

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ**

**Інститут (факультет):** ННІТІ ім. акад. І.С. Гулого

**Кафедра:** Електропостачання та енергоменеджменту

**Освітній ступінь** Бакалавр

**Освітньо-професійна програма** Елетротехнічні системи електроспоживання

«До захисту в ЕК»  
Директор інституту (декан факультету)

\_\_\_\_\_  
( підпис )

Сергій Блаженко  
( прізвище та ініціали )

«\_\_» \_\_\_\_\_ 2022р.

«До захисту допущено»  
Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_  
( підпис )

Сергій Балюта  
( прізвище та ініціали )

«\_\_» \_\_\_\_\_ 2022р.

**Кваліфікаційна робота  
на здобуття освітнього ступеня бакалавра**

з спеціальності: 141 "Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка"  
(шифр та назва напрямку підготовки (спеціальності))

на тему Управління режимами електрозабезпечення фермерського господарства шляхом використання нетрадиційних джерел енергії.

Виконав: здобувач 5-го курсу, групи ЗЕЛ5-7ск

Левчун Д.В.  
( прізвище та ініціали )

Керівник Серьогін Олександр Олександрович  
( прізвище та ініціали )

\_\_\_\_\_  
( підпис )

Консультанти

\_\_\_\_\_  
( прізвище та ініціали )

\_\_\_\_\_  
( підпис )

Рецензент

\_\_\_\_\_  
( прізвище та ініціали )

\_\_\_\_\_  
( підпис )

Я, як здобувач(ка) Національного університету харчових технологій, розумію і підтримую політику університету з академічної доброчесності. Я не надавав(-ла) і не одержував(-ла) недозволеної допомоги під час підготовки цієї роботи. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

Здобувач \_\_\_\_\_

Київ – 2023

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ**  
Інститут Навчально-науковий інженерно-технічний інститут ім.акад.  
І.С. Гулого

Кафедра Електропостачання та енергоменеджменту

Освітній ступінь бакалавр

Спеціальність 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»  
(код і назва)

Освітньо-професійна програма «Електротехнічні системи електроспоживання»  
(назва)

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

**Завідувач кафедри ЕПЕМ**

\_\_\_\_\_ /Балюта С.М./

«\_\_» \_\_\_\_\_ 2022 р.

**З А В Д А Н Н Я**

**НА КВАЛІФІКАЦІЙНИЙ ПРОЕКТ (РОБОТУ) ЗДОБУВАЧА**

Левчун Денис Вікторович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи): Управління режимами електрозабезпечення фермерського господарства шляхом використання нетрадиційних джерел енергії.

керівник проекту (роботи) Серьогін Олександр Олександрович  
затверджені наказом вищого навчального закладу від «11\_» 11.2022 р. № 809- кс

2. Строк подання студентом проекту (роботи) 31 січня 2023 року

3. Вихідні дані до проекту (роботи) \_\_\_\_\_  
Сумарне навантаження електричної системи фермерського господарства, температура повітря регіону з дискретністю одна година, традиційні види палива для даного регіону.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Аналіз стану систем обліку електроенергії. Організація системи обліку суб'єктів діяльності. Приклади реалізації. Розрахунки показників вироблення електроенергії і її споживання.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

Презентація у вигляді слайдів.

## 6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв

7. Дата видачі завдання 12 липня 2022 р.

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ п/п	Назва етапів виконання кваліфікаційного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	Отримання завдання на дипломне проектування	12.11 .2022 р	
2	Обґрунтування вибору тематики	20.11. 2022 р.	
3	Аналіз стану систем обліку електроенергії	01.12.2022 р.	
4	Організація системи обліку електроенергії суб'єктів альтернативної енергетики	10.12.2022 р.	
5	Приклади реалізації систем обліку альтернативної енергії	12.01.2023 р.	
6	Висновки	18.01.2023 р.	
7	Оформлення матеріалів презентації	25.01.2023 р.	
8	Подання роботи на перевірку	30.01.2023 р.	

**Здобувач**

\_\_\_\_\_

(підпис)

Левчун Д.В.  
(прізвище та ініціали)

**Керівник проекту (роботи)**

\_\_\_\_\_

(підпис)

Серьогін О.О.  
(прізвище та ініціали)

## АНОТАЦІЯ

Дипломна робота Левчуна Д.В. на тему: «Управління режимами електрозабезпечення фермерського господарства шляхом використання нетрадиційних джерел енергії».

Національний Університет Харчових Технологій, Київ -2023

141. «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

Матеріал викладено на 97 сторінках, складається зі вступу, 4 розділів, висновку, вміщує 41 рисунок, 12 таблиць, список використаних джерел із 30 найменувань.

