

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ПОЛІСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет інженерії та енергетики

Кафедра електрифікації, автоматизації виробництва та інженерної екології

Кваліфікаційна робота
на правах рукопису **Бокренко Максим Олександрович**

УДК 621.359.4

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

Обґрунтування можливості оптимізації системи електропостачання фермерського господарства за аналізом графіків навантаження

141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

Подається на здобуття освітнього ступеня бакалавр
кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень. Використання
ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

Бокренко М.О.

(підпис, ініціали та прізвище здобувача вищої освіти)

Керівник роботи
Голубенко А.А
Старший викладач
Консультант
Гончаренко Ю.П
К.т.н., доцент кафедри електрифікації,
автоматизації виробництва та інженерної екології

АНОТАЦІЯ

Бокренко М.О. Обґрунтування можливості оптимізації системи електропостачання фермерського господарства за аналізом графіків навантаження. Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня бакалавра за спеціальністю 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка – Поліський національний університет, Житомир, 2024.

У цьому дослідженні розглядається можливість оптимізації системи електропостачання фермерського господарства на основі аналізу графіків навантаження. Ефективне використання електроенергії в сільському господарстві є ключовим фактором для забезпечення стабільності та підвищення врожайності. Шляхом аналізу графіків навантаження можна визначити піки споживання електроенергії та ідентифікувати можливі шляхи оптимізації. У роботі будуть розглянуті методи та інструменти для збору та аналізу даних про споживання електроенергії, а також запропоновані стратегії оптимізації системи електропостачання з урахуванням цих результатів. Результати дослідження можуть бути корисними для фермерів та аграрних підприємств, які прагнуть знизити витрати на електроенергію та підвищити ефективність виробництва.

Ключові слова: фермерське господарство, електропостачання, пікове навантаження, біогазовий реактор, генератор

SUMMARY

Bokrenko M.O. Justification of the possibility of optimization of the farm electricity supply system based on the analysis of load schedules. Qualifying work for obtaining a bachelor's degree in specialty 141 - Power engineering, electrical engineering and electromechanics - Polissia National University, Zhytomyr, 2024.

This study explores the possibility of optimizing the electrical supply system of a farm based on load profile analysis. Effective utilization of electricity in agriculture is crucial for ensuring stability and increasing yields. By analyzing load profiles, peaks of electricity consumption can be identified, and potential optimization strategies can be identified. The paper will discuss methods and tools for collecting and analyzing electricity consumption data, as well as propose optimization strategies for the electrical supply system based on these findings. The research results may be beneficial for farmers and agricultural enterprises aiming to reduce electricity costs and increase production efficiency.

Key words: farming, electricity supply, peak load, biogas reactor, generator

ЗМІСТ

ВСТУП	4
Розділ 1. ПЕРСПЕКТИВНІ ШЛЯХИ РОЗВИТКУ ТА ОПТИМІЗАЦІЇ СИСТЕМ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ФЕРМЕРСЬКИХ ГОСПОДАРСТВ.....	6
1.1. Вплив автоматизації на розвиток портеб в системах стабільного електропостачання	6
1.2. Визначення споживача та категорії споживання електричної енергії	8
1.3. Доцільність резервних енергоджерел для споживачів електроенергії II категорії.....	9
1.4. Залежність роботи електрообладнання від стабільності показників електроенергії.....	10
1.5. Впровадження біогазових електростанцій як додаткових локальних об'єктів енергопостачання	12
1.6. Висновки по розділу 1	15
Розділ 2. ПРОЕКТУВАННЯ СИСТЕМИ РЕЗЕРВНОГО ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ФЕРМЕРСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА.....	16
2.1. Визначення розрахункового навантаження	16
2.2. Вибір перетворюючого обладнання.....	18
Обираємо силовий трансформатор: 10/0,4 кВ	18
2.3. Висновки по розділу 2	21
Розділ 3 ОПТИМІЗАЦІЯ ПОКРИТТЯ ПІКОВИХ НАВАНТАЖЕНЬ ЗА РАХУНОК РЕЗЕРВНОГО ЕЛЕКТРОГЕНЕРАТОРА.....	22
3.1. Вибір резервного генератора	22
3.2 Рекомендації до вибору схеми підключення резервного газового електрогенератора.....	24
3.3. Розробка однолінійної схеми електропостачання	26
3.4. Висновки до розділу 3	28
ВИСНОВКИ.....	29
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	30
ДОДАТКИ.....	33

ВСТУП

У сучасний період часу спостерігається інтенсивне використання електричних та електронних пристроїв у сільському господарстві. Вже функціонують повністю автоматизовані ферми для розведення птахів, а також високотехнологічні тваринницькі комплекси з системами автоматичного живлення та доїльними апаратами. У таких складних системах, належна робота яких визначає не лише ефективність господарства, але й здоров'я та добробут тварин, вирішальним є постійне та безперебійне забезпечення електроенергією.

Актуальність теми: У сучасному сільському господарстві, без систем резервного електропостачання, не можна досягти оптимального рівня механізації та автоматизації. Тому з кожним днем актуальність цієї проблеми лише зростає.

Об'єкт дослідження: Генератори змінного струму, що працюють за допомогою енергії, виробленої з біогазу.

Предмет дослідження: Структура інтеграції біогазового електрогенератора змінного струму в електропостачання фермерського господарства.

Мета: Генерація та передача електроенергії в мережу для внутрішнього споживання господарства у разі відключення основного джерела живлення.

Завдання дослідження: Необхідно виконати аналіз основних характеристик електрообладнання електромережі з урахуванням додавання резервного електрогенератора, а також вибрати оптимальний електрогенератор та встановити параметри мережі.

Методи дослідження: У процесі вирішення поставленої проблеми використовувалися методи аналізу, розрахунково-аналітичні методи та методи літературного пошуку для дослідження теми.

Впровадженні інженерні рішення: Була створена концептуальна схема електричної мережі з використанням резервного джерела електроенергії.

Практичне значення: Покращення надійності системи електропостачання та забезпечення безперебійного живлення мають на меті підвищення стійкості функціонування електричних систем, які відповідають за роботу сільського господарства.

Наукові публікації автора за темою дослідження:

Тези доповіді на тему «Впровадження біогазових електростанцій як додаткових локальних об'єктів енергопостачання» Бокренко М.О., Безсмертний Д.М.// Збірка тез наукової конференції «Студентські читання-2024».

Тези доповіді на тему «Рекомендації по вибору схеми підключення біогазового генератора в систему електропостачання фермерського господарства» Бокренко М.О. // Збірка тез наукової конференції «Студентські читання-2024».

Структура та обсяг роботи: Робота містить анотацію, вступ, три розділи, висновки, література. Обсяг 34 сторінок А4 друкованого тексту.

Розділ 1. ПЕРСПЕКТИВНІ ШЛЯХИ РОЗВИТКУ ТА ОПТИМІЗАЦІЇ СИСТЕМ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ФЕРМЕРСЬКИХ ГОСПОДАРСТВ

1.1. Вплив автоматизації на розвиток портеб в системах стабільного електропостачання

У сучасному світі, який характеризується широким застосуванням комп'ютерних технологій, автоматизація стає невід'ємною частиною багатьох галузей, включаючи тваринництво. Цей процес передбачає заміну фізичної праці людини на різних етапах виробництва на автоматичні технології, що дозволяє забезпечити високу якість продукції та оптимальний режим роботи механізмів.

