

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Анотований звіт
ПРО НАУКОВО-ДОСЛІДНУ РОБОТУ
«Компенсація нестабільності СЕС і ГЕС з використанням біоресурсів»

Виконавці:
Видмиш А.А.,
Матвійчук В.А.,
Рубаненко О.О.,
Явдик В.В.,
Колісник М.А.

2019

ЗМІСТ

ВСТУП.....	3
РОЗДІЛ 1. ВИКОРИСТАННЯ БІОРЕСУРСІВ ДЛЯ КОМПЕНСАЦІЇ НЕСТАБІЛЬНОСТІ ВІТРОВИХ І СОНЯЧНИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ СТАНЦІЙ З МЕТОЮ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НЕЗАЛЕЖНОГО ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ПІДПРИЄМСТВ АПК.....	4
Висновки до першого розділу	8
РОЗДІЛ 2. ДОСЛІДЖЕННЯ МОЖЛИВОСТІ СТВОРЕННЯ МІКРОМЕРЕЖ З ВИКОРИСТАННЯМ РОЗОСЕРЕДЖЕНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ (БІОАМАСИ)	9
2.1 Досвід використання мікро меж в Індії.....	10
2.2 Міні-ТЕЦ	12
2.3 Удосконалення будови газогенераторного котла.....	13
2.4 Зовнішній вигляд і показники роботи експериментального зразка	15
Висновки до другого розділу	17
Список використаних джерел.....	18

ВСТУП

В Україні є великий потенціал для створення мікроелектромереж, що використовують електроенергію, вироблену невеликими гідроелектростанціями (ГЕС), сонячними електростанціями, вітровими електростанціями і біогазовими установками, які розглядаються як технології низького впливу на навколишнє середовище.

У праці, підготовленій відділом інформаційно-аналітичного забезпечення зарубіжною інформацією ВП НТЦЕ ДП «НЕК «Укренерго» на тему «Аналіз зарубіжної практики впровадження автоматизованих систем управління технологічними процесами в електроенергетиці» зазначено, що «мікроелектромережа – це структура, що складається з об'єктів розподіленої генерації, споживачів і систем акумулювання енергії». Наразі мікроелектромережі не можуть працювати окремо, оскільки вони не мають механізмів, необхідних для підтримки стабільних рівнів частоти та напруги після відключення від електроенергетичної системи та компенсації нестабільності генерації ВДЕ, спричиненої погодними умовами.

РОЗДІЛ 1

ВИКОРИСТАННЯ БІОРЕСУРСІВ ДЛЯ КОМПЕНСАЦІЇ НЕСТАБІЛЬНОСТІ ВІТРОВИХ І СОНЯЧНИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ СТАНЦІЙ З МЕТОЮ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НЕЗАЛЕЖНОГО ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ПІДПРИЄМСТВ АПК

Наведено основні проблеми електропостачання підприємств АПК. Запропоновано для забезпечення надійності електропостачання підприємств АПК створювати мікромережі та використовувати біоресурси для компенсації нестабільності вітрових і сонячних електричних станцій.

Постановка проблеми. Потужні підприємства АПК, які використовують сучасне обладнання не тільки українських, а й європейських виробників (наприклад, ферми ВРХ – компресори, доїльні установки, холодильні установки) потребують забезпечення якісним і надійним тепло- та електропостачанням, тому навіть незначне порушення технологічного процесу призводить до великих збитків [1]. Більшість технологічних процесів частково або повністю автоматизовані й будь-які незаплановані зміни параметрів потребують внесення коректив у системи керування, що призводить до збільшення затрат на обслуговування і підвищення собівартості продукції (підвищення ціни з 9,5 грн. до 12,5 грн. – 1 л молока). Власники таких підприємств змушені шукати шляхи вирішення цієї проблеми, враховуючи стан електричних мереж і обладнання підстанцій.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У звіті про результати діяльності національної комісії, що здійснює державне регулювання у сферах енергетики та комунальних послуг за 2017 рік зазначено, що технічний стан інфраструктури галузі наближається до критичного через високий ступінь зношеності обладнання, технологічну відсталість, відсутність достатнього рівня

інвестицій тощо [2]. Також у звіті наголошено, що порівняно з країнами ЄС показники SAIDI в Україні є значно вищими, що зумовлено високим рівнем зносу електричних мереж в Україні, а також значно вищою часткою кабельних мереж у країнах ЄС, що зменшує частоту перерв в електропостачанні. Так як лінії електропередач 10-0,4 кВ сільської місцевості, як правило, повітряні й пошкоджуються вони частіше.

Тому **метою** роботи є дослідження створення мікроелектромереж, у яких основним джерелом електроенергії буде СЕС, ВЕС і біогазові установки, а споживачами – підприємства АПК.

