати широкомасштабне виробництво, знавці галузі прогнозують істотний ріст виробництва сонячних фотопанелей в Україні, значна доля яких експортується.

Розвиток фотоелектричної галузі в Україні у стратегічному плані бачиться наступним:

- розгортання масового виробництва фотоелектричних модулів (полікристалічні, монокристалічний) сонячні фотоелементи, сонячні фотоелектричні станції та установки);
- значне впровадження (до 25 %) сонячних фотоелектричних установок і станцій в агропромислову галузь України;
- налагодження постачання високоефективної фотоелектричної продукції за кордон до 80 % від об'єму виробництва.

В Україні природно та історично склалися сприятливі умови для розвитку сонячної енергетичної галузі, а саме:

- задовільні кліматичні умови;
- наявність перспективних виробничих потужностей, які в разі вдосконалення можуть забезпечити біля 10% долі виробництва світового монокристалічного кремнію для фотоенергетики;
- достатній науковий і технологічний потенціал.

1.4 Загальні характеристики біогазу та його властивості

Біогаз являє собою суміш газів, що утворюється як результат природного процесу біологічного розкладання різних органічних речовин. Біогаз горючий. Для отримання біогазу в промислових масштабах потрібно прискорити процес біологічного розкладання, адже в природних умовах цей процес значно розтягнутий у часі. З цією метою слід створити сприятливі умови для штамів газоутворюючих бактерій. [5].

В табл. 1.1 приведено складові частини біогазу та їх доля в газі.

Таблиця 1.1. Компонентний склад біогазу

Складові компоненти біогазу	Доля, в.о.
Гідроген (H_2), амоніак (NH_3), сірководень (H_2S)	0,04 – 0,05
Метан (CH_4)	0,60 – 0,86
Діоксид вуглецю (CO_2)	0,21 – 0,29

Газ метан виступає одним із основних джерел енергії. Залежності від складу біологічного субстрату доля метану в біогазі буде різною. Найбільше метану виходить з жирів, доля складає біля 86 %, з сировини рослинного походження вихід сягає 71 %, а з гною від великої рогатої худоби вихід найменший і становить біля 60 %.

Отримання біогазу має ряд переваг, основні з яких такі:

- отримання палива, яке можна застосувати як для потреб промисловості так і побутових споживачів;
- в складі очисних споруд можна використовувати як складові частини біогазові установки;
- зменшення витрат на сировину, зважаючи на близьке розташування біогазових установок до джерела сировини;
- утилізація відходів;
- використання перебродившого біосубстрату в якості органічного добрива;
- зниження ризику розмивання та протіканні і, як наслідок, забруднення відходами оточуючого середовища стічними речовинами внаслідок аварійних станів, адже при анаеробному зброджуванні зникає необхідність тривалого знаходження гною та посліду у відхожих місцях;
- знижується імовірність надлишкового внесення добрива на поля, адже продукти зброджування рідкі та легко піддаються дозуванню;
- знижується рівень ризику засмічення гідросфери та літосфери азотом, фосфором та іншими шкідливими речовинами;
- нейтралізація неприємного запаху відходів птахівництва та тваринництва під час анаеробного зброджування.

Використання біогазових установок вирішує екологічну проблему, адже той об'єм парникових газів, що виділяється із відходів великої рогатої худоби більший за світові викиди автомобільного транспорту у 20 раз.

1.5 Фази біохімічного зародження біосубстрату в біогазових установках

Одним із найдоцільніших напрямків переробки відходів життєдіяльності великої рогатої худоби є процес їх метанового зброджування.

Процес метанового зброджування рідких стоків гною відбувається у біогазових пристроях. В них в процесі біологічного розкладання решток рослин та тварин продукується біогаз та органічні добрива.

Анаеробне розкладання біологічної речовини проходить у чотири основні фази. На рис. 1.10 приведений розподіл цього процесу за фазами.

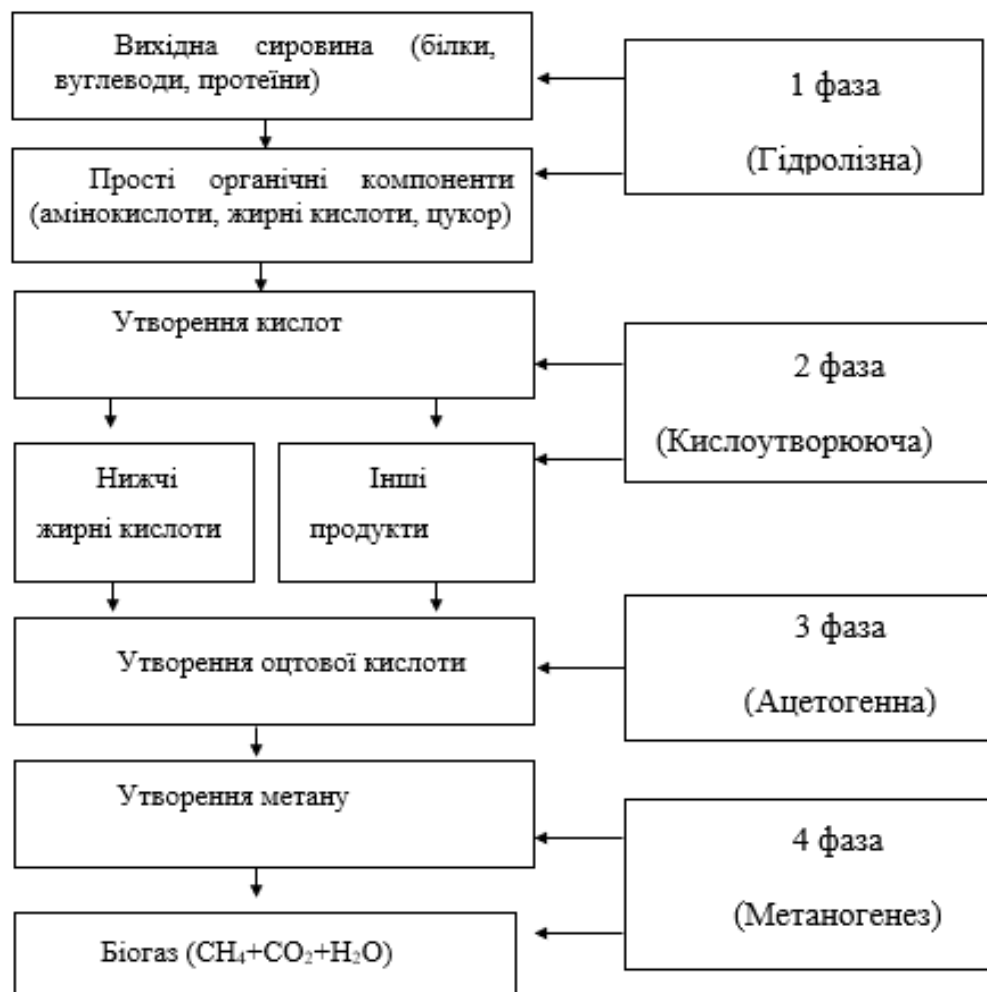


Рис. 1.10. Фази біохімічного перетворення за фазами

В анаеробному середовищі без доступу кисню під дією спеціальних штамів бактерій складні органічні речовини розкладаються на більш прості.

Між фазами гідролізу та бродіння відсутня чітка межа. Такі реакції протікають в середовищі зброджування зазвичай паралельно.

1.6 Впливаючі чинники на процес отримання біогазу

Технологічний процес виробництва біогазу досить складний. На нього здійснюють вплив ряд чинників, основні з яких розглядаються нижче.

Вплив температурного режиму. З огляду на вплив на процес зброджування біомаси виділяють кілька режимів за температурою:

- психрофільний режим зброджування протікає при відносно невисоких температурах 15-17°C;
- мезофільний режим зброджування протікає при середніх температурах 32-35°C;
- термофільний режим зброджування протікає при високих температурах 53-55°C.

У переважній більшості для цілі метаногенезу знаходять застосування мезофільний та термофільний режими. В умовах підвищеної температури значно поліпшуються умови для утворення біогазу, натомість при знижених температурах істотно знижується (впритул до припинення) активність мікроорганізмів. До різких змін температурного режиму штами метаноутворюючих бактерій дуже чутливі, а саме реагують зменшенням метаболічної активності та припиняють розмножуватися. У кінцевому підсумку температурний режим здійснює відчутний вплив на якісний склад біогазу. Коливання температури має лежати в діапазоні кількох градусів у випадку психрофільного терморегіму, одного градуса для випадку мезофільного терморегіму та половини градуса для випадку термофільного терморегіму. На результат вибору режиму зброджування органічної

речовини чинять вплив кліматичні умови, в яких знаходиться біогазові установка. Так, для термофільний режим зброджування вимагає підведення значної кількості теплоти ззовні, що очевидно збільшує витрати енергії для клімату з холодними зимами. З цієї причини для умов клімату України найдоцільніше використовувати біогазові установки з біореактором для температур що відповідають мезофільному режиму.

Вплив кислотності середовища. Зважаючи на нижчу метаболічну активність і розмноження метанових бактерій порівняно із кислотоутворюючими в процесі зброджування органічних речовин може сформуватися надлишок летючих кислот. Останні знижують активність штамів метанових бактерій, при зниженні рівня кислотності нижче 6,5. Частіше рівень кислотності, завдячуючи буферним властивостям органічного субстрату в процесі нерівномірного отримання кислоти, залишається на постійному рівні [16]. Вказані властивості встановлюються шляхом фіксації рівня утворення карбонатів у кількостях перевищуючих кількість вуглекислого газу CO_2 , якій виділяється в процесі бродіння.

Вплив каталізуючих та інгібуючих речовин. Одна із умов безперешкодного розмноження метаноутворюючих бактерій – це наявність поживного середовища, в якому повинні міститися кисень, вуглець, азот, водень, фосфор, сірка. Від наявності вуглецю буде залежати забезпечення процесу енергією, а від наявності сірки – процес утворення білкових сполук та лужних металів. Активність мікроорганізмів буде визначатися співвідношенням в зароджуваному субстраті вуглецю та азоту. Сприятливими для протікання процесу будуть умови при значенні вказаного відношення $\text{C:N} = 1:1,6$. У випадку наявності початковому біосубстраті вуглеводів більшої кількості, ніж білкових речовин, то відбувається процес утворення малої кількості амонійного азоту [17]. Наслідком цього є вихід меншого об'єму метану і більшого об'єму вуглекислого газу та, що в свою чергу призводить до росту виходу кислоти, відповідного росту рівня кислотності та зниження інтенсивності метанового зброджування. З іншого

ракурсу, надлишкове виділення білка та амінокислот спричинює зниження рівня кислотності, наслідком чого є погіршення процесу метаноутворення.

Найкращими поживними речовинами підходящими для ферментації метану є живі організми та їх відходи. Проте відходи органіки різняться по компонентному та хімічному складу. Зброджування складових частин та решток рослинного походження, розкладаються сполуки з вмістом вуглецю, в які було додано речовини багаті на азот (послід курей або свиней) з метою дотримання величини співвідношення C:N в необхідних для процесу зброджування межах [10].

Утворювані під час анаеробного зброджування органічних речовин леткі та жирні кислоти мають важливе значення для процесу утворення метану, адже вони чинять як інгібуючий, так і стимулюючий вплив. У разі надлишкової подачі субстрату, високій його біологічній доступності та великому значенні температури можливе швидкоплинне окислення субстрату, при якому значних величин може досягнути концентрація органічних кислот. При вказаному вмісті летких і жирних кислот відбувається зміна співвідношення оцтової та пропанової кислот і, як наслідок, пригнічення процесу утворення біогазу [11].

Вплив вологості та механічної в'язкості. Для максимально можливого інтенсивного метаболізму та високої швидкості процесів зброджування необхідно постійно підтримувати та оновлювати певне співвідношення твердої та рідкої фаз біологічного субстрату.

Для життя та функціонування метаноутворюючих бактерій нормальним є середовище з вмістом сухої речовини на рівні 8-12%. При цьому механічна в'язкість біологічного субстрату дає можливість твердим решткам гною довільно кочувати в рідині. Верхній рівень концентрації твердих часток, при якому можливе вільне переміщення твердої фази в рідкій, для підкладки з мілкою суспензією твердих часток відповідає рівню 10-12 %. При завищених значеннях вихід біогазу істотно падає. Однак

шляхом активного перемішування субстрату небажаний вплив може бути зменшений [13].

Вплив часу зброджування. Тривалість необхідного відстоювання субстрату в біореакторі складає від 10 до 30 днів для гною та більше ста днів для органіки із рослинних решток. Для повного зброджування біомаси, як правило, потрібен значний час, що змушує до використання великих реакторів. Тому зважаючи на економічні чинники при скороченні часу знаходження біомаси в реакторів відповідно зменшується і вихід біогазу [12].

Проектний час знаходження субстрату в біореакторі перебуває в залежності, з першого боку, від швидкості протікання реакції, яка притаманна кожному типу біоматеріалу, а з другого боку, від цієї ферментації, яка визначає вихід біогазу та нейтралізацію запаху ферментованого осаду (мулу). Теж варто пам'ятати, що із ростом часу ферментації зростає вміст метану CH_4 в об'ємі біогазу, а вміст вуглекислого газу CO_2 натомість зменшується.

Вплив інтенсивності перемішування. В процесі зброджування субстрату інтенсивність біологічного розкладання досягається, коли кількість доданої в біореактор органічної речовини за проміжок часу відповідає кількості речовини що уже знаходиться в реакторі, відповідає об'єму органічної речовини, яка уже розклалася до певного рівня. [16] Додавання меншої маси спричинює менше розкладання біоречовини і менший вихід біогазу, а додавання меншої маси спричинює до недовикористання робочого об'єму біореактора.

Вплив завантаження свіжого субстрату. Для роботи біогазової установки важливим чинником є добова частка завантаження гною. Частка завантаженого біосубстрату залежить від типу сировини, температурного режиму в метантенку, концентрації сухої речовини зброджуваного субстрату. На рис. 1.11 зображена принципова схема управління системою завантаження гною.

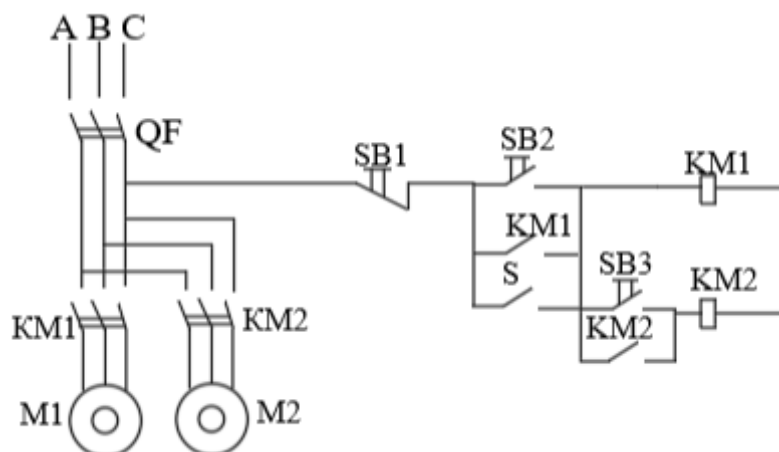


Рис. 1.11. Принципова схема управління системою завантаження гною

1.7 Складові частини біогазової установки

Трансформація залишків органічних речовин на біогаз протікає в результаті ряду біохімічних перетворень. Цей процес має назву ферментація біомаси. Здійснюється це під впливом бактерій та протікає в спеціальних пристроях що носять назву ферментерів. В останніх потрібно створити і на постійній основі підтримувати близькі до оптимальних умови для росту та розвитку популяції метаноутворюючих бактерій в ферментері. Цим буде визначатися собівартість продукowanego біогазу.