1. Розроблено типові схеми розташування точок вимірювання та точок розподілу електроенергії. Надано «Кінцеві» та «Транзитні» схеми площадок вимірювання, які можуть використовуватися при побудові системи комерційного обліку електроенергії чи проведені реконструкції.

2. Надано приклад реалізації системи комерційного обліку електроенергії сонячної електростанції, а також проведено розрахунок втрат електроенергії в лініях електропостачання, надано умови проведення метрологічного дослідження систем обліку електроенергії.

Дослідження, що було проведене в роботі може бути використане:

- для зниження фінансових витрат сонячної електростанції, які виникають при відхиленні фактичних обсягів електричного споживання від обсягів, заявлених до покупки на ринку електроенергії, шляхом використання АСКОЕ;

- для обліку і планування виробничої діяльності, що дозволяє знизити величину помилки при прогнозуванні електроспоживання;

- для вибору найбільш оптимального плану роботи СЕС у випадку необхідності вибору шляхів управління навантаженням підприємства.

## ABSTRACT

Thesis of Levchun D.V. on the topic: "Management of modes of electrical supply of the farm through the use of non-traditional energy sources".

National University of Food Technologies, Kiev -2023

141. "Electric power engineering, electrical engineering and electromechanics"

The dissertation is presented on 97 pages, consists of an introduction, 4 chapters, a conclusion, contains 41 figures, 12 tables, a list of used sources from 30 titles.

1. Typical layouts of metering points and electricity distribution points have been developed. "Final" and "Transit" schemes of metering sites are provided, which can be used in the construction of a commercial electricity metering system or reconstructions.

2. An example of realization of the system of commercial accounting of electricity of a solar power plant is given, and also calculation of losses of the electric power in power supply lines is carried out, conditions of carrying out metrological research of systems of the account of the electric power are given.

The research conducted in this work can be used:

- to reduce the financial costs of a solar power plant, which arise from the deviation of the actual volume of electricity consumption from the volumes declared before the purchase on the electricity market, through the use of automated accounting systems of electricity;

- for accounting and planning of production activities, which reduces the amount of error in forecasting electricity consumption;

- to select the most optimal plan of operation of the solar power plant in case of need to choose ways to manage the load of the enterprise.

## ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕН.....	8
ВСТУП.....	9
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ СТАНУ СИСТЕМ КОМЕРЦІЙНОГО ОБЛІКУ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ СУБ'ЄКТІВ АЛЬТЕРНАТИВНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ .....	12
1.1 Огляд систем генерації електроенергії суб'єктами альтернативної енергетики .....	17
1.1.1 Сонячна енергетика.....	20
1.1.2 Вітрова енергетика .....	24
1.1.3 Гідроенергетика.....	25
1.1.4 Використання енергії біомаси .....	27
1.2 Аналіз нормативно-правових документів автоматизованого обліку електроенергії суб'єктів альтернативної енергетики.....	29
1.2.1 "Зелений" тариф".....	39
1.3 Дослідження та аналіз АСКОЕ суб'єктів альтернативної енергетики .	43
1.3.1. Огляд бази даних АСКОЕ .....	51
Висновки до 1-го розділу.....	52
РОЗДІЛ 2. ОРГАНІЗАЦІЯ СИСТЕМ ОБЛІКУ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ СУБ'ЄКТІВ АЛЬТЕРНАТИВНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ.....	54
2.1 Положення щодо побудови систем обліку електроенергії в умовах енергоринку.....	54
2.1.1 Склад та функції.....	55
2.2 Типові схеми розташування точок розподілу електроенергії.....	56
2.2.1 «Кінцеві» схеми площадок вимірювання споживачів .....	57
2.2.2 «Транзитні» схеми площадок вимірювання основних споживачів ....	60

2.3 Організаційно-технічні заходи по введенню АСКОЕ.....	63
2.4 Метрологічне забезпечення АСКОЕ.....	64
2.5 Техніка безпеки.....	69
Висновки до 2-го розділу.....	70
<b>РОЗДІЛ 3. ПРИКЛАД РЕАЛІЗАЦІЇ СИСТЕМИ КОМЕРЦІЙНОГО ОБЛІКУ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ СОНЯЧНОЇ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ.....</b>	<b>72</b>
3.1 Характеристика об'єкта проектування та точок обліку.....	72
3.2 Побудова сонячної електростанції.....	74
3.2.1 Підбір інверторів.....	79
3.2.2 Підбір кабелів.....	80
3.3 Вибір трансформаторів струму і напруги.....	81
3.4 Вибір лічильників електроенергії.....	86
3.5 Побудова та характеристика структури систем контролю та обліку електроенергії.....	88
3.6 Розрахунок показників вироблення, споживання/купівлі, відпуску/продажу електроенергії.....	91
Висновки до 3-го розділу.....	95
<b>ВИСНОВКИ.....</b>	<b>95</b>
<b>СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....</b>	<b>96</b>

## ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

АСКОЕ - автоматизована система комерційного обліку електроенергії  
ВДЕ - відновлювані джерела енергії  
ВЕС - вітроелектростанція  
ГЕС – гідроелектростанція  
ЛУЗОД - локальне устаткування збору та обробки даних  
ЛБЗД - локальні блоки збору даних  
ЛЕП - лінії електропередач  
МБН – межа балансової належності  
НН – низька напруга  
ОЕС - об'єднана енергетична система  
ОРЕ – оптовий ринок електроенергії  
ОСР – оператор системи розподілу  
ПЗПД - пристрій збору і передачі даних  
ПЛ – повітряна лінія  
СОТ - світова організація торгівлі  
СЕС- сонячна електростанція  
ТП – трансформаторна підстанція  
ТС – трансформатори струму  
ТН – трансформатори напруги  
ТВ – точка виміру електроенергії  
ТР – точка розподілу електроенергії

## ВСТУП

На сьогодні перед енергетичною галуззю України стоїть чимало завдань і проблем, які необхідно вирішити з метою покращення енергетики країни та доцільності використання та споживання енергоресурсів. Одним із таких проблемних питань є організація комерційного обліку електроенергії суб'єктів альтернативної енергетики.

Використання енергії відновлюваних джерел (ВДЕ) як альтернативи традиційним енергоносіям останнім часом стає все більш актуальним. Незаперечні переваги їх застосування - невичерпність і екологічна чистота, а також необхідність забезпечення енергетичної безпеки країн, зменшення обсягів шкідливих викидів і збереження запасів енергоресурсів для майбутніх поколінь, обумовили бурхливий розвиток відновлюваної енергетики як цілком конкурентноздатної галузі енергетики.

*Паливно-енергетичні ресурси* – сукупність всіх природних і перетворених видів палива та енергії, що використовуються в національному господарстві та об'єднують традиційні і нетрадиційні їх види.

*Відновлювані джерела енергії (ВДЕ)* – це потоки енергії, що постійно або періодично діють в природі. В цілому всі енергетичні потоки ВДЕ поділяються на дві основні групи – пряма енергія сонячного випромінювання та її вторинні прояви в вигляді енергії вітру, гідроенергії, теплової енергії оточуючого середовища, енергії біомаси та інше. Загалом ВДЕ класифікують наступним чином:

- промениста енергія Сонця;
- енергія вітру;
- гідроенергія течій води, хвиль, припливів;
- тепла енергія оточуючого середовища (Землі, повітря, морів та океанів);
- енергія біомаси;

- геотермальна енергія.

Енергетичні ресурси Землі за даними Світової енергетичної Ради класифіковані на 16 видів, що об'єднують окремі групи, взаємопов'язані між собою:

- за рівнем і масштабами освоєння: «традиційні - нетрадиційні»;
- за природою енергоутворення: «відновлювані - невідновлювані».

Недоліком ВДЕ є дискретність енергетичних потоків – періодичність надходження та змінність енергетичного потенціалу, що до останнього часу спричиняло значні ускладнення в багатьох випадках їх використання і не відповідало сучасним вимогам щодо енергопостачання споживачів. Сучасні технології і обладнання, а також прийоми раціонального використання ВДЕ, оснований на комплексному використанні різних видів ВДЕ та акумуляторів енергії, фактично ліквідували перешкоди щодо їх широкомасштабного впровадження і обумовили бурхливий розвиток енергетики на основі ВДЕ в світі.

*Якість відновлюваних джерел енергії.* Зазвичай під якістю джерел енергії як відновлюваних, так і невідновлюваних мають на увазі частку енергії джерела, яка може бути перетворена на механічну роботу. Наприклад, електрична енергія має високу якість, оскільки за допомогою електродвигуна більше 95% її можна перетворити на механічну роботу. Якість теплової енергії, що виділяється при спалюванні палива на традиційних теплоелектростанціях, або видобутої з гарячих надр Землі, досить низька, оскільки тільки близько 30 % теплоти згорання палива або ентальпії гарячої води і пари з надр Землі перетворюється в кінцевому результаті на механічну роботу. За цією ознакою відновлювані джерела енергії можна розділити на три групи:

- 1 – відновлювані джерела механічної енергії, основними з яких є гідроенергія, вітрова енергія, енергія хвиль та припливів. В цілому якість цих джерел висока і зазвичай їх використовують для виробництва електроенергії.

