

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет прикладних інформаційних технологій та електроінженерії
(повна назва факультету)
Кафедра Електричної інженерії
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
Коваль В. П.
(підпис) (прізвище та ініціали)
« 27 » січня 2025 р.

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступеня бакалавр
(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 141 – електроенергетика, електротехніка та електромеханіка
(шифр і назва спеціальності)
студенту Галичаку Арсену Михайловичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Система електропостачання фермерського господарства із використанням біогазової установки

Керівник роботи Бабюк Сергій Миколайович, к.т.н.
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від « 24 » січня 2025 року № 4/7-52

2. Термін подання студентом завершеної роботи 20 червня 2025 року

3. Вихідні дані до роботи Існуюча схема електропостачання підприємства, характеристики споживачів електричної енергії, інформація про використання біогазу, параметри біогазової установки.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)
Вступ
1. Аналітичний розділ
2. Розрахунковий розділ
3. Проектно-конструкторський розділ
4. Безпека життєдіяльності, основи охорони праці
Загальні висновки

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, слайдів)
Розрахунок і вибір електричних навантажень. Вибір трансформатора
Вибір апаратури для комутації і захисту від КЗ. Розрахунок та вибір біогазової установки для енергозабезпечення ферми. Схема підключення газового генератора в мережу.
Небезпеки на біогазових установках.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Безпека життєдіяльності, основи хорони праці	К.т.н., доцент Гурик О. Я.		

7. Дата видачі завдання 27 січня 2025 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Вступ	15.02.2025	
2	Аналітичний розділ	28.02.2025	
3	Розрахунковий розділ	31.03.2025	
4	Проектно-конструкторський розділ	30.04.2025	
5	Безпека життєдіяльності та основи охорони праці	01.06.2025	
6	Висновки	10.06.2025	
7	Оформлення пояснювальної записки	15.06.2025	
8	Оформлення графічної частини	15.06.2025	

Студент

(підпис)

Галичак А. М.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Бабюк С. М.

(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Галичак Арсен Михайлович. Система електропостачання фермерського господарства із використанням біогазової установки

Стор.— 55; рис. - 22; табл. - 8; креслень - _; джерел - _; додатків - - .

Ключовим питанням кваліфікаційної роботи є розробка біогазової установки для фермерського господарства, загальне зведення про біомасу, газифікація біомаси, різновиди біогазових установок, схеми їх улаштування, розрахунок електричних навантажень, розрахунки для визначення центру КТП, вибір трансформаторів, вибір силових кабелів, розрахунок струмів короткого замикання, вибір апаратури для комутації і захисту від КЗ, розрахунок біогазової установки для енергозабезпечення, схеми електропостачання і підключення установки.

Ця робота актуальна не лише для конкретного фермерського господарства, але і інших фермерських господарств.

Перелік ключових слів: ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ, БІОГАЗ, БІОГАЗОВА УСТАНОВКА.

ЗМІСТ

ВСТУП	5
1 АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ	7
1.1 Загальні зведення про біомасу	7
1.2 Безпосереднє спалювання біомаси	8
1.3 Газифікація біомаси	11
1.4 Схеми біогазових установок	12
1.5 Висновки до розділу 1	16
2 РОЗРАХУНКОВИЙ РОЗДІЛ	17
2.1 Розрахунок і вибір електричних навантажень	17
2.2 Розрахунок і визначення центру установки КТП	17
2.3 Вибір трансформатора	21
2.4 Вибір силових кабелів	21
2.5 Розрахунок струмів короткого замикання	25
2.6 Вибір апаратури для комутації і захисту від КЗ	26
2.7 Висновки до розділу 2	32
3 ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ	33
3.1 Розрахунок біогазової установки для енергозабезпечення	33
3.2 Схема підключення газового генератора в мережу	42
3.3 Схема підключення генератора в мережу	43
3.4 Висновки до розділу 3	45
4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ	46
4.1 Безпека при роботі з біогазовими установками	46
4.2 Заходи безпеки при небезпечних ситуаціях	47
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	52
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	53

ВСТУП

В даний час біомаса є одним з найбільших у світі джерел відновлюваної енергії значний потенціал для розширення виробництва тепла, електроенергії та інших галузей транспорту.

Проте сучасні відновлювані джерела енергії (ВДЕ) у світовому енергетичному балансі займають не так багато— близько 14%, а частка біомаси - близько 1,8%. Проте, як показує досвід, пропозиція енергоресурсів на ринку викликає значні коливання та сильні зміни цін. Це свідчить про те, що роль відновлюваної енергетики у зміцненні стабільності на ринках енергоресурсів продовжує зростати.

За оцінками, до 2040 року частка відновлюваних джерел енергії досягне 47,7% на гектар, а частка біомаси – 23,8% на гектар. У разі спрощеного управління біоенергетика виділяє такі аспекти:

- ще один великий внесок у глобальну первинну енергетику;
- викиди парникових газів будуть значно скорочені так отримаємо й інші екологічні переваги;
- внутрішня біомаса та імпорту мінеральних видів підвищення енергетичної безпеки та торгового балансу;
- можливості економічного та соціального розвитку сільської місцевості;

Активне використання сировини та відновлюваних джерел енергії в сільському господарстві Америки (США, Бразилія, Канада), Азія (Японія, Китай) та Європа (Німеччина, Фінляндія, Італія, Іспанія, Швейцарія, Франція та ін.) є одним із пріоритетів національної політики. Для стимулювання виробництва біонафти, у різних країнах розроблені заходи, такі, як: законодавче регулювання, податкові пільги, планування обсягів виробництва, бюджетна підтримка тощо.

Вищесказане дає уявлення про можливості біоенергетики, проблеми та ризики, пов'язані з його інтенсивним впровадженням. Метою цього дипломного

проекту є розуміння можливостей і необхідності сталого розвитку біоенергетики.

Метою кваліфікаційної роботи є розробка системи електропостачання фермерського господарства із використанням біогазової установки яка спрямована на забезпечення електропостачання споживачів.

Основними завданнями даної роботи є: характеристика споживачів сільськогосподарського підприємства, визначення електричних навантажень; розрахунок та вибір електричного обладнання; розрахунок і вибір біогазової установки; питання електробезпеки підприємства для працівників ферми.

1 АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ

1.1 Загальні зведення про біомасу

Використання органічних відходів для отримання рідкого або газоподібного палива на даний час є достатньо перспективним. Це дозволяє вирішити енергетичні, економічні та екологічні проблеми сьогодення, тому привертає багато уваги фахівців у різних галузях. Біогазова установки дуже суттєва для сільського господарства, де є велика кількість органічних відходів.

Термін біомаса (БМ) - це органічні речовини рослинного та тваринного походження, такі як: гній, солома, деревина, також до біомаси відносять органічні міські відходи. Біомаса є четвертим за значенням паливом у світі, що дорівнює 1250 млн. т. і становить близько 15% головних видів первинної енергії (в країнах, що розвиваються становиться близько 42%).

Вона відіграє суттєву роль і в промислово розвинених країнах – у середньому 2,8% загального енергоспоживання: у США її частка становить 4%, у Данії – 6%, у Канаді – 7%, в Австрії – 13%, у Швеції – 16%, у Фінляндії - 20% (максимальна частка для розвинених країн). Як паливо біомаса має багато переваг: відсутність або не велика кількість викидів сірки та збереження вуглекислого газу CO_2 в атмосфері. Найбільш широко використовується в даний час рослинна біомаса. Біомаса рослинництва на суші дорівнює $2,4 \cdot 10^{12}$ т. За іншими даними вона становить $8 \cdot 10^{11}$ т, що еквівалентно $3 \cdot 10^{21}$ Дж. Шляхом фотосинтезу виробляється понад 170 млрд т. речовини (з розрахунку на суху масу), що приблизно в 20 разів перевищує енергію корисних копалин. Ми використовуємо як їжу лише 0,05% рослинної маси, що вирощується щорічно на Землі.

На практиці використовуються такі методи переробки біомаси з метою одержання енергії:

- пряме спалювання для безпосереднього отримання теплоти;

- піроліз (суха перегонка), спрямований отримання максимального обсягу газоподібного палива (переважно водню і СО). Генераторний газ має теплоту згоряння в межах 4-8 МДж/м³;
- спиртова ферментація з метою одержання з біомаси етилового спирту (етанол);
- анаеробне зброджування, що є найперспективнішим засобом отримання палива з органічної маси. Внаслідок дії анаеробних бактерій з біомаси отримують біогаз, що складається здебільшого з метану (50-80%) і двоокису вуглецю (20-50%) зі слідами сірководню, аміаку та інших речовин.

За добу з екскрементів однієї тварини можна отримати біогазу, м³:

- великий рогатий худобу (живий вага 500-600 кг) - 1,5;
- свиня (маса 80-100 кг) - 0,2;
- курка - 0,015.

Відомі наступні режими анаеробного метанового зброджування:

- психофільний (температура процесу зброджування від +15 до +17 °С);
- мезофільний (від +33 до +35 °С);
- термофільний (від +53 до +55 °С).

Розрізняють три типи технологічних процесів анаеробного зброджування біомаси: безперервний, періодичний, акумулятивний.

1.2 Безпосереднє спалювання біомаси

Пряме спалювання палива, у тому числі біомаси, – найдавніший і все ще дуже поширений спосіб отримання тепла.

Процес горіння біомаси є досить складним через неоднорідність її структури. Горючі компоненти БМ є твердими органічними речовинами. У них може бути значна кількість вологи – конденсованої і абсорбційної, причому кількість останньої залежить від вологості навколишнього середовища і може

досягати 50%. У деяких відходах сільськогосподарських культур, таких, як солома, вологість може дорівнювати 10-15%.

При термічному розкладанні целюлози під час реакції утворюються проміжні продукти, реакції можуть проходити як послідовно, так і паралельно. Етапи термічного розкладання целюлози:

- при температурах менших 300°C піроліз целюлози супроводжується утворенням вільних радикалів, видаленням води, деполімеризацією, утворенням сполук з карбонільною та карбоксильною групами CO та CO₂;
- при температурах від +300 до +450°C глікозидний зв'язок руйнується з утворенням вільної гідроксильної групи;
- при температурі від +300 до +450°C при вищій температурі утворюються різні карбонільні сполуки, такі, як гліюксаль, оцтовий альдегід і акролеїн;
- в результаті конденсації ненасичених продуктів утворюються вуглецевмісні залишки, що являють собою вільні радикали; при нагріванні до 500°C, вище утворюється суміш цих продуктів;
- при високих температурах сировини йде переважно процес газифікації;
- при низьких температурах і великих розмірах частинок – освіту вуглистої речовини, води та CO₂.

Інтенсивність реакції горіння визначається рівнянням:

$$IR = -\Delta H \cdot \frac{dw}{dt}, \quad (1.1)$$

де ΔH – теплота згоряння, що дорівнює ентальпії продуктів згоряння;
 dw/dt – швидкість переміщення мас.

Швидкість горіння dw/dt визначається теплом та масопередачею в системі, а також складом палива та розміром його частинок. За низьких температур швидкість горіння визначається його кінетикою, при високих температурах горіння визначальним чинником стає процес тепломасопередачі.

Слід враховувати, що використовувана енергія буде меншою, ніж визначається розрахунком для ідеальних умов горіння. Це зумовлено труднощами

забезпечення оптимальних умов горіння та дифузії частини теплоти з продуктами горіння. Наявна енергія:

$$\Delta E = \Delta H - T\Delta S, \quad (1.2)$$

де ΔH – зміна ентальпії;

T – абсолютна температура;

ΔS – зростання ентропії.

Також зазначено рисунку 1.1 схема процесу при полум'яному згорянні газів, що забезпечує газифікацію палива.

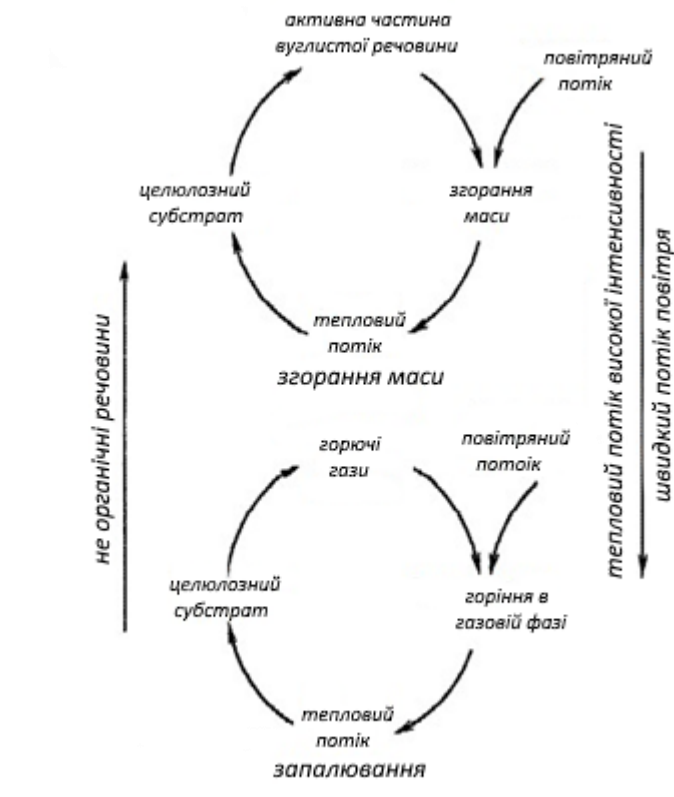


Рисунок 1.1 – Схема процесу при полум'яному згорянні газів, що забезпечує газифікацію палива;