Установка по виробленню біогазу – це комплекс споруд та пристроїв, що об'єднані в єдину автоматичну систему контрольованої метанової ферментації.

В залежності від сировини що планується до зброджування будуть мати відмінність біогазова технологія, особливості проведення будівельних робіт, тип використовуваного обладнання. Розрізняють біогазові комплекси по ступінчастості зброджування як одноступеневі та двоступеневі. Для переважної більшості установок застосовується одно етапна технологія, яку прийнято вважати базовою. Для швидкого розкладання субстрату, внаслідок чого вони мають схильність до окислення, доцільно застосовувати

двоступеневу технологію. Двоетапна технологія отримання біогазу відрізняється від одно стадійної наявністю реактора додаткового гідролізу.

Також біогазові установка відіграє активну роль в системі очищення відходів. Кожна очисна система є споживачем енергії і її не виробляє. За рахунок уловлення метану завдячуючи біогазовим установкам можливо вирішити проблему із глобальним потеплінням. Також з допомогою біогазової установки можна отримувати електричну та теплову енергію з одночасною економією грошових коштів для проведення очисних заходів та будівництва і обслуговування очисних споруд.

Основні складові елементи біогазової установки приведені на рис. 1.12.

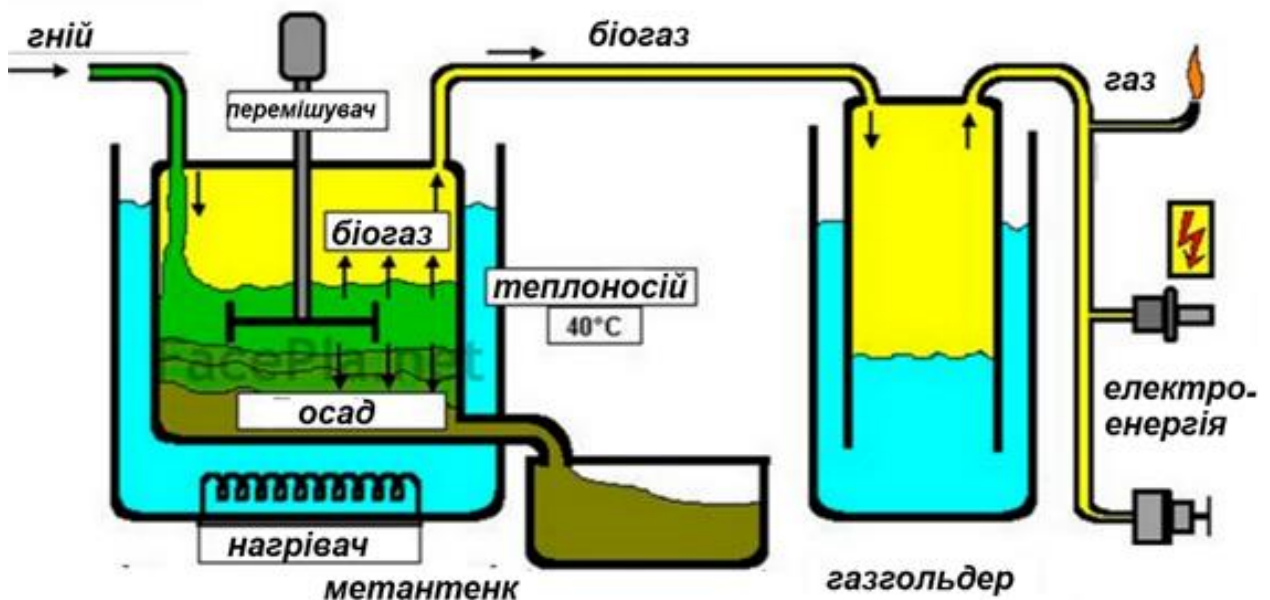


Рис. 1.12. Основні складові елементи біогазової установки

Біосировина поступає в біореактор з ферми через систему подачі гною. Перемішувач не дає можливості твердим частинкам осідати на дні та стінках біореактора. Спеціальний нагрівач підтримує заданий проектний режим метаноутворення в метантенку. Утворений біогаз відводиться через газопровід в накопичувач газу – газгольдер [17] і може бути використаний для отримання тепла або електричної енергії. Зброджений біосубстрат

видаляється через спеціальний отвір та може бути використаний в якості добрива.

1.8 Висновки до першого розділу

В результаті виконання даного розділу можна зробити наступні висновки.

Щороку вартість фотоелементів знижується, що виступає стимулюючим чинником розвитку як комерційних так і приватних сонячних електростанцій.

Надходження випромінення Сонця в умовах України є достатнім для можливості повсюдного застосування сонячних електростанцій в усіх регіонах України протягом року.

Подальший розвиток та впровадження біогазової технології дозволить підвищити рівень енергетичної ефективності, екологічної безпеки підприємств по виробництву продукції тваринництва, птахівництва, переробної та харчової галузі, виступатиме стимулятором розвитку місцевої економіки.

Галузь біоенергетики потребує впровадження програм державної підтримки, адже виробництво біогазу сприяє зниженню енергозалежності країни, дає можливість вирішити актуальні екологічні проблеми (утилізації відходів біологічного виробництва) та соціальні проблеми (створення робочих місць).

РОЗДІЛ 2

ВИЗНАЧЕННЯ СКЛАДОВИХ ЕЛЕМЕНТІВ ГІБРИДНОЇ УСТАНОВКИ З БІОЕЛЕКТРОСТАНЦІЄЮ ТА ФОТОЕЛЕКТРИЧНОЮ СТАНЦІЄЮ

З ціллю проектування гібридної установки з біоелектростанцією та фотоелектричною станцією обране фермерське господарство на території Кіровоградської області. На рис. 2.1 приведений загальний вигляд території фермерського господарства отриманий через сервіс Google maps.



Рис. 2.1. Загальний вигляд території фермерського господарства (вид згори)

Фермерське господарство має в наявності незайняту площу, яка може бути використана з ціллю встановлення сонячної фотоелектричної станції.

Перш за все слід визначити можливий вихід біогазу. Цей газ можна перетворити на електроенергію, за рахунок якої можна вирівняти графік подачі електричної енергії від фотоелектричної станції в мережу живлення.

Тваринницька ферма налічує $N = 800$ голів свиней. Тварини утримуються по боксовій системі. З ціллю підстилаючих матеріалів застосовується солома, система видалення гною самопливна. Визначення проводиться за методикою [12].

2.1 Розрахунок конструктивних параметрів та показників роботи біогазової установки

Визначення об'єму річного та добового виходу гною.

Щодня кожна тварина утворює $m_{\text{екскрементів}} = 15$ кг екскрементів.

З ціллю визначення щоденного виходу води під час видалення гноєвої маси з боксів, де утримуються тварини, прийmemo коефіцієнт, що у випадку самосплавної системи складає $K = 0,4$.

Визначимо кількість води, яка щоденно надходить до системи видалення:

$$m_{\text{H}_2\text{O}} = m_{\text{екс}} \cdot K = 15 \cdot 0,4 = 6 \text{ кг} \quad (2.1)$$

Щодоби на одну тварину необхідно витратити $m_{\text{підс}} = 1$ кг підстилаючих матеріалів (солома).

Визначимо добовий вихід біомаси гною з урахуванням підстилаючих матеріалів:

$$m_{\text{гною}} = N \cdot \frac{m_{\text{екс}} + m_{\text{H}_2\text{O}} + m_{\text{підс}}}{1000} = 800 \cdot \frac{15 + 6 + 1}{1000} = 17,6 \text{ т} \quad (2.2)$$

Визначимо масу біомаси, що поступає за добу в метантенк:

$$m_{\text{біомаси}} = m_{\text{гною}} \cdot 365 = 17,6 \cdot 365 = 6424 \text{ т} \quad (2.3)$$

Визначення впливу параметрів біомаси на загальний вихід біогазу.
Визначимо вміст карбону та азоту в гнойовій масі тварин. Відношення карбону до азоту має рівнятися 10, а вміст азоту $N_N = 3,8\%$.

$$N_C = \frac{m_{\text{гною}} \cdot 365 \cdot N_N}{100} = \frac{17,6 \cdot 365 \cdot 3,8}{1000} = 244 \quad ; \quad (2.4)$$

$$C = 244 \cdot 10 = 2440$$

Визначення рівня вологості вихідної біомаси. Визначимо відсоткове відношення води в гнойовій біомасі та підстилаючих матеріалів:

$$P_{\text{води}} = \frac{m_{\text{H}_2\text{O}} \cdot 100}{m_{\text{екс}} + m_{\text{H}_2\text{O}} + m_{\text{підс}}} = \frac{6 \cdot 100}{15 + 6 + 1} = 27,3\% \quad ; \quad (2.5)$$

$$P_{\text{підс}} = \frac{m_{\text{підс}} \cdot 100}{m_{\text{екс}} + m_{\text{H}_2\text{O}} + m_{\text{підс}}} = \frac{1 \cdot 100}{15 + 6 + 1} = 4,5\% \quad (2.5)$$

Відносна вологість свиного гною: $W_{\text{екс}} = 88\%$.

Вологість підстилаючих матеріалів: $W_{\text{підс}} = 17\%$.

Визначимо вологість біомаси, що надходить в метантенк:

$$W_{\text{гною}} = W_{\text{екс}} - 0,01(P_{\text{підс}} \cdot (W_{\text{екс}} - W_{\text{підс}}) + P_{\text{підс}} \cdot (100 - W_{\text{екс}})) = 81,5\% \quad (2.6)$$

Внаслідок того, що вологість біомаси, потрапляючої в метантенк нижче оптимального рівня (86-91 %), тому необхідно провести додавання води.

Визначимо необхідну кількість води, що слід додати з ціллю одержання оптимальної вологості $W_{\text{опт}} = 88\%$:

$$m_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{m_{\text{біомаси}} \cdot (W_{\text{опт}} - W_{\text{гною}})}{100 - W_{\text{опт}}} = \frac{6424 \cdot (88 - 81,5)}{100 - 88} = 3480 \text{ т} \quad (2.7)$$

Визначимо масу органічної сухої речовини:

$$m_{\text{срг}} = \frac{m_{\text{гною}} \cdot 365 \cdot (100 - W_{\text{гною}})}{100} = \frac{17,6 \cdot 365 \cdot (100 - 81,5)}{100} = 1188 \text{ т} \quad (2.8)$$

Визначимо кількість органіки:

$$m_{\text{сорг}} = \frac{m_{\text{срг}} \cdot v_{\text{сорг}}}{100} = \frac{1188 \cdot 73}{100} = 867,6 \text{ т} \quad (2.9)$$

$$m_{\text{сop}} = \frac{m_{\text{сорг}} \cdot v_{\text{сop}}}{100} = \frac{867,6 \cdot 73}{100} = 633,3 \text{ т} \quad (2.9)$$

Визначення основних показників характеризуючих процес метанової ферментації. Визначимо обсяг добового завантаження та загальний об'єм метантенка:

$$G_{\text{доб}} = \frac{\frac{365 \cdot m_{\text{гною}}}{\rho_{\text{гною}}} + \frac{m_{\text{H}_2\text{O}}}{\rho_{\text{H}_2\text{O}}}}{365} = \frac{\frac{365 \cdot 17,6}{1,08} + \frac{3480}{1}}{365} = 25,83 \text{ т}, \quad (2.10)$$

тут $\rho_{\text{гною}} = 1,08 \text{ т/м}^3$ – густина гною при вологості 88%,

$\rho_{\text{H}_2\text{O}} = 1,0 \text{ т/м}^3$ – те саме води,

Визначимо потрібний об'єм камери для бродіння за умови що процес бродіння триває 33 дні:

$$V_{\text{брод.кам.}} = G_{\text{доб}} \cdot 33 = 25,83 \cdot 33 = 852,4 \text{ м}^3, \quad (2.11)$$

Визначимо потрібний об'єм метантенку коефіцієнті заповнення його рівному $\varphi = 0,8$:

$$V_{\text{метантенку}} = \frac{V_{\text{брод.кам.}}}{\varphi} = \frac{852,4}{0,8} = 1065 \text{ м}^3, \quad (2.12)$$

Визначимо діаметр та висоту внутрішнього простору метантенку:

$$d_{\text{внутр}} = \sqrt[3]{\frac{4 \cdot V_{\text{метантенку}}}{\pi \cdot K_v}} = \sqrt[3]{\frac{4 \cdot 1065}{\pi \cdot 0,9}} = 11,4 \text{ м}; \quad (2.13)$$

$$h_{\text{метантенку}} = d_{\text{внутр}} \cdot K_v = 11,4 \cdot 0,9 = 10,3 \text{ м}. \quad (2.14)$$

Визначимо завантаження об'єму бродильної камери:

$$OLR = \frac{\frac{m_{\text{сop}}}{365}}{V_{\text{брод.кам.}}} \cdot 1000 = \frac{\frac{633,3}{365}}{852,4} \cdot 1000 = 2 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3 \cdot \text{добу}}. \quad (2.15)$$

Визначимо розрахунковий річний вихід біогазу:

$$V_{\text{біо.рік}} = \frac{m_{\text{срг}} \cdot v_{\text{сopг}}}{100} \cdot \eta_{\text{гною}} = \frac{1188 \cdot 73}{100} \cdot 450 = 390402 \text{ м}^3, \quad (2.16)$$

тут $\eta_{\text{гною}} = 0,45 \text{ м}^3/\text{кг}$ питомий вихід біогазу з гною.

Визначимо вихід біогазу при обраній технології метанової ферментації:

$$V_{\text{біо}} = V_{\text{біо.рік}} \cdot \eta_X = 390402 \cdot 0,6 = 234200 \text{ м}^3, \quad (2.17)$$

тут $\eta_X = 0,6 \text{ м}^3/\text{кг}$ рівень зброджування.

Визначення енергетичного балансу зброджування. Визначимо кількість теплоти отриманої при місячному використанні біогазу на прикладі грудня. Результати розрахунку для інших місяців приведені в табл. 2.1.

$$Q_{\text{ог}} = \frac{V_{\text{біо}}}{365} \cdot 31 \cdot Q_{\text{н}} = \frac{234242}{365} \cdot 31 \cdot 23 = 457600 \text{ МДж}, \quad (2.18)$$

тут $Q_{\text{н}} = 23$ – нижча теплота спалювання біогазу, МДж/м³.