- Коефіцієнт використання вітрової енергії складає до 30 %, гідроенергії – 60 %, хвильової і припливної енергії – 75%;
- 2 – *тепові відновлювані джерела енергії*, основними з яких є пряма енергія Сонця, енергія біопалива. Максимальна частка теплоти таких джерел, яка може бути перетворена на механічну роботу, визначається другим законом термодинаміки. На практиці перетворити на роботу вдається приблизно половину теплоти, що допускається другим законом термодинаміки. Для сучасних парових турбін, наприклад, ця величина не перевищує 35 %;
- 3 – *відновлювані джерела енергії на основі фотонних процесів*, до яких належать джерела, що використовують фотосинтез і фотоелектричні явища. Досягти високої ефективності перетворення енергії у всьому спектрі сонячного випромінювання дуже важко, і на практиці ККД фотоперетворювачів поки не перевищує 25 %.
- Відновлювані і традиційні (випокні копалини) джерела енергії істотно відрізняються за характерною для них початковою щільністю потоків енергії. Для відновлюваних джерел початкова щільність енергії, як правило, не перевищує  $1 \text{ кВт/м}^2$  (наприклад, щільність енергії сонячного випромінювання, енергії вітру при швидкості близько 10 м/с); для невідновлюваних джерел енергії її значення на декілька порядків вище. Наприклад, теплове навантаження в трубах парових котлів складає приблизно  $200 \text{ кВт/м}^2$  і вище, а в теплообмінниках ядерних реакторів — декілька мегават на  $1 \text{ м}^2$ . Через таку значну відмінність щільності потоків енергії виникають суттєві відмінності в експлуатації енергоустановок на невідновлюваних і відновлюваних джерелах – традиційні енергоустановки є ефективними при великій одиничній потужності установки, проте розподіл енергії серед споживачів вимагає високих витрат, а енергоустановки на основі відновлюваних джерел енергії ефективні при малій одиничній потужності, але необхідні великі витрати для підвищення потужності при об'єднанні таких установок в єдину енергосистему.

## **РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ СТАНУ СИСТЕМ КОМЕРЦІЙНОГО ОБЛІКУ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ СУБ'ЄКТІВ АЛЬТЕРНАТИВНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ**

Загальна встановлена потужність електричних станцій ОЕС України за даними «НЕК «Укренерго» станом на вересень 2021 р. 55 940 МВт [9].

Відновлювані джерела енергії мають принципові відмінності, тому їх ефективне використання є можливим на основі науково розроблених принципів перетворення енергії ВДЕ у види, що потрібні споживачам. В оточуючому середовищі завжди існують потоки відновлюваної енергії, тому в процесі розвитку відновлюваної енергетики необхідно орієнтуватися на місцеві енергоресурси, вибираючи найбільш ефективні з них. Важливим заходом ефективного використання ВДЕ є комплексний підхід у плануванні енергетики на основі відновлюваних енергоресурсів. Відновлювані джерела енергії є невід'ємною частиною навколишнього середовища, тому як їх вивчення, так і використання не може обмежуватися рамками однієї наукової дисципліни або завдання. Часто дослідження охоплюють область від промислової біотехнології до електроніки і процесів управління. Використання ВДЕ повинно бути багатоваріантним і комплексним, що дозволить прискорити економічний розвиток регіонів. Наприклад, хорошою базою для використання ВДЕ можуть слугувати агропромислові комплекси, де відходи тваринництва і рослинництва є сировиною для отримання біогазу, а також рідкого і твердого палива, виробництва добрив.

Для ефективного планування енергетики на відновлюваних ресурсах необхідно, по-перше, систематичне дослідження навколишнього середовища, аналогічне дослідженням геологічного характеру при пошуках нафти або газу, по-друге, вивчення потреб конкретного регіону в енергії для промислового, сільськогосподарського виробництва і побутових потреб. Зокрема, необхідно знати структуру споживачів енергії, щоб вибрати джерело енергії з кращими економічними показниками.

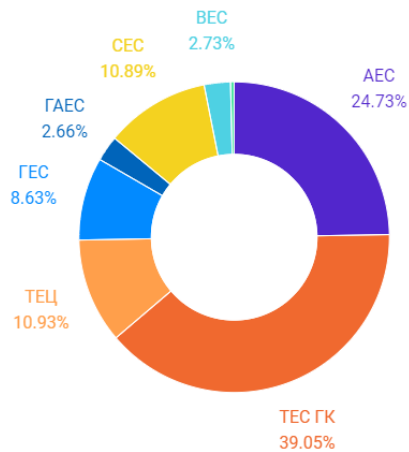


Рисунок 1.1 – Діаграма розподілення потужності електричних станцій ОЕС України



Рисунок 1.2 – Розміщення основних генеруючих потужностей ОЕС України

З загальної потужності (55 940 МВт) потужність обладнання ВДЕ становить 7831,4 МВт [9].