Автоматизація може бути частковою, коли прилади виконують лише окремі операції, спрощуючи роботу оператора, або повною, коли вони повністю замінюють людину. При повній автоматизації прилади автоматичного управління відповідають за точне виконання технологічних процесів, звільняючи оператора від цих обов'язків.

Однією з особливостей повної автоматизації є необхідність точного та своєчасного управління процесами виробництва, включаючи запуск, зупинку, зміну швидкості та напрямку руху машин. Це вимагає застосування пристроїв автоматичного управління, які здійснюють ці операції без прямого втручання людини.

Крім того, в процесі роботи часто потрібно підтримувати заданий технологічний режим, за яким оператор впливає на регулюючі органи машини. У відсутність оператора ці функції автоматично здійснюються пристроями автоматичного регулювання, які забезпечують безперервність виробничого процесу.

Автоматизація процесів вимагає використання пристроїв, відомих як засоби автоматичного захисту, які можуть незалежно виявляти та усувати можливі пошкодження. До 80% завдань оперативного планування на тваринницьких комплексах виконується системою автоматизованого управління технологічним процесом.

Більшість систем тваринницьких комплексів мають двоступеневу структуру. Перший рівень містить пристрої автоматичного захисту технічного та електричного обладнання, регулятори окремих технологічних параметрів, та засоби для централізованого управління й оптимізації технологічних операцій. Другий рівень включає диспетчерські служби управління комплексом та автоматизовані інформаційні системи, що пов'язані з районними обчислювальними центрами. Цей рівень містить важливу інформацію, необхідну для підвищення ефективності технологічних процесів на всьому комплексі. Довготривалі статистичні дані є основою для оптимізації структури технологічних процесів, тоді як поточні дані вказують на режими їх функціонування. Усі технологічні процеси мають фізичні величини – показники процесу, до яких застосовуються різні умови для забезпечення його правильного функціонування.

Існують процеси, у яких показники мають залишатися незмінними, наприклад, на електростанціях частота змінного струму має залишатися постійною, що дорівнює 50 Гц. Для інших процесів можлива зміна показників в межах, визначених параметрами. Наприклад, у тваринницьких приміщеннях це можуть бути відносна вологість повітря і температура. Для деяких процесів показники повинні змінюватися згідно з певним заданим законом, наприклад, в пташниках освітлення регулюється для створення штучних сутінків, світанку, причому ці зміни мають відповідати законам природного освітлення. Для інших процесів закон зміни показників визначається зовнішніми умовами, які впливають на їх значення і характер.

Завдяки поступовому вдосконаленню технологій машин і потокових ліній з впровадженням АСУТП спостерігається тенденція до централізації управління технологічними процесами і зменшення ступінчастості її структури. У сучасних комплексах все більше планується широке впровадження керуючих електронно-обчислювальних машин (ЕОМ) та перенесення всієї зоотехнічної, ветеринарної, інженерної та економічної інформації на машинні методи обробки.

1.2. Визначення споживача та категорії споживання електричної енергії

Вимоги до надійності електропостачання визначаються рівнем електрифікації робочих процесів та побутових потреб окремих споживачів. Ці вимоги можуть варіюватися залежно від часу, що використовується для споживання електроенергії. Наприклад, якщо споживач користується електропостачанням лише протягом певних годин доби, то він може не вимагати специфічної надійності під час інших годин. На відміну від цього, споживачі, які працюють цілодобово або автоматично активуються у будь-який час, постійно ставлять однакові вимоги до надійності.

При проектуванні і експлуатації систем електропостачання аграрних об'єктів споживачі розділяються на три категорії в залежності від значення фактору надійності.

Споживачі I категорії - це:

- Ферми та комплекси, які утримують 800 корів і більше для виробництва молока;

- Ферми та комплекси з вирощування і відгодівлі свиней на 12 тисяч голів і більше, а також молодняку великої рогатої худоби на 10 тисяч голів і більше;

- Майданчики для відгодівлі молодняку великої рогатої худоби на понад 20 тисяч голів, а також для відгодівлі корів м'ясного напрямку на понад 600 голів, є відкритими;

- Племінні господарства та господарства з вирощування ремонтного молодняку курей на 25 тисяч голів і більше, а також гусей, качок і індиків на 10 тисяч голів і більше, та курей-несучок на 100 тисяч голів і більше;

- Господарства з вирощування м'ясних курчат на 1 мільйон голів і більше.

Споживачі першої категорії включають об'єкти, порушення електропостачання яких протягом 0,5 години може призвести до значних матеріальних збитків через масове псування продукції та серйозні порушення технологічного процесу. До цієї категорії також відносяться електроприймачі особливо важливих об'єктів не сільськогосподарського призначення, що розташовані в сільській

місцевості, наприклад, пункти невідкладної допомоги, пологові будинки, операційні відділення лікарень та інші.

Усі споживачі першої категорії, разом із основним джерелом електропостачання, повинні мати резервне живлення, яке автоматично ввімкнеться у разі відключення основного джерела. Якщо автоматичне ввімкнення резервного живлення неможливе, воно повинно активуватися не пізніше, ніж через 30 хвилин після відключення основного джерела.

До споживачів другої категорії належать електроприймачі, для яких перерва в електропостачанні триває понад 3,5 години, що призводить до порушення виробничого процесу, зниження виходу сільськогосподарської продукції та її псування.

Сюди входять:

- електрифіковані доїльні установки та установки первинної обробки молока;
- електроприймачі ліній по відгодівлі свиней та великої рогатої худоби;
- тваринницькі та птахівницькі ферми колгоспів і радгоспів;
- кормоприготувальні цехи і заводи з електромеханізованим приготуванням та роздачею кормів;
- системи водопостачання для потреб тваринництва та птахівництва.

Споживачі третьої категорії - це ті, що не відносяться ні до першої, ні до другої категорії. Для них можливі часові перерви в електропостачанні, які потрібні для проведення ремонтних робіт або заміни пошкодженого обладнання. Однак ці перерви не повинні перевищувати одну добу.

1.3. Доцільність резервних енергоджерел для споживачів електроенергії II категорії

Резервні електростанції для споживачів першої категорії призначені для підвищення надійності електропостачання об'єктів, де значення збитків від перерв в електропостачанні є відносно великим. Розстановка таких станцій визначається розрахунком очікуваних збитків у разі відсутності електроенергії

та витрат на їх утримання. Економічно доцільне застосування резервних електростанцій визначається тим, що питомі збитки від відсутності електроенергії рівні або перевищують питомі витрати на електроенергію, яку генерують ці станції.

На сільськогосподарських підприємствах резервні електростанції можуть бути складними дизельними або бензиновими агрегатами з потужністю від 2 до 100 кВт. Вони працюють лише під час перерв у електропостачанні. Навіть у сільських електричних мережах, де тривалість перерв може досягати 150-200 годин на рік, фактично час роботи резервних станцій є нижчим. Причина полягає у можливій несумісності між перервами в електропостачанні та режимами роботи електрообладнання на сільськогосподарських підприємствах. Це може призвести до недостатнього використання резервних агрегатів, що збільшує витрати на вироблену ними електроенергію. Тому економічно доцільніше використовувати резервні електростанції переважно у пташниках, інкубаторіях, молочних фермах та великих тваринницьких комплексах.

1.4. Залежність роботи електрообладнання від стабільності показників електроенергії

Робота електроприймачів залежить від змін частоти струму та коливань напруги, які можуть впливати на їхню ефективність. Погіршення якості електроенергії може спричинити несправності в роботі електроприймачів. Різні зміни параметрів можуть мати різний вплив на окремі типи приймачів. Наприклад, відхилення частоти струму може впливати на асинхронні двигуни: збільшення частоти може зменшити силу струму в обмотках двигуна, його максимальний момент і нагрівання, тоді як зниження частоти може мати зворотний ефект. Проте, при невеликих відхиленнях частоти від номінальної, електродвигуни та інші електроприймачі зазвичай продовжують працювати стабільно.