Основні матеріали дослідження. Потужні агропромислові комплекси займають значні території, їх будують ближче до сировини, тому електропостачання здійснюється від мереж 10-0,4 кВ, в окремих випадках 110 кВ. З метою забезпечення якісного тепло- та електропостачання підприємства АПК все частіше використовують поновлювані джерела енергії, які є не тільки різних різновидів (СЕС, ВЕС, малі ГЕС, біогазові установки), а й мають широкий діапазон потужностей генераторів [3].

Використання альтернативних джерел енергії, забезпечить не лише енергетичну незалежність підприємств АПК, а стане додатковим джерелом доходу, що регламентується Законом України «Про електроенергетику» та Законом України «Про альтернативні джерела енергії» (зі змінами, внесеними Законом України «Про ринок електричної енергії»), у яких передбачено механізм стимулювання розвитку виробництва електричної енергії з альтернативних джерел енергії шляхом встановлення «зеленого» тарифу, на рис.1 показана встановлена потужність виробників електричної енергії з ВДЕ за «зеленим» тарифом у 2017 році [2].

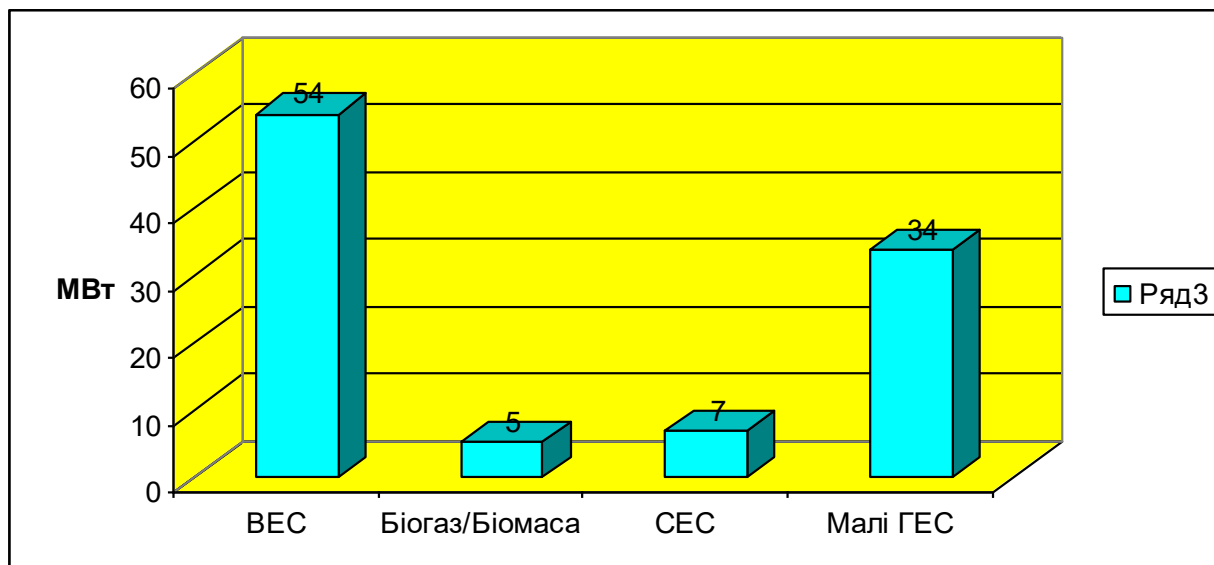


Рисунок 1.1. Відсотковий розподіл встановленої потужності виробників електричної енергії з ВДЕ за «зеленим» тарифом у 2017 році.

Як видно з рис. 1.1, за даними національної комісії, що здійснює державне регулювання у сферах енергетики та комунальних послуг, найбільшу популярність здобули ВЕС і малі ГЕС. Оскільки малі ГЕС потребують значних капіталовкладень і спеціальних природних умов, то ВЕС і СЕС доступні більшості. У Вінницькій області найбільш широким попитом користуються СЕС різної потужності. Наявність «зеленого» тарифу робить Україну привабливою для інвестицій, що спостерігається на прикладі Вінницької області (Саудівська Аравія, Китай та ін.) [4]. Так, протягом 2017 року на території області побудовано 8 нових сонячних станцій та введено в експлуатацію додаткові потужності на 2 електростанціях загальною встановленою електричною потужністю 43,9 МВт [4] (автономні СЕС не враховані). Аналізуючи вартість введення 1 кВт встановленої потужності СЕС бачимо, що ціна коливається від 1000 \$ до 1000 євро, але особливо вартісними є системи акумулювання електроенергії. Не маючи власної системи акумулювання, підприємство все одно буде залежним від централізованого електропостачання, вже на етапі резервування потужності потрібно мати резерв

у вигляді ГЕС і ТЕС. Уведення СЕС і ВЕС дасть змогу вирішити проблему електропостачання АПК лише частково. Стрімке зростання частки електроенергії, що генерується СЕС і ВЕС, вплине на роботу ОЕС України, оскільки буде вимагати використання додаткових балансних резервів через недосконалість системи прогнозування генерації СЕС і ВЕС [5]. Як зазначено в [5], балансування ОЕС України забезпечується за рахунок ГЕС/ГАЕС та ТЕС за потужності ВДЕ менше 3000 МВт, подальше балансування без розвантаження АЕС неможливе. Тому актуальним є питання використання біоресурсів для компенсації нестабільності вітрових і сонячних електричних станцій.