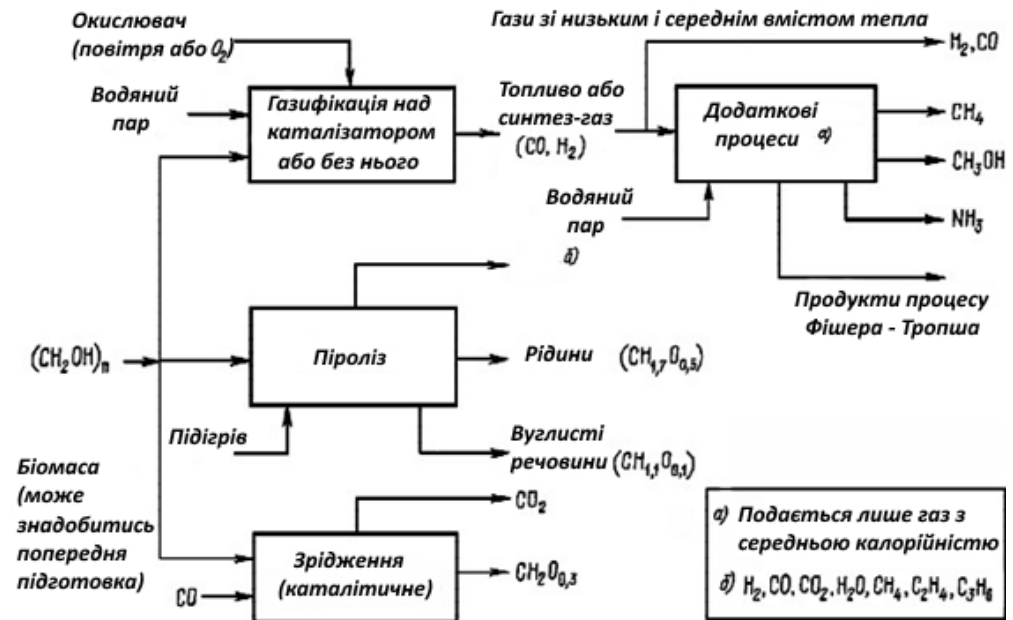


Рисунок 1.2 – Загальна схема термохімічного перетворення біомаси

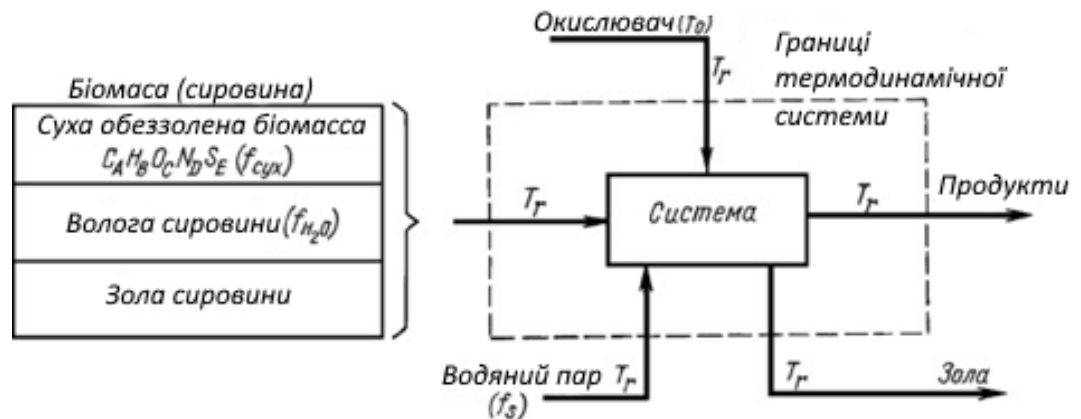


Рисунок 1.3 – Піроліз біомаси

1.3 Газифікація біомаси

Газифікація є високотемпературний процес, під час якого тверде паливо вступає в реакцію з невеликою кількістю повітря або кисню і перетворюється на горючий газ. При повітряному дутті, максимальні температури процесу лежать в межах від +900 до +1100 °C. Найбільш простим і широко використовуваним

окислювачем є повітря. У газифікаторі з повітряним дуттям зазвичай отримують низькокалорійний газ із теплою згоряння $3,0-5,6 \text{ МДж/нм}^3$, а в газифікаторі з кисневим вдуванням – середньо калорійний газ із теплою згоряння $7,5-13,0 \text{ МДж/нм}^3$. Газифікатори мають різну продуктивність з виходом від 0,03 до 84400 МДж/год теплоти в паливному газі. Газифікатори можуть експлуатуватися при атмосферному або вищому тиску. З підвищенням тиску продуктивність реактора зростає. Однак реактори високого тиску повинні мати спеціальну конструкцію та систему подачі сировини, тому більшість реакторів, призначених для газифікації біомаси, експлуатується при атмосферному тиску.

Газифікація палива здійснюється у спеціально призначених для цього апаратах - газифікаторах, газогенераторах, конвертерах та реакторах.

Паливний газ, одержуваний у процесі газифікації, багатий на монооксид вуглецю, водень і вуглеводневі гази. При спалюванні низько - та середньо калорійного газу важливе значення мають відношення повітря до палива, температура, довжина та стабільність полум'я, легкість займання та межі його займистості. Такий газ можна використовувати як додаткове або замінне паливо в печі, двигунах з займання від стиснення і т.д. буд. Залежно від призначення газу можуть бути передбачені додаткові процеси, що супроводжують основний процес газифікації.

1.4.1 Схеми біогазових установок

Основними елементами біогазової установки є метантенк, або реактор (камера зброджування); газгольдер (пристрій який зберігає біогаз); перемішувач (пристрій для перемішування маси в реакторі) та пристой для підтримки стабільної температури у реакторі.

Найбільш поширені схеми біогазових установок для потреб сільського господарства:

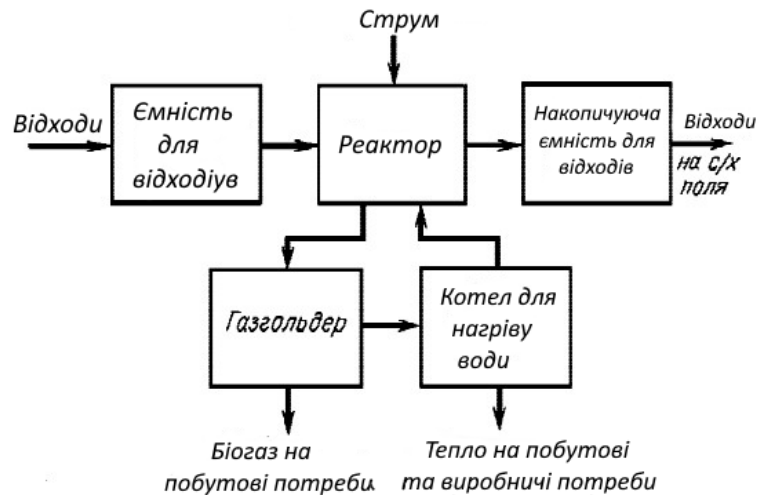


Рисунок 1.4 – Схема фермерської біогазової установки

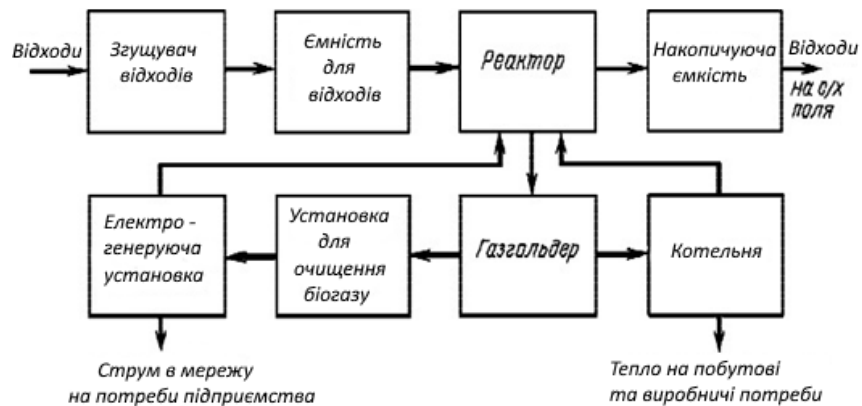


Рисунок.1.5 – Схема комплексу з біогазовою установкою для великих та середніх підприємств сільського господарства

Одна із можливих схем фермерської біогазової установки наведена на рис. 1.5. Інший можливий варіант біогазової установки показано на рис. 1.6. Установка, в якій застосовується двох стадійне бродіння субстрату – є більш перспективною. Вона призначена для підготовки вихідної біомаси (подрібнення, нагрівання, гомогенізація) до бродіння, аеробного (кислотного) бродіння та метанового (анаеробного) бродіння і складається з основних блоків зображених на рис. 1.7: блоку підготовки, блоку бродіння, енергоблока та автоматичної системи управління (АСУ).

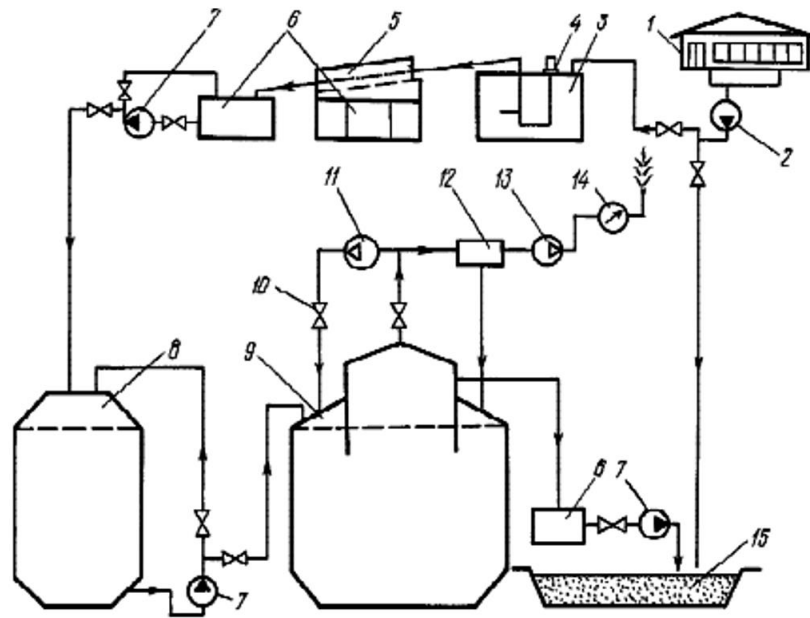


Рисунок 1.6 – Технологічна схема біоенергетичної установки:

1 – ферма; 2 – насос; 3 – приймальна ємність гною; 4 – відцентровий насос з подрібнювачем НЦІ-Ф-100; 5 - віброгуркіт ГБН-100; 6 - ємності; 7 – насоси ФГ-57,5/9,56; 8 – витримувач; 9 – реактор; 10 – газові клапани; 11 – водокільцевий вакуум-насос ВВН-1,5М; 12 –конденсатозбірник; 13 – компресор відбору газу КК-1М; 14 – газолічильник барабанний ГСБ-400; 15 – гноєсховище

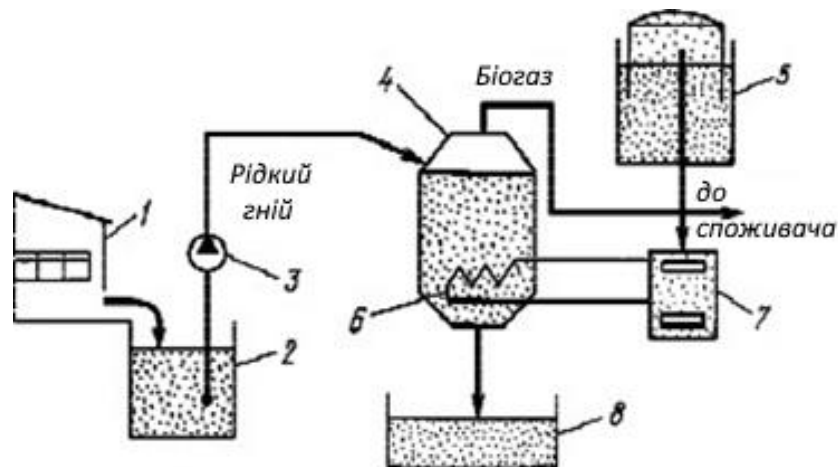


Рисунок 1.7 – Технологічна схема виробництва біогазу:

1 – ферма; 2 – гноєприймач; 3 – насос; 4 – метантенк; 5 – газгольдер; 6 – теплообмінник; 7 – котел; 8 – гноєсховище

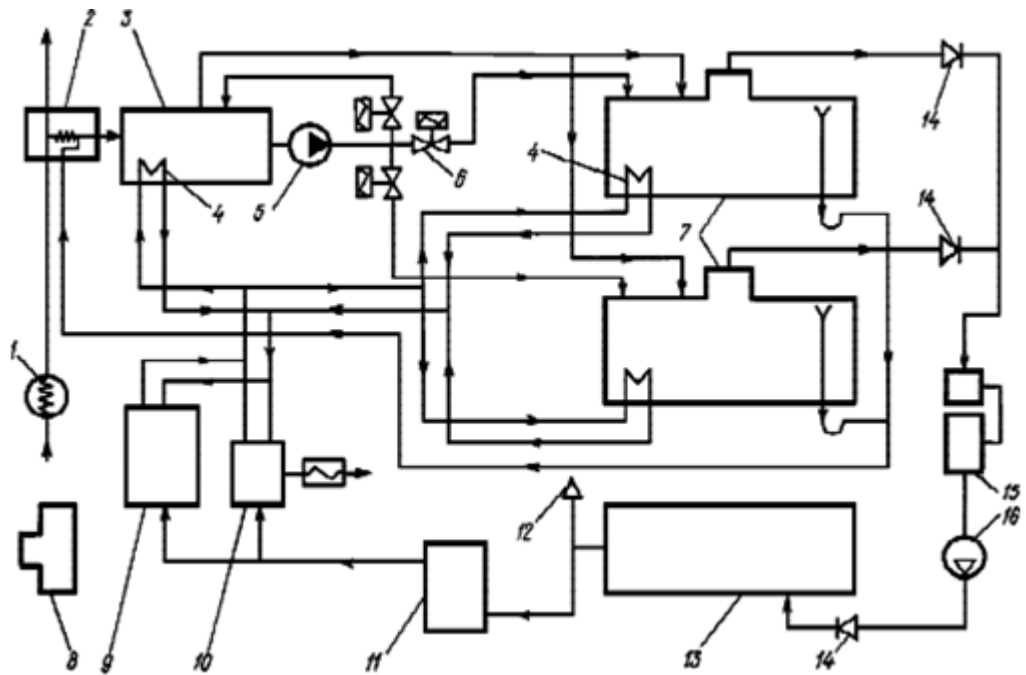


Рисунок 1.8 – Технологічна схема біогазової установки:

1 – подрібнювач довговолокнистих включень; 2 – теплообмінник-рекуператор; 3 – витримувач (реактор першої стадії кислотної); 4 – теплообмінники нагріву; 5 – насос для завантаження маси до реактора; 6 – запірні і регулюючі арматури; 7 – реактор другий (стадія - метанова); 8 – автоматична система управління (АСУ); 9 – газовий котел; 10 – мотор-генератор для отримання теплоти та електроенергії; 11 – перетворювач тиску газу; 12 – свічка скидання надлишків біогазу; 13 – газгольдер; 14 – клапани зворотні для регулювання біогазу; 15 – очисник біогазу; 16 – компресор біогазу.