У сільських електричних мережах відхилення напруги є важливим параметром якості, особливо для освітлювальних систем, які є дуже чутливими до змін напруги.

Коли напруга зменшується на 10%, це веде до зниження світлового потоку у ламп розжарювання на 80%. При тривалому збільшенні напруги на 10%, термін служби ламп скорочується в 4 рази, що може спричинити їх швидке перегорання. Крім того, це може призвести до надмірного використання електроенергії. Термін служби люмінесцентних ламп при зміні напруги на $\pm 10\%$ скорочується на 20%. Особливо чутливі до коливань напруги є ультрафіолетові і інфрачервоні джерела променевої енергії, які широко застосовуються у тваринництві.

Так, у випадку зниження напруги на 10%, ультрафіолетові лампи не можуть запалитися, а кожен відсоток зміни напруги призводить до приблизного зменшення потоку променевої енергії на 2%. Це призводить до зменшення дози опромінення, а також може вплинути на недостатню температуру під час обігріву молодняку. Зниження напруги також призводить до збільшення тривалості роботи електронагрівальних приладів, що руйнує ритм виробництва і негативно впливає на термін служби нагрівальних елементів.

Будь-яке відхилення напруги також впливає на роботу асинхронних електродвигунів. Момент, з яким обертається двигун, пропорційний квадрату напруги, яка подається на його затискачі. При зниженні напруги може виникнути явище, відоме як "перекидання" двигуна, коли він зупиняється. У такому випадку момент опору може перевищити максимальний момент обертання. Відхилення напруги на 10% від номінальної призводить до зниження надійності включення магнітних пускачів.

Коливання напруги має негативний вплив не лише на електронагрівальні пристрої та освітлювальні системи, але й спричиняє миготіння ламп, що розчаровує тварин і одночасно зменшує продуктивність людської праці.

На фермах і в комплексах, де вимоги до якості напруги високі, можна використовувати місцеві засоби регулювання напруги. Наприклад, автоматичні стабілізатори напруги 380 В, з потужністю від 10 до 100 кВ-А, дозволяють забезпечити сталу напругу і захистити електроприймачі від впливу коливань напруги.

1.5. Впровадження біогазових електростанцій як додаткових локальних об'єктів енергопостачання

Використання біогазу як основного джерела енергії стає дедалі більш популярним у сільському господарстві, особливо з урахуванням значної кількості біосировини та органічних залишків, таких як послід, підстилка, залишки кормів і багато іншого. Цей біогаз перетворюється в електроенергію, що дозволяє використовувати його як джерело електропостачання.

Когенеративні електростанції, які працюють на біогазі, є передовим розвитком технологій газових електрогенераторів. Запит на цей тип технологій зростає серед європейських споживачів у сільському господарстві, оскільки вони розуміють значення сталого використання ресурсів та прагнуть до більш екологічних методів виробництва енергії.

Електростанції, які використовують газові електрогенератори, можуть ефективно працювати на біогазі, який має склад, аналогічний до природного газу, але відрізняється у деяких характеристиках. Біогаз може бути отриманий з різних джерел, таких як залишки рослинництва, тваринництва, садівництва, птахівництва та інше. Важливою відмінністю є те, що технологія виробництва біогазу не має великого значення; важливий лише метод його збирання, перед-процесінгу та подачі в генератор.

Склад біогазу по хімічним складовим

Хімічна формула	Складова	Вміст, %
N_2	Метан	
CO_2	Вуглекислий газ	23-56
NH_3	Водяна пара	0-11
CH_4	Азот	40-75
H_2S	Кисень	
H_2	Водень	
O_2	Сірководень	
H_2O	Аміак	0-10

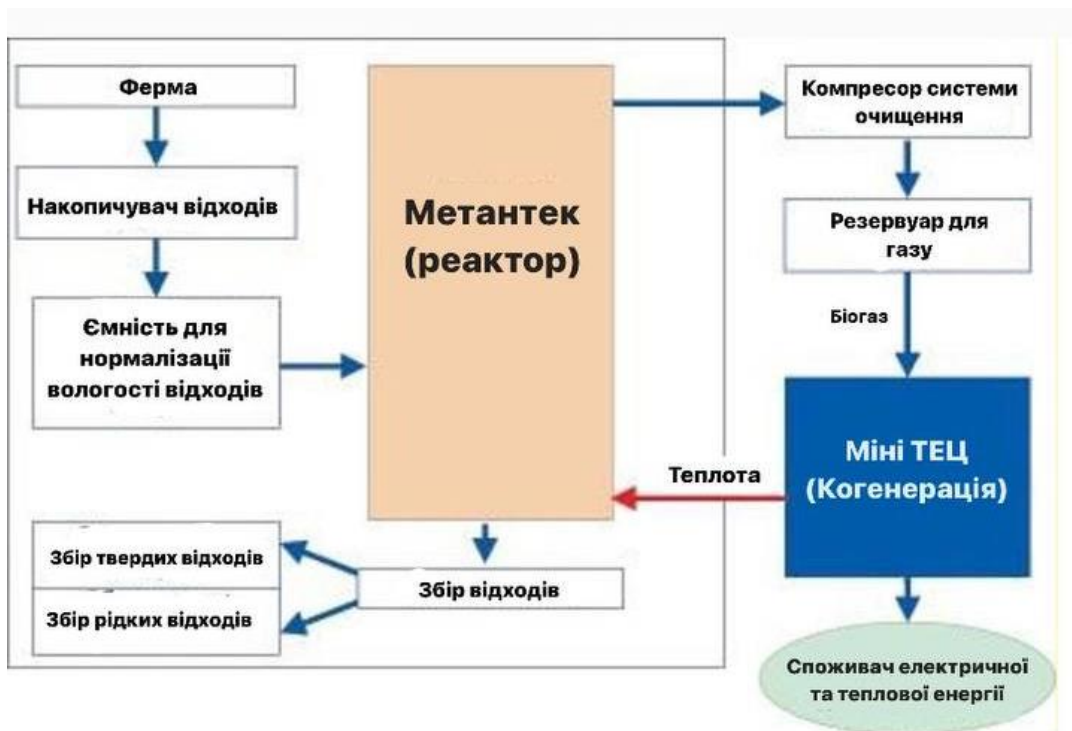


Рис.1.1. Технологічна схема виробництва електроенергії з біогазу

Сучасні генератори, які використовують біогаз, зазвичай базуються на газопоршневих двигунах, спеціально призначених для виробництва електричної енергії з визначеними характеристиками. Однією з особливостей є їх здатність

до підключення до електричних мереж та використання біогазу. Однак ускладнення зберігання біогазу у великих обсягах для резервного електропостачання є проблемою. Оскільки створення значного запасу біогазу є неможливим, доцільно перетворювати його на електроенергію по мірі виробництва. Для цього може використовуватися схема з акумуляторними батареями потрібної потужності, щоб забезпечити ефективне використання біогазу в електроенергетичній системі. На рис.1.2. представлено типову схему енергопостачання фермерського господарства з використанням біогазового реактора.