Дослідження створення ММ в Україні є актуальною проблемою, вирішення якої дасть змогу забезпечити потужні підприємства АПК якісною електроенергією в потрібному об'ємі. Розвиток технологій використання біоресурсів для генерування електроенергії стане не тільки додатковим джерелом доходу для підприємств АПК, а й вирішить низку екологічних проблем. У подальшому біоенергетичні технології мають великий потенціал для резервування і балансування електричних систем з СЕС і ВЕС. Це особливо актуально для таких потужних підприємств як ПАТ «Миронівський хлібопродукт» ТМ «Наша Ряба» та ін., які завжди забезпечені потрібною кількістю сировини для ефективної роботи біогазових установок та потребують значних затрат електроенергії.

Для провідних підприємств АПК, які включають декілька різних за технологічними процесами потужних споживачів, створення енергоефективних комплексів є найбільш вигідним, тому що дозволяє використовувати різнопланові джерела електроенергії, наприклад СЕС і біогазові установки. Біогазові установки є джерелом резервування електроенергії, що генерують СЕС. У статті [6] зазначено, що Україна має великий потенціал біомаси, доступної для виробництва енергії – близько 29 млн. т у.п. за даними 2015 року.

У роботі [7] була запропонована схема мікроелектромережі лише з СЕС і розглянуті алгоритми керування параметрами режиму мікроелектромереж за відхиленням частоти. Можна уникнути впровадження складних алгоритмів керування шляхом використання біогазових установок, які будуть генерувати електроенергію і забезпечать споживачів тепловою енергією, як показано на рис.1.2.

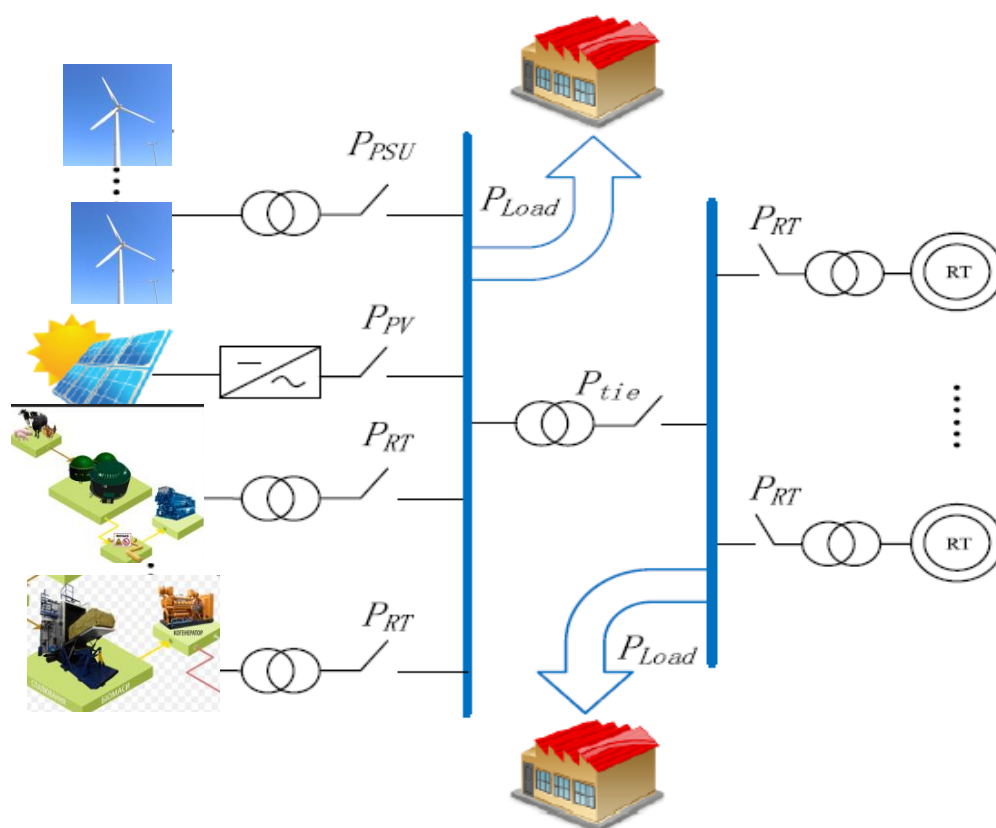


Рисунок 1.2 – Структура мікроелектромережі тепло- та електропостачання підприємства АПК з використанням ВЕС, СЕС і біогазових установок

Висновки до першого розділу

Дослідження створення мікромереж є актуальним завданням, виконання якого дасть змогу забезпечити потужні підприємства АПК якісною електроенергією в потрібному обсязі. Застосування біоресурсів для електропостачання підприємств АПК є перспективним напрямком вирішення

проблем балансування електричних мереж, які можуть виникнути через використання ВЕС і СЕС.