Визначимо кількість теплоти та витрати енергії, необхідні для процесу отримання біогазу. Втрати енергії для денного підігріву біосубстрату.

$$Q_{\text{добпід}} = m_{\text{гною}} \cdot C_p \cdot (T_{\text{зб}} - T_{\text{кр}}) = 17,6 \cdot 4,18 \cdot (34 + 5) = 2869 \frac{\text{МДж}}{\text{добу}}, \quad (2.19)$$

тут $C_p = 4,18$ теплова ємність біосубстрату, МДж/(т·К);

$T_{кр} = -5^\circ\text{C}$ температура оточуючого середовища для грудня.

Місячні витрати теплової енергії на підігрів:

$$Q_{\text{під}} = Q_{\text{добпід}} \cdot 31 = 2869 \cdot 31 = 88940 \frac{\text{МДж}}{\text{міс}} \quad (2.20)$$

Визначимо втрати теплоти з внутрішнього середовища. При розрахунку приймемо значення середньомісячної швидкості вітру для грудні рівною $v_v = 5,4$ м/с.

Визначимо коефіцієнт теплообміну на зовнішній поверхні метантенка:

$$\alpha_z = 11,6 + 7 \cdot \sqrt{v_v} = 11,6 + 7 \cdot \sqrt{5,4} = 27,9 \quad (2.21)$$

Визначимо опір тепловіддачі на зовнішній поверхні метантенка:

$$R_z = \frac{1}{\alpha_z} = \frac{1}{27,9} 0,036 \frac{\text{м}^2 \times \text{К}}{\text{Вт}} \quad (2.22)$$

Визначимо термоопір теплопровідності теплоізоляційного шару:

$$R_{i3} = \frac{\delta_{\text{см}}}{\lambda_{\text{см}}} + \frac{\delta_{i3}}{\lambda_{i3}} = \frac{0,006}{58} + \frac{0,25}{0,06} = 4,2 \frac{\text{м}^2 \times \text{К}}{\text{Вт}}, \quad (2.23)$$

тут $\delta_{\text{см}} = 0,006$ м – товщина стінок метантенка;

$\delta_{i3} = 0,25$ м – товщина теплоізоляційного матеріалу метантенку;

$\lambda_{\text{см}} = 58 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \times \text{К}}$ – коефіцієнт теплопровідності металевої стінки

метантенка;

$\lambda_{iz} = 0,06 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \times \text{К}}$ – коефіцієнт теплопровідності теплоізоляційного матеріалу (мінеральна вата);

Визначимо коефіцієнт теплопередачі:

$$K_{\tau} = \frac{1}{R_{iz} + R_z} = \frac{1}{4,2 + 0,036} = 0,24 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \times \text{К}}. \quad (2.24)$$

Визначимо площу основи метантенка:

$$S_{\text{осн}} = \frac{\pi \cdot d_{\text{в}}^2}{4} = \frac{\pi \cdot 11,47^2}{4} = 103,3 \text{ м}^2. \quad (2.25)$$

Визначимо площу бічної поверхні метантенка:

$$S_{\text{біч}} = \pi \cdot d_{\text{в}} \cdot h_{\text{м}} = \pi \cdot 11,47 \cdot 10,3 = 372 \text{ м}^2. \quad (2.26)$$

Визначимо площу зовнішньої поверхні метантенка:

$$S_{\text{мет}} = 2 \cdot S_{\text{осн}} + S_{\text{біч}} = 2 \cdot 103,3 + 372 = 578,6 \text{ м}^2. \quad (2.27)$$

Визначимо теплові втрати з середини метантенку:

$$Q_{\text{ввт}} = K_{\tau} \cdot S_{\text{мет}} \cdot (T_{\text{зб}} - T_{\text{кр}}) = 0,24 \cdot 578,6 \cdot (34 + 5) = 5368 \text{ Вт}. \quad (2.28)$$

Виразимо теплові втрати $Q_{\text{ввт}}$ в мегаджоулях:

$$Q_{\text{вт}} = 0,0036 \cdot Q_{\text{ввт}} \cdot 720 = 0,0036 \cdot 5368 \cdot 720 = 13910 \text{ Мдж}. \quad (2.29)$$

Визначимо підсумкові втрати енергії, витрачені на механічне перемішування біомаси:

$$Q_{\text{мех}} = Q_{\text{м}} \cdot V_{\text{мет}} \cdot Z \cdot 3,6 \cdot 31 = 0,05 \cdot 1065,5 \cdot 5 \cdot 3,6 \cdot 31 = 29730 \frac{\text{МДж}}{\text{міс}}, \quad (2.30)$$

тут $Q_{\text{м}} = 0,05 \text{ кВтЧгод/м}^3$ – навантаження на один перемішувач;

$Z = 5 \text{ год}$ – час роботи перемішувача.

Визначимо підсумкові місячні витрати енергії:

$$Q_{\text{заг}} = Q_{\text{під}} + Q_{\text{вт}} + Q_{\text{мех}} = 132584 \text{ МДж/міс}. \quad (2.31)$$

Визначимо кількість біогазу потрібної для дотримання заданого режиму температури в метантенку:

$$V_{\text{бг}} = \frac{Q_{\text{заг}}}{Q_{\text{н}}} = \frac{132584}{23} = 5765 \text{ м}^3. \quad (2.32)$$

Визначимо величину виробництва товарного біогазу:

$$V_{\text{тов}} = \frac{V_{\text{біо}}}{12} - V_{\text{бг}} = \frac{234242}{12} - 5765 = 13756 \text{ м}^3/\text{міс}. \quad (2.33)$$

Визначення енергетичної ефективності біогазової установки.

Визначимо можливу для продажу кількість енергії:

$$Q_{\text{тов}} = V_{\text{тов}} \cdot Q_{\text{н}} = 13756 \cdot 23 = 316400 \text{ МДж}. \quad (2.34)$$

Визначимо величину товарності біогазу:

$$k_{\text{тов}} = \frac{Q_{\text{тов}}}{Q_{\text{бг}}} \cdot 100 = \frac{316400}{457573} \cdot 100 = 69,14 \% \quad (2.35)$$

Визначимо заміну умовного палива в місячному обрахуванні (2.36):

$$B_{\text{уп}} = \frac{Q_{\text{тов}}}{29300} = \frac{316400}{29300} = 10,8 \quad (2.36)$$

Визначимо річну кількість можливої до продажу енергії:

$$Q_{\text{продаж}} = Q_{\text{товрік}} - Q_{\text{ферм}} = 4291100 - 126000 = 4165100 \text{ Мдж} \quad (2.37)$$

Визначення річного скорочення викидів до атмосфери вуглекислого газу:

$$M_{\text{CO}_2} = V_{\text{біо}} \cdot 0,6 \cdot 1,97 = 234242 \cdot 0,6 \cdot 1,97 = 276874 \text{ м}^3 \quad (2.38)$$

Орієнтуючись на результати приведених в табл. 2.1 розрахунків та ставлячи у відповідність 1 м^3 біогазу $2 \text{ кВт} \cdot \text{год}$ згенерованої електроенергії електрогенератором біостанції можливо визначити місячні об'єми генерування електроенергії. Результати розрахунків наведені в табл. 2.2.

Таблиця 2.1 Помісячні показники енергоефективності біогазової установки

Номер місяця	$T_{кр}$, °C	v_v , м/с	$Q_{бг}$, ГДж	$Q_{під}$, ГДж	$Q_{вт}$, ГДж	$Q_{тов}$, ГДж	$V_{бг}$, тис. м ³	$V_{тов}$, тис. м ³
1	-5	5,4	457,6	88,94	13,915	316,4	5,765	13,755
2	-5	5,7	413,3	80,34	11,391	325,0	5,391	14,129
3	2	5,2	457,6	72,98	11,420	334,8	4,962	14,558
4	9	5	442,8	55,18	8,919	355,1	4,079	15,440
5	19	4,4	457,6	34,21	5,350	379,7	3,012	16,507
6	22	3,8	442,8	26,48	4,277	388,5	2,630	16,890
7	22	3,7	457,6	27,37	4,277	387,6	2,668	16,851
8	23	3,8	457,6	25,09	3,922	390,2	2,554	16,966
9	19	4,1	442,8	33,11	5,350	380,8	2,964	16,555
10	12	4,7	457,6	50,17	7,846	361,2	3,815	15,705
11	5	4,9	442,8	64,00	7,610	344,9	4,525	14,995
12	-1	5,2	457,6	79,82	9,186	326,9	5,306	14,214
Всього:			5385,9			4291,1	47,668	186,565

Таблиця 2.2 Щомісячне виробництво електроенергії з біогазу

Номер місяця	$V_{\text{ТОВ}}, \text{м}^3$	$E, \text{кВт}\cdot\text{год}$
1	13 756	27 511
2	14 128	28 259
3	14 559	29 117
4	15 441	30 020
5	16 506	30 118
6	16 891	30 131
7	16 850	30 101
8	16 965	30 031
9	16 554	29 991
10	15 706	29 611
11	14 996	29 582
12	14 215	28 427
Рік	186 567	352 899

Аналізуючи наведені в табл.2.2 дані можна обрати потужність сонячної фотоелектричної станції таким, що її максимальний місячний виробіток електричної енергії був меншим або дорівнював виробництву біогазової установки за той самий період часу.

2.2 Вибір сонячних фотоелектричних модулів

Виконаємо порівняння сонячних фотоелектричних модулів від різних фірм-виробників: Yingli Solar панель Yingli Solar YL-325P-35b, LG панель LG320N1C-G4, JA Solar панель JAM60S03-320/PR.

В табл. 2.3 приведені технічні та електричні показники фотопанелі YL-325P-35b виробництва компанії Yingli Solar Solar.

Таблиця 2.3 Технічні та електричні показники фотопанелі YL-325P-35b

Показник	Величина	Одиниці	Значення
Максимальна потужність	$P_{\max}$	Вт	325,1
ККД фотопанелі	η	в.о.	0,167
Напруга в точці MPPT	U_{MPPT}	В	37,31
Струм в точці MPPT	I_{MPPT}	А	8,721
Напруга ХХ	U_{XX}	В	46,31
Струм КЗ	$I_{KЗ}$	А	9,241
Робоча температура:			
мінімальна	$t_{\min}$	°C	-45
максимальна	$t_{\max}$	°C	85
Маса	m	кг	22
Довжина	a	мм	1962
Ширина	b	мм	994
Товщина	h	мм	42
Снігове навантаження	$P_{\text{сніг}}$	Па	5400
Вітрове навантаження	$P_{\text{вітер}}$	Па	2400

Компанія YingliSolar тривалий час лідирувала в області онлайн-продажу сонячних фотопанелей. Компанія спеціалізується на виробництві сонячних фотоелектричних панелей та наукових дослідженнях в області фотоенергетики.. Обрані до розгляду фотоелектричні модулі виготовляються з полікристалічних елементів розміром 156*156 мм. Кожен фотоелектричний елемент має чотири струмові доріжки, завдячуючи чому підвищується коефіцієнт корисної дії, стабільність під час варіації температурного режиму, стійкість до утворення тріщин надмалого розміру.

Розглянемо сонячну фотоелектричну панель LG320N1C-G4 від компанії LG. В табл. 2.4 приведені його технічні та електричні показники.

Таблиця 2.3 Технічні та електричні показники фотопанелі LG320N1C-G4

Показник	Величина	Одиниці	Значення
Максимальна потужність	$P_{\max}$	Вт	320
ККД фотопанелі	η	в.о.	0,195
Напруга в точці MPPT	U_{MPPT}	В	33,61
Струм в точці MPPT	I_{MPPT}	А	9,531
Напруга ХХ	U_{XX}	В	40,91
Струм КЗ	$I_{KЗ}$	А	10,06
Робоча температура:			
мінімальна	$t_{\min}$	°C	-40
максимальна	$t_{\max}$	°C	90
Маса	m	кг	17
Довжина	a	мм	1641
Ширина	b	мм	1001
Товщина	h	мм	41
Снігове навантаження	$P_{\text{сніг}}$	Па	5400
Вітрове навантаження	$P_{\text{вітер}}$	Па	2400

Обраний фотоелектричний модуль обладнаний системою з використанням дванадцяти струмопровідних доріжок із округленою підкладкою. Це дає можливість знизити втрати енергії внаслідок нагрівання модуля. Сонячне опромінення, потрапляючи на одну із доріжок, заломлюючись потрапляє на активну зону електрогенерації. Натомість в традиційних плоских доріжках сонячне опромінення відбивається.

Розглянемо сонячну фотоелектричну панель JAM60S03-320/PR з приміненням технології PERC та Half-Cell компанії JA Solar. В табл. 2.5 приведені його технічні та електричні показники.

Таблиця 2.5 Технічні та електричні показники фотопанелі JAM60S03-320/PR

Показник	Величина	Одиниці	Значення
Максимальна потужність	$P_{\max}$	Вт	320
ККД фотопанелі	η	в.о.	0,192
Напруга в точці MPPT	U_{MPPT}	В	33,29
Струм в точці MPPT	I_{MPPT}	А	9,61
Напруга ХХ	U_{XX}	В	40,22
Струм КЗ	$I_{KЗ}$	А	10,16
Робоча температура:			
мінімальна	$t_{\min}$	°C	-40
максимальна	$t_{\max}$	°C	85
Маса	m	кг	18,5
Довжина	a	мм	1678
Ширина	b	мм	991
Товщина	h	мм	40
Снігове навантаження	$P_{\text{сніг}}$	Па	
Вітрове навантаження	$P_{\text{вітер}}$	Па	

До переваг даної моделі слід віднести збільшену здатність до поглинання (вище значення ККД), зменшений рівень втрат у разі часткового затінення, значна стійкість до забруднень та механічних пошкоджень

В результаті аналізу технічних та електричних характеристик фотоелектричних панелей обрано фотопанелі JAM60S03-320/PR [10] На рис. 2.2 приведений загальний вигляд фотопанелі JAM60S03-320/PR. Дана модель фотоелектричної панелі була обрана зважаючи на застосування в ній технології PERC та Half Cell а також геометричні розміри, що дають можливість ефективного використання площі відведеної під сонячну електростанцію.