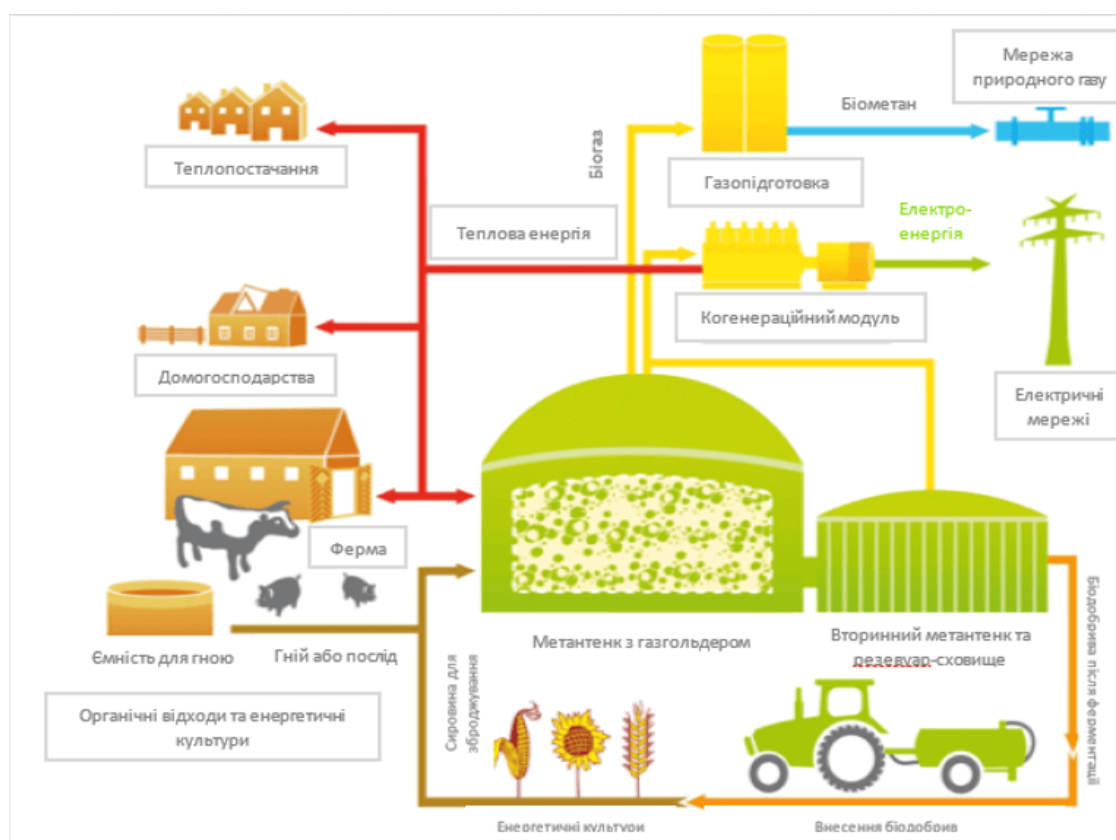


Рис.1.2. Принципова схема генерації резервної енергії на фермерському господарстві на базі обладнання з виробництва біометану

Приклад електроживлення когенераційної біогазової електростанції, що базується на виробництві біогазу з органічних залишків у твердій фазі, показано на рис.1.3.

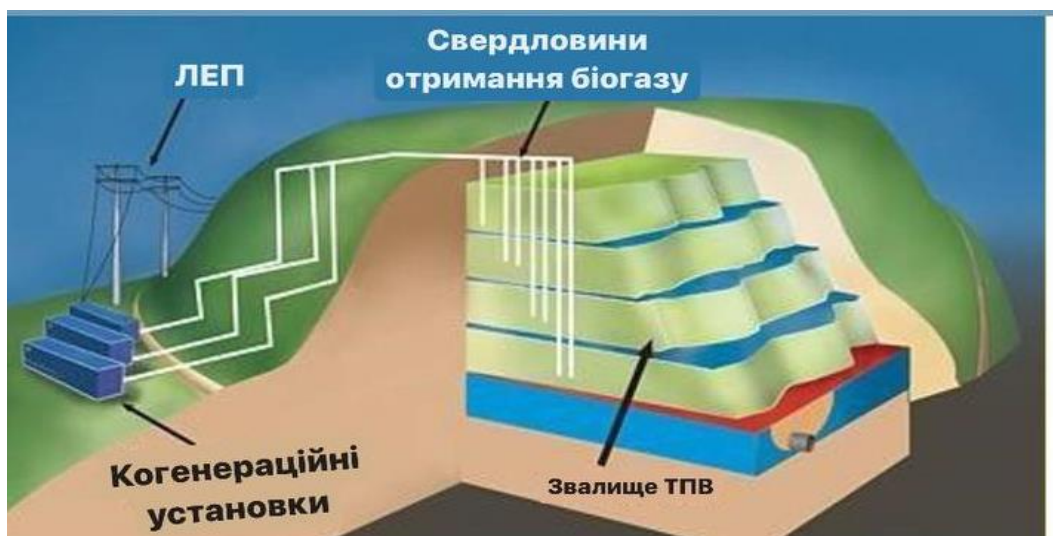


Рис. 1.3. Схема живлення когенераційної біогазової електростанції, що ґрунтується на виробництві біогазу з органічних залишків у твердій фазі.

На рис. 1.3. представлена схема складування відходів, включаючи побутові, з передполагаємим розкладанням протягом 3–5 років, тому електрогенератори можуть користуватися біогазом з цього джерела протягом тривалого періоду.

1.6. Висновки по розділу 1

Біогазові електрогенератори мають такі переваги:

- Незалежність від зовнішніх джерел енергії та мереж.
- Можливість переробки та утилізації власної сировини.
- Утилізація органічних відходів як додаткового джерела доходу.
- Зменшення шкідливих викидів.
- Підвищення екологічності виробництва.
- Мінімізація впливу на клімат тощо.

Розділ 2. ПРОЕКТУВАННЯ СИСТЕМИ РЕЗЕРВНОГО ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ФЕРМЕРСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА

2.1. Визначення розрахункового навантаження

Для планування та вибору електрогенератора необхідно оцінити електричне навантаження, враховуючи існуюче обладнання та вимоги щодо резервного енергозабезпечення, встановлені нормативами проектування. Електричні навантаження для мереж 0,4 кВт визначаються шляхом сумування всіх планових розрахункових навантажень, що встановлені для електрообладнання господарства.

При обчисленні беремо до уваги коефіцієнти одночасності спрацювання потужностей.

Таким чином, активне навантаження визначається як:

$$D_t = k_0 \sum_1^n D_{te} \quad (2.1)$$

$$D_t = k \sum_1^n D_{ne} \quad (2.2)$$

де k_0 – коефіцієнт, що враховує одночасність [12].

D_{te} , D_{ne} – активне навантаження, денне та вечірнє, кВт.

Реактивне навантаження у максимальних режимах, як у денний, так і вечірній час, визначається за такими формулами:

$$C_t = k_0 \sum_1^n C_{te} \quad (2.3)$$

$$C_n = k_0 \sum_1^n C_{ne} \quad (2.4)$$

де C_{te} , C_{ne} – реактивне навантаження в денний та вечірній періоди, кВт.

Раховуючи вищевказане, сумарна реактивна потужність буде складати:

$$D_t = D_{t\text{найб}} + \sum_1^n \Delta P_{gi} \quad (2.5)$$

$$D_n = P_{n\text{найб}} + \sum_1^n \Delta D_{te} \quad (2.6)$$

де $D_{t\text{найб}}$, $P_{n\text{найб}}$ – максимальне навантаження, що складається з усіх

сумарних навантажень, з врахуванням денного та вечірнього періодів,

ΔD_{te} , ΔD_{ne} – додаткове найбільше активне та реактивне навантаження за даними таблиці 2.1. [11].