РОЗДІЛ 2

ДОСЛІДЖЕННЯ МОЖЛИВОСТІ СТВОРЕННЯ МІКРОМЕРЕЖ З ВИКОРИСТАННЯМ РОЗОСЕРЕДЖЕНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ (БІОАМАСИ)

У роботі досліджено досвід зарубіжних країн і можливості його адаптації для України в питаннях створення концепції мікромереж. Унікальною особливістю цих мікромереж є те, що вони можуть використовувати локально доступні ресурси, тобто розосереджені джерела енергії, такі як сонячна енергія, вітер, потік води і біомаса для генерування електроенергії. Для вирішення проблем акумулювання енергії, сезонності її генерування у статті запропоновано використовувати міні-ТЕЦ. Одним із найдорожчих елементів таких установок є газогенераторний котел, тому для запропонованої установки міні-ТЕЦ удосконалено його будову, а саме зменшено його габарити, металоємність. У газогенераторному котлі запропонованого типу можна використовувати не тільки сухе паливо, а й вологе. Принцип дії запропонованого газогенераторного котла полягає в тому, щоб спалювати генераторний газ одразу ж на виході зони газифікації та віддавати теплову енергію теплоносієві, який знаходиться безпосередньо в корпусі газогенераторного твердопаливного котла.

У роботі досліджено досвід зарубіжних країн і можливості його адаптації для України в питаннях створення концепції мікромереж. Унікальною особливістю цих мереж є те, що вони можуть використовувати локально доступні ресурси, тобто розосереджені джерела енергії, такі як сонячна енергія, вітер, потік води і біомаса для генерування електроенергії. Для оцінки можливості застосування мікромереж потрібно оцінити поточне споживання електроенергії та майбутній попит на неї. На підставі цього потрібно структурувати споживання потужності протягом 24 годин. За допомогою

такого аналізу можна визначити енергоспоживання і проаналізувати доступні місцеві енергетичні ресурси. Вже позитивний досвід використання мікромереж є в Гімалаях. Для створення мікромережі було обрано село, яке має різні ресурси для генерування електроенергії, і розглянуто різні конфігурації мікромереж, тому інформація, представлена у цій статті, буде корисною для проектування мікромереж для віддалених місць у країнах, які характеризуються нестабільним електропостачанням [8-11].

2.1 Досвід використання мікромереж в Індії

За даними Міжнародного енергетичного агентства (МЕА) доступ до електроенергії є невід'ємним елементом сталого розвитку людства, і згідно з останніми даними до 2011 року 1,6 млрд. людей, тобто більше 20%, не мали доступу до електроенергії і надалі. Якщо будь-яка країна, яка не має доступу до сучасних комерційних джерел енергії, бідні країни і навіть регіони країн, що розвиваються можуть опинитися в зоні виникнення бідності, соціальної нестабільності і низького рівня розвитку. Індекс розвитку людства напряду пов'язаний з індексом розвитку електроенергетики, що було доведено протягом тривалого часу з урахуванням стану різних країн Південної Азії й Африки на південь від Сахари. Аналогічний випадок був виявлений у віддалених районах Гімалаїв, де люди хоча і мають доступ до електроенергії, але ця електроенергія має низькі показники якості і можливі тривалі перебої в її постачанні. Дуже часто поновлювані джерела мають ізольований і децентралізований характер, що змушує будувати «offgrid» апарат керування і децентралізовано задовольняти місцеві потреби в електроенергії. Ця децентралізована система називається розосередженою системою генерації електроенергії, тобто електроенергія генерується з місцевих поновлюваних енергоресурсів і може бути використана для задоволення потреб певного типу (кластера) навантажень. Мікромережа може включати в себе генерацію з більш ніж одного

типу розподілених джерел енергії залежно від наявності різних поновлюваних ресурсів для забезпечення стабільного та надійного енергозабезпечення локальних навантажень. Мікромережа може працювати або в islanded режимі (режимі «енергетичного острова»), або паралельно з мережею. Установка поновлюваних джерел енергії на основі мікромережі в сільській місцевості або в невеликих галузевих масштабах допоможе зменшити залежність від якості і надійності розподільних мереж, а також дозволяє уникнути втрат електроенергії, пов'язаних з передачею і розподілом потужності [11-13]. Це буде сприяти розвитку рівня життя цих людей і почне швидко розвиватись промисловість АПК, тому що електропостачання буде постійним навіть за відсутності базової інфраструктури, такої як дороги, водопостачання, каналізація та зв'язок. Багато подібних досліджень вже було зроблено і розглянуто енергетичні можливості майже всіх країн світу. Переваги запропонованих мікромереж полягають у можливості автономного живлення і майже повній відмові від централізованого електропостачання. Уже використали концепцію створення мікромереж Вішакхапатнам (Vizag) (район Андхра-Прадеш) з метою генерування електроенергії саме з відновлюваних джерел енергії [8-11].