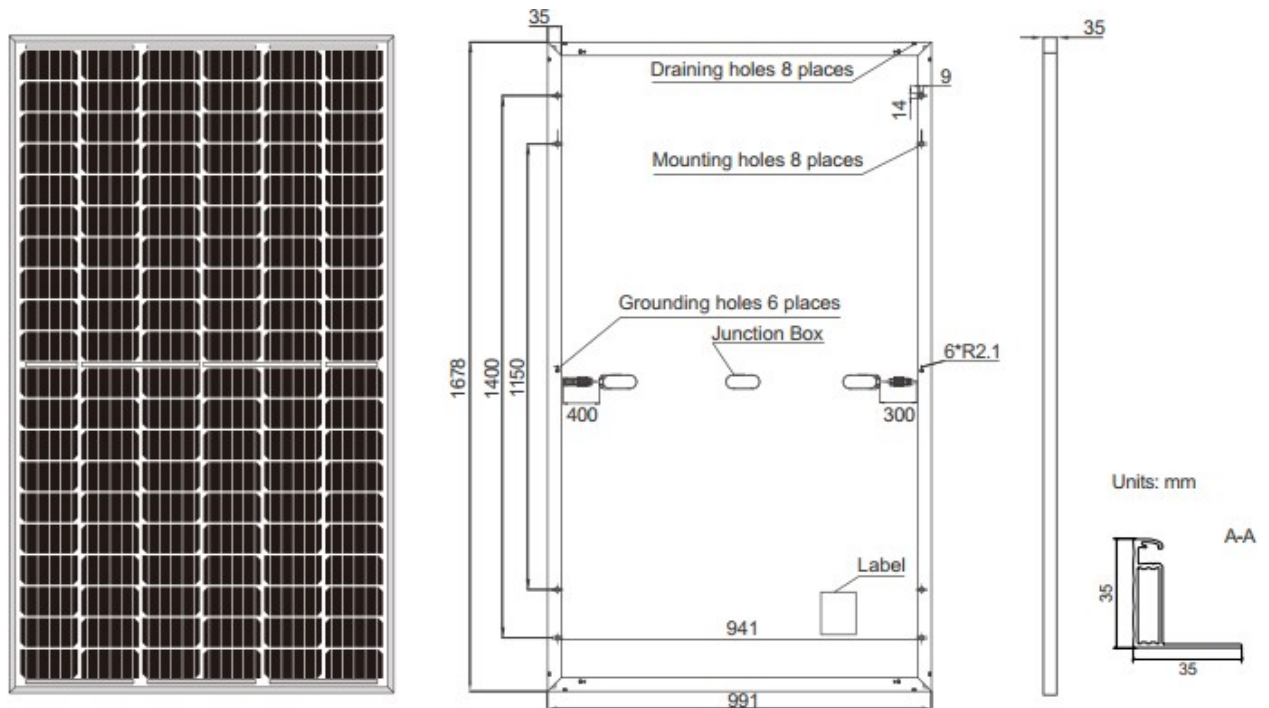


Рис. 2.2. Загальний вигляд фотоелектричної JAM60S03-320/PR

На рис. 2.3 показані вольт-амперні характеристики обраних фотоелектричних модулів JAM60S03-320/PR для різних значень інтенсивності випромінювання Сонця та температури оточуючого середовища, які використовуються з ціллю детального опису їх роботи та комп'ютерного моделювання

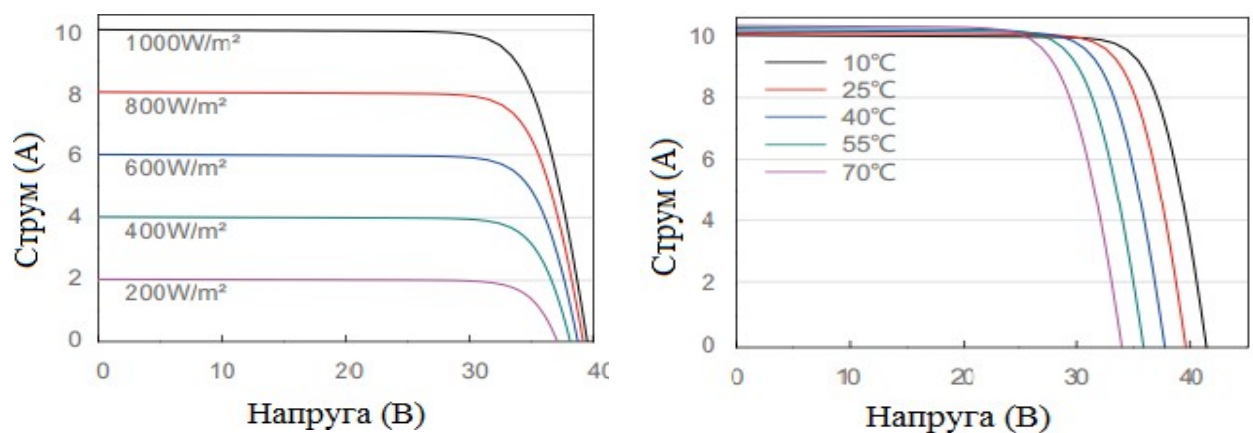


Рис. 2.3. Вольт-амперні характеристики фотоелектричного модуля JAM60S03-320/PR при зміні інсоляції (а) та температури середовища (б)

2.3 Визначення доцільного кута нахилу фотоелектричних модулів

З ціллю обрахунку доцільного кута нахилу фотоелектричних модулів потрібно володіти вихідною інформацією про надходження випромінення Сонця на горизонтальну поверхню для певної місцевості, яка приведена в табл. 2.6, а в табл. 2.7 – годинне змінення сонячного кута [21].

Таблиця 2.6 Інтенсивність випромінення Сонця (Вт/м²)

Номер місяця	Тип сонячної радіації	Час доби					Альbedo, в.о.
		6 ³⁰	9 ³⁰	12 ³⁰	15 ³⁰	18 ³⁰	
1	пряма	0	30	70	10	0	0,36
	розсіяна	0	100	180	60	0	
2	пряма	0	80	150	40	0	0,38
	розсіяна	0	170	260	130	0	
3	пряма	30	190	250	120	0	0,16
	розсіяна	0	250	300	190	0	
4	пряма	110	320	390	200	0	0,15
	розсіяна	20	280	340	230	0,02	
5	пряма	300	450	490	320	0	0,21
	розсіяна	100	320	370	260	0,07	
6	пряма	460	540	620	320	0,03	0,21
	розсіяна	170	330	340	270	0,1	
7	пряма	490	610	620	390	0,03	0,18
	розсіяна	160	290	330	270	0,1	
8	пряма	380	510	610	350	0,01	0,19
	розсіяна	090	230	290	190	0	
9	пряма	110	430	460	220	0	0,19
	розсіяна	0	230	290	190	0	
10	пряма	110	210	280	090	0	0,18
	розсіяна	0	200	230	120	0	
11	пряма	0	200	090	010	0	0,30
	розсіяна	0	120	160	050	0	
12	пряма	0	120	50	0	0	0,2
	розсіяна	0	090	140	030	0	

Таблиця 2.7 Значення сонячного кута на середину місяця

Номер місяця \ Час доби	6 ³⁰	9 ³⁰	12 ³⁰	15 ³⁰	18 ³⁰
1	0	13,40	21,30	7,80	0
2	0	20,41	20,82	15,40	0
3	2,50	30,10	40,40	23,60	0
4	12,60	41,50	52,12	31,50	2,12
5	19,80	49,40	60,71	37,50	7,71
6	22,20	52,40	65,31	41,30	11,80
7	20,10	50,20	63,70	41,30	11,40
8	14,81	44,20	56,10	35,70	6,10
9	8,70	36,40	45,60	25,60	0
10	2,00	27,20	33,60	15,30	0
11	0	18,20	23,80	7,00	0
12	0	13,00	19,70	3,80	0

З ціллю визначення випромінення Сонця потрібно знати кут схилення Сонця. Цей кут утворений напрямком на Сонце та площиною екватора та обраховується по формулі Купера:

$$\delta = 23,45^{\circ} \cdot \sin\left(\frac{360 \cdot (284 + n)}{365}\right), \quad (2.39)$$

тут n – номер дня в році.

Потім визначаються коефіцієнти прямого та директного випромінення:

$$R_B = \frac{\cos\theta}{\cos\Phi}, \quad R_D = \frac{1 + \cos\beta}{2}, \quad (2.40)$$

тут θ – кут між напрямком випромінення Сонця та перпендикуляром до похилої поверхні;

β – кут нахилу фотоелектричних панелей.

Φ – кут між напрямком випромінення Сонця та перпендикуляром до горизонтальної поверхні;

Кут θ обраховується по формулі:

$$\cos \theta = \cos \beta \cdot \cos \alpha + \sin \beta \cdot \cos \alpha \cdot \cos(z - z_s), \quad (2.41)$$

тут α – висота Сонця над горизонтом;

z_s – азимут проекції перпендикуляра площини на горизонтальну площину.

z – азимут Сонця;

Інтенсивність випромінення Сонця, яка відбивається від земної поверхні та надходить на похилу поверхню, обраховується так:

$$I_{Rt} = \frac{(1 - \cos \beta) \cdot p \cdot (I_B + I_D)}{2}, \quad (2.42)$$

тут p – коефіцієнт альbedo земної поверхні).

Результуюче випромінення Сонця, яке поступає на похилу поверхню:

$$I_t = I_B \cdot R_B + I_D \cdot R_D + I_{Rt}. \quad (2.43)$$

В роботі добове освітлення обраховується на даних метеорологічних спостережень (дані із довідникової літератури) і знаходиться додаванням середньогодинних величин інтенсивності випромінення:

$$W_t = \Delta h \cdot \sum I_{(n,i)}, \quad (2.44)$$

тут Δh – часовий проміжок між сусідніми відліками;

$I_{(n,i)}$ – середня величина випромінення на n -ий день для i -го відліку.

Обрахунки проведені для значення кута 15° , 30° та 45° зведені в табл. 2.8 та показані на рис. 2.3.

Таблиця 2.8 Добове випромінення середину кожного місяця, Вт·год/м²

Номер місяця	Кут нахилу		
	15°	30°	45°
1	1 131	1 291	1 401
2	1 991	2 261	2 461
3	3 211	3 491	3 631
4	4 441	4 661	4 661
5	5 991	6 091	5 951
6	7 051	7 031	6 711
7	7 181	7 181	6 851
8	6 041	6 281	6 221
9	4 741	5 191	5 391
10	2 011	1 941	1 811
11	1 781	2 131	2 361
12	1 261	1 541	1 761

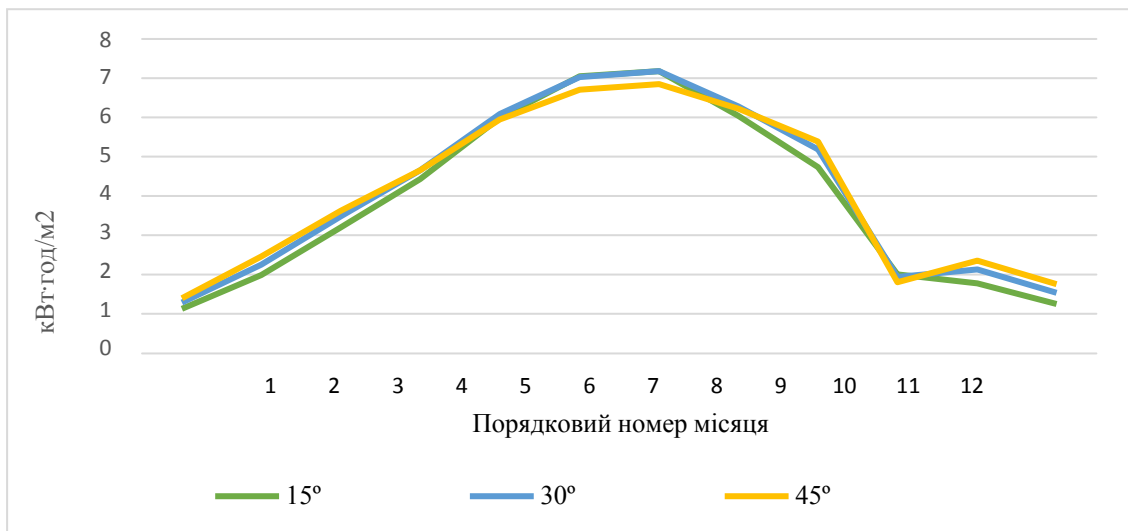


Рис. 2.3 Розраховані для місяців профілі інсоляції

Визначення генерування енергії виконується за формулою:

$$E_{pv} = \eta_{pv} \cdot W_t \cdot S, \quad (2.45)$$

тут η_{pv} – коефіцієнт ефективності фотопанелей;

S – результуюча площа фото панелей з оптимальним кутом нахилу β .

З розрахунковою ціллю слід враховувати Сонячні координати (рис. 2.4) [21], та оцінювати потрібну кількість можливих встановлених панелей, що чинитиме вплив на загальне виробництво фотоелектричної станції.

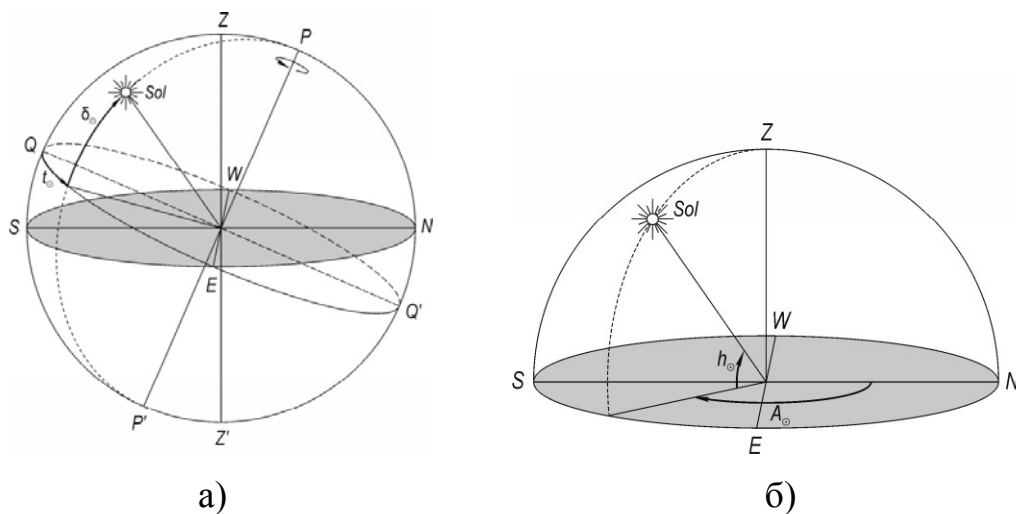


Рис. 2.4 Горизонтальні (а) та екваторіальні (б) координати Сонця

В даній роботі орієнтуючись на помісячні показники генерування електроенергії обрано 450 панелей. Дані щодо річного генерування електричної енергії фотоелектричною станцією зведено до табл. 2.9.

Таблиця 2.9 Дані щодо виробництва електроенергії ФЕС

Кут нахилу	Річне генерування, МВт·год
15°	203
30°	212
45°	213

З числових даних табл. 2.9 приблизно оцінимо величину потужності, що можливо генерувати майбутньою ФЕС:

$$P_{sum} = N \cdot P_1 = 450 \cdot 320 = 144 \text{ кВт} ,$$

Тут P_1 – одинична потужність фотомодуля.