Таблиця 2.1.

Результати розрахунків навантажень на вході в тваринницькій фермі на 400 голів ВРХ

Споживач	Кіл ьк.	K ₀	Активне навантаження, кВт				Реактивне навантаження, кВт			
			Вхідне		Розрахункове		Вхідне		Розрахункове	
			D _{те}	D _{не}	D _т	D _н	C _{те}	C _{не}	C _т	C _н
Примі- щення фе- рми	7	0,60	65	85	107	141	40	45	65	73
Кормопри- готування	6	6	95	105	95	105	85	95	85	95
Система опалення	6	6	60	65	60	65	40	36	40	36
Система освітлення	-	-	-	-	-	9	-	-	-	-
ИТОГО					252	305			180	194

Потужності цеху з приготування кормів:

$$D_{\text{рас.}} = K_0 \cdot D_{\text{те}} = 6 \cdot 95 = 570 \text{ кВт}$$

$$D_{\text{рас.н}} = K_0 \cdot D_{\text{не}} = 6 \cdot 105 = 630 \text{ кВт}$$

Реактивні навантаження:

$$C_t = K_0 \cdot C_{\text{те}} = 6 \cdot 85 = 510 \text{ кВт}$$

$$C_n = K_0 \cdot C_{\text{не}} = 6 \cdot 95 = 570 \text{ кВт}$$

Приміщення для худоби (активна потужність):

$$D_t = 7 \cdot 0,85 \cdot 65 = 386,7 \text{ кВт}$$

$$D_n = 7 \cdot 0,85 \cdot 85 = 505,7 \text{ кВт}$$

Приміщення для худоби (реактивна потужність):

$$C_t = 7 \cdot 0,85 \cdot 40 = 238 \text{ кВар}$$

$$C_n = 7 \cdot 0,85 \cdot 45 = 267,7 \text{ кВар}$$

Система опалення, активна та реактивна потужності:

$$D_t = 6 \cdot 60 = 360 \text{ кВт}$$

$$D_n = 6 \cdot 65 = 390 \text{ кВт}$$

$$C_t = 6 \cdot 40 = 240 \text{ кВар}$$

$$C_n = 6 \cdot 40 = 240 \text{ кВар}$$

Разом сумарне навантаження по фермі в цілому, активне та реактивне:

$$D_t = 386,7 + 570 + 360 = 1316,7 \text{ кВт}$$

$$D_n = 505,7 + 670 + 390 + 4 = 1569,7 \text{ кВт}$$

$$C_t = 238 + 510 + 240 = 988 \text{ кВар}$$

$$C_n = 267,7 + 570 + 240 = 1077,7 \text{ кВар}$$

Проведення розрахунків варто здійснювати вечірнім часом, оскільки, згідно зі статистикою підприємства, саме в цей період часу спостерігається найвище навантаження на електромережу.

Коефіцієнт використаної потужності визначаємо як:

$$\text{коэф} = D_n / V_n \tag{2.7}$$

$$\text{коэф} = 3000 / 354,6 = 0,85.$$

де D_n – розрахункова активна потужність, кВт.

V_n – сумарна потужність, кВар

Звідси повна активна потужність визначається як сума всіх потужностей:

$$V_{\text{расч}} = \sqrt{D_n^2 + C_n^2} \tag{2.8}$$

$$V_{\text{расч}} = \sqrt{300^2 + 189^2} = 354,6 \text{ кВ}$$

2.2. Вибір перетворюючого обладнання

Обираємо силовий трансформатор: 10/0,4 кВ

Вибір трансформатора для потужності станції 10/0,4 кВ потребує урахування інтервалів навантаження та мінімальних необхідних потужностей для забезпечення основних потреб ферми.

$$V_{HT} \geq V_{расч} \quad (2.9)$$

де S_{HT} – номінальна потужність трансформатора, кВа,
 – повна розрахункова потужність, кВ

$$V_{расч} = \sqrt{D_n^2 + C_n^2} = \sqrt{300^2 + 189^2} = 354,6 \text{ кВ}$$

Приймаємо трансформатор з потужністю:

$$10/0,4 \text{ кВ } V_{HT} = 400 \text{ кВ} \geq V_{расч \text{ т.п.}} = 354,6 \text{ кВ.}$$

Технічні характеристики ТМ-400 [7] представлені нижче:

Марка - ТМ

S_{HT} , кВа	-	400
$U_{ни}$, кВ	-	0,4
$U_{вн}$, кВ	-	10
ΔP_x , кВ	-	1,05
$\Delta P_{кз}$, кВ	-	5,5
U_k , %	-	$\pm 4,5$
ПБВ	-	2x2,5

Перевірка потужності трансформатора на випадок аварійних перевантажень є важливим етапом проектування.

$$\frac{S}{h \cdot S_{HT}} \leq k_c \quad (2.10)$$

де k_c – середньодобовий коефіцієнт системного навантаження трансформатора при температурі оточуючого середовища $t - 15^\circ$ $k_c = 0,93$.

$$\frac{354,6}{400 \cdot 1} \leq 0,93 \text{ - умова виконується.}$$

Розрахуємо втрати в трансформаторі:

$$\Delta W = \Delta P_x \cdot 8760 + P_k \left(\frac{S_t}{S_{HT}} \right)^2 \cdot \tau \quad (2.11)$$

де ΔP_x – втрати х.х., кВт,

ΔP_k – втрати від к.з., кВт,

T – час роботи у відповідному режимі, год.

$$\Delta W = 1,05 * 8760 + 5,5 \left(\frac{354,6}{400} \right)^2 * 1450 = 17177,5 \text{ кВт/год}$$

Втрати напруження в лінії 10 кВ:

$$\Delta U = \frac{(P_p * R_0 + Q_p * x) * l}{U_H^2} 100 \quad (2.12)$$

$$\Delta U = \frac{(300 * 0,6 + 189 * 0,4) * 5}{10^2} 100 = 1,28\%$$

Таблиця 2.3. Зведена таблиця відхилення напруг

Складовий елемент	Навантаження	
	100%	25%
Шини 10 кВ, $\Delta U_{ш10}$	+5.0	0
Лінія 10 кВ, ΔU_{10}	-1.28	-0.32
Трансформатор 10/0,4 кВ:		
Δ напруги	-2.3	-0.575
Додаткова Δ	+5.0	+5.0
Регульована Δ	-2.5	-0.65
$\Delta U_{доп}^{100}$	-8.902	-
Зовнішня мережа	-6.42	0
$\Delta U_{доп.нагр}$	2.5	0
ΔU^{25} для кінцевого споживача	-5.0	+3.5

Допустима напруга в лінії 0,4 кВ:

$$\Delta U_{доп}^{100} = 5 - 1,28 + 5 - 4,8 - (-5) = 8,92\%$$

Втрати напруги зовнішньої мережі:

$$\Delta U_{доп.нагр} = 8,92 - 2,5 = 6,42\%$$

Відхилення в нарузі, яке буде фіксуватись у кінцевого споживача електроенергії:

$$\Delta U^{25} = 0 - 0,32 + 5 - 0,575 - 0,625 = 3,48\%$$

2.3. Висновки по розділу 2

У процесі проведення розрахунків було враховано споживчу потужність в різних режимах роботи. Наприклад, в нормальному, аварійному тощо. Визначені потужності першої необхідності, а також оцінений потенціал почергового підключення споживачів до резервного електрогенератора.