Метантенк має водяну систему обігріву електричними водонагрівачами ЕПВ-2 із регульованою температурою теплоносія. Місткість метантенка установки 18 м^3 , газгольдера – 20 м^3 . Встановлена потужність установки складає 180 кВт , продуктивність по гною 3 т/добу , по біогазу $3,3 \text{ м}^3$ на 1 м^3 об'єму біореактора на добу.

Коротка технічна характеристика установки (базовий):

- робітничий обсяг реактора - 125 м^3 ;

- кількість реакторів - 2 шт.;
- пропускна здатність по перероблюваному гною вологістю 86-96% – 30-50 м³/добу;
- ступінь розкладання органічної речовини до 40 %;
- вихід біогазу (розрахунковий) - до 750 м³/добу;
- обсяг біогазу, використовуваного на покриття енергетичних потреб господарства - щонайменше 250 м³/добу.

1.5 Висновки до розділу 1

У першому розділі були розглянуті загальні зведення про біомасу, розглянули, як безпосередньо спалюється біомаса.

Розглянуто схеми біогазової установки, як найпростішої, так і використану нами у розрахунках.

2 РОЗРАХУНКОВИЙ РОЗДІЛ

2.1 Розрахунок і вибір електричних навантажень

Подача електроенергії ведеться з ПС-110/35/10 кВ, Т1 – 10000 кВА, Т2 – 6300 кВА, Р споживана – 3591.45 кВт, Р зарезервована – 4455.37 кВт, Р доступна – 2250.82 кВт.

Після вибору навантажень дані заносимо до таблиці 2.1. Вибираємо коефіцієнт потужності $\cos\varphi$ для денних та вечірніх режимів, а потім підсумовуємо активні потужності денні та вечірні всіх споживачів по об'єкту і також заносимо до таблиці 2.1.

Також для визначення центру навантажень будівлі необхідно провести діагоналі з кутів будівель (дивимось план). Місце перетину діагоналі буде центром навантаження. Для визначення координат навантажень будівлі проводимо перпендикуляр до осі X та Y від центру навантажень будівлі.

Повна потужність визначимо по формулі :

$$S = \frac{P}{\cos\alpha} \quad (2.1)$$

Оскільки на об'єктах виробничих споживачів переважає денне навантаження ($P_{\text{дн}} > P_{\text{вч}}$), то для подальшого розрахунку будемо використовувати денне навантаження.

2.2 Розрахунок і визначення центру установки КТП

Визначимо координати центру установки трансформаторних підстанцій за формулою.

$$X = \frac{S \cdot X}{\sum S}; Y = \frac{S \cdot Y}{\sum S} \quad (2.2)$$

$$X = \frac{38,88 \cdot 13,5 + 6,25 \cdot 13,5 + 12,98 \cdot 22,5 + 9,4 \cdot 13,5 + 5 \cdot 78,5 + 6 \cdot 63 + 16,21 \cdot 63 +}{38,88 + 6,25 + 12,98 + 9,4 + 5 + 6 + 16,21 + 15,58 + 46}$$

$$\frac{15,58 \cdot 46 + 46 \cdot 74 + (18,46 \cdot 146) \cdot 4 + (18,46 \cdot 213) \cdot 3}{18,46 + 18,46 + 18,46 + 18,46 + 18,46 + 18,6 + 18,46} = \frac{29517,195}{285,52} = 91,85$$

Y

$$= \frac{21,97 \cdot 120 + 6,25 \cdot 7,5 + 6,25 \cdot 148 + 6,98 \cdot 21 + 3,7 \cdot 148 + 4 \cdot 51 + 10,8 \cdot 9,5 + 7,79 \cdot 91,5 + 34,2 \cdot 21,97 + 6,25 + 6,25 + 6,98 + 3,7 + 4 + 10,8 + 7,79 + 34,2 + 9,5 + 18,22 \cdot 110 + 18,22 \cdot 79 + 18,22 \cdot 48 + 18,22 \cdot 17 + 18,22 \cdot 36 + 18,22 \cdot 75 + 18,22 \cdot 129}{18,22 + 18,22 + 18,22 + 18,22 + 18,22 + 18,22 + 18,22} =$$

$$= \frac{14647,42}{229,48} = 63,83$$

Оскільки неможливо розмістити трансформаторну підстанцію за розрахунковими координатами, переміщуємо її в найближчу найбільш прийнятну точку з координатами $X = 91,85$ $Y = 63,83$

Таблиця 2.1 – Дані вибору навантажень

№	Найменування	Активне навантаження		Коефіцієнт потужності		Повна потужність		Координати	
		день кВт	Ніч кВт	$\cos \alpha$ (День)	$\cos \alpha$ (ніч)	День	Ніч	X	Y
1	Адміністративна будівля	35	20	0,9	0,91	38,88	21,97	13,5	120
2	Ветеринарна лабораторія	5	5	0,8	0,81	6,25	6,25	13,5	75
3	Склад підстилки	10	5	0,77	0,8	12,98	6,25	22,5	148
4	Санітарний пропускник	8	6	0,85	0,86	9,4	6,98	13,5	21
5	Цех утелізації відходів	4	3	0,75	0,75	5	3,7	78,5	148
6	Забійний цех	5	3	0,8	0,81	6	4	63	51
7	Холодильники	12	8	0,74	0,74	16,21	10,8	63	9,5
8	Гараж	12	6	0,77	0,77	15,58	7,79	46	91,5
9	Інкубаторій	35	26	0,76	0,76	46	34,2	74	9,5
10	Пташник на 1,5 тис курей	16,4	16,4	0,89	0,9	18,42	18,22	146	110
11	Пташник на 1,5 тис курей	16,4	16,4	0,89	0,9	18,42	18,22	146	79
12	Пташник на 1,5 тис качок	16,4	16,4	0,89	0,9	18,42	18,22	146	48
13	Пташник на 1,5 тис гусей	16,4	16,4	0,89	0,9	18,42	18,22	146	17
14	Пташник на 2 тис курчат	16,4	16,4	0,89	0,9	18,42	18,22	213	36
15	Пташник на 1 тис каченят	16,4	16,4	0,89	0,9	18,42	18,22	213	75
16	Пташник на 1 тис гусенят	16,4	16,4	0,89	0,9	18,42	18,22	213	129
	Сума	240,8	196,8			285,24	229,5		

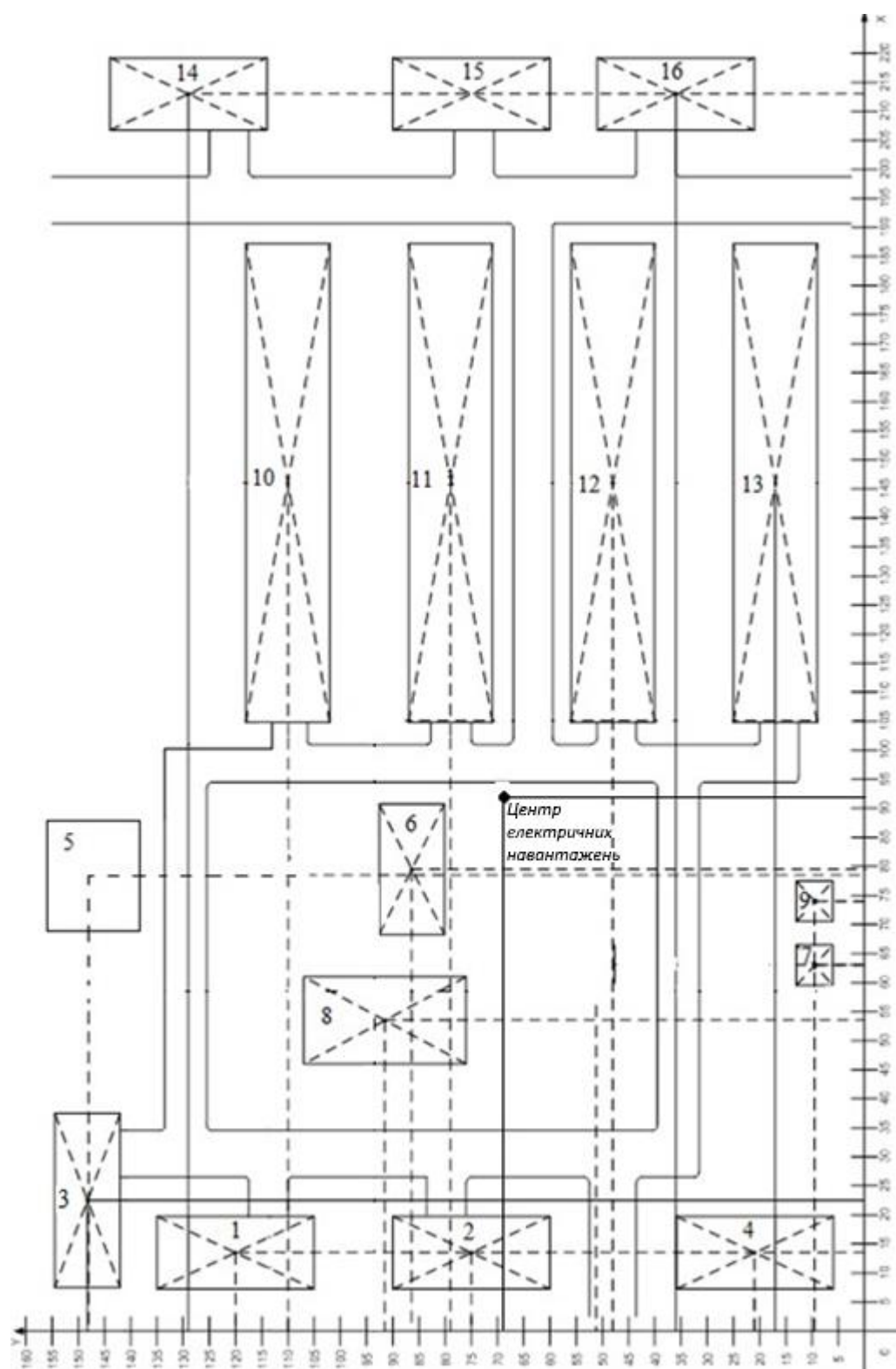


Рисунок 2.1 – План фермерського господарства

2.3 Вибір трансформатора

Птахофабрика відноситься до 1 категорії з електропостачання тому приймаємо двотрансформаторну підстанцію. Потужність трансформаторів вибираємо відповідно до розрахованої максимальної повної потужності в таблиці 2.1.

$$\Sigma S = 285,24 \text{ ВА}$$

Вибираємо найближче стандартне значення $S = 200 \text{ кВА}$

трансформатора - кожен трансформатор з потужністю $S = 200 \text{ кВА}$.

Таблиця 2.2 – Технічні характеристики трансформатора

Тип	Потужність	Напруга		Потужність		Напруга КЗ, %	Струм хх
		Вн, кВ	Нн, кВ	хх	кз		
ТЛСЗ	200	10	0.4	3,6	0,6	6	1,1

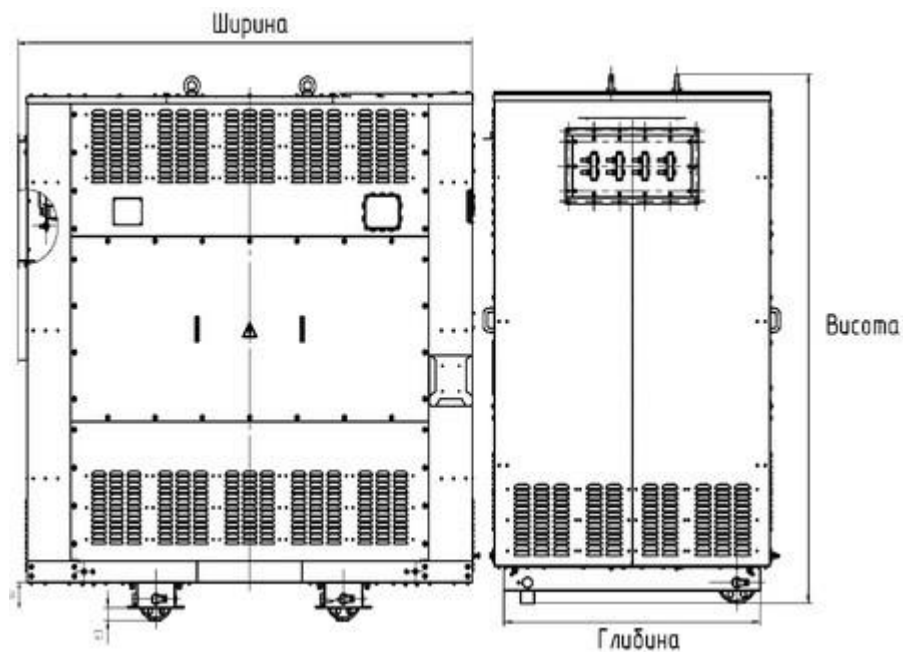


Рисунок 2.2 – Габаритні розміри та конструктивні особливості сухих трансформаторів

2.4 Вибір силових кабелів

Будь-яка лінія електропередачі характеризується електричними, конструктивними та структурними параметрами: матеріал, площа поперечного перерізу, активний і індуктивний опір проводів, значення потужності, що передається, втрати потужності і напруга, структуру побудови лінії.