Була розроблена мікромережа, що містить декілька джерел генерації, щонайменше одне з яких є поновлюваним, а інші дають можливість акумулювати енергію протягом певного часу. За результатами цього дослідження стало зрозуміло, що ринок сонячних панелей зростає у зв'язку з кліматичними умовами, характерними для Індії. Провівши дослідження, можна спрогнозувати збільшення кількості встановлених панелей для мікромереж, але залежно від кліматичних умов пропонується використовувати малі ГЕС, ВЕС і навіть дизель-генератори, і тільки комплексне їх поєднання дозволяє забезпечити електроенергією важкодоступні регіони країни.

В Україні ситуація з електропостачанням не набагато краща, основною проблемою є аварійні відключення або незадовільні показники якості

електроенергії, викликані низькими темпами оновлення електрообладнання підстанцій і ліній електропередач. Створення мікромереж теж може стати вирішенням багатьох проблем. Фінансово вигідним створення мікромереж може бути підприємствам АПК, чії потужності, як правило, більш доцільно розташовувати ближче до баз сировини і відповідно далі від якісного електропостачання [12-15].

2.2 Міні-ТЕЦ

Використання розосереджених джерел енергії для створення мікромереж завжди натрапляє на проблеми акумулювання енергії, сезонності її генерування. Одним із шляхів вирішення цих проблем це є застосування міні-ТЕЦ [7].

У перспективі на основі газогенераторного котла планується реалізувати міні-ТЕЦ, блок-схема якої представлена на рис. 2.1.

Для того, щоб міні-ТЕЦ швидко себе окупила, можна використовувати газогенераторний котел вдосконаленої будови.

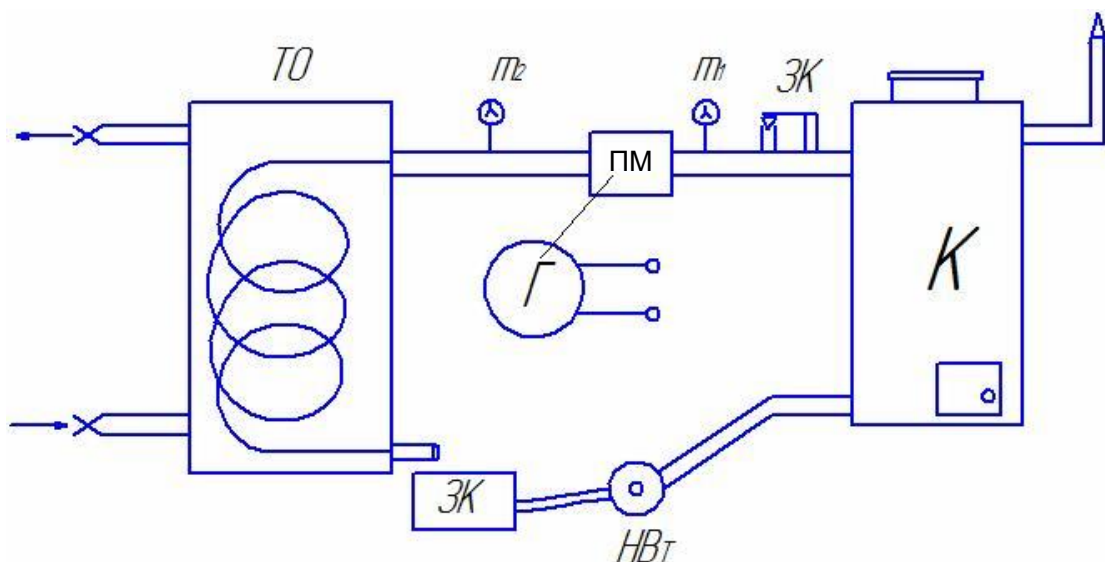


Рисунок 2.1 – Схема міні-ТЕЦ: К – котел; ЗК – зливний клапан; М – манометр; ПМ – парова машина; Г – генератор; ТО – теплообмінник; ЗБ – збірник конденсату; НВТ – насос високого тиску

2.3 Вдосконалення будови газогенераторного котла

Суть запропонованого газогенераторного котла пояснюється рис.2.2, на якому зображена схема газогенераторного твердопаливного котла.