Були здійснені розрахунки щодо характеристик мережі в екстремальних режимах: при роботі від резервного генератора. Отримані результати свідчать про задовільний рівень, що дозволить ефективно забезпечити роботу господарства навіть у випадку відключення основного електропостачання.

Також був вибраний трансформатор для підстанції 10/0,4 кВ. Трансформатор обирався з огляду на розрахункові потужності, навантаження та інші потреби енергозабезпечення обраного фермерського господарства з урахуванням добових графіків навантажень.

Розділ 3 ОПТИМІЗАЦІЯ ПОКРИТТЯ ПІКОВИХ НАВАНТАЖЕНЬ ЗА РАХУНОК РЕЗЕРВНОГО ЕЛЕКТРОГЕНЕРАТОРА

3.1. Вибір резервного генератора

В періоди найбільш інтенсивного енергоспоживання, яке неможливо оптимізувати іншим чином, доцільне використання електрогенератора, який буде працювати на біогазовому паливі. Відповідно до вимог "Правил експлуатації електроустановок", резервний генератор є обов'язковим для живлення споживачів I категорії, для яких припинення електропостачання може мати непоправні наслідки. Тваринницька ферма саме до цієї категорії і відноситься. Резервним джерелом енергії стане газовий електрогенератор GENERAC SG 184 (рис. 3.1.).



Рис.3.1. Газовий електрогенератор GENERAC SG 184

Основні технічні характеристики газового генератора GENERAC SG 184 приведені в Додатку А [8]:

Стационарний газовий генератор GENERAC SG 184 призначений для використання як додаткове, резервне або основне джерело змінного струму для забезпечення електроенергією споживачів, включаючи фермерські господарства.

Цей генератор може жити декілька споживачів з сумарною потужністю до 230 кВт. Таким чином, електроенергію можна використовувати як для внутрішніх потреб, так і для продажу в мережу або іншим споживачам. Газовий генератор GENERAC SG 184 має ряд особливостей, які визначаються його складовими елементами, зокрема газовим поршневым двигуном. Цей генератор оснащений чотиритактним двигуном виробництва Generac, який працює на біогазовому паливі в тому числі.

Корпус

Корпус генератора Generac SG 184 виготовлений з металу і обладнаний спеціальним антикорозійним покриттям, що захищає його від корозії. Цей корпус має надійну ізоляцію та звукоізоляцію, що ефективно захищає внутрішні вузли генератора від пошкоджень, вологи і пилу. Завдяки захисному кожуху, генератор може бути встановлений на вулиці і може експлуатуватися в будь-яку погоду.

Альтернатор

У цьому генераторі встановлений синхронний альтернатор. Діапазон коливань напруги не перевищує 1% у будь-якому напрямку, що підтверджує його високу стабільність напруги. Альтернатори цього типу не постраждають від навантажень з великою амплітудою, таких як пускові струми. Обмотка генератора виготовлена з технічної міді, що забезпечує довговічність і надійність його роботи.

Панель управління

Стаціонарний генератор Generac SG 184 має електронну панель керування, обладнану електронним екраном, який забезпечує чітке відображення показників роботи навіть при високому рівні зовнішнього освітлення. На цьому дисплеї відображаються всі основні показники роботи генератора, включаючи частоту, оберти двигуна, температуру двигуна, напругу, споживане навантаження, виявлені помилки, кількість запусків, сумарний час роботи в мотогодинах та інші важливі параметри.

Автоматичне підключення резервного джерела передбачає, що у разі відключення подачі електроенергії від централізованої електричної мережі, система автоматично запустить генератор.

Перевірка потужності генератора за умовою достатності полягає в тому, щоб переконатися, що його потужність більша або дорівнює мінімально необхідній для задоволення пікового навантаження та диверсифікації послідовності підключення обладнання.

$$P_{\text{э}} \geq P_{\text{max}} \quad (3.11)$$

$$P_{\text{э}} = 230 \text{ кВт} \geq P_{\text{max}} = 210 \text{ кВт}.$$

Число необхідних генераторів – 1.

3.2 Рекомендації до вибору схеми підключення резервного газового електрогенератора

Вибір схеми підключення для використання електрогенератора як резервного джерела живлення є критично важливим для забезпечення ефективності та надійності системи. На рис. 3.2. представлена схема, яка відповідає вказаному призначенню і відображає всі необхідні технічні характеристики. Обмотка статора G виконана відповідно до більшості електрогенераторів асинхронного типу. Ротор генератора має чітко виражені полюси, а також місце розташування обмотки збудження GL , яка живиться від автоматизованої системи подачі сигналу. Струм у обмотці збудження регулюється шунтовим реостатом $R2$, а в ланцюг збудження включений резистор RV , який призначений для гасіння магнітного поля генератора. Опір дішунтірується при відключенні генератора системним захистом, а також для включення генератора на паралельну роботу методом само-синхронізації.

На рис. 3.2 показано схематично обмотки системи збудження і регулювання напруги генератора. Обмотка силового трансформатора T і трифазний випрямляч UZ виступають як силовий ланцюг живлення обмотки збудження. При обертанні ротора внаслідок залишкового магнетизму в його полюсах і в

сталі статора виникає початкова ЕРС в обмотках G і T, однак вона недостатня для відкриття випрямляча UZ. Тому початкове збудження створюється подачею в обмотку збудження по ланцюгу GB імпульсу струму від акумулятора. Ще є варіант застосування резонансної системи, магнітно пов'язаної з системою збудження.