Електричні мережі напругою 380/220 повинні розташовуватися паралельно шосе або через саму будівлю.

Лінії прокладемо по обидва боки дороги, не загороджуючи проїжджу частину. Глибина, на якій заклали даних кабелів, складає 0,7 м, якщо перетинатиметься з дорогою – 1,0 м.

Ми будемо проводити дослідження щодо допустимих значень струму нагрівання при подальшій перевірці втрат напруги та теплопровідності.

Упорядкування розрахункових схем. Розрахункові схеми складаємо відповідно до обраних кабельних ліній.

Розрахунок перерізу кабелю та дроту. Розрахуємо переріз кабелю від трансформатора 10/0,4 кВ до РП 0,4 кВ . Визначаємо максимальний струм для кожного об'єкта.

Максимальний струм:

$$I_{max} = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot U_n} \quad (2.3)$$

Де $S = \frac{P}{\cos \alpha}$ – повна потужність;

U_n – номінальна напруга;

$$I_{max} = \frac{320}{\sqrt{3} \cdot 0,4} = 462,43 \text{ A}$$

з каталогу обираємо переріз кабелю з умови:

$$I_{\text{доп}} \geq I_{max}$$

$I_{\text{доп}}$ – допустимий струм кабелю

Вибираємо три алюмінієві 3-х жильні кабелі (тобто 3 жили на фазу) перерізом 70 мм², з діаметром струмопровідної жили 11,1 мм з номінальним

допустимим струмом кабелю 210А:

$$\begin{aligned} n \cdot I_{\text{доп}} \cdot k &\geq 462,43\text{А}; \\ 3 \cdot 220 \cdot 0,96 &\geq 462,43\text{ А}; \\ 604,8\text{А} &\geq 462,43\text{ А}, \end{aligned} \quad (2.3)$$

де n – кількість кабелів;

$I_{\text{доп}}$ – допустимий струм кабелю;

k – понижуючий коефіцієнт для прокладки в землю на глибину 0,7 м приймаємо за ПУЕ рівною 0,96.

Умова по допустимому струму виконується. Падіння напруги наприкінці уставки має бути не більше 5 %, тобто:

$$\Delta U \% < 5 \%$$

Визначимо втрати напруги по формулі:

$$\Delta U = \sqrt{3} \cdot I_{\text{max}} \cdot L \cdot \sqrt{r_0^2 + x_0^2} \quad (2.4)$$

де I_{max} – максимальний струм;

r_0 – активний опір кабелю по каталогу;

X_0 – реактивний опір кабелю по каталогу

L – довжина ділянки, що дорівнює 20 м = 0,02 км.

$$\Delta U = \sqrt{3} \cdot 462,43 \cdot \sqrt{0,35^2 + 0,23^2} \cdot 0,02 = 6,69\text{ В}$$

Спад напруги В %:

$$\Delta U \% = \frac{\Delta U}{\Delta U_{\text{н}}} \cdot 100 \%; \quad (2.5)$$

$$\Delta U \% = \frac{6,69\text{В}}{400\text{В}} \cdot 100 = 1,67 \%$$

Так як кабель має три жили на фазу, спад напруги дорівнюватиме:

$$\Delta U \% = \frac{\Delta U \%}{3}; \quad (2.6)$$

$$\Delta U \% = \frac{1,67\%}{3} = 0,55 \%;$$

$$0,55\% < 5 \%$$

У нашому випадку умова спаду напруги виконується.

Вибираємо три алюмінієвих 3-х жильних кабелю перетином 95 мм².

Розрахунки для решти кабелів предсталено у таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 – Вибір кабелів

Від навантаження	До споживача	Активна потужність ділянки, Р, кВт	Cos	Sin	Струм ділянки, А	Допустимий струм	Марка перерізу кабелю	Довжина ділянки, м	Активний опір проводу	Індуктивний опір проводу	Втрати напруги	
											На ділянці	%
ТП	10	16,4	0,89	0,46	23,76	77,76	ВВГ 4х2, 5	53	0,72	0,07	1,57	0,004
ТП	11	16,4	0,89	0,46	23,76	77,76	ВВГ 4х2,5	17	0,72	0,07	0,5	0,00125
ТП	12	16,4	0,89	0,46	23,76	77,76	ВВГ 4х2,5	26	0,72	0,07	0,77	0,002
ТП	13	16,4	0,89	0,46	23,76	77,76	ВВГ 4х2,5	62	0,72	0,07	1,84	0,0046
ТП	14	16,4	0,89	0,46	23,76	77,76	ВВГ 4х2,5	156	1,98	0,067	6,01	0,015
ТП	15	16,4	0,89	0,46	23,76	77,76	ВВГ 4х2,5	116	1,98	0,067	4,47	0,011
ТП	16	16,4	0,89	0,46	23,76	77,76	ВВГ 4х2,5	136	1,98	0,067	5,2	0,013
ТП	4	8	0,85	0,53	11,5	19	ППВ 2х1,5	85	0,04	0,44	0,32	0,0008
ТП	2	5	0,8	0,6	7,25	19	ППВ 4х1,5	34	1,12	0,07	1,1	0,00275
ТП	1	35	0,9	0,44	50,7	109,44	АПВ 4х4	85	1,12	0,07	1,1	0,00275
ТП	3	10	0,77	0,64	14,5	9,6	ППВ 2х1,5	92	0,04	0,44	0,32	0,008
ТП	7	12	0,74	0,67	17,4	36,48	АПВ 2х10	43	1,12	0,07	1,1	0,00275
ТП	9	35	0,76	0,65	50,7	60,48	АПВ 4х4	5	1,12	0,07	0,63	0,0015
ТП	5	4	0,75	0,64	5,8	9,6	ППВ 2х0,5	90	0,04	0,44	0,32	0,008
ТП	8	12	0,77	0,64	17,4	36,48	АПВ 2х10	23	1,12	0,07	1,1	0,0027
ТП	6	5	0,8	0,6	7,25	9,6	ППВ 4х1,5	4	0,04	0,44	0,32	0,008

2.5 Розрахунок струмів короткого замикання

Струми короткого замикання (СКЗ) розраховується з метою перевірки обраних елементів електроустановок на теплову та динамічну стійкість, для перевірки релейного захисту від КЗ та апаратів грозозахисту, обмеження СКЗ.

Для розрахунку СКЗ складаємо схему заміщення і позначаємо елементи мережі, по яких рухається струм, напругу вважаємо не змінною, зображено на рисунку 2.3.

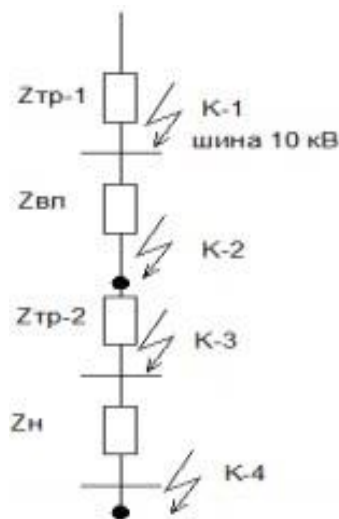


Рисунок 2.3 – Схема заміщення струмів КЗ

При розрахунку міжфазних струмів КЗ необхідно враховувати опір елементів схеми електропостачання

Далі знаходимо опір елементів:

Опір на шинах 10 кВ:

$$Z_{тр1} = \frac{U_K \%}{100} \cdot \frac{U_H^2}{S_H} \quad (2.7)$$

$$Z_{тр1} = \frac{10,5\%}{100} \cdot \frac{10,5^2}{16000} = 0,720 \text{ Ом}$$

Опір: ВЛ-10 кВ, АС-70, L -70 км;

$R_0 = 0.42 \text{ Ом}$ – активний опір дроту;

$X_0 = 0.40 \text{ Ом}$ – індуктивний опір дроту;

$$Z_{\text{вл}} = (\sqrt{r^2 + x^2}) \cdot 10 \quad (2.8)$$

$$Z_{\text{вл}} = (\sqrt{0,42^2 + 0,4^2}) \cdot 10 = 5,8 \text{ Ом}$$

Опір трансформатора 200 кВА 10/0,4 кВ, $U_{\text{до}} \% = 4 \%$

$$Z_{\text{тр2}} = \frac{4}{100} \cdot \frac{10,5^2}{200} = 0,022 \text{ Ом}$$

Струм КЗ в точці К -1

$$I_{\text{кз-1}} = \frac{U_{\text{н}}}{\sqrt{3} \cdot Z} = \frac{10500}{\sqrt{3} \cdot 0,72} = 8420 \text{ А} \quad (2.9)$$

Струм КЗ в точці К- 2

$$Z_1 = Z_{\text{тр1}} + Z_{\text{вл}} = 0,72 + 5,8 = 6,52 \text{ Ом}$$

$$Z_{\text{кз к-2}} = \frac{U_{\text{н}}}{\sqrt{3} \cdot Z} = \frac{10500}{\sqrt{3} \cdot 6,52} = 930 \text{ А}$$

Струм КЗ в точці К- 3

$$Z_2 = Z_1 + Z_{\text{тр2}} = 6,52 + 0,022 = 6,54 \text{ Ом}$$

$$I_{\text{кз-3}} = \frac{U_{\text{н}}}{\sqrt{3} \cdot Z_2} = \frac{10500}{\sqrt{3} \cdot 6,54} = 928 \text{ А}$$

Щоб знайти струм КЗ на шинах 400 В, спочатку знайдемо $I_{\text{кз к-3}}$ до напруги 400 В:

$$I_{\text{кз к-3}(0,4)} = I_{\text{к-3}(10\text{кВ})} \frac{U_{\text{н ВН}}}{U_{\text{н НН}}} \quad (2.10)$$

$$I_{\text{кз к-3}(0,4)} = 928 \cdot \frac{10,5}{0,4} = 24360 \text{ А}$$

2.6 Вибір апаратури для комутації і захисту від КЗ

Для захисту електрообладнання та електроприймачів, а також ліній 0,38 кВ вибираємо автоматичні вимикачі.

Параметри вибору автоматичних вимикачів. Розглядають такі показники

для вибору, як:

- номінальна напруга;
- кількість полюсів;
- максимальний робочий струм;
- здатність струму КЗ до відключень.

Номінальна напруга – напруга, розрахована автоматом. Напруга автомата U_{AB} , незалежно від установки АВ, має бути більшою або рівною номінальній напрузі мережі U_C : $U_{AB} \geq U_C$.

Кількість полюсів вимикача визначають кількістю фаз у мережі. В однофазній мережі встановлюють одно або двополюсні автоматичні вимикачі, натомість для мережі з трьома фазами використовують триполюсні або чотириполюсні (у мережі із заземленою нейтраллю).

Максимальний робочий струм. При виборі автоматів за максимальним робочим струмом, необхідно, щоб його номінальний струм розчеплення $I_{AB \text{ ном}}$, був більший або рівний максимальному робочому струму I_{max} .

Вимикаюча здатність. Для вибору автоматичного вимикача за номінальним струмом вимикання необхідно врахувати максимальний струм, що пристрій здатен відключити.

Номінальний струм відключення – це найбільше значення струму КЗ, що автомат здатний відключити маючи номінальну напругу.

Для захисту електрообладнання та електроприймачів, а також ліній 0,38кВ від струмів КЗ вибираємо автоматичні вимикачі в литому корпусі із вбудованим захистом.

Номінальний струм автоматичних вимикачів повинен бути більшим за робочий струм обладнання та електроприймача.

Вимикальна здатність автоматичного вимикача має бути більшою за струм короткого замикання на шинах розподільного щита.

Трансформатори Т1/Т2 200кВА 10/0,4кВ реле контролю напруги ORV 1 фаза

110-240В AC/DC і Реле імпульсне ORM 1 контакт 230В AC.

Таблиця 2.4 – Вибір автоматичних вимикачів 400 В

Номери будівлі	Номер РЩ споживача	кс. робоче навантаження		Тип АВ	Ном. Струм АВ, А	Струм вимкнути. спосіб, Ка
		Сроб, кВА	Іроб, А			
ТП	введення	320	462,43	ВА88-40	800	35Ка
1,2,3,4,5	11	72,39	50,7	ВА88-32	100	35Ка
6,8	8	21,58	17,4	ВА88-32	63	35Ка
7	10	16,21	17,4	ВА88-32	63	35Ка
9	9	46	50,7	ВА88-32	63	35Ка
10	1	18,42	23,76	ВА88-32	63	35Ка
11	2	18,42	23,76	ВА88-32	63	35Ка
12	3	18,42	23,76	ВА88-32	63	35Ка
13	4	18,42	23,76	ВА88-32	63	35Ка
14	5	18,42	23,76	ВА88-32	63	35Ка
15	6	18,42	23,76	ВА88-32	63	35Ка
16	7	18,42	23,76	ВА88-32	63	35Ка

Часові характеристики вимикачів вказані на рисунках 2.4 та 2.5, А також показані габарити та дійсні розміри вимикачів на рисунках 2.6 та 2.7.