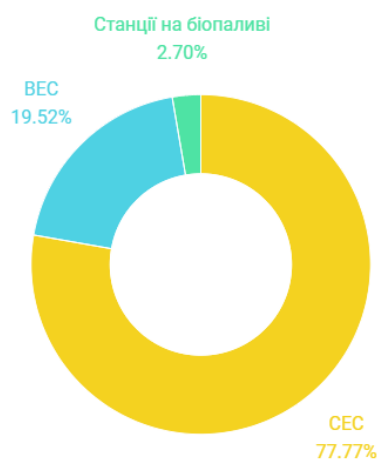


Рисунок 1.3 – Діаграма розподілення потужності обладнання ВДЕ України  
Сьогодні обсяги викопного палива скорочуються, тому ціни на традиційні енергоносії зростають і можуть бути недоступними в довгостроковій перспективі. Цю проблему вирішує освоєння ВДЕ.

Найбільш масштабним на сьогодні є використання гідроенергії та енергії вітру. Досить широко та успішно функціонує велика гідроенергетика, проводиться робота з відновлення занедбаних і будівництва нових об'єктів малої гідроенергетики, особливо у важкодоступних для підведення ліній електропередач районах. Спалювання біомаси для отримання теплової енергії із застосуванням сучасного устаткування стає все більш поширеним.

З графіку (рис. 1.4) можна побачити як збільшувалась потужність ВДЕ в період з 2015 по 2021 р. (станом на вересень 2021 р.)

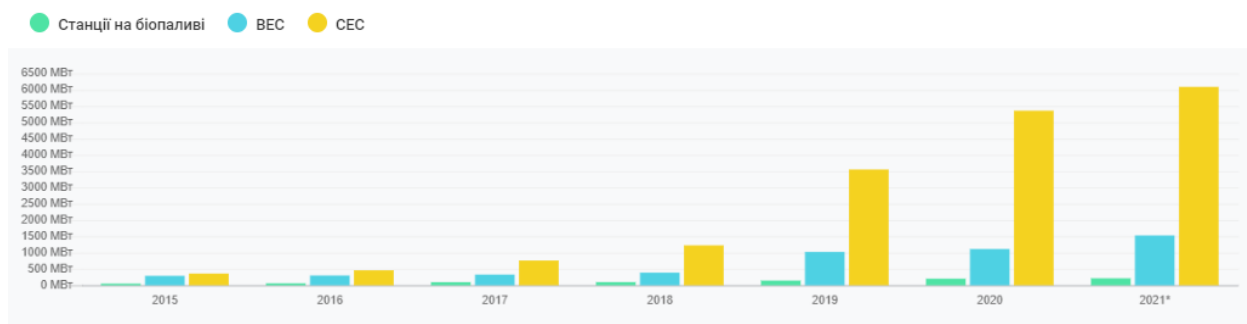


Рисунок 1.4 – Графік зростання потужність ВДЕ в Україні

Примітка: Значення наведені без урахування тимчасово окупованих територій України.

За оцінками міжнародного агентства IRENA, Україна має найбільший серед країн Південно-Східної Європи технічний потенціал використання ВДЕ – 408,2 ГВт (без урахування великих ГЕС). Найвищою є технічна можливість застосування ВЕС та СЕС: 321 ГВт та 71 ГВт відповідно.

Практично у всіх регіонах світу існують можливості для експлуатації вітроенергетичного обладнання з метою виробництва електроенергії і виконання механічної роботи та створення і розширення біоенергетичного сектору для одержання біогазу. Геотермальна енергія має значний потенціал в окремих регіонах світу і може успішно використовуватися для опалення і гарячого водопостачання, а також для виробництва електроенергії. Енергія сонячної радіації може ефективно використовуватись для гарячого водопостачання і опалення; фотоелектрика в промислових масштабах усе ще малодоступна - прогрес може бути тільки у випадку різкого технологічного росту, що забезпечить значне зниження цін на фотоелектричні станції. Найбільш поширеним є використання сонячних фотоелементів для живлення електроприладів – калькуляторів, годинників, тощо вартісні показники електроенергії від ВДЕ, виробленої на різних видах електростанцій, вже зараз знаходяться в середньому на рівні традиційних електростанцій; із загального ряду випадає фотоенергетика, де вартість електроенергії в 4-5 разів вища; спостерігається стійке зниження вартості електроенергії від ВДЕ, в тому числі і на фотоелементах, яка, відповідно прогнозів, наблизиться до вартості електроенергії від інших видів через 5-10 років.

Використання енергії відновлюваних джерел в світі має найбільш давні традиції – ще кілька століть назад основою енергетики було використання вітрових і водяних агрегатів та мускульної енергії тварин. На кінець XIX століття в Російській імперії сумарна потужність вітрових та водяних млинів дорівнювала приблизно двом блокам Чорнобильської АЕС. Важливим джерелом для отримання теплової енергії була біомаса – дрова, торф, використання яких до цього часу в сільській місцевості України не втратило свою актуальність.