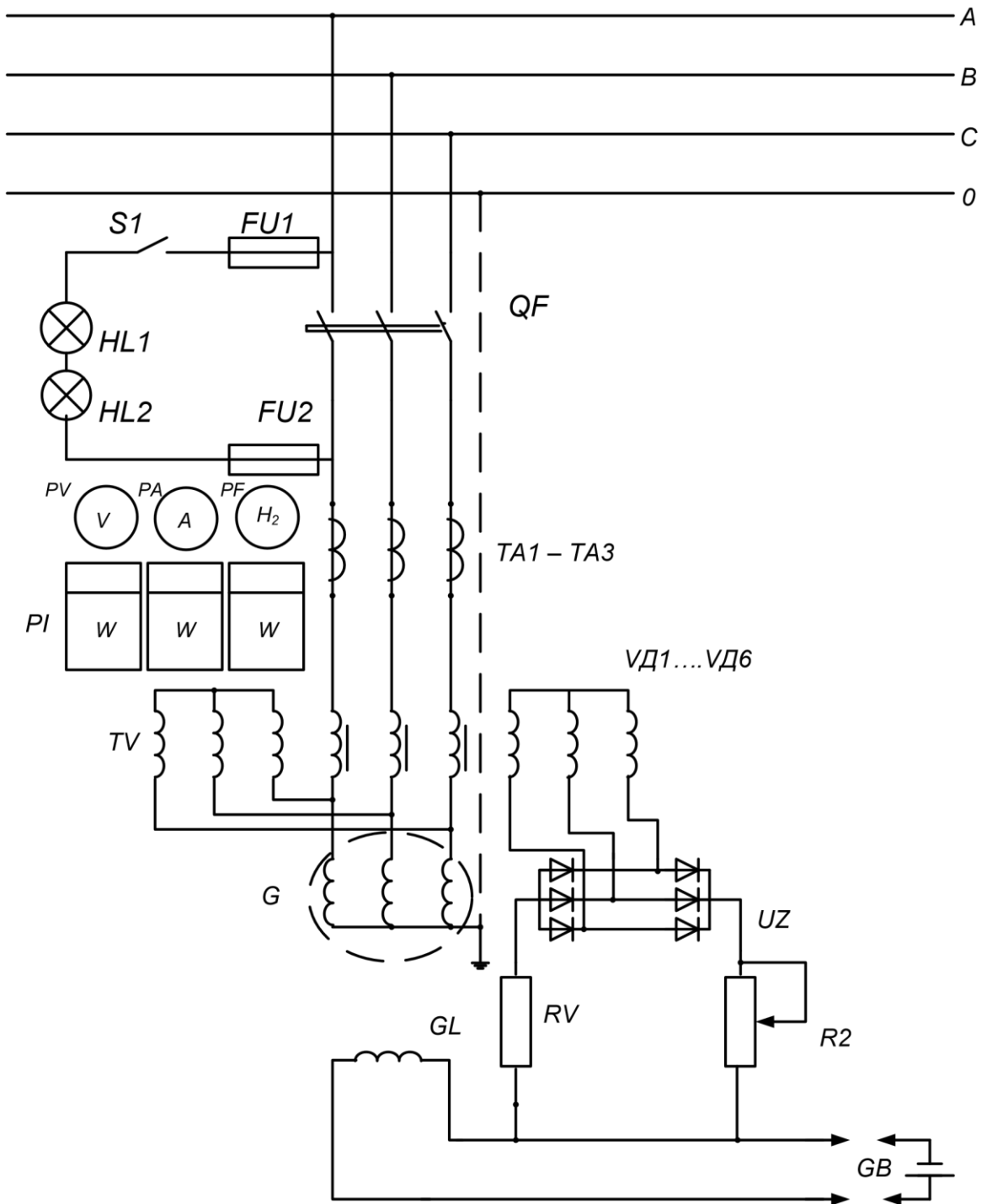


Рис. 3.2. Схема з'єднання електрогенератора з автоматичною системою керування

Обмотка TV використовується в блоці регулятора збудження, який не зображений на схемі, і вона підключена на вивод GB.

Генератор вмикається та захищається від зовнішніх коротких замикань за допомогою автоматичного вимикача QF. Для живлення вимірювальних приладів використовуються трансформатори струму (TA1...TA3); вольтметр (PV) і частотометр (PF) підключаються безпосередньо до генераторної напруги. Точність синхронізації контролюють за допомогою ламп (Ш). Щит керування генератором також дозволяє розподіляти навантаження до споживачів.

3.3. Розробка однолінійної схеми електропостачання

Підключення до електричної мережі напругою 380 В. В цій схемі не передбачається паралельна робота генератора та основного джерела живлення.

Під час вибору оптимальної схеми для кваліфікаційної роботи, було враховано розташування мереж і споживачів на об'єкті. Крім того враховувалося розташування обраної трансформаторної підстанції, організацію обслуговування мережі 380 В на об'єкті та наявність місця (площадки) для розташування електрогенератора на підприємстві. З цих причин була обрана однолінійна схема з одним із варіантів включення споживачів із застосуванням розподільного пункту, яка представлена на рисунку 3.3. У цій схемі передбачені:

T – трансформатор 10/0,4 кВ,

S2 – рубильник,

FU – плавкий запобіжник,

Шини 0,4 кВ,

Д – кабельна вставка,

S1 – рубильник-перемикач,

QF – автоматичний вимикач,

TA – трансформатор струму,

PI – лічильник згенерованої електроенергії, G – біогазовий електрогенератор.

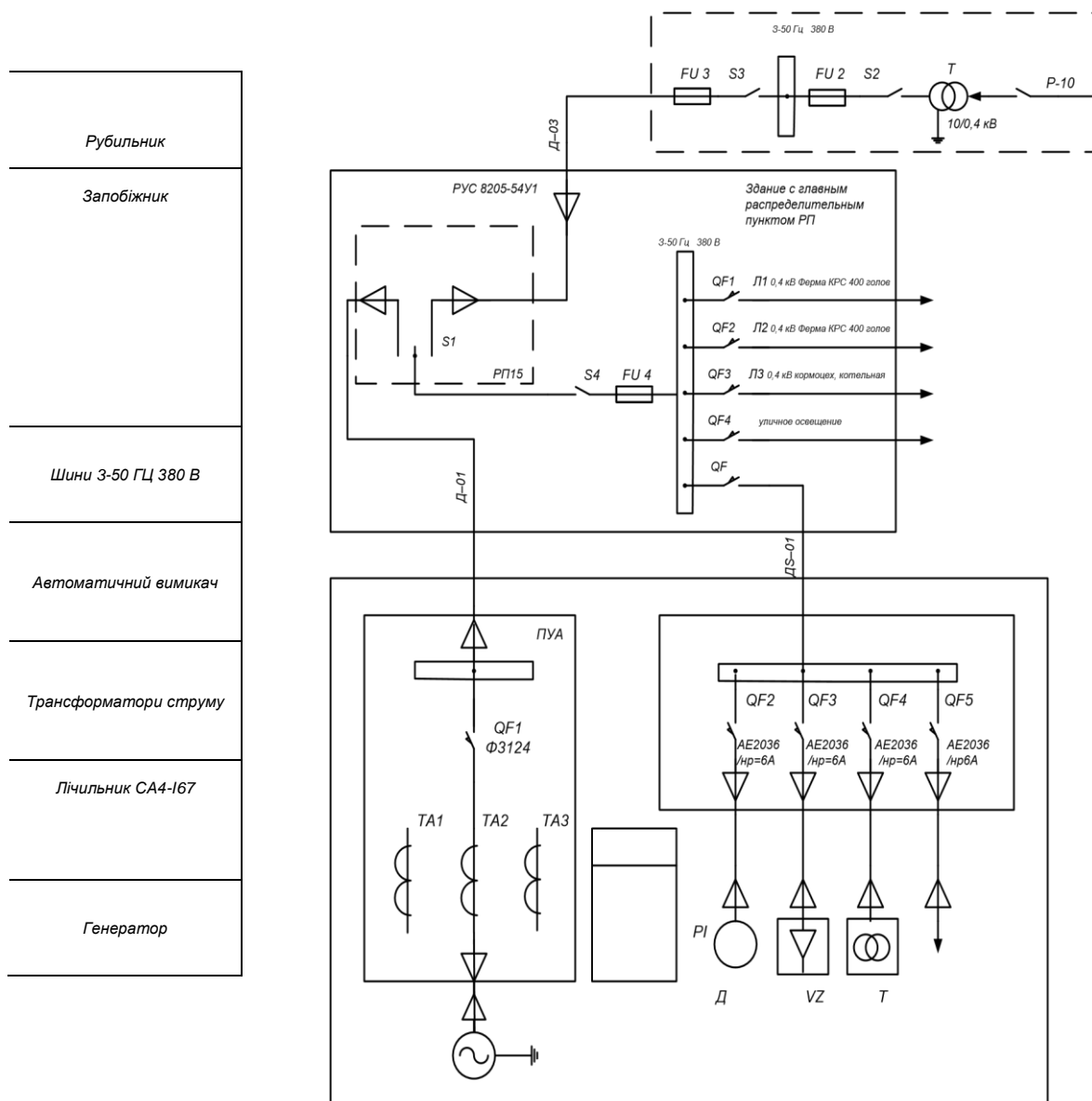


Рис. 3.3. Схема включення генератора в існуючу електричну мережу

Схема підключення ТП 10/0,4 кВ, яка відповідає потужності електрогенератора, включає роз'єднувач, що працює в автоматичному режимі та розрахований на напругу 10 кВ (обраний моделі РЛНД). Такий роз'єднувач має заземлення у вигляді ножів і встановлюється на відповідній електроопорі лінії такої ж напруги. До складу схеми також входять вентиляльні розрядні пристрої, що виконують захисні функції у разі атмосферних електричних явищ або внутрішніх стрибків напруги. Крім того, необхідно використовувати запобіжники, які слід

встановити єдиним блоком у пристрої найвищої напруги. Це дозволить забезпечити трансформаторну підстанцію від коротких замикань.