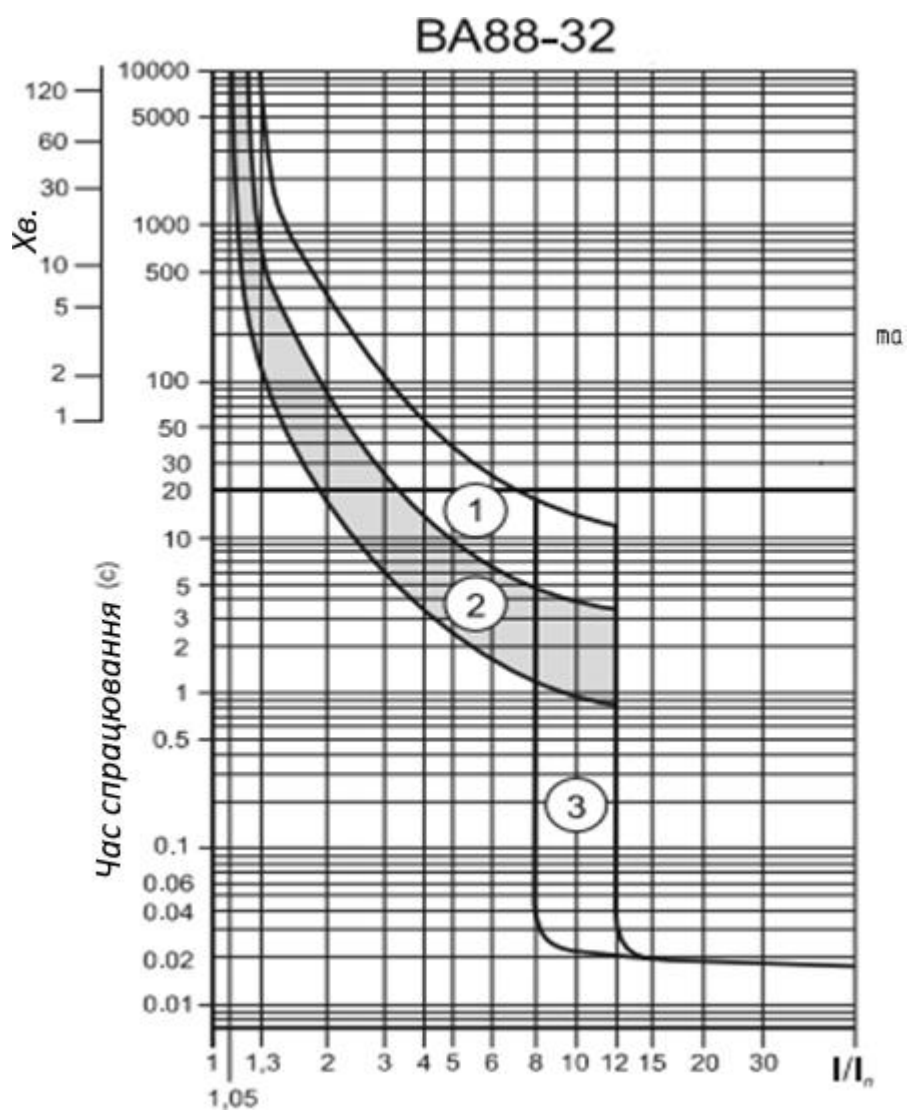


Рисунок 2.4 – Час- струмова характеристика вимикача ВА- 88-32

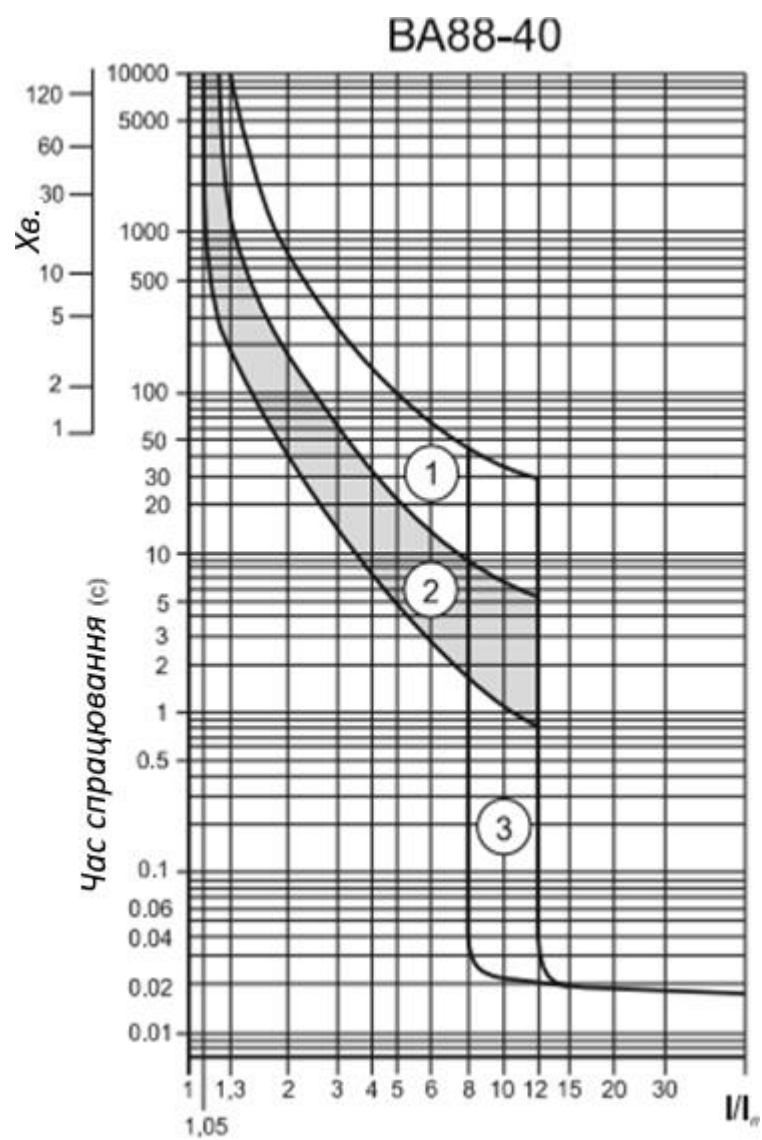


Рисунок 2.5 – Час-струмова характеристика вимикача ВА- 88-40

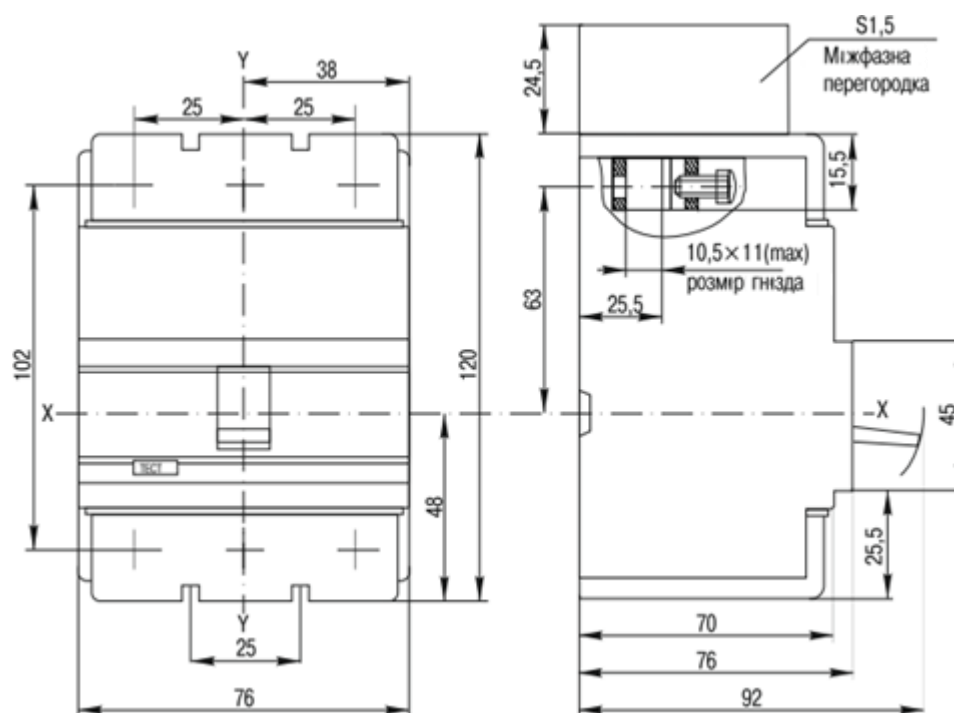


Рисунок 2.6 – Габаритні і настановні розміри вимикача ВА- 88-32

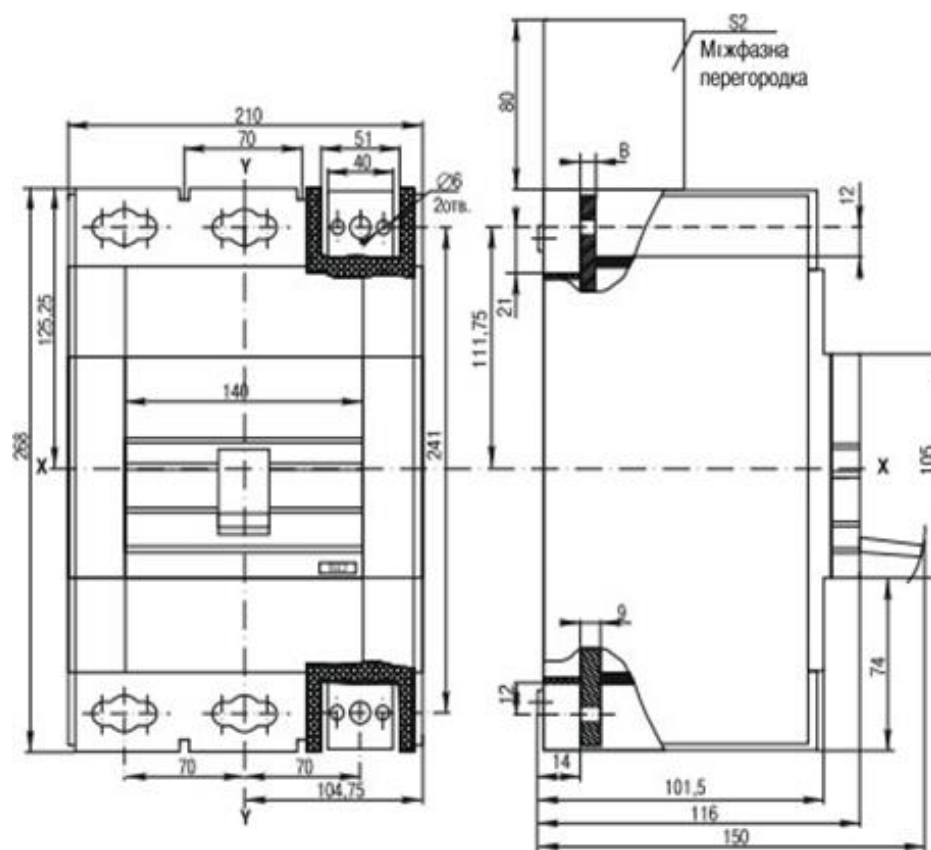


Рисунок 2.7 – Габаритні і настановні розміри вимикача ВА- 88-40

2.7 Висновки до розділу 2

В цьому розділі здійснено розрахунок потужності фермерського господарства, який склав 240 кВт в день, та 196,8 кВт у ночі.

Електропостачання сільського господарства ведеться від комплектної трансформаторної підстанції (КТП) із двома силовими сухими трансформаторами типу ПС-110/35/10 кВ. Підключення ферми до КТП здійснюється через ГРЩ з усією необхідною захисною і комутаційною апаратурою, підключення кожної будівлі на підприємстві ведеться через АВ типу ВА88-32.

Обрали кабелі на всіх ділянках, від трансформатора 10/0,4 кВ до РП 0,4 кВ обрали три алюмінієві кабелі, 3-х жильні кабелі перерізом 70 мм² з номінальним допустимим струмом кабелю 210А.

Також провели розрахунок короткого замикання на трансформатори Т1/Т2 200кВА 10/0,4кВ встановили реле контролю напруги ORV 1 фаза 110-240В АС/DC і Реле імпульсне ORM 1 контакт 230В АС ІЕК.

3. ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

3.1 Розрахунок біогазової установки для енергозабезпечення

У розрахунку біогазових установок на сам перед необхідно обрати технологію та конструктивне виконання.

На початок необхідно визначити:

- температуру бродіння (термофільний чи мезофільний процес);
- тривалість бродіння;
- систему заповнення метантенку;
- технологію теплопостачання у метантенк;
- систему біогазового збору;
- метод завантаження і розвантаження маси.

Наприклад, якщо обраний процес мезофільного бродіння, то це визначає необхідність утримувати температуру близько $+32^{\circ}\text{C}$. Тривалість процесу – 15 діб, його утеплюють спочатку шаром шлакобетону (0,3 м), засипкою із шлаку (0,5 м), земляним валом (1 м).

$$m_{\text{добу}} = \sum N_i \cdot m_i, \quad (3.1)$$

$$m_{\text{добу}} = 3500 \cdot 290 \cdot 3 + 3000 \cdot 420 \cdot 3 + 3000 \cdot 580 \cdot 3 = 12 \text{ кг/добу}$$

де N_i – кількість тварин цього віку та видової групи, які містяться на фермі;
 m_i – вихід гною за добу від однієї тварини;

n – кількість тваринних груп.