Середина ХХ століття характеризується майже повною відмовою від ВДЕ. Однак енергетична криза 70-х років минулого століття, що поставила людство перед загрозою вичерпання викопних енергетичних ресурсів, та Чорнобильська катастрофа 1986 року, яка показала реальну загрозу існуванню цивілізації, корінним чином змінили підходи до використання первинних джерел енергії. Почала формуватися науково-технічна база нової галузі, яка отримала назву «відновлювана енергетика».

Використання енергії відновлюваних джерел у даний час є одним із пріоритетних напрямів розвитку світової енергетики, що обумовлено необхідністю:

- усунення енергетичної нестабільності країн, пов'язаної з енергетичними кризами;
- зменшення обсягів шкідливих викидів, що утворюються в процесі використання традиційних енергоносіїв;
- збереження запасів енергоресурсів для майбутніх поколінь;
- збільшення витрат органічної сировини для неенергетичних потреб.

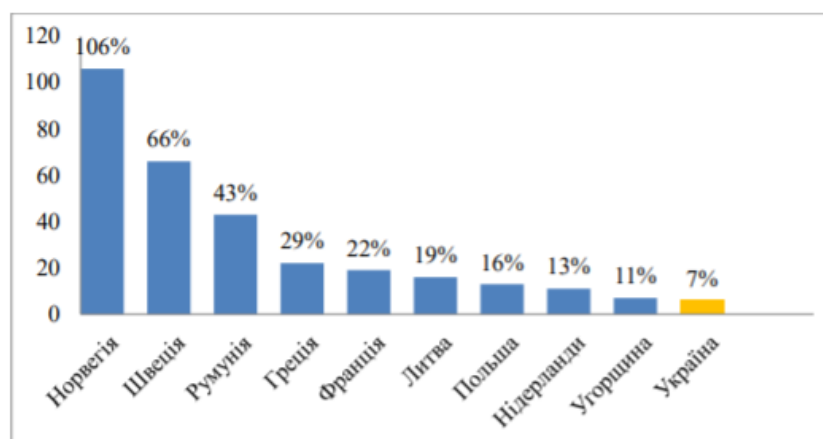


Рисунок 1.5 – Діаграма використання ВДЕ в Україні та країнах ЄС

Таблиця 1.1 - Фактори для розвитку ВДЕ в Україні [11]

Сприятливі	Несприятливі
<ul style="list-style-type: none"> <li>- значний потенціал ВДЕ;</li> <li>- «зелений тариф» гарантується державою до 2030 року;</li> <li>- законодавство стимулює девелоперів розвивати проекти ВДЕ якнайшвидше (рівень «зелених» тарифів з роками зменшується);</li> <li>- прив'язка «зеленого» тарифу до курсу євро;</li> <li>- гарантована купівля електроенергії ДП «Енергетгоринок» до 2030 року.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- висока вартість капіталу;</li> <li>- нестабільність системи та умов ведення бізнесу;</li> <li>- планування енергетичної інфраструктури, віддаленість від мереж, можливі законодавчі бар'єри на місцевому рівні та інше;</li> <li>- сезонність деяких відновлюваних джерел енергії, необхідність в наявності резерву, балансування;</li> <li>- технологічний прогрес у сфері виробництва обладнання для відновлюваної енергетики.</li> </ul>

## 1.1 Огляд систем генерації електроенергії суб'єктами альтернативної енергетики

Строки окупності капітальних вкладень в енергетику в середньому складає 8...10 років. При цьому на спорудження теплоелектростанції необхідно 6...8 років, великих гідроелектростанцій і атомних станцій – 10...12 років. Вітроенергетична станція за кордоном споруджується за 5-6 місяців, починаючи з підписання контракту, термін її окупності – 8...10 років. У централізованих енергосистемах прийнятний строк окупності (5...10 років) визначається питомими капітальними вкладеннями 800-1000 дол./кВт і менше, терміном використання встановленої потужності – 2200 і більше годин у рік. Для автономних енергосистем ці показники складають, відповідно, 2000 дол./кВт і 1500 годин у рік

*Переведення одиниць виміру енергоносіїв в умовне паливо* – переведення одиниць виміру витрат котельно-пічного палива (вугілля та вуглепродукти, нафта та нафтопродукти, природний газ), інших видів (торф, торфобрикети, дрова, коксовий газ, доменний газ, нафтозаводський газ, феросплавний газ тощо) в умовне паливо проводиться на основі еквівалентних коефіцієнтів, які враховують калорійність в ккал/кг або кДж/кг одиниці палива за всіма його видами.