З табл. 2.9 можна побачити, що максимальне річне генерування енергії отримується при куту 45°, та з рис. 2.3 видно що згладженіший графік теж відповідає куту 45°. Тому приймається оптимальний кут нахилу фотоелектричних панелей рівний 45°.

Виконавши обрахунок сумісного генерування електроенергії за допомогою фотоелектричної станції та біогазової установки побудуємо суміщений графік їх роботи (рис. 2.5). З останнього видно, що за мінімального генерування електроенергії фотоелектростанцією недостатчу потужності компенсує біогазові установка, здійснюючи при цьому вирівнювання графіка.

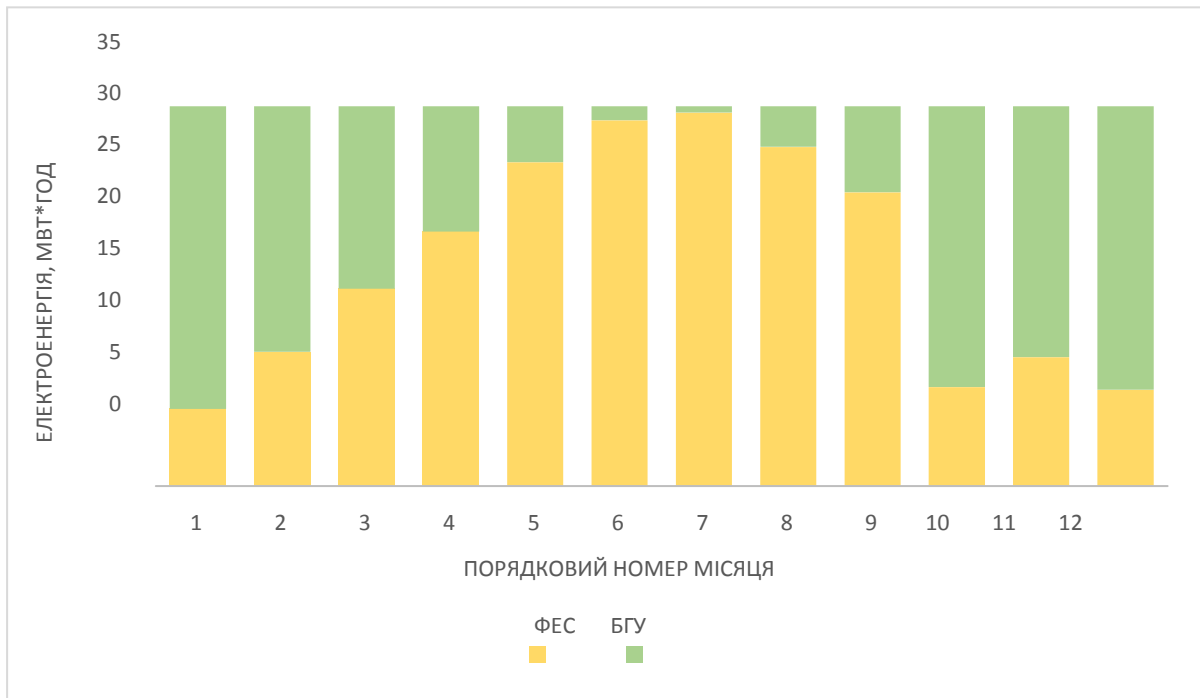


Рис. 2.5 Діаграма генерування електроенергії ФЕС та БГЕ

2.4 Висновки до другого розділу

В розділі виконано аналіз профілю випромінення Сонця та обґрунтовано кут нахилу фотоелектричних панелей величиною 45° . При ньому річне генерування електроенергії фотоелектричною станцією за рік складає 213 МВт·год, що перевищує на 8 МВт·год випадки генерування при куті нахилу 15° та на 1 МВт·год, порівняно з кутом 30° .

Розрахункове річне генерування електроенергії біогазовою установкою для фермерського господарства в Кіровоградській області сягає 352 МВт·год.

РОЗДІЛ 3

ОБЛАДНАННЯ ГІБРИДНОЇ УСТАНОВКИ З ВИКОРИСТАННЯМ БІОЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ ТА ФОТОЕЛЕКТРИЧНОЇ СТАНЦІЇ

3.1 Складові елементи біогазової частини гібридної установки

Головними складовими елементами біогазової установки є:

- ємність для первинного приймання та подрібнення гною;
- біореактор (метантенк);
- ємність для збирання газу (газгольдер);
- нагрівальні елементи для підтримання температурного режиму;
- система перемішування субстрату;
- система керування процесом отримання біогазу.

В попередньому розділі було обраховано потрібні параметри елементів біогазової установки. Орієнтуючись на ці дані проводитимемо підбір параметрів складових елементів конструкції установки. Згідно з виконаними в попередньому розділі обрахунками з підбираємо відповідні потребам складові елементи конструкції.

На рис. 3.1 наведено загальний вигляд ємності для приймання біологічного субстрату. Приймальна ємність укомплектована мішалкою з електроприводом для перемішування вмісту контейнера та насосом для перекачування біосубстрату. Об'єм приймальної ємності дорівнює 15 м^3 , а вартість складає 202,5 тис. грн.

На рис. 3.2 наведено загальний вигляд біореактора для метанової ферментації. Біореактор укомплектований мішалкою з електроприводом, насосом та споряджений тепловою ізоляцією зовнішньої поверхні для перекачування біосубстрату. Об'єм активної зони складає 1000 м^3 , а вартість рівна 3145,5 тис. грн.



Рис. 3.1. Загальний вигляд ємності для приймання біологічного субстрату



Рис. 3.2. Загальний вигляд біореактора для метанової ферментації

На рис. 3.3 наведено загальний вигляд газгольдера для збору біогазу об'ємом 400 м^3 . виготовленого з полімерних матеріалів з мембраною. Вартість газгольдера складає рівна 931,5 тис. грн.



Рис. 3.3. Загальний вигляд газгольдера для збору біогазу

Вироблений біогаз містить значну кількість води та домішкових газів. З ціллю підвищення енергетичних характеристик біогазу необхідно провести його очищення та осушення.

На рис. 3.4 приведений загальний вигляд колонок для очищення біогазу від домішок сірководню. Їх вартість складає 364,5 тис. грн.

На рис. 3.5 приведений загальний вигляд колонки для висушування біогазу, вартість складає 148,5 тис. грн.

Вироблений та очищений біогаз може бути використаний для виробництва електричної енергії в електрогенераторі або для отримання теплової енергії шляхом спалювання у котлі.



Рис. 3.4. Загальний вигляд колонок для очищення біогазу від сірководню



Рис. 3.5. Загальний вигляд осушувальної колонки для біогазу

Приймаємо до установки газовий генератор Generac SG100 потужністю 80 кВт, вартістю 1526,9 тис. грн., загальний вигляд приведений на рис. 3.6. Технічні дані генератора приведені в табл. 3.1.



Рис. 3.6. Загальний вигляд газового електрогенератора

Таблиця 3.1. Технічні дані газового генератора Generac SG100

Характеристика	Одиниця	Значення
Паливо	Одиниця	газ
Тиск газу	кПа	1,24-3,60
Витрата палива	м ³ /ГОД	36,1
Рівень шуму,	дБ	66
Тип запуску		електростартер
Тип генератора		синхронний
Максимальна потужність	кВт	80,0
Максимальний вихідний струм	А	144,0
Розміри: В*Ш*Г	мм	1612*1043*3914
Вага	кг	132

Також обираємо для встановлення одноконтурний газовий котел РИВНЕТЕРМ-56, вартістю 37,8 тис. грн. Загальний вигляд котла приведений на рис. 3.7.



Рис. 3.7. Загальний вигляд газового котла

Для стиснення біогазу необхідний компресор. Обираємо біогазовий компресор у вибухозахищеному виконанні, вартість його 108 тис. грн., а загальний вигляд приведений на рис. 3.8.

Переброджений субстрат може бути використаний в якості рідкого добрива для внесення на поля, або після відділення рідини в гноєвому сепараторі отримати сухі добрива. Обираємо сепаратор для відходів, загальний вигляд якого приведений на рис. 3.9, а вартість 540 тис. грн.



Рис. 3.8. Загальний вигляд вибухозахищеного біогазового компресора



Рис. 3.9. Загальний вигляд сепаратору гною

З метою поєднання всіх складових елементів біогазової установки в єдину систему, підключення електричного обладнання тощо необхідно додатково передбачити витрати на електричне обладнання та матеріали, різноманітні з'єднувальні труби, фітинги та арматуру, інструменти та вимірювальні прилади а також системи автоматичного управління та захисту від блискавки. Витрати по вказаним статтям зведено до табл. 3.2.

Таблиця 3.2. Вартість додаткових витрат для біогазової установки

Назва позиції	Вартість, тис. грн.
Електротехнічне обладнання, провідники, комутуючі апарати та інші матеріали	270
Труби із поліхлорвінілу, фітинги, запираюча арматура	405
Додаткові засоби та інструменти, вимірювальні прилади (в тому числі високого тиску)	270
Система автоматичного управління	540
Система захисту від потрапляння блискавки	67,5
Всього:	1552,5

3.2 Вибір складових елементів сонячної фотоелектричної частини гібридної установки

Головними складовими елементами фотоелектричної частини гібридної установки є :

- сонячні фотоелектричні модулі;
- інвертор;
- низьковольтні з'єднувальні провідники ;
- високовольтний мережевий кабель;
- пристрої захисту від коротких замикань (запобіжники);
- кріплення фотопанелей.

В табл. 3.3 приведений перелік необхідних складових елементів фотоелектричної станції в складі гібридної установки, їх кількість та вартість.

Таблиця 3.3. Складові елементи сонячної фотоелектричної станції

Складова частина станції	Кількість	Вартість, тис. грн.
Фотоелектричний модуль	450	2362,568
Мережевий інвертор	2	258,085
З'єднувальні провідники низької напруги	1610 м	14,175
Мережевий кабель високої напруги	350 м	310,500
Захисний апарат для фотомодулів	9	0,243
Захисний апарат для інвертора	8	8,867
Кріплення фотоелектричних батарей	9	346,421
Роботи з монтажу та пуско-налагоджувальних робіт	1	330,086
Всього		3630,944

Вибір мережевого інвертора. З метою підключення сонячної фотоелектростанції до мережі електроживлення використовується напівпровідниковий інвертор. Обраний для використання в проекті мій системі інвертор ACRUX-50K-TM марки Altek. В табл. 3.4 приведені технічні показники обраного інвертора.

Вибір перерізу з'єднувальних провідників низької напруги. Визначимо величину струму в кабельному провіднику, крізь який транспортуватиметься згенерована електроенергія від фотоелектричної станції до зовнішньої електромережі:

$$I = \frac{P}{U \cdot \sqrt{3}} = \frac{110000}{380 \cdot \sqrt{3}} = 218,8 \text{ А} \quad (3.1)$$

В залежності від величини струму обирається необхідний перетин провідника з табл. 3.5 [21].

Обираємо перетин провідників 95x3 мм², провід ВВГ 3x95.

Таблиця 3.4. Показники інвертора Altek, ACRUX-50K-TM.

Тип інвертора		мережевий
Номінальна вихідна потужність (AC)	кВт	50000
Номінальна вихідна напруга (AC)	В	400
Максимальний вихідний струм (AC)	А	72
Діапазон вихідних робочих частот (AC)	Гц	50±2
Номінальна вхідна потужність (DC)	Вт	56000
MPPT вхід / стринги		3 / 12
Діапазон вхідних робочих напруг (DC)	В	480-800
Номінальна вхідна напруга (DC)	В	620
Максимальна вхідна напруга (DC)	В	1000
Мінімальна вхідна напруга (DC)	В	250
Максимальний вхідний струму (DC) на один MPPT	А	36
ККД	в.о.	0,986
Мінімальна робоча температура	°С	-25
Максимальна робоча температура	°С	60
Максимальна допустима вологість	%	95
Рівень шуму, максимальне значення	Дб	60
Вага пристрою	кг	67
Висота	мм	636
Ширина	мм	1000
Глибина	мм	260

Для підключення фотоелектричних панелей до зовнішньої електромережі обирається мідний трижильний кабель перетином 95 мм². Загальна довжина 350 м. Для сполучення панелей між собою

використовується мідний одножильний кабель TUV Solar перетином 4 мм². загальною довжиною 1610 м.

Таблиця 3.5. Допустимі струм та потужність провідників з мідними жилами

Перетин жили, мм ²	Допустимий струм, А	Допустима потужність, Вт
1,5	15	10 500
2,5	24	16 500
4	31	19 800
6	41	26 400
10	51	33 000
16	76	49 500
35	135	29 700
70	180	118 800
95	220	145 200

Вибір кріпних елементів для фотоелектричних модулів. В роботі було віддано перевагу системі алюмінієвих кріпних елементів metalvis, які можуть використовуватися на будь-яких типах ґрунтів та передбачують варіант зміни кута нахилу фотом одулів до горизонту.

Вибір захисних апаратів. В якості апаратів захисту від позаштатних режимів роботи використовуються запобіжники. Переважаючим критерієм відбору є максимальний робочий струм, що для нашого випадку рівний 9,6 А. Тому обирається запобіжник типу D01 фірми ETI номінальним струмом вимикання 10 А, необхідна кількість їх рівна 9 шт.

Аналогічно проводиться вибір апарату захисту для мережевого інвертора. Обирається запобіжник типу NV-NH 3С / 72А того ж виробника, необхідна кількість складає 8 шт. Величина номінального струму запобіжника рівна 50 А, встановлюються вони на кожному фазному провіднику інвертора та нульовому провіднику.

3.3 Висновки до третього розділу

В цьому розділі роботи було обрано обладнання для гібридної установки з використанням біоелектростанції та фотоелектричної станції. Установка вимагає значних капітальних вкладень, так як біореактор має значні розміри, а фотоелектрична станція включає значну кількість фотомодулів.

РОЗДІЛ 4

ПІДКЛЮЧЕННЯ ДО ЗОВНІШНЬОЇ МЕРЕЖІ ЕЛЕКТРОЖИВЛЕННЯ ГІБРИДНОЇ ЕЛЕКТРОУСТАНОВКИ З ВИКОРИСТАННЯМ БІОЕЛЕКТРОСТАНЦІЙ ТА ФОТОЕЛЕКТРИЧНОЇ СТАНЦІЇ

4.1 Методи та технічні засоби підключення біоелектростанцій до зовнішньої мережі електроживлення

Ефективним методом переробки біологічних відходів є перетворення їх на біогаз. Аналітичний огляд засвідчує, що конструктивно сучасні біогазові електростанції істотно відмінні залежно від функціонального призначення [45-47]. Систематизація переважних видів біогазових електростанцій зображена на рис. 4.1.