Залежно від умов в яких утримують тварин до гною додають домішки: води, корму, підстилки тварин і т.д. Під час аналізу, було виявлено, що у гної міститься приблизно 25-95 % технічної води, залишок корму 5-15 %, підстилки 15-20 %, та інших домішок, таких як ґрунт до 20 %. Залишки води визначають вологість маси, а залишки корму та підстилка впливають на кількість сухої речовини в біомасі. Для розрахунку використовуємо поправочні коефіцієнти. Вміст вологості та сухих речовин визначають за таблицями 3.1-3.3.

Таблиця 3.1 – Добова кількість гною ВРХ, свиней і птахів

Вид тварин	Добова кількість гною від однієї тварини, кг
Би́ки	40
Корова дійна	35-55
Теля до 6міс.	7,5-15
Теля на відгодівлі (6-12 міс.)	14-26
Нетелі (12-18 міс.)	35
Хряки	9,2-11,1
Свиноматки	8,6-8,8
Свиноматки супоросні	10-10,8
Свиноматки підсосні	12,5-15,3
Свиноматки на відгодівлі до 30 кг.	1,8-2,4
Свиноматки на відгодівлі до 40 кг.	3,1-3,6
Свиноматки на відгодівлі до 80 кг.	4,6-5,0
Свиноматки на відгодівлі більше 80 кг.	6,2-6,6
	Добовий вихід посліду 1 гол. Дорослої птиці, г
Кури	
Яєчного напрямку	170-200
М'ясного напрямку	270-310
Індики	450
Качки	420
Гуси	580

Таблиця 3.2 – склад побічних продуктів, в відсотках, у сухій речовині

Компонент	Вид тварин			
	ВРХ на відгодівлі	Дійні корови	свині	кури
Органічна маса	76-86	76-86	76-86	75-78
Фосфор	0,4-1,1	0,2-0,7	1,9-2,5	1,0-2,7
Азот	2,2-3,9	1,8-6,4	3,9-10,4	2,2-5,8
Калій	1,0-2,1	2,2-2,5	1,5-3,2	1,0-3,0
Кальцій	0,5-1,5	2,2-5,0	-	5,5-12,0
Лігнін	13-30	16-30	-	9,6-14,3
Клітковина(сира)	27,6-50,6	27,6-50,6	19,5-21,4	13,0-17,8
C/N	9-15	9-15	9-15	9-15

Таблиця 3.3 – склад відходів тварин в відсотках до сухій речовин

Компонент	Побічний продукт					
	Солома				Бадилля	
	ячменю	пшениці	жита	кукурудзи	буряків	картоплі
Органічна маса	93,7	94,5	95,3	91,8	98,4	78,8
Фосфор	0,1	0,1	0,1	0,2	0,3	0,2
Азот	0,5	0,4	0,4	1,3	2,1	2,4
Калій	1,3	0,7	0,8	2,2	3,5	1,6
Кальцій	0,4	0,1	0,2	0,7	1,5	2,5
Лігнін	14-21	14-21	14-21	5,4	-	-
Клітковина(сира)	43,4	45,4	47,5	33,2	11,6	23,9
C/N	85	91-166	80-150	31-66	18	17

Вихід гною за добу з вмістом інших домішок (корм, підстилка, тощо)

визначається:

$$m_{\text{доб.}}^{\text{загал}} = k_n \cdot m_{\text{загал}} \quad (3.2)$$

$$m_{\text{доб.}}^{\text{загал}} = 1,5 \cdot 12 = 18 \text{ кг.}$$

де k_n – поправочний коефіцієнт в межах від 1,3 до 1,6, який враховує залишки корму та підстилку.

Маса сухої речовини в гної:

$$m_{\text{с.р.}} = m_{\text{доб.}}^{\text{загал}} \cdot \left(1 - \frac{W\%}{100}\right) \quad (3.3)$$

$$m_{\text{с.р.к}} = 18 \cdot \left(1 - \frac{75}{100}\right) = 4,5$$

$$m_{\text{с.р.уг.}} = 18 \cdot (1 - 0,83) = 3,06$$

де $W\%$ – вологість гною, %.

Маса сухих органічних речовин:

$$m_{\text{с.о.р.}} = m_{\text{с.р.}} \cdot \frac{P_{\text{с.о.р.}}\%}{100}, \quad (3.4)$$

$$m_{\text{с.о.р.к}} = 4,5 \cdot 0,22 = 0,99$$

$$m_{\text{с.о.р.уг.}} = 3,06 \cdot 0,22 = 0,67$$

де $P_{\text{с.о.р.}}\%$ – вміст сухих органічних речовин в гної.

Вихід біогазу при повному зброджуванні:

$$V_{\text{пов}} = m_{\text{с.о.р.}} \cdot n_{\text{ск}} \quad (3.5)$$

$$V = 0,998 \cdot 0,12 = 0,1188$$

$$V = 0,67 \cdot 0,12 = 0,0804$$

де $n_{\text{ск}}$ – зміст сухої органічної речовини в екскременти, %.

Вихід біогазу при неповному зброджуванні:

$$V_{\text{пов}} = m_{\text{с.о.р.}} \cdot n_{\text{ск}}$$

$$V_{\text{н. пов}} = 0,99 \cdot 0,7 = 0,639$$

$$V_{\text{н. пов}} = 0,67 \cdot 0,7 = 0,483$$

де n_1 – ступінь зброджування субстрату, $n_1 = 60-70\%$.

Об'єм при повністю завантаженому метантенку:

$$V_{\text{пов.загр}} = \frac{m_{\text{доб}}^{\text{загал}}}{\tau_{\text{доб}} \cdot \rho_c}, \quad (3.6)$$

$$V_{\text{пов.загр}} = \frac{18000}{1 \cdot 1000} = 18$$

де $\tau_{\text{доб}}$ – кількість завантажень реактора за добу;

ρ_c – щільність субстрату, кг/м³.

Щільність гнойової маси можна приймати рівною щільності води, так як її вологість перевищує 90%.

Ставлення $V_{\text{пов.загр}} \cdot V_M$ повинно перебувати в межах 0,7 - 0,9.

$$V_M = \frac{18}{0,8} = 22,5 \text{ м}^3$$

Втрати теплоти в метантенку визначаються:

$$QT.M = Q_{\text{П}} + Q_{\text{О.С}} + Q_{\text{мех}}, \quad (3.7)$$

$$Q = 2,4 + 9,855 + 14,489 = 26,744$$

де $Q_{\text{П}}$ – втрати теплоти на підігрів субстрату при температурі бродіння;

$Q_{\text{О.С.}}$ – втрати енергії в довкілля;

$Q_{\text{мех}}$ – витрата енергії на перемішування субстрату у бродильному процесі.

Теплота, яка витрачається на підігрів завантаженої за добу біомаси до температури бродіння, МДж/добу

Залежно від способу завантаження метантенка, різниться температура біомаси t_3 . Якщо надходження маси іде безпосередньо з тварин, то температура така сама, як у приміщенні, а якщо масу беруть зі сховища для гною, то температура рівна повітрю навколишнього середовища. Також температура бродіння залежить від прийнятого в проекті типу процесу бродіння, для бродіння термофільного від +52 до +54 °С; для мезофільного - від +32 до +34°С. Середнє значення теплоємності субстрату:

$$cc = 4,18 \cdot 10^{-3} \text{ МДж}/(\text{кг} \cdot \text{К}). Q = 2.4.$$

Втрати теплоти від метантенка в навколишнє середовище, Вт, визначаються:

$$Q_{\text{о.с.}} = k \cdot A_M(t_6 - t_{\text{о.с.}}), \quad (3.8)$$

$$Q = 10 \cdot 45,28 \cdot (52 - 20) = 14,489 \text{ МДж}$$

де A_M – площа поверхні метантенка ззовні, м²;

k – коефіцієнт теплопередачі довкіллю від субстрату Вт/(м² · К);

$t_{o.c.}$ – температура навколишнього середовища, °С.

Якщо метантенк має циліндричну форму, то при відношенні висоти метантенка до діаметра $H/D = 0,9 - 1,3$, значенням V_M можна визначають через A_M .

Попередньо приймаючи відношення довжини циліндра до діаметра, що дорівнює 1, за значенням V_{MT} можна визначити значення діаметра метантенка:

$$d = \sqrt[3]{4 \cdot \frac{V_{MT}}{\pi}}, \quad (3.9)$$

$$d = \sqrt[3]{4 \cdot \frac{22,5}{3,14}} = 3,1 \text{ м}$$

Враховуючи, що площа поверхні циліндра рівна сумі його бічної поверхні і подвоєний площі підстави, площа поверхні метантенка розраховуємо з виразу:

$$F = S_{бок} + S_{осн} = \pi \cdot d^2 + \frac{\pi d^2}{2}, \quad (3.10)$$

$$F = 3,14 \cdot 3,1^2 + \frac{3,14 \cdot 3,1^2}{2} = 30,2 + 15,08 = 45,28 \text{ м}^2$$

Знаходимо коефіцієнт теплопередачі:

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_b} + \sum \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_3}}, \quad (3.11)$$

$$K = \frac{1}{0,5 + \frac{0,01}{45,4} + 0,05} = 10$$

де $1/\alpha_1$ – опір теплосприйняття, величину опору теплосприйняття можна прийняти рівною 0,05 (м² · К)/Вт;

$1/\alpha_2$ – опір тепловіддачі, величину опору тепловій віддачі можна прийняти

$1/\alpha_2 = 0,05$ (м² · К)/Вт;

δ_j – товщина стінки, шару утеплювача метантенка, м;

λ_i – коефіцієнт теплопровідності стінок і утеплювача метантенка, Вт/(м · К) стінки зі сталі.

Теплопровідність бетону, з якого виготовлений метантенк 1,74 – 1,92 Вт/(м · К); сталі – 45,4 Вт/(м · К). Теплопровідність утеплювачів: мінераловатні вати – 0,036 Вт/(м · К); волокно вулканітове - 0,35 Вт/(м · К). Теплопровідність ґрунту залежить від його виду, щільності та вологості. Вона може бути прийнята рівною для піщаних ґрунтів 1,1 Вт/(м · К), для глинистих - 1,75 і для високовологих – 2,3 Вт/(м · К). Теплову втрату в довкілля необхідно визначити для найтеплішого та найхолоднішого періоду. Для розрахунку величини, беруть їх середні значення. Витрати енергії на перемішування субстрату визначають:

$$Q_{\text{мех}} = q_{\text{норм}} \cdot V_M \cdot z, \quad (3.12)$$

$$Q = 50 \cdot 22,5 \cdot 8760 = 9,855 \text{ м}^3$$

де $q_{\text{норм}}$ – питоме навантаження на розмішування (50 Вт/м³ год);

V_M – обсяг метантенка, м³;

z – робота мішалки протягом доби (8 год).

Енергія біогазу, яка виробляється протягом доби:

$$Q_{\text{б.г.}} = V_B \cdot Q_{\text{н}}^p, \quad (3.13)$$

$$Q = 28 \cdot 22,5 = 63 \text{ м}^3$$

де $Q_{\text{н}}^p$ – теплота згоряння біогазу. Можна прийняти:

$$Q_{\text{н}}^p = 21 - 28 \text{ МДж / м}^3 \quad (3.14)$$

Загальна добова вироблена енергія біогазовою установкою, МДж

$$E_{\text{б}} = Q_{\text{б.г.}} - Q_{\text{т.м.}} \quad (3.15)$$

$$E = 63 - 27,744 = 36,256 \text{ МДж}$$

Коефіцієнт товарності біогазовий установки, %:

$$K_{\text{б}} = \frac{E_{\text{б}}}{Q_{\text{б.г.}}} \cdot 100 \%. \quad (3.16)$$

$$K = \frac{36,256}{63} \cdot 100 = 57,5$$

Вважають, що установка виробляє біогаз майже увесь рік (350 днів). 15 діб відводять на ремонт та профілактику установки.

Економія палива у кілограмах, за рахунок отриманого в перебіг року біогазу складає:

$$B_{y.t.} = \frac{E_6 \cdot 350}{29,3} \quad (3.17)$$

$$B = \frac{36,256 \cdot 350}{29,3} = 433,1 \text{ кг.}$$

Для початку необхідний приймальний бункер, до якого будуть іти посліди птахів. Бункер може бути виконаний з різних матеріалів і мати будь-яку форму, але він обов'язково повинен виконувати завдання попереднього сортування, подрібнення та змішування сировини. На рисунку 3.1 вказано приймальний бункер.



Рисунок 3.1 – Приймальний бункер для переробки посліду

Станція підготовки – одна з важливих одиниць біогазового комплексу, в якій відбувається другий етап приготування органічної сировини до

зброджування. Тут добова порція сировини підігрівається до технологічної температури, активізується мікрофлора, відбувається часткове видалення кисню, що заважає метаногенним бактеріям. Вибираємо тип – СПН-5 (до 10 тонн готової суміші для зброджування) вказано на рисунку 3.2.



Рисунок 3.2 – Станція підготовки сировини типу СПН-5

Біореактор (метантенк, ферментатор) типу – БР-140 (10 тонн сировини на добу) – це основа біогазового комплексу, в якій відбувається процес зброджування органічної сировини з біохімічним перетворенням його на органічні добрива та виділенням біогазу. Біореактор вказаний на рисунку 3.3.



Рисунок 3.3 – Біореактор типу БР -140

А також обираємо газопоршневу електростанцію. Газопоршнева електростанція – це системний агрегат для виробництва електричної енергії із внутрішньої енергії палива. Основою конструкції є двигун внутрішнього згоряння.