При встановленні запобіжників їх з'єднують з прохідними ізоляторами та силовим трансформатором. Всі інші апарати встановлюються в регуляційному пристрої РУ 0,4 кВ, де на ввіді розташований рубильник, розрядники вентильного типу, трансформатори струму, лічильник електроенергії та інші.

У разі к.з. система захисного відключення ліній, що веде від ТП до споживача, спрацьовує автоматично, через вимикачіобладнані реле струму, що дозволяє автоматично вмикатись при нульових струмах в мережі.

3.4. Висновки до розділу 3

У штатному режимі електропостачання основних споживачів забезпечується зовнішнім джерелом електроенергії. Обране обладнання та схема підключення до мережі забезпечують максимальний рівень енергетичної безпеки в обраному об'єкті енергоспоживання.

ВИСНОВКИ

Для складних багаторівневих систем, які відіграють важливу роль у роботі ферми та виживанні тварин, безперебійне електропостачання є критично важливим. Використання біогазових електрогенераторів має численні переваги: незалежність від зовнішніх енергоджерел та мереж, можливість переробки власної сировини, утилізація органічних відходів як додаткового джерела заробітку, зниження шкідливих викидів, підвищення екологічності продукції та зменшення впливу на клімат.

Під час розрахунків враховувалася споживча потужність в нормальних та аварійних режимах роботи, визначені потужності першої необхідності, а також оцінений потенціал почергового підключення споживачів до резервного електрогенератора. Також проведено розрахунки потенційних характеристик мережі під час аварійної роботи від резервного генератора. Отримані результати показали задовільний рівень, що забезпечить ефективну роботу господарства в умовах відключення електропостачання. Додатково був обраний трансформатор для підстанції 10/0,4 кВ, який враховує інтервали навантаження та мінімально необхідні потужності для забезпечення життєво важливих потреб ферми.

У штатному режимі електропостачання основних споживачів забезпечується зовнішнім джерелом електроенергії. Обране обладнання та схема підключення до мережі забезпечують максимальний рівень енергетичної безпеки в обраному об'єкті енергоспоживання.

Використання резервного генератора, що працює на відновлюваних енергоресурсах, дозволяє не тільки вирівняти енергоспоживання із зовнішньої мережі, але й підвищити енергонезалежність господарства.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Відомчі норми технологічного проектування. Об'єкти заготівлі, зберігання та приготування кормів для тваринництва. ВНТП-АПК-08.07. – К.: Міністерство аграрної політики України (Мінагрополітики України), 2005.
2. Відомчі норми технологічного проектування. Підприємства вівчарства і козівництва. ВНТП-АПК-03.05. – К.: Міністерство аграрної політики України (Мінагрополітики України), 2005.
3. Відомчі норми технологічного проектування. Підприємства птахівництва. ВНТП-АПК-04.05. – К.: Міністерство аграрної політики України (Мінагрополітики України), 2005.
4. Відомчі норми технологічного проектування. Свинарські підприємства. ВНТП- АПК-02.05. – К.: Міністерство аграрної політики України (Мінагрополітики України), 2005.
5. Відомчі норми технологічного проектування. Системи видалення, обробки, підготовки та використання гною. ВНТП-АПК-09.06. – К.: Міністерство аграрної політики України (Мінагрополітики України), 2005.
6. Відомчі норми технологічного проектування. Скотарські підприємства (комплекси, ферми, малі ферми). ВНТП – АПК – 01.05. – К.: Міністерство аграрної політики України (Мінагрополітики України), 2005.
7. [Електронний ресурс] Режим доступу: <https://elektrozavod.com.ua/ua/maslyanyj-transformator-tm-400-silovoj-transformator-400kva>
8. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://generator.ua/ru/gazovye-generatory/4319-generator-generac-sg-184.html#section_product_specifications
9. Довідник з виробництва свинини / В.І. Герасимов та ін. – Харків, Ескада, 2001. – 336 с.
10. Ревенко І.І. та ін. Машиновикористання у тваринництві: – К.: Урожай, 1999. – 205 с.

11. Кашенко П.С. Електропривод сільськогосподарських машин. Методичні вказівки щодо виконання курсового проекту. – Немішаєве. : НМЦ, 2002. – 77 с

12. Ревенко І.І. Машини та обладнання для тваринництва: (підручник)/ Ревенко І.І., Брагінець М.В., Ребенко В.І.; - К.: Кондор, - 2009.-731с.

13. Феофілов І. В. Підвищення ефективності когенераційної установки на основі двигуна внутрішнього згоряння за рахунок зволоження повітря. – К. : Хай-Тек Прес, 2018. – 106с.

14. В. Феофілов // Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія : Техніка та енергетика АПК. - 2013. -

Вип. 185(1). - С. 166-174. - Режим доступу: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/nvnau_tech_2013_185\(1\)_22](http://nbuv.gov.ua/UJRN/nvnau_tech_2013_185(1)_22).

15. Калетнік Г.М. Біопаливо. Продовольча, енергетична та економічна безпека України: Монографія / Г.М. Калетнік – К. : Хай-Тек Прес, 2010. – 516с.

16. Наказ Міністерства енергетики та вугільної промисловості України від 20 червня 2014 р. № 469 «Про внесення змін та доповнень до розділу 1 Правил улаштування електроустановок».

17. Наказ Міністерства енергетики та вугільної промисловості України від 22 серпня 2014 р. № 596 «Про внесення змін та доповнень до розділу 2 Правил улаштування електроустановок (глави 2.3 — 2.5)».

18. Наказ Міністерства енергетики та вугільної промисловості України від 22 серпня 2014 р. № 597 «Про внесення змін та доповнень до розділу 6 Правил улаштування електроустановок».

19. Наказ Міністерства енергетики та вугільної промисловості України від 22 серпня 2014 р. № 598 «Про внесення змін та доповнень до розділу 4 Правил улаштування електроустановок»

20. Матвеев Ю.Б. Обзор биогазовых проектов в Украине и перспективы их развития. Биоэнергетическая ассоциация Украины: Біогаз - шанс для енергетичної незалежності України і її європейської інтеграції. – К., 2012 р. – [Электрон. ресурс] – Режим доступа: <http://uabio.org/img/files/news/pdf/matveev.pdf>

21. Сидоров Ю. І., Мельниченко О. С., Новіков В. П., Влязло Р. Й.

Розрахункова модель безперервного виробництва біогазу та її економічний аналіз // Вісник НУ «Львівська політехніка». – 2004. – № 497. – С. 65–70.

23. Гармаш С.Н. Анаэробная биоконверсия органических отходов в биогаз // Вопросы химии и химической технологии-2013.-№5.-С.35-38

24. Гармаш С.М. Охорона праці та навколишнього середовища на станціях виробництва біогазу – 2017.-17 с.

25. Рубаненко О.О., Гунько І.О., Школьнюк Д.І. Використання сонячних електричних станцій і біогазових установок для електропостачання підприємств АПК: Матеріали міжнародної науково-технічної конференції "Земля України-2014 потенціал продовольчої, енергетичної та екологічної безпеки України", м. Вінниця том 2.

ДОДАТКИ