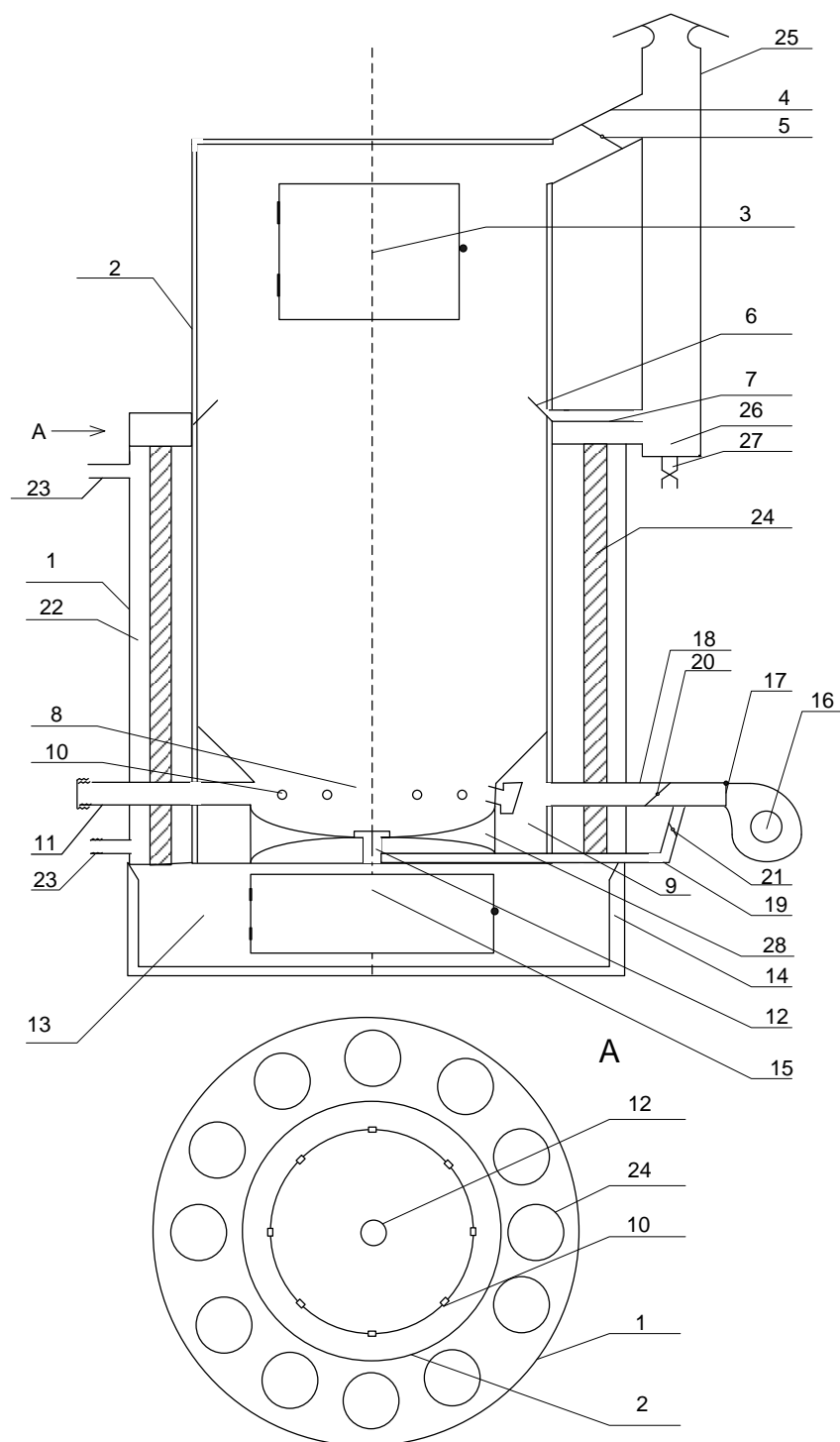


Рисунок 2.2 – Будова газогенераторного котла: 1 – корпус, 2 – бункер палива, 3 – завантажувальний герметичний люк, 4 – труба самотяги, 5 – заслінка

самотяги, 6 – жолоб-збірник конденсату, 7 – відвідна трубка конденсату, 8 – камера газифікації, 9 – повітряний колектор, 10 – фурми, 11 – люк розпалу, 12 – форсунки змішувача, 13 – камера згорання, 14 – футеровка стінок, 15 – люк очищення, 16 – вентилятор, 17 – клапан зворотної тяги, 18 – трубки подачі первинного повітря і 19 – трубки вторинного повітря, 20 і 21 – заслінки регулювання, 22 – теплоносій; 23 – трубки відводу гарячої води, 24 – трубки теплообмінника, 25 – димохід, 26 – збірник конденсату, 27 – кран зливу, 28 – вогнетривке дно.