Рисунок 1.6 – Види альтернативних джерел енергії

Процес конструювання має за кінцеву мету створення виробу, як результат інтелектуальної діяльності, що раціонально об'єднує виробничі, техніко-економічні та експлуатаційні вимоги. Тобто створена машина, установка, агрегат повинні мати потрібну продуктивність, безвідмовність роботи протягом нормативного часу, мінімальні питомі масогабаритні та енергомісткі параметри, простими та безпечними при експлуатації і ремонті, бути ергономічними.

В той же час, кожний елемент виробу повинен мати свої окремі якісні показники, що залежать від покладених на них функціональних вимог. Так, наприклад, в перетворювачах енергії (механічної в електричну, електричну постійного струму в змінний) головним є досягнення максимального ККД, підтримання нормативного рівня вихідних показників (відхилення величини напруги, частоти, форми кривої струму і т.д.), у вимірювальних системах – чутливість, точність, стабільність показників.

В загальному випадку вирішення питань конструювання установок з відновлюваними джерелами енергії визначається відображенням бінарного відношення множин:

$$f: A \times B \rightarrow C$$

де  $A$  – множина потреб за енергозабезпеченням об'єкта (виробничого, побутового), що характеризується коефіцієнтом графіка навантаження, ємністю акумулюючого пристрою, потужністю резервного джерела живлення;

$B$  – множина величин ресурсу відновлюваних джерел енергії, в залежності від географічного місцезнаходження об'єкта (широта місцевості, річними показниками того, чи іншого виду відновлюваної енергії та тривалістю періоду їх використання).

Пересічення даних множин ( $A$  і  $B$ ) визначає множину конструктивних параметрів технічних засобів з відновлюваними джерелами енергії –  $C$ , що характеризується геометричними параметрами в залежності від коефіцієнтів ефективності за аеродинамічними, теплоенергетичними, ергономічними показниками.

Однак ВДЕ мають і ряд недоліків. Так як електричні мережі проектувалися за умови централізованого електропостачання, то розбудова в них ВДЕ продукує нетипові проблеми і питання.

В першу чергу, ключову роль відіграє нестабільне генерування ВДЕ через залежність від погодних умов. Використання енергії від сонця є неможлива в ночі та в похмуру погоду. ВЕС напряму залежать від швидкості вітру який постійно змінює свій напрям, а інколи і зовсім затихає.

### 1.1.1 Сонячна енергетика

Процес конструювання має за кінцеву мету створення виробу, як результат інтелектуальної діяльності, що раціонально об'єднує виробничі, техніко-економічні та експлуатаційні вимоги. Тобто створена машина, установка, агрегат повинні мати потрібну продуктивність, безвідмовність роботи протягом нормативного часу, мінімальні питомі масогабаритні та енергомісткі параметри, простими та безпечними при експлуатації і ремонті, бути ергономічними.

В той же час, кожний елемент виробу повинен мати свої окремі якісні показники, що залежать від покладених на них функціональних вимог. Так, наприклад, в перетворювачах енергії (механічної в електричну, електричну постійного струму в змінний) головним є досягнення максимального ККД, підтримання нормативного рівня вихідних показників (відхилення величини напруги, частоти, форми кривої струму і т.д.), у вимірювальних системах – чутливість, точність, стабільність показників.

В загальному випадку вирішення питань конструювання установок з відновлюваними джерелами енергії визначається відображенням бінарного відношення множин:

де  $A$  – множина потреб за енергозабезпеченням об'єкта (виробничого, побутового), що характеризується коефіцієнтом графіка навантаження, ємністю акумулюючого пристрою, потужністю резервного джерела живлення;

$B$  – множина величин ресурсу відновлюваних джерел енергії, в залежності від географічного місцезнаходження об'єкта (широта місцевості, річними показниками того, чи іншого виду відновлюваної енергії та тривалістю періоду їх використання).

Пересічення даних множин ( $A$  і  $B$ ) визначає множину конструктивних параметрів технічних засобів з відновлюваними джерелами енергії –  $C$ , що характеризується геометричними параметрами в залежності від коефіцієнтів

ефективності за аеродинамічними, теплоенергетичними, ергономічними показниками.

Стрімкий розвиток СЕС в Україні обумовлений відносно простою реалізації проектів (порівняно з іншими технологіями ВДЕ), суттєвим падінням цін на обладнання (вартість 1 кВт потужності становить близько 900-1000 \$) та короткими строками реалізації проекту (6 міс. разом з проектуванням).

Відомо, що Сонце за мільярд років витрачає приблизно 1% власної енергії. Земля отримує лише одну півмільйонну частину випромінюваного ним тепла, причому 34% цього тепла відбивається атмосферою та хмарами. І все ж поверхня Землі отримує величезну енергію – близько 1018 кВт·год. Густина потоку сонячної енергії за межами земної атмосфери складає  $q=1,4$  кВт/м<sup>2</sup>, а поблизу земної поверхні на екваторі досягає приблизно 0,2 кВт/м<sup>2</sup>.