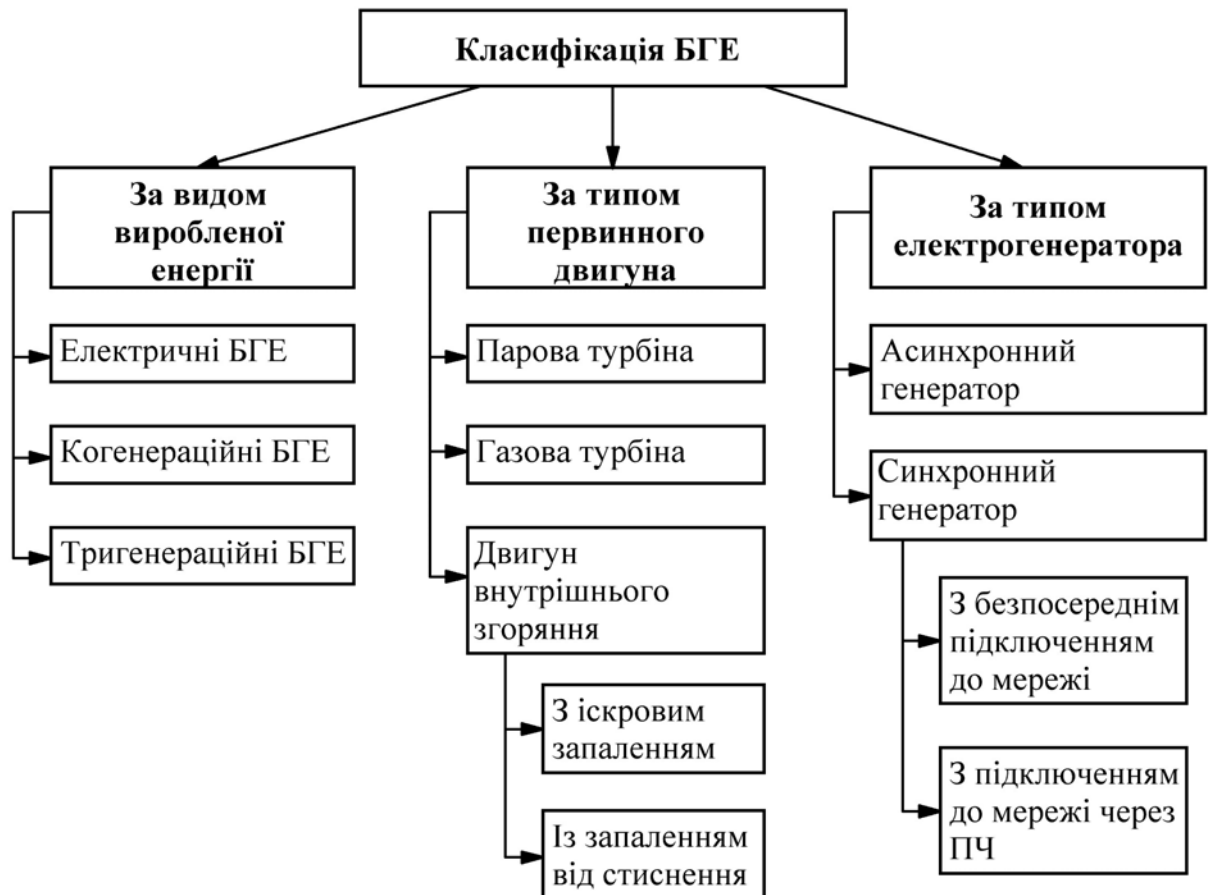


Рис. 4.1. Систематизація переважних видів біоелектростанцій

Результативність процесу виробництва електричної енергії в біоелектростанціях, як і в усіх видах теплових електростанцій, не сягає і 40 %. Це викликано малим коефіцієнтом корисної дії теплового циклу. Тому біоелектростанція, що продукує тільки електроенергію малоефективні. Звертаючи увагу на застосування теплоти в технологічному процесі вироблення біогазу досконалішим підходом є використання когенераційної технології.

Біоелектростанція з використанням когенераційної технології включає двигун, підсистему утилізації тепла, електрогенератор, управляючу систему. Такі біоелектростанції можуть виробляти як електрику так і тепло.

Впровадження технології когенерації дає можливість збільшеного ККД примінення біогазу до 90 – 93% [47, 48]. Відтак когенераційні установки, знайшли найбільше застосування для переведення хімічної енергії біогазу на електрику чи тепло в біогазовій електростанції.

В складі біоелектростанцій в якості двигуна може використовуватися парова турбіна, газова турбіна, двигун внутрішнього згоряння [48]. Парові та газові турбіни застосовуються в біоелектростанціях промислових масштабів значної потужності (понад 1 МВт). В біоелектростанціях середньої та малої потужності частіше знаходять застосування двигуни внутрішнього згорання [47, 48]. Отримали поширення такі типи двигунів внутрішнього згорання: іскрове запалення, запалення від стиснення. Перший вид двигунів застосовує природний газ, біогаз, бензин. Другий тип двигунів працюють від дизпалива або суміші дизелю та природного газу.

Позитивними моментами застосування двигунів внутрішнього згорання в складі біоелектростанцій є їх велика продуктивність, відносно велика ефективність за умов малого навантаження, незначна ціна відносно двигунів інших типів, широкий номенклатурний ряд номінальних потужностей, здатність до самостійної роботи, швидкий пуск (десятки секунд), можливість роботи за малого газового тиску (нижче 1 бар), певна нескладність ремонтних робіт, можливість зміни виду палива [47, 48].

Разом з тим двигуни внутрішнього згорання володіють рядом недоліків: значний шум при роботі, значне відношення вага / потужність виходу, обмежене число пусків. Однак не дивлячись на вказані недоліки двигуни внутрішнього згорання найкраще приміняти для біоелектростанцій в складі гібридних установок.

Для перетворення енергії механічного обертання валу двигуна внутрішнього згорання в енергію електричного струму найбільш поширені синхронні та асинхронні генератори.

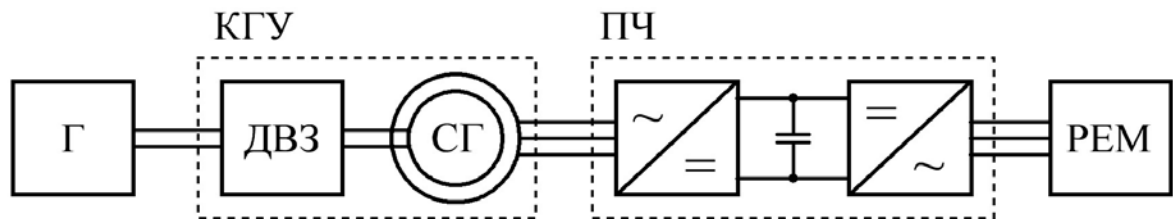
Використання асинхронних генераторів в біоелектростанціях зв'язане з рядом труднощів: відчутне споживання реактивної енергії, ускладненість регулювання режимних параметрів (напруга, частота). Асинхронні генератори тому застосовують в малопотужних біоелектростанціях.

В біоелектростанціях середньої і малої потужності для генерації електричної енергії поширені синхронні машини [47, 48]. Їх перевагами є здатність синхронізації величини параметрів виробленої електрики з електричними параметрами мережі живлення та здібність регуляції величини генерування в широких межах електроенергії. Стабілізація вихідної частоти напруги виконується за рахунок стабілізації швидкості обертання вала двигуна, а регулювання вихідної напруги зміною струму збудження [49, 50]. За цих обставин стає можливим безпосереднє підключення біоелектростанції з синхронним генератором на паралельну роботу з мережею електроживлення.

З характеристики навантаження двигуна [48] видно, що витрата палива на одиницю виробленої механічної енергії буде мінімальна за часткового завантаження. В результаті роботи двигуна з постійною частотою обертання але змінюваному навантаженні розхід палива далекий від оптимального, тому падає ефективність роботи біогазової електростанції загалом.

З метою збільшення ефективності роботи двигуна при змінному навантаженні потрібно регулювати частоту обертання вала, що призведе до зміни частоти напруги на виході генератора. З метою уникнення цього

ефекту генератор біогазової електростанції можливо приєднати до мережі через перетворювач частоти. Відповідна схема підключення приведена на рис. 4.2.



РЕМ – розподільчальна мережа електроживлення; СГ – генератор;

ПЧ – частотоперетворювач генерованої напруги; ДВЗ – двигун;

КГУ – установка генерації електроенергії; Г – накопичувач газу (газгольдер);

Рис. 4.2. Схема підключення генератора біогазової електростанції до мережі через перетворювач частоти

При такому підключенні частота напруги виходу в генераторі стабілізується за допомогою перетворювача частоти. Регуляція видачі електричної енергії біогазовою електростанцією реалізується варіацією подачі кількості біогазу в двигун. Це збільшує ефективність виробництва електричної енергії біогазовою електростанцією та можливості регулювання електрогенерації. Таким чином виконаний аналіз методів та засобів під'єднання біогазових електростанцій до мережі показав найбільшу доцільність використання для цього напівпровідникових перетворювачів, що дає можливість здійснювати гнучке управління об'ємом та показниками виробленої електроенергії.

4.2 Електричні схеми підключення обладнання

4.2.1. Електрична схема підключення фотоелектричних панелей до інвертора. Для нормального функціонування фотоелектричної станції потрібно виконати кваліфіковане підключення фотоелектричних панелей до

інвертора. Результируюча напруга послідовно сполучених панелей має бути рівною або нижчою припустимої вхідної напруги інвертора. Сума струмів у паралельних вітках має бути рівна або нижча тривало допустимого значення. Тому необхідно підключити послідовно 25 панелей, паралельно 9 таких з'єднань. Кожне таке сполучення підключається до одного із стрінгів інвертора. У підсумку до кожного інвертора підключається 225 фотоелектричних панелей. Таким чином всі 450 фотоелектричних панелей всього підключаються до двох інверторів. Схема під'єднання фотоелектричних панелей до інвертора приведена на рис. 4.3.

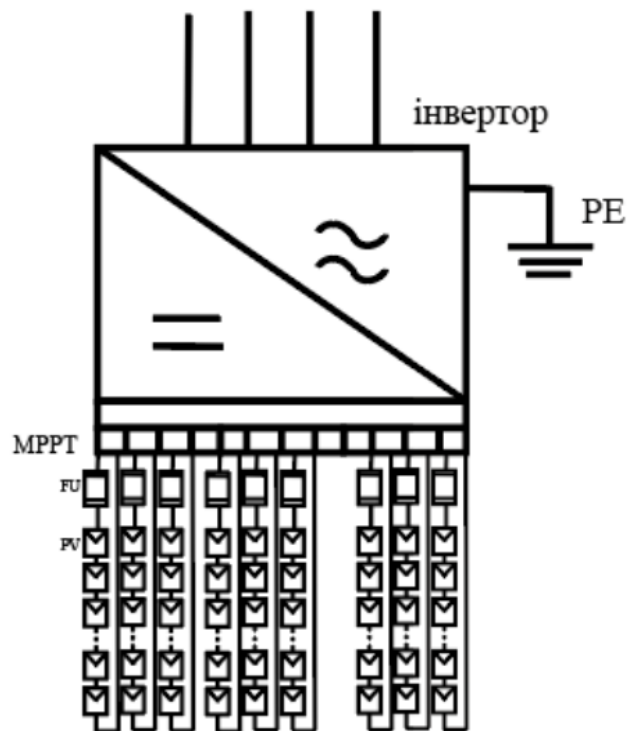


Рис. 4.3. Підключення гібридної станції до зовнішньої мережі електроживлення

4.2.2. Схема підключення гібридної установки до зовнішньої мережі електроживлення. Підключення гібридної станції до зовнішньої мережі електроживлення здійснюється в місці розташування найближчої трансформаторної підстанції, що показано на рис. 4.3. для підключення гібридної електростанції до зовнішньої мережі електроживлення потрібно

350 метрів кабелю. Електрична схема підключення до електричної мережі приведена на рис. 4.4.



Рис. 4.4. Розташування трансформаторної підстанції

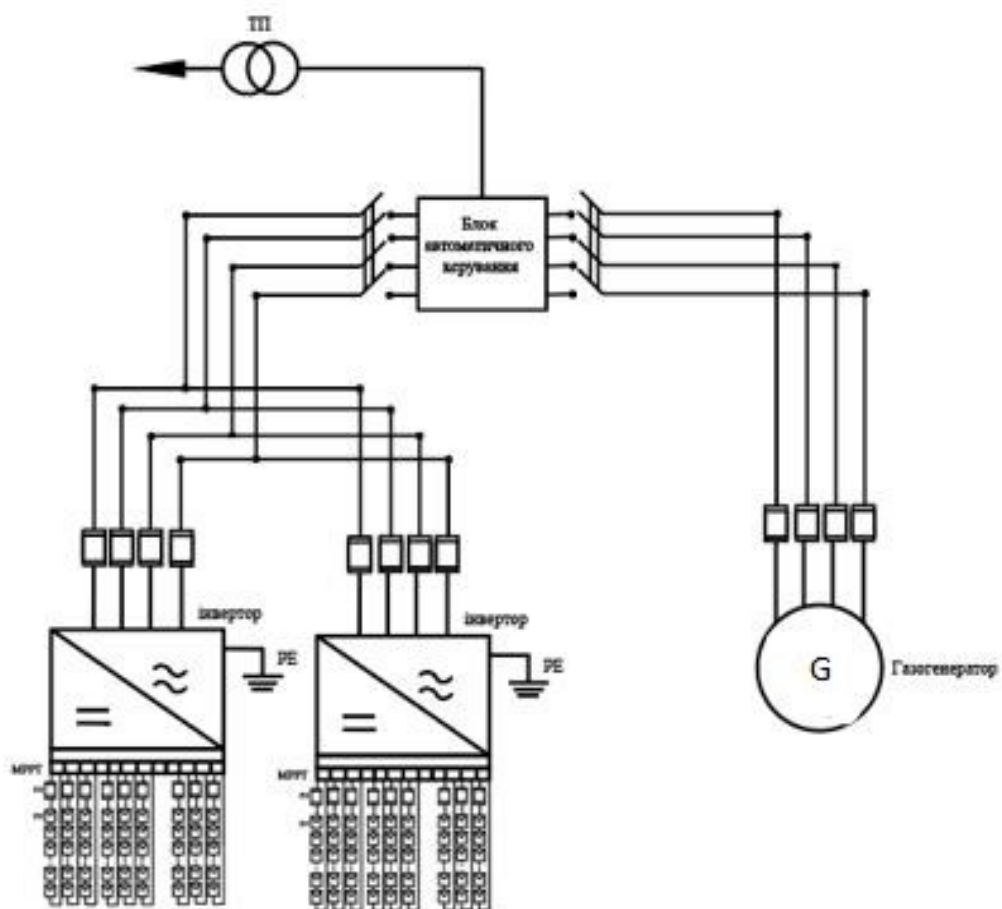


Рис. 4.5. Електрична схема підключення гібридної електростанції до зовнішньої мережі електроживлення

4.3 Висновки до четвертого розділу

В цьому розділі було виконано аналіз способів та методів підключення біогазових електростанцій до електричної мережі. Встановлено, що найбільш ефективно виконувати підключення біогазових електростанцій із синхронним генератором до електричної мережі за допомогою перетворювачів частоти.