Принцип дії і будова запропонованого газогенераторного котла полягає в тому, щоб спалювати генераторний газ одразу ж на виході зони газифікації та віддавати теплову енергію теплоносієві [16], який знаходиться безпосередньо в корпусі газогенераторного твердопаливного котла, який складається з корпусу, завантажувального бункера, камери газифікації з подовженими фурмами, кільцевого колектора, фурм направлених вгору під кутом 6...8° до горизонталі, на вихід газогенераторної камери встановлена форсунка-змішувач газу з повітрям, футерована камера згорання, трубчастий теплообмінник, занурений у водяну сорочку і з'єднаний з димоходом. Регулювання процесу горіння виконується заслінками в трубках первинного і вторинного повітря, надув повітря та підтримання температури теплоносія відбувається за рахунок регулювання частоти обертів вентилятора. Газогенераторний твердопаливний котел працює таким чином.

У завантажувальний бункер палива 2 через завантажувальний герметичний люк 3 завантажується паливо і закривається. Пальником через люк розпалу 11 розпалюємо паливо, при цьому відкриваємо заслінку самотяги 5, після розпалу палива закриваємо заслінку самотяги 5 та люк розпалу 11 і вмикаємо вентилятор 16. Через люк для очищення 15 спостерігаємо наявність нормального режиму роботи котла і регулюємо подачу первинного і вторинного повітря для повного згорання газу, індикатором якого є

забарвлення полум'я в камері згорання 13. Якщо полум'я червоного кольору, то газ згорає в неповному обсязі і це свідчить про те, що потрібно зменшити подачу первинного повітря заслінкою подачі первинного повітря 20 і збільшити подачу вторинного повітря заслінкою 21 до досягнення синюватого відтінку полум'я. Закриваємо люк для очищення 15 і нагріваємо воду. Жолоб-збірник конденсату палива 6 збирає випарувану з палива та сконденсовану у верхній частині вологу та виводить через відвідну трубку конденсату 7, що робить котел ефективнішим та дає можливість використовувати більш вологе паливо.

Конструктивні рішення розробленого газогенераторного твердопаливного котла дозволяють зменшити габарити, металоємність та дають можливість використовувати не тільки сухе, а й вологе паливо.

2.4 Зовнішній вигляд і показники роботи експериментального зразка

На рис. 2.3 показаний автомобільний газогенератор, який і є прототипом розробленого газогенераторного котла [12]. На рис. 2.4 показаний зовнішній вигляд дослідного газогенераторного котла, який був виготовлений за вдосконаленою схемою.



Рисунок 2.3. Автомобільний газогенератор



Рисунок 2.4. Дослідний зразок газогенераторного котла

На рис. 2.5-2.6 представлені деякі елементи газогенераторного котла:



Рисунок 2.5. Зовнішній вигляд завантажувального бункера



Рисунок 2. 6. Вентилятор і засоби регулювання

Газогенераторні промислові котли на даний час є досить дорогими для звичайного споживача (населення та малого бізнесу). Їхня вартість перевищує 12 тис. грн. за котел потужністю 10 кВт. Тому актуальним є завдання створення вдосконаленого газогенераторного котла з меншою вартістю, що є можливим на основі спрощення конструкції і зменшення собівартості його виготовлення. Шляхом експериментальних досліджень було встановлено, що спалювання 3-5 кг твердої породи деревини дозволяє нагріти та довести до кипіння 180 л води протягом 2 годин. У режимі опалювання такий котел спалює від 40 кг до 60 кг твердої породи деревини за добу для опалювання приміщення площею 200 м². Витрати палива залежать від температури навколишнього середовища. У запропонованому котлі можна спалювати побутові відходи: полімери, пластмаси, гуму та ін., з мінімальним забрудненням навколишнього середовища.

Висновки до другого розділу

Створення мікромереж, враховуючи досвід інших країн, таких як Індія, є перспективним напрямком забезпечення якісною електроенергією споживачів віддалених районів. Залежно від типу і графіку навантаження типовою села, розташованого у віддаленому районі, автономна система генерування електроенергії, яка базується на локальних поновлюваних джерелах енергії, може мати різні конфігурації, але виходячи з географічного положення та наявності різних джерел енергії.

Для України може бути актуальним напрямком використання міні-ТЕЦ як рішення проблем електрифікації і теплофікації сільських районів, де мереж немає або є суттєві проблеми з їхньою експлуатацією. Удосконалення будови газогенераторного твердопаливного котла дозволило зменшити габарити, металоємність та дало можливість використовувати не тільки сухе паливо, а й вологе. На даний час проводяться експерименти з газогенераторним котлом для переведення його на режим пароутворення з метою генерування електроенергії за допомогою парової турбіни та парової машини. У зв'язку з тим, що парова турбіна створює багато шуму і викликає дискомфорт у підсобному господарстві, планується використовувати парові машини на основі промислового двигуна внутрішнього згорання шляхом заміни в ньому газорозподільного механізму та модернізації системи змащування.