Рисунок 3.4 – Газопоршнева електростанції

3.2 Схема підключення газового генератора в мережу

Для генерації електричної енергії використовуємо з використовуємо газовий генератор, який працює на біогазі. При виборі генератора необхідно дотримуватись вимог «Правил експлуатації електроустановок».

Для забезпечення електропостачання, з каталогу, ми обрали газовий

генератор GENERAC SG 184.

Даний генератор можна використовувати для резервного, додаткового, або основного забезпечення енергією споживачів. Він може живити кілька споживачів загальною потужністю 240 кВт. Тож, цю електроенергію можна подавати в загальну мережу або іншим споживачам.

3.3 Схема підключення генератора в мережу

Обираємо схему підключення біогазового генератора в мережу. Даний генератор виступає в ролі основного джерела живлення ферми, така схема представлена на рисунку 3.5.

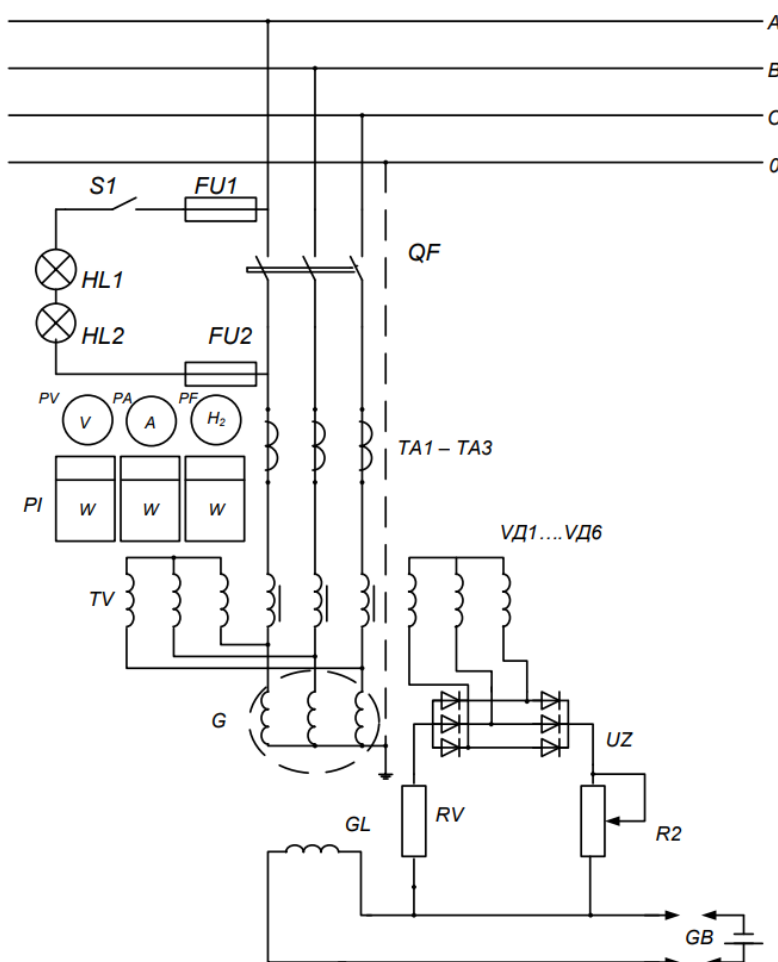


Рисунок 3.5 – Схема з'єднання електрогенератора з автоматичною системою керування

На рисунку 3.5 представлено: обмотка силового трансформатора T і випрямляч – UZ , в генераторі – G і трансформаторі – T , утворюється ЕРС, проте її не достатньо для того, щоб випрямляч – UZ відкрився, тому по лінії GB , подаємо струм від акумулятора, в обмотку збудження. Ротор генератора має місце, де розміщена обмотка збудження GL , яка живиться від автоматизованої системи подачі сигналу, $R2$ – шунтовий реостат, який регулює струм в обмотці збудження, RV – резистор, який призначений для зменшення реактивної потужності генератора.

Обмотка TV використовується в блоці регулятора збудження, його кінці підключений до GB . Для захисту від КЗ використовуємо автоматичний вимикач QF . Для вимірювання напруги і частоти, використали вольтметр – PV і частотометр – PF відповідно, підключаються в коло через понижуючий трансформатор $TA1$ – $TA3$. Для контролю точності встановили лампами: $HL1$, $HL2$.

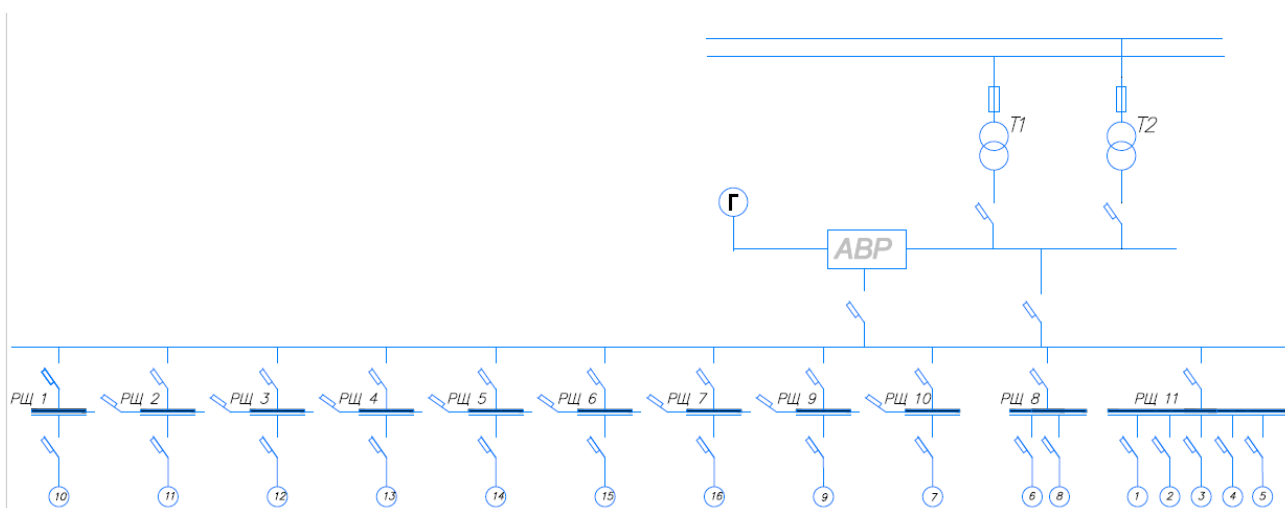


Рисунок 3.6 – Схема електропостачання ферми

На рисунку 3.6. зображено схему електропостачання фермерського господарства з введенням як основне джерела живлення – генератор, який працює на біогазі. У представленій схемі допускається паралельна робота

генератора та основного джерела живлення.

3.4 Висновки до розділу 3

У цьому розділі було проведено розрахунок біогазової установки для електропостачання ферми. На сам перед ми визначили:

- температуру бродіння (ми обрали мезофільний процес), температура склала від +32 до +34°C;
- тривалість бродіння - 15 діб;
- систему заповнення метантенку – з попереднім сортуванням, подрібненням та змішуванням сировини;
- технологію теплопостачання у метантенк - зовнішні теплообмінники - циркуляція субстрату через систему обігріву поза реактором;
- систему біогазового збору - газгольдер - для зберігання газу перед використанням у генераторі;

Після розрахунку виробленої маси ми обрахували величину метантенку, площа поверхні якого становить $45,28\text{м}^3$, потім визначили енергію біогазу, що виробляється протягом доби, вона становить 36,256 МДж.

За вхідними даними ми обрали: приймальний бункер для переробки посліду, станцію підготовки сировини типу – СПН-5 (до 10 тонн готової суміші для зброджування), біореактор типу – БР-140 (10 тонн сировини на добу) та газовий генератор GENERAC SG 184.

4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ

4.1 Безпека при роботі з біогазовими установками

Біогазові установки становлять значні небезпеки, включаючи пожежу, вибух та різні біологічні, електричні та механічні ризики. У цьому розділі досліджуються ці критичні проблеми безпеки та розглядається нагальна потреба в удосконаленні протоколів безпеки в біогазових операціях.

Біологічно небезпечні аварії на біогазових установках в першу чергу пов'язані з викидом токсичних або шкідливих газів, таких як H_2S , під час анаеробного розкладання. Вплив високих концентрацій H_2S створює серйозні ризики для здоров'я працівників, включаючи проблеми з диханням і навіть смертельні випадки. Дослідження показують, що інциденти, пов'язані з біологічно небезпечними факторами, становлять приблизно 10% аварій на біогазових установках. Таблиці 4.1 зображує кілька основних причин, які можуть призвести до біологічно небезпечних явищ на біогазових установках, таких як неналежна практика поводження, перевантаження органічними речовинами, і т.д.

Вибухо- та пожежонебезпечні ситуації є значними ризиками на біогазових установках через легкозаймисту природу біогазу, який в основному складається з метану. Випадкові витoki газу, неправильна вентиляція або джерела займання можуть призвести до утворення вибухонебезпечних сумішей та пожеж. Статистика показує, що аварії, пов'язані з вибухами та пожежами, становлять близько 15% інцидентів на біогазових установках. У таблиці 4.1 зображено деякі основні причини, такі як відкритий вогонь, електростатичні розряди, механічно утворені іскри, і т.д.

Електричні небезпеки присутні на біогазових установках через використання електричного обладнання для таких процесів, як перекачування, змішування, нагрівання та виробництво електроенергії, ще кілька представлено у

табл. 4.1. Дослідження показують, що нещасні випадки, пов'язані з електричним струмом, становлять приблизно 12% інцидентів на біогазових установках.

Таблиця 4.1 – Класифікація основних небезпек на біогазових установках

Категорія небезпеки	Потенційні джерела / причини
Вибух і пожежа	Гарячі поверхні, відкритий вогонь, блискавка, електростатичні розряди, іскри (механічні та електричні), витік газу, погана вентиляція, неправильне зберігання / використання газу, порушення при експлуатації обладнання.
Біологічна небезпека	Несумісні матеріали, погане поводження з біомасою, витоки гною / відходів, вторинне забруднення, утворення токсичних побічних речовин, антисанітарія, погана якість повітря.
Електрична небезпека	Висока напруга, погане заземлення, коротке замикання, відсутність ізоляції, контакт з оголеними проводами, електричне перевантаження, пожежі, вибухонебезпечні матеріали поруч.

Інші нещасні випадки на біогазових установках можуть включати падіння з висоти, розливи хімікатів або відхилення від технологічного процесу. Падіння з піднятих платформ або драбин може спричинити травми та становить приблизно 8% інцидентів. Розливи хімікатів можуть призвести до забруднення навколишнього середовища та ризиків для здоров'я, що є причиною приблизно 7% аварій на біогазових установках.

4.2 Заходи безпеки при небезпечних ситуаціях

Заходи безпеки щодо вибухо- та пожежонебезпеки. Для ефективного запобігання та реагування при пожежі на біогазових установках застосовуються чотири основні напрями безпеки: технічні рішення, організаційні дії, процедурні механізми та відповідне захисне обладнання.

Технічне забезпечення: Застосовуються системи пожежогасіння (автоматичні чи ручні), резервні джерела живлення, заземлення й блискавкозахист. Важливим є аварійне освітлення, обладнання для виявлення

витоків та системи локалізації розливів. Для забезпечення контролю атмосфери використовуються вентиляційні та газоочисні установки. Також запроваджуються системи тепловідведення та аварійного реагування.

Організаційна модель: Усередині організації діють чіткі правила: заборона паління та використання відкритого вогню, контроль за дотриманням вимог безпеки під час харчування або користування мобільними телефонами. Персонал регулярно проходить навчання та інструктажі з пожежної безпеки. Призначаються відповідальні особи, розробляються плани реагування, евакуації, візуальні схеми.

Регламентовані процедури: Передбачено сертифікацію обладнання відповідно до вимог АТЕХ, контроль стану заземлення, щоденну фіксацію відхилень, перевірку системи водопостачання. Лімітовано зберігання вогнебезпечних матеріалів. Постійно оновлюється документація, проводяться тренування та перевірки дій персоналу в разі аварії.

Захисне обладнання: Персонал оснащується вогнестійким одягом, засобами індивідуального захисту, газоаналізаторами, вибухозахищеним обладнанням. Установлюються пилоподавлячі, огороження, детектори газу. Активно використовуються системи аварійного вимкнення та пожежогасіння.

Виробництво, зберігання та обробка біогазу створюють значну вибухо- та пожежонебезпечну небезпеку, з якою слід ретельно боротися, щоб забезпечити безпеку працівників та прилеглих громад.

Класифікація зон (зона 0, зона 1, зона 2) та вимоги безпеки. Вибухонебезпечні зони, позначені на рисунку 4.1, використовуються для класифікації зон відповідно до потенціалу для утворення вибухонебезпечного середовища. Ця класифікація важлива з міркувань безпеки, оскільки вона допомагає визначити тип систем захисту, які можна використовувати в кожній зоні. Зона 0 є найбільш небезпечною зоною, тоді як зона 2 має нижчий рівень ризику.