Також були розроблені схеми підключення сонячних фотоелектричних панелей до інверторів, інверторів до електричної мережі та біогазової електростанції до електричної мережі.

РОЗДІЛ 5

ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНИЙ АНАЛІЗ ПРОЕКТУ ГІБРИДНОЇ УСТАНОВКИ З ВИКОРИСТАННЯМ БІОЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ ТА ФОТОЕЛЕКТРИЧНОЇ СТАНЦІЇ

Економічний розрахунок. За розрахунками гібридна енергосистема з використанням біогазової та фотоелектричної станції має генерувати в електричну мережу щомісяця 60 МВт·год в місяць, і відповідно 720 МВт·год на рік.

Вартість продаваної електричної енергії рівний 0,13 євроцентів, що за ринковим курсом складає це 5,33 грн за кВт·год. Прибуток від реалізації електричної енергії в мережу живлення рівний 3837,6 тис. грн на рік.

До того ж відходи процесу метанового бродіння можна реалізовувати в якості біологічних добрив і отримувати від цього додаткові фінансові надходження.

Річний об'єм виходу твердої фракції біологічних відходів:

$$БД_{\text{тверд}} = m_6 \frac{W_p - W_{\text{гною}}}{W_p - W_{\text{ш}}} = 6424 \cdot \frac{98 - 88}{98 - 87} = 5840 \text{ т}$$

W_p – відсоток вологості рідкої фракції;

$W_{\text{ш}}$ – відсоток вологості твердої фракції.

Річний об'єм виходу рідкого біодобрива:

$$БД_{\text{рідк}} = m_6 \frac{W_{\text{гною}} - W_{\text{ш}}}{W_p - W_{\text{ш}}} = 6424 \cdot \frac{88 - 87}{98 - 87} = 584 \text{ т}$$

Вартість тони біологічних добрив в твердій фазі складає 700 грн. Значить дохід від річної реалізації складе: $5840 \cdot 0,7 = 4088$ тис. грн на рік.

Вартість літру біологічних добрив у рідкій фазі складає 34 грн. Значить дохід від річної реалізації складе $584\,000 \cdot 0,034 = 1985,6$ тис. грн.

Вартість обладнання, монтажних, будівельних робіт вказано в табл. 5.1

Таблиця 5.1. Економічний розрахунок

Стаття витрат	Ціна, тис. грн.
Обладнання для біогазової електростанції	8557,650
Фотоелектрична станція	3630,944
Роботи з проектування, транспортування, будівництва, монтажу. пуску, налагодження.	594,000
Обладнання упаковки біодобрив	1696,950
Всього:	14479,54
Реалізація електроенергії	3837,60
Реалізація добрив	4088,00
Реалізація рідкого біодобрива	1985,6
Всього:	9911,20

Строк окупності складає 1,46 роки. У випадку коли не рахувати реалізацію біодобрив, то строк окупності становитиме 3,8 років.

Екологічний вплив. Вплив на оточуюче середовище в більшості чиниться в процесі будівництва станції. Забрудниками є будівельні техніка та матеріали. В процесі використання біогазової електростанції негативного впливу на оточуюче середовище не чиниться. Окрім того використання установки приводить до зменшення викидів вуглекислого газу в атмосферу. В результаті згорання 1 м^3 природного газу синтезується $1,97\text{ кг}$ вуглекислого газу. Відомо, що 1 м^3 біогазу за виділенням теплоти відповідає $0,6\text{ м}^3$ природного газу. Тому зменшення викидів вуглекислого газу при заміщенні природного газу біогазом складе:

$$M_{\text{CO}_2} = V_{\text{бго}} \cdot 0,6 \cdot 1,97 = 234242 \cdot 0,6 \cdot 1,97 = 276874\text{ т}$$

Використання біогазової електростанції дозволить скоротити викиди вуглекислого газу в атмосферу на 276874 м³.

Технологія регулювання електрогенерації біогазової установки. Застосування біогазової установки в якості регулятора електрогенерування дозволить згладжувати генерацію електроенергії від джерел що характеризуються нестабільністю електрогенерації. Станом на сьогоднішній день країна конче потребує якомога більше потужності маневрових електростанцій. Це викликано значним ростом встановленої потужності джерел відновлюваної енергетики, електрогенерація яких знаходиться в залежності від погодних умов. Відтак виникає потреба у застосуванні електростанцій з функцією регулювання виробітку електроенергії.

Оцінка техніко-економічних переваг проекту. Переважаючими суперниками пропонованої технології є теплові електростанції.

Проведемо аналіз основних переваг використання біогазової установки для регулювання електрогенерації, щоб зрозуміти в чому відмінності порівняно з існуючими системами.

Порівняно з проектами суперників, пропонований проект передбачає:

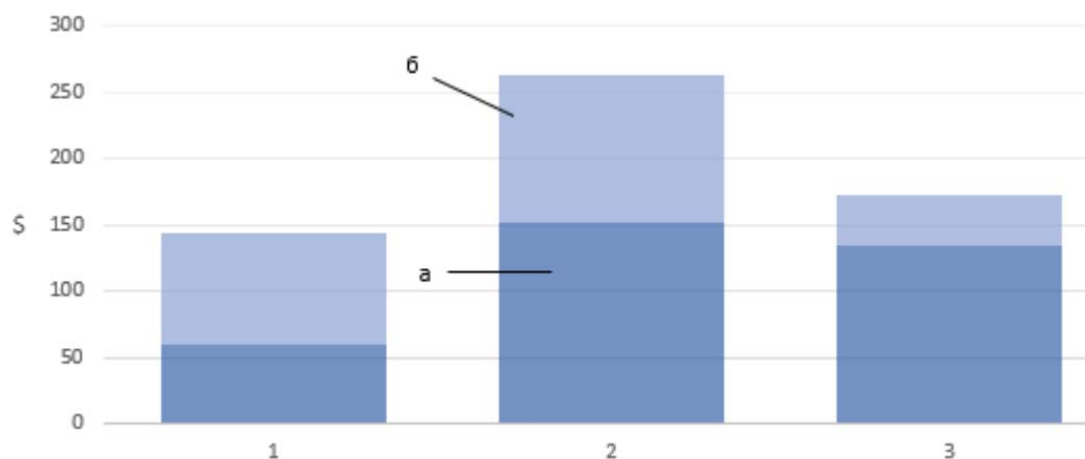
- меншу вартість встановлення та обладнання;
- кращі екологічні показники;
- менша вартість первинної сировини та її транспортування.

Технічний аудит проекту. З метою втілення проекту застосування біогазової установки для регулювання електрогенерації, необхідно підключити біогазову установку поряд із електростанцією, в регулюванні генерування якої існує необхідність. Процес регулювання генерування електроенергії потребує автоматизації, тобто варто встановити систему автоматичного управління, яка здатна вирішити це питання.

Аналіз готовності ринку для початку проекту. Переважним спрямуванням розвитку пропонованого проекту та головним вигодоотримувачем є держава. Оскільки слідом за стрімким розвитком галузі відновлюваної енергетики необхідно впроваджувати балансуючі потужності

електрогенерації. В сьогоденнішніх умовах дана функція в переважній більшості покладена на теплові електростанції та в меншій степені на гідроелектростанції. Економічно доцільний режим роботи теплових електростанцій не передбачає маневрових режимів. Напроти застосування біогазових електростанцій як регулятора генерування електроенергії дозволило б зменшити знос основного обладнання теплових електростанцій, заощадити первинне паливо, зменшити викиди шкідливих речовин в навколишнє середовище.

Порівняння грошової вартості 1 МВт·год генерованої електричної енергії на тепловій електростанції та біогазовій установці виконано на вигляді рис. 5.1.



1 – вугілля, 2 – природний газ, 3 – біогаз. а) найменша вартість, б) найбільша вартість

Рис. 5.1. Грошова вартість 1 МВт год генерованої електричної енергії

Електрична енергія генерована на біогазовій електростанції коштує в 1,2-1,5 разів менше від електроенергії виробленій тепловою електростанцією при спалюванні природного газу.

Кількість шкідливих викидів вуглекислого газу при роботі теплової електростанції та біогазової установки за умови генерування 1 кВт·год електричної енергії зображена у вигляді рис. 5.2.

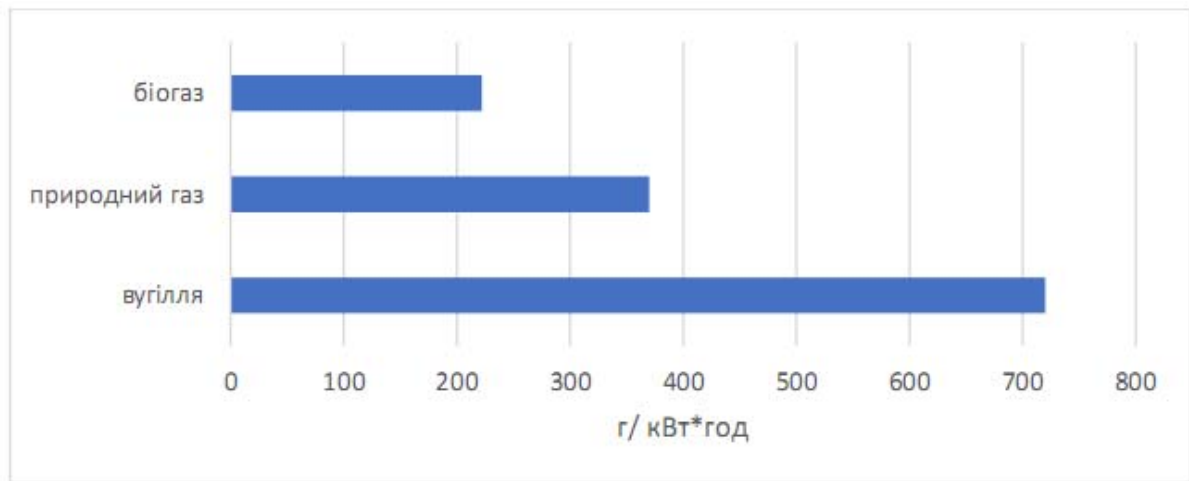


Рис. 5.2. Кількість шкідливих викидів вуглекислого газу

Як видно із рис. 5.2 застосування біогазової установки дозволяє скоротити викиди шкідливого вуглекислого газу до атмосфери в 1,7 разів у порівнянні із роботою теплової електричної станції на природному газі, та більш ніж втричі при спалюванні там же вугілля. Слід зазначити, що під час застосування біогазових електростанцій викиди карбону та сірки в навколишнє середовище істотно скорочуються, адже на таких установках передбачені очисні споруди.

РОЗДІЛ 6

ОХОРОНА ПРАЦІ

Техніка безпеки під час роботи з біогазовими установками. Біогаз на законодавчому рівні визначається в статті першій Закону України «Про альтернативні види палива». Згідно згаданого закону, біогазом є газ, що був отриманий із біомаси, яка застосовується як паливо.

Виділення біогазу відбувається під час бродіння органічних речовин в умовах відсутності доступу повітря. Біогаз – легкозаймистий та вибухонебезпечний. В процесі утворення біогазу паралельно синтезуються й різні хімічні сполуки, що є відходами процесу виробництва біогазу. Переважна більшість біогазових установок працюють в умовах тиску. З метою забезпечення безпечної експлуатації працівників потрібно сумлінно притримуватися визначеного режиму експлуатації, здійснювати контроль за роботою обладнання.

В установках з генерування біогазу в переважній більшості переробляються відходи сільськогосподарського виробництва, гній або спеціальні рослини енергетичних культур (кукурудза, жито, цукровий буряк тощо). Також можливими субстратами можуть бути побічні продукти переробної або харчової промисловості. Це може бути відходи виникаючі при виробництві пивних напоїв (гранули), етилового та метилового спиртів (барда), біодизелю (шрот з ріпака, гліцерин сирий), переробки картоплі (м'якоть), виробництва цукру-піску (буряк, патока), побічні продукти переробки фруктових плодів. Додатково для продукування біогазу можуть бути використані органічні побутові відходи та каналізаційні стоки. Розклад усіх вищезгаданих речовин відбувається за одним і тим самим принципом, проходячи під впливом мікроорганізмів в ферментерах в чотири стадії перетворення на біогаз. Для збору згенерованого біогазу використовується спеціальне технологічне обладнання, або ж він просто використовується в

якості палива на блоці теплової електроцентралі, чи проводиться його очищення до рівня біометану [8].

В процесі виконання проектних робіт по біогазовим установкам мають бути розроблені заходи, які дозволяють забезпечити безпечні умови експлуатації для обслуговуючих установку людей, пристроїв автоматики, пристроїв розподілення тощо у повній відповідності з державними актами.

Важливо під час експлуатування пристрої та обладнання в технології виробництва біогазу а також його застосування слід пам'ятати про те, що метан вибухонебезпечний газ. Вибух може статися у разі, коли суміш метану та повітря містить за обсягом 5-15% метану та 85-95% повітря. У випадку сторонніх витоків біогаз випаровується без слідів та наслідків. Однак це відбувається при умові наявності та нормальної роботи вентиляції. З цих причин на метановій установці та довкола неї потрібно дуже суворо притримуватися заходів з безпеки, протипожежних та проти вибухових.

Окрім метану біогаз також до свого складу включає сірководень та вуглекислий газ. Сірководень несе небезпеку для людського здоров'я, але міститься в незначних кількостях і легко може бути виявлений внаслідок неприємного запаху. Питома вага сірководню перевищує питому вагу повітря, слід зауважити на те, щоб в разі витікання газ не мав змоги накоплюватися у заглибленнях. За високих концентрацій сірководень пригнічує сприйняття запаху, що утруднює його виявлення та можливим стає смертельне отруєння. Однак в біогазі доля сірководню незначна і знаходиться на рівні менше одного відсотка. До складу біогазу вуглекислий газ теж входить. І він накопичуватися в глибинах також може, адже важчий від повітря. Таким чином внаслідок можливих витоків біогазу з установки зростає ризик задухи людей та тварин в низинах або підвальних приміщеннях будівель. [9].

Техніка безпеки під час роботи з фотоелектричними установками. З ціллю уникнення враження електричним струмом за нормальних умов

роботи варто використовувати окремо або в поєднанні заходи захисту від прямого доторкання [20]:

- ізоляція головних струмоведучих елементів;
- огорожувальні перепони та кожухи в електричних установках;
- розташування струмоведучих елементів в зоні, де їх важко досягти;
- розташування струмоведучих елементів на висоті, де персоналу буде важко їх досягти;
- заходи блокування безпеки в фотоелектричних установках.

Заходи захисту від прямого доторкання можна не вживати, в разі низького значення номінальної напруги електроустановки:

- 25 В змінної напруги або 60 В постійної напруги, коли електричне обладнання працює в кімнатах без підвищеної небезпеки враження електрострумом;
- 6 В змінної напруги або 15 В постійної напруги електроустановки у разі її розміщення в небезпечних або особливо небезпечних кімнатах.