Список використаних джерел

1. Козирський В.В. Електропостачання агропромислового комплексу / В.В. Козирський, В.В. Каплун, С.М. Волошин. – Київ: Аграрна освіта, 2011. – 448 с.
2. Звіт про результати діяльності Національної комісії, що здійснює державне регулювання у сферах енергетики та комунальних послуг, у 2017 році. Київ: НКРЕКП, 2018. – 300 с.
3. Інтеграція поновлюваних джерел енергії в розподільні електричні мережі сільських регіонів / В.В. Козирський, Ю.І. Тугай, В.М. Бодунов, О.В. Гай // Технічна електродинаміка. – 2011. – № 5. – С. 63-67.
4. Волков С.А. Вінниччина продовжує займати лідируючі позиції серед областей України у сфері відновлювальної енергетики / С.А. Волков [Електронний ресурс] 05.02.2018 Режим доступу: <http://www.vin.gov.ua/dep-zhkh/8512-vinnychchyna-prodovzhuie-zaimaty-lidyruyuchi-pozytsii-sered-oblastei-ukrainy-u-sferi-vidnovliuvalnoi-enerhetyky>
5. Залучення сонячних та вітрових електростанцій до покриття навантаження ОЕС України [Електронний ресурс] Режим доступу: <https://ua.energy/wpcontent/uploads/2018/04/Zaluchennya-VDE.pdf>
6. Гелетуха Г.Г. Стан та перспективи розвитку біоенергетики в Україні / Г.Г. Гелетуха, Т.А. Железна // Промислова теплотехніка. – 2017. – № 39. – С. 60-64.
7. Yanhe Xu, Chaoshun Li, Zanbin Wang, Nan Zhang, Bing Peng. Load Frequency Control of a Novel Renewable Energy Integrated Micro-Grid Containing Pumped Hydropower Energy Storage // VOLUME 6, 2018 June 20, 2018.
8. Che Yanbo, Ren Jingding, Liu Kun. Construction of multi-energy micro-grid laboratory // 4th IEEE International Conference Power Electronics Systems and Applications (PESA).– 8-10 June 2011. – P. 1- 5.

9. Parimita Mohanty, G. Bhuvanewari, Balasubramaniam D. Optimal Planning and design of Distributed Generation based micro-grid // 2012 7th IEEE International Conference on Industrial and Information Systems (ICIIS). - 6-9 Aug. 2012. – P.– 1-6.

10. Wen-Chih Yang, San-Yi Lee. Development of Operation Procedures of Distributed Generation Sources in a Micro-Grid. // Fourth International Conference on Genetic and Evolutionary Computing (ICGEC). - 13-15 Dec. 2010. – P.185 - 188.

11 Cameron L Smallwood. Distributed Generation in Autonomous and Non-Autonomous Micro Grids // Rural Electric Power Conference.IEEE, Colorado Springs. - 05 May 2002-07 May 2002. – P. D1 - D1-6.

12. Матвійчук В.А. Особливості електропостачання потужних підприємств АПК з використанням мікромереж та розподілених джерел електроенергії / В.А. Матвійчук, О.Є. Рубаненко, О.О. Рубаненко // Всеукраїнський науково-технічний журнал: Техніка. Енергетика. Транспорт – 2015. – №2 (90). – С.117-123.

13. Лежнюк П.Д. Вплив РДЕ на втрати активної потужності в ЛЕС / П. Д. Лежнюк, О.О. Рубаненко, І.О. Гунько // Всеукраїнський науково-технічний журнал: Техніка. Енергетика. Транспорт. – 2015. – №3 (92). – С.84-89.

14. Матвійчук В.А. Розробка газогенераторного котла для отримання теплової енергії в сільському господарстві шляхом використання біовідходів / В.А. Матвійчук, О.М. Дмитришен, О.О. Рубаненко // Збірник наукових праць Вінницького національного аграрного університету. Серія: Технічні науки. – 2015. – №1(89). – С. 149-150.

15. Лежнюк П. Д. Вплив інверторів СЕС на показники якості електричної енергії в ЛЕС / П. Д. Лежнюк, О. Є. Рубаненко, І. О. Гунько // Вісник Хмельницького національного технічного університету. Серія: Технічні науки. – 2015. – № 2. – С. 134-139.

16. Пат. 93810 Україна, МПК8 G10J3/20. Транспортний газогенератор / Ключ С.В.; заявник і патентоутримувач Інституту відновлювальної енергетики Національної академії наук України. - заявл. 04.06.14; опубл. 10.10.14. Бюл. №19, 2014 р.