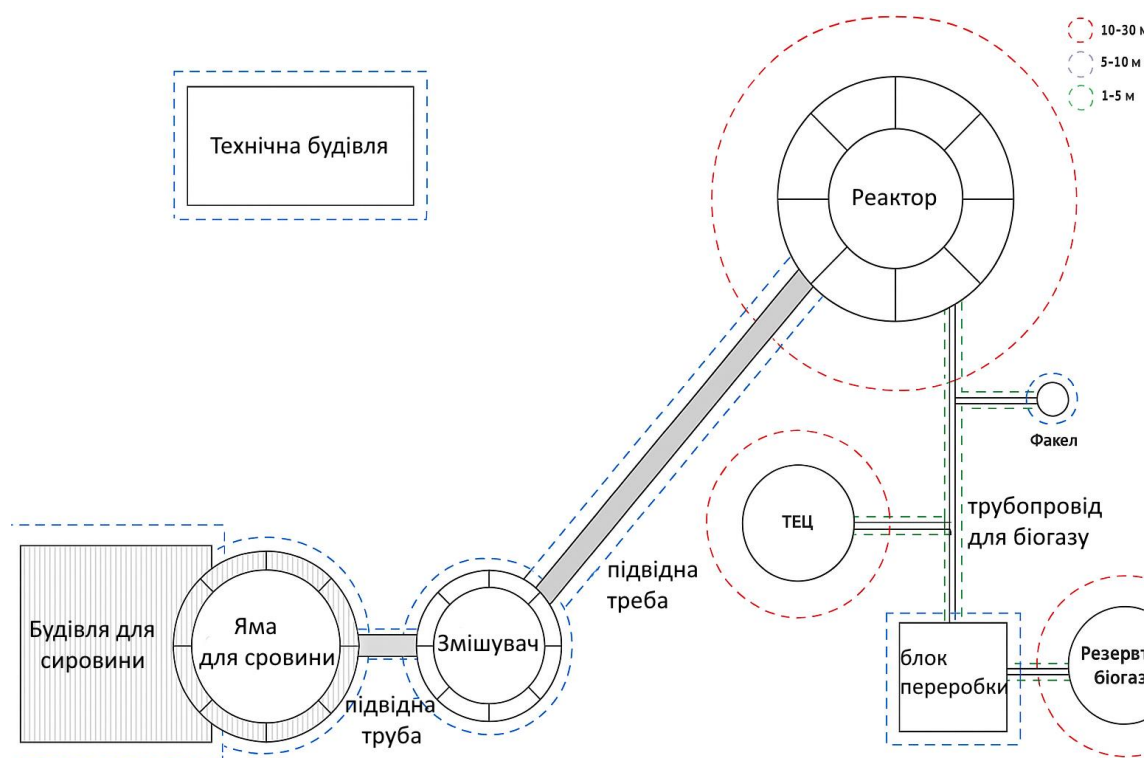


Рисунок 4.1 – Зони вибуху на типовій біогазовій установці

Зона 0 є найнебезпечнішою і характеризується постійною загрозою вибуху. Цей тип зони вимагає вжиття найвищих заходів безпеки, таких як використання спеціального обладнання, яке не спричиняє іскор або інших джерел, що можуть займати атмосферу. Вона також вимагає суворого дотримання правил захисту персоналу та процедур евакуації у разі надзвичайних ситуацій, включаючи забезпечення належних систем вентиляції для цих зон.

Зона 1 являє собою територію, де може існувати ризик короточасного виникнення (< 10 годин на рік) небезпечних середовищ через витоки або специфічні операції в цій зоні. Зони 1 вимагають помірних запобіжних заходів, таких як використання вогнестійкого електрообладнання з іскробезпечними ланцюгами та забезпечення встановлення належних систем вентиляції в цих зонах.

Зона 2 класифікується як така, що має лише епізодичний вплив (< 1000 годин на рік) потенційних вибухів, спричинених легкозаймистими газами або парами, вимоги до неї менш суворі порівняно з Зонами 0 та 1, однак, вони потребують встановлення систем пожежогасіння разом із відповідними

освітлювальними приладами та витяжними вентиляторами, здатними обробляти низькі концентрації парів, якщо це необхідно під час роботи.

Весь персонал також повинен бути належним чином навчений тому, як найкраще поводитися в будь-яких ситуаціях під час роботи в цих середовищах, щоб завжди забезпечувати особистий захист.

Заходи безпеки щодо біологічно небезпечних матеріалів. Біологічні небезпеки виникають через вплив патогенів, токсичних речовин або продуктів анаеробного розкладання. Вони можуть мати шкідливі наслідки як для працівників, так і для довкілля, тому вимагають інтегрованого підходу до управління ризиками.

Технічне забезпечення: До основних технічних рішень належать біореактори із захистом від витоків, системи дегазації, установки для фільтрації та очищення повітря. Застосовуються технології знезараження, дезінфекції та стерилізації, зокрема термічної або хімічної обробки відходів.

Організаційна модель: Організація впроваджує системи контролю доступу до небезпечних зон, проводить інспекції, запроваджує облік інцидентів. Навчання працівників включає роботу з біоматеріалами, поводження з біовідходами та заходи з безпеки в умовах біозагроз.

Регламентовані процедури: Розробляються інструкції з поводження з інфікованими матеріалами та обслуговування обладнання, ведуться журнали спостереження. Передбачено проведення ризик-аналізу й тестування працівників у разі ймовірного контакту з біоагентами.

Захисне обладнання: Працівники користуються респіраторами, захистом очей, шкіри та слуху. Застосовуються комплекти спецодягу, захисного взуття, дезінфікуючі засоби, аптечки. У критичних точках встановлюються портативні датчики для виявлення патогенів.

Заходи безпеки щодо ураження електричним струмом. Електробезпека на біогазових об'єктах є пріоритетною, враховуючи наявність високовольтного обладнання, вологого середовища та вибухонебезпечної атмосфери. Система безпеки охоплює як технічні, так і процедурні та організаційні аспекти.

Технічне забезпечення: Використовуються системи заземлення, пристрої захисного відключення (ПЗВ), трансформатори, обмежувачі перенапруги. Для запобігання електричній дузі застосовуються бар'єри та огорожі, а також детектори напруги й системи контролю стану мережі.

Організаційна модель: Передбачає регулярне навчання, призначення відповідальних осіб за електробезпеку, створення зон обмеженого доступу, контроль наявності документації, етикеток та відповідності стандартам. Важливу роль відіграє аудит систем електробезпеки.

Регламентовані процедури: Проводиться ідентифікація небезпечних зон, перевірка відсутності напруги, маркування небезпечних ділянок, ведення технічної документації. Упроваджуються процедури знеструмлення перед обслуговуванням, контроль ізоляції та дотримання вимог стандартів.

Захисне обладнання: До основних засобів належать діелектричні рукавички, ізолювальний інструмент, захисний одяг і каски, детектори струму, захисні щити, світлові індикатори, респіратори, аптечки та протипожежне обладнання.

Отже, ці заходи безпеки враховані при використанні біогазових установок, що становлять комплекс небезпек та потребують системного підходу до безпеки. Реалізація технічних, організаційних і процедурних заходів дозволяє значно знизити ризики для персоналу та довкілля. Запроваджені методи безпеки забезпечують надійну та безпечну експлуатацію біогазової установки у складі енергопостачання ферми.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У дипломному проєкті було виконано комплексне техніко-економічне обґрунтування системи енергозабезпечення птахоферми на 10 000, особливу увагу приділено безперебійному електропостачанню, тепlopостачанню та створенню оптимального мікроклімату в тваринницьких приміщеннях.

На основі розрахунків електричних навантажень для всіх об'єктів (адміністративного корпусу, інкубаторіїв, пташників, холодильників, гаражів, утилізаційних цехів, тощо) було визначено загальну розрахункову потужність - 285,24 кВА. З урахуванням категорії надійності живлення ферма класифікована як об'єкт 1-ї категорії, тому обрано двотрансформаторну підстанцію з трансформаторами ТЛСЗ потужністю по 200 кВА кожен ($U_{вх} = 10$ кВ, $U_{вих} = 0,4$ кВ).

Проєктом передбачено прокладання силових кабелів з оптимальними характеристиками струмопровідності та мінімальними втратами напруги. Вибрано кабелі типу ВВГ 4х2,5 мм² для низьковольтних ліній. Координати центру енергетичного навантаження визначено аналітично, що дозволило правильно розмістити КТП.

З метою підвищення енергонезалежності та екологічності ферми впроваджено біогазову установку виробництва яка працює, як основне джерело живлення. Загальний обсяг біореакторів складає 125 м³, продуктивність - до 50 м³ субстрату на добу, вихід біогазу - до 750 м³/добу, з яких не менше 250 м³/добу використовуються для покриття потреб господарства.

Для отримання електроенергії з біогазу використовується газопоршнева електростанція типу GENERAC SG 184, з двигуном внутрішнього згоряння потужністю 185 кВт, що забезпечує стабільну генерацію енергії протягом 350 днів на рік з 15-денним періодом технічного обслуговування.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Авершин Д.А. Оцінка та використання вторинних матеріальних ресурсів / Науковий вісник Національного університету ДПС України (економіка, право). – 2009. – № 4(47). – С.141-147.
2. Норми висвітлення сільськогосподарських підприємств, будівель, споруд ОСН АПК 2.10.24.001-04.
3. Ващук О.В., Третяк М.М. Особливості формування національного ринку біопалива. – Маркетинг і менеджмент інновацій. – 2012. – Вип. 2. – С.247-253.
4. Золотарьова О. Куди прямує біопаливна індустрія? / О. Золотарьова, Є. Шнекова // Вісник Національної академії наук України. – 2016. - № 4. – С.10-20.
5. Лук'янихіна О.А. Визначення напрямків розвитку альтернативної енергетики у контексті виробництва біопалива / О.А. Лук'янихіна, І.А. Вакуленко // Вісник СумДУ. – 2011. – № 1. – С. 27-33.
6. Microprocessor Control of the Electric Drive of Variable Radiation Installation and Ensuring of Operation Reliability // Andriychuk V., Kostyk, L., Filiuk Ya., Nakonechnyi M., Babiuk S. (2024). Science and Innovation, 2024. 20(5). Pp.62–70. ISSN 2409-9066
7. Лук'янихіна О.А. Сучасні тенденції розвитку ринку біопалива у світі (огляд) / О.А. Лук'янихіна, І.А. Вакуленко // Збірник наукових праць. Економічні науки. – Чернівці. Книги – XXI. – 2011. – С. 115-138.
8. Бурбело, М. Й. Розрахунок внутрішнього електропостачання : навчальний посібник / Бурбело М. Й. – Вінниця : ВНТУ, 2017. – 123 с.
9. Правила улаштування електроустановок. - Видання офіційне. Міненерговугілля України. - Х. : Видавництво "Форт", 2017. - 760 с.
10. Бурбело М.Й. Проектування систем електропостачання. Приклади розрахунків. Навчальний посібник. – 2-е вид., перероб. і доп. – Вінниця: УНІВЕРСУМ – Вінниця, 2005. – 148 с.

11. Orobchuk B., Buniak O., Sysak I., Babiuk S., Bodnarchuk I., Koval V. Development of Software for the Implementation of Automated Reserve Input Modes Operation // CITI'2024: 2nd International Workshop on Computer Information Technologies in Industry 4.0, June 12–14, 2024, Ternopil, Ukraine. CEUR Workshop Proceedings, 316–336

12. Лук'яненко Ю. В. Розрахунки електричних мереж при їх проектуванні : Навч. посіб. / Ю. В. Лук'яненко, Ж. І. Остапчук, В. В. Кулик; Вінниц. держ. техн. ун-т. - Вінниця, 2002. - 111 с. 77 23

13. Будзко І.А., Лещинська Т.Б., Сукманов В.І., Левін М.С. Електропостачання сільського господарства - К.: "Колос", 2000. - 536 с.

14. Зорін В.В., Штогрін Є.А., Буйний Р.О. Електричні мережі та системи: навчальний посібник для студентів вищ. техн. навч. закл.— Ніжин ТОВ “Видавництво”Аспект-поліграф”, 2011. – 248 с.

15. Orobchuk B. Design of an intelligent system to control educational laboratory equipment based on a hybrid mini-power plant / Bogdan Orobchuk, Ivan Sysak, Serhii Babiuk, Oleh Buniak // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 2023, 2(9-122), pp. 59–72. ISSN 1729-3774

16. Безпека на біогазових установках: аналіз на основі міжнародних стандартів та передового досвіду [Веб-сайт]. URL:<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0957582025006573>

17. Бабюк, С. М., & В Пліс, Я. (2020). Шляхи підвищення енергоефективності систем електропостачання. Збірник тез доповідей IX Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених та студентів „Актуальні задачі сучасних технологій“, 2, 82-83.

18. ДСТУ Б В.2.5-82:2016 Електробезпека в будівлях і спорудах. Вимоги до захисних заходів від ураження електричним струмом

19. Абрамова Є.Я., Альошина С.К. Розрахунок навантажень сільських електричних мереж – К: ОГУ, 2002. – 26 с.

20. B. Orobchuk, I. Sysak, S. Babiuk, T. Rajba, M. Karpinski, A. Klos-Witkowska, R. Szkarczyk, J. Gancarczy Development of simulator automated dispatch control system for implementation in learning process. 2017 9th IEEE International Conference on Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems: Technology and Applications (IDAACS). IEEE, Buharest, vol. 1, September 2017, pp. 210–214.

21. Гандзюк М.П., Желібо Є.П., Халімовський М.О. Основи охорони праці: Підручник. 5-е вид. / За ред. М.П. Гандзюка. - К.: Каравела, 2011. - 384 с.

22. Orobchuk B, Sysak I, Buniak O, Babiuk S, Koval V. Development of the reactive power compensation laboratory bench and its integration into the training simulator of dispatch control system. The 3rd International Workshop on Information Technologies: Theoretical and Applied Problems 2023 (ІТТАР 2023).

23. Тарасенко М.Г., Коваль В.П., Буняк О.А., Мовчан Л.Т. Методичні вказівки до виконання кваліфікаційної роботи бакалавра для здобувачів першого рівня вищої освіти за ОПП Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка/ В.П. Коваль, М.Г. Тарасенко, О.А. Буняк, Л.Т. Мовчан – Тернопіль: ТНТУ, 2024. – 50 с.