Струмоведучі частини мають бути позбавлені можливості випадкового або помилкового дотику з ними [20].

Загальні заходи з техніки безпеки під час роботи. Під час виконання робіт та експлуатації біогазових установок необхідно дотримуватися ряду безпекових заходів. Перелік таких заходів з коротким описом приводиться нижче.

Резервуари для біогазу мають бути розташовані на достатньому видаленні в сторону від житлових будівель, складських приміщень і дорожнього полотна загального використання. Можуть бути допущені наступні мінімальні віддалення: 10 метрів до будівель з м'яким дахом; 5 метрів до будівель з твердим дахом.

Існує заборона на паління та розведення багаття в безпосередній близькості від бензобаків (відстань до 10 метрів, причому мають бути виставлені спеціальні вказівники (таблиці) з характерними помітками.

Є потреба в регулярній перевірці висоти води в баці резервуара для біогазу (циліндричний або кульовий газгольдер). В зимовий час потрібно уникати утворення корки криги. У разі потреби ремонту накопичувачів газу та трубопроводів такі роботи мають виконувати лише спеціалісти (підприємство, що виробляло обладнання), що надважливо при виконанні робіт з відкритим вогнем або виконанні зварювальних робіт в газгольдерах чи трубопроводах [22].

Попередження викиду біогазу та його перемішування з повітрям в замкненому об'ємі змушує до виконання вимоги герметичності газопроводів та здійснення вентиляції редукційних клапанів з випуском повітря.

Випуск повітря з газопроводів перед їх застосуванням реалізується прокачуванням по ним газу.

Засоби гасіння пожежі (вогнегасники) мають бути встановлені на газопроводах проходячих в близькості від газових установок.

Забезпечення відповідної вентиляції в оточенні газопроводів.

У верхній частині приміщення має бути передбачений отвір для вентилявання і виходу біогазу, що володіє меншою густиною як повітря.

Труби газопроводів повинні бути прокладені з нахилом таким чином, щоб обладнання розташовувалося на нижньому рівні відповідальних ліній, так як біогаз включає до свого складу водяну пару.

Необхідно передбачити заходи захисту газопроводів, водороздільників, вогнегасників від замерзання при зниженні температури. Їх замерзання може спричинити пошкодження газогону та переввати подачу газу, істотного зростання тиску газу в метантенку чи газгольдері, які спроектовані на роботу при низькому тиску [22].

Необхідно уникнути виникненні іскор в зоні біогазової установки.

Ємності для тимчасового збереження біогазу, заповнення балонів мають бути спроектовані на роботу під тиском не менш як 16,67 МПа.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Щороку вартість фотоелектричних станцій знижується, що стимулює розвиток як приватних так і комерційних електрогенеруючих потужностей.

Надходження енергії випромінення Сонця на площадки в умовах України достатній для цілі застосування сонячних електричних станцій у всіх регіонах України.

Подальший розвиток та впровадження біогазової технології дозволить підвищити рівень енергетичної ефективності, екологічної безпеки підприємств по виробництву продукції тваринництва, птахівництва, переробної та харчової галузі, виступатиме стимулятором розвитку місцевої економіки.

Галузь біоенергетики потребує впровадження програм державної підтримки, адже виробництво біогазу сприяє зниженню енергозалежності країни, дає можливість вирішити актуальні екологічні проблеми (утилізації відходів біологічного виробництва) та соціальні проблеми (створення робочих місць).

Річне виробництво біогазу на продаж із ферми по вирощуванню свиней на 800 голів може сягти $186\,565\text{ м}^3$. Для проєктованих умов об'єм біореактора має бути рівним 1000 м^3 .

Річний виробіток енергії біогазовою установкою буде рівний 5385900 МДж . Частина енергії отриманої з біогазу потрібно використати для власного споживання, а саме 126000 МДж . Іншу частину енергії можна використати з метою виробництва електроенергії для задоволення власної потреби в електриці в ті години доби, коли виробництво електроенергії від сонячної фотоелектричної станції знижена.

На основі обрахунків виробництва електричної енергії від біогазової електростанції обрано 450 фотоелектричних панелей. Кут нахилу до

горизонту фотоелектричних панелей був визначений і рівний 45€, обчислені щомісячні потужності та щомісячна генерація фотоелектричної станції.

Був проведений вибір складових елементів для гібридної установки з біогазовою електростанцією та фотоелектричною станцією, підбрано обладнання для них. Розробка та впровадження гібридної фотоелектричної станції вимагає значних капітальних вкладень.

Був визначений строк окупності біофотостанції та рівень її екологічного впливу на оточуюче середовище. Гібридна електростанція окупається за термін 1,46 років в разі реалізації біодобрив, або за менш як чотири роки за умов реалізації лише електричної енергії. Біофотостанція знижує рівень викидів вуглекислого газу в атмосферу, при цьому не чинить негативного екологічного впливу.

Для підтримання безпечних умов роботи були розроблені заходи з охорони праці та безпечної експлуатації обладнання біогазової та фотоелектричної станцій.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Энергетична стратегія України на період до 2035 року «Безпека, енергоефективність, конкурентоспроможність» Режим доступу: <http://zakon.rada.gov.ua/laws/file/text/58/f469391n10.pdf>
2. Кириленко О. В. Технічні аспекти впровадження джерел розподіленої генерації в електричних мережах / О. В. Кириленко, В. В. Павловський, Л. М. Лук'яненко // Технічна електродинаміка. – 2011. – № 1. – С. 46–53.
3. Закон України «Про електроенергетику». Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/575/97-%D0%B2%D1%80>
4. Державне агенство з енергоефективності та енергозбереження України. Офіційний сайт. Режим доступу: <http://saee.gov.ua/uk/news/2450>
5. Національна енергетична компанія Укренерго. Офіційний сайт. Режим доступу: <https://ua.energy>.
6. Twidell J., Weir T. Renewable Energy Resources ED2. – New York, Taylor & Francis, 2012. – 601 P.
7. Нетрадиційні та відновлювані джерела енергії: підручник / С.О. Кудря. – К.: НТУУ «КПІ», 2012. – 492 с.
8. Возобновляемые источники энергии: учебное пособие для вузов / А.Дж. Обозов, Р.М. Боптаев – Бишкек, 2010. – 218 с.
9. Мхитарян Н.М. Энергетика нетрадиционных и возобновляемых источников. Опыт и перспективы. – К.: Наук. Думка, 1999. – 320 с.
10. Баскаков А.П., Мунц В.А. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии: учебн. для вуз. – М.: Изд. Дом «БАСТЕТ», 2013. 368 с.
11. Германович В., Турилин А. Альтернативные источники эрергии и энергоснабжение. Практические конструкции по использованию ветра, солнца, воды, земли, биомассы. – СПб.: Наука и Техника, 2014. – 320 с.
12. Альтернативная энергетика без тайн / Стэн Гибилиско. М.: Эксмо, 2010. – 368 с.

13. Праховник А.В. Малая энергетика: распределенная генерация в системах энергоснабжения. – К.: «Освита Украины», 2007. – 464 с.
14. Щербина О. Енергія для всіх. Технічний довідник з енергоощадності та відновлюваних джерел енергії. – Ужгород, 2007. – 336 с.
15. Жежеленко И.В. Показатели качества электроэнергии и их контроль на промышленных предприятиях / И.В. Жежеленко, Ю.Л. Саенко. М.: Энергоатомиздат, 2000. – 252 с.
16. Patel R Wind and Solar Power System / R. Patel, R. Mukund – CRC Press, 1999. – 350 p.
17. Баадер И. Биогаз: теория и практика / И. Баадер, Е. Доне, М. Бренндер-фер; пер. с нем. с пред. М.И. Серебряного. – М.: Колос, 1982. – 148 с.
18. Неисчерпаемая энергия. Кн. 3. Альтернативная энергетика. / В.С. Кривцов, А.М. Олейников, А.И. Яковлев. – Харьков: Нац. аэрокосм. ун-т «Харьк. авиац. ин-т», Севастополь: Севаст. нац. техн. ун-т, 2006. – 643 с.
19. Басок Б.И. Анализ когенерационных установок. Часть 1. Классификация и основные показатели [Текст] / Б.И. Басок, Е.Т. Базеев, В.М. Диденко, Д.А. Коломейко//Пром. теплотехника. - 2006. - Т.28, №3. - С. 83-89.
20. Тарахтий О.С. Система автоматического управления когенерационной энергетической установкой учитывающая изменение качества топлива Автореф. дис. канд. техн. наук. – Одесса, 2015.
21. Хватов О.С. Дизель-генераторная электростанция с переменной частотой вращения вала / О.С. Хватов, А.Б. Дарьенков, И.М. Тарасов // Вэстник ИГЭУ. Вып 2. – 2010 – С.
21. Blaabjerg F. Overview of Control and Grid Synchronization for Distributed Power Generation Systems / F. Blaabjerg, R. Teodorescu, M. Liserre, A.V. Timbus // IEEE Transactions on Industrial Electronics, vol.53, no.5, pp.1398-1409, Oct. 2006.

22. Blaabjerg F. Power electronics as an enabling technology for renewable energy integration / F. Blaabjerg and Z. Chen // J. Power Electron., vol. 3, no. 2, pp. 81–89, Apr. 2003
23. Blaabjerg F. Power electronics as efficient interface in dispersed power generation systems / F. Blaabjerg F, Z. Chen, S. Kjaer // IEEE Trans. Power Electron., vol. 19, no. 5, pp. 1184–1194, Sep. 2004
24. Blaabjerg F., Liserre M., Ma K. Power Electronics Converters for Wind Turbine Systems / F. Blaabjerg, M. Liserre, K. Ma // IEEE Transactions on Industry Applications. – 2012. – Vol. 48. – No.2. – P. 708–719.
25. Power electronics and reliability in renewable energy systems. / F. Blaabjerg, K. Ma, D. Zhou
26. Технічні характеристики інверторів SMA – Каталогова інформація. Режим доступу: <https://www.sma.de/en.html>
27. Технічні характеристики інверторів Steca – Каталогова інформація. Режим доступу: <https://www.steca.com>
28. Технічні характеристики інверторів ABB – Каталогова інформація. Режим доступу: <https://new.abb.com/power-converters-inverters/solar>
29. Технічні характеристики інверторів Froniys – Каталогова інформація. Режим доступу: <https://www.fronius.com/en/photovoltaics>
30. Технічні характеристики інверторів SofarSolar – Каталогова інформація. Режим доступу: <http://www.sofarsolar.com/products>
31. Технічні характеристики інверторів Huawei – Каталогова інформація. Режим доступу: <http://huawei.energy/ua/products/>
32. Технічні характеристики інверторів KACO – Каталогова інформація. Режим доступу: <https://kaco-newenergy.com/products/>
33. Технічні характеристики інверторів Samil Power – Каталогова інформація. Режим доступу: <http://www.samilpower.com/>
34. Вибір системи електропостачання з відновлювальними джерелами / Т.Г. Сабірзянов, П.Г. Плешков, М.В. Кубкін, В.П. Солдатенко / // Вісник ХНТУСГ ім. П. Василенка. Технічні науки. Вип. 117. «Проблеми

енергозабезпечення та енергозбереження в АПК України» – Харків: ХНТУСГ, 2011 – С. 17–19.

35. Математична модель фотобатареї як джерела електричної енергії / Т. Г. Сабірзянов, М.В. Кубкін, В.П. Солдатенко, О.А. Козловський // Збірник наукових праць Кіровоградського національного технічного університету. Техніка в сільськогосподарському виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація. – Кіровоград: КНТУ, 2012. – Вип. 25, ч. 1. – С. 331-335.

36. Duffie J. Solar engineering of thermal processes / J. Duffie, W. Beckman. – John Wiley & Sons, Inc, New York – 1980.

37. Основні тенденції ефективності використання біогазу в Україні. Ю.В. Охота, К.В. Козак. – 7 с.

38. Градовий В.В. Еколого-економічна оцінка та напрями забезпечення виробництва біогазу- Магістерська робота-Тернопільський національний економічний університет-2017р. – 10 с.

39. Т.Г. Сабірзянов, проф., д-р техн. наук, О.І. Сіріков, доц., канд. Техн. наук, М.В. Кубкін, асист., В.П. Солдатенко, асист. //Алгоритм визначення густини потоку сонячного випромінювання на довільно-орієнтовану поверхню. Техніка в сільськогосподарському виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація., 2012, вип. 25, ч.І, стр. 303-312;

40. Вимоги безпеки під час роботи з установкою для отримання біогазу. М.С. Лемешев, А.Д. Майданюк – 13 с.

41. Возобновляемые источники энергии. Установки биогазовые. Общие технические требования. Режим доступа:

<http://www.proagro.com.ua/reference/standard/bio/982.html>

42. Біогазові проекти в Україні: перспективи, наслідки та регуляторна політика. Трипольська Г.С., Дячук О.А., Подолкць Р.З., Чепелєв М.Г. – 20 с.

43. JA Solar. Режим доступу: <https://ja-solar.com.ua/#kompaniya>;

44. Перспективи виробництва та використання біогазу в Україні. Гелетуха Г.Г., Кучерук П.П., Матвеєв Ю.Б. – 5с.

45. Вихід біогазу з різних видів субстратів. Компанія «Biteco Biogas».

Режим доступу:

<http://www.biteco-energy.com/vygod-biogaza-iz-razlichnogo-syrya-2/>

46. В Україні зросли потужності біогазових установок. Режим доступу:

<https://nachasi.com/2018/03/26/potuzhnosti-biogazovyh-ustanovok>

Біогазові установки на енергетичних культурах - технологія отримання біогазу. 47.

Режим доступу: <http://www.biteco-energy.com/energeticheskie-kultury-2/>

48. Біогаз: сировина і особливості виробництва.

Режим доступу: <https://eenergy.com.ua/terminology/biogaz/>

49. Особливості анаеробного процесу бродіння в біогазових установках

Режим доступу:

https://web.posibnyky.vntu.edu.ua/fbteg/ratushnyak_energozber/13.html

50. Біопаливо: види і джерела отримання. Режим доступу:

<https://eenergy.com.ua/baza-znan/biopalyvo-vydy-dzherela/>

51. НПАОП 40.1-1.21-98. «Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів». К.: Державний комітет України з нагляду за охороною праці, 1998. – 180 с.;

52. Охорона праці та проти пожежна безпека <http://www.hrebinka.org.ua>

24 Дневник гелиотехника. Режим доступу: <https://www.atmosfera.ua/uk/>

53 Экотехник Украина Групп. Режим доступу: <http://ekotechnik.com.ua/>

54. Типи сонячних панелей.

Режим доступу: <https://sonceprom.com/typy-soniachnykh-panelei/>

55. Сонячний колектор.

Режим доступу: <http://altenergo.biz/sonyachniy-kolektor/>

56. Сонячна батарея, полікристал чи монокристал, що вибрати? Режим доступу: <http://lenta.lviv.ua/other/2017/08/30/121936.html>