Наскільки ефективно працюватимуть СЕС, залежить від кількості сонячного випромінювання, яке вони отримають. Цей обсяг прийнято називати рівнем інсоляції (рис. 1.7).

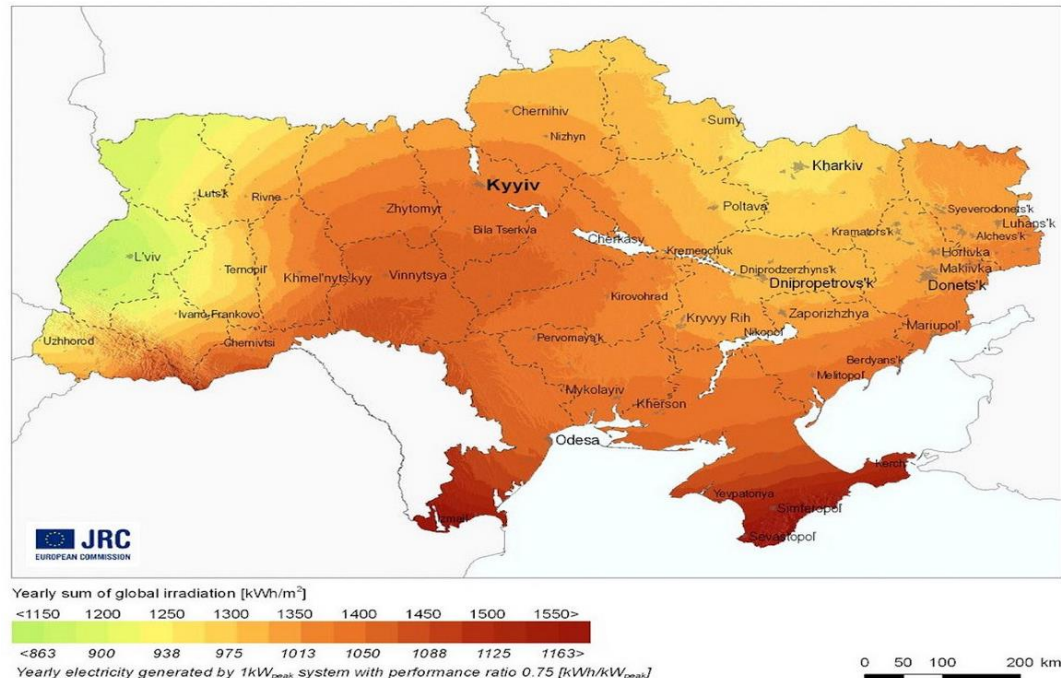


Рисунок 1.7 - Карта сонячної активності

Рівень інсоляції – це кількість сонячної енергії, яка падає на одиницю площі в даній місцевості протягом року.



Рисунок 1.8 – Способи отримання енергії

Фотоелектричне перетворення сонячного випромінювання ґрунтується на явищі фотоелектричного ефекту – вивільнення електронів провідності в приймачі випромінювання під дією енергії квантів сонячного випромінювання.

Одним із основних показників ефективності вкладень є інтегральний дисконтований чистий прибуток ( $\Pi_{dc}$ ), що дорівнює дисконтованій сумі всіх доходів і витрат за розрахунковий період:

$$\Pi_{dc} = \sum_{t=1}^T \frac{D_t - Z_t}{(1 + E)^t},$$

де  $D_t$  – вартість реалізованої продукції та інші доходи за рік  $t$ ;

$Z_t$  – річні витрати, що є сумою капітальних вкладень та експлуатаційних витрат (без амортизаційних відрахувань на реновацію) в році  $t$ ;

$E$  – норматив дисконтування.

При нормативному значенні інтегрального прибутку, рентабельність вкладень в об'єкт перевищує мінімальну норму прибутку, тобто інвестиції є вигідними; негативне значення свідчить про неприйнятність проекту. Нульове значення вказує на мінімально допустиму норму прибутку, тобто банківську процентну ставку.

Корисна віддача залежить від продуктивності установок, тобто від числа операцій, що нею виконується за одиницю часу. Якщо конструкція машини

спроєктована без відхилень від існуючих методичних положень, то збільшення віддачі залежить від умов експлуатації установки. Причому робочі органи установки слід розраховувати на максимальний об'єм операцій у відповідності із закладеними в ній кінематичними, потужнісними та надійнісними показниками.

Слід врахувати, що установки з відновлюваними джерелами, як правило, працюють в умовах безперервної дії атмосферних явищ, що становить до них підвищені вимоги до довговічності. Під *довговічністю* розуміють властивість виробу зберігати роботоздатність до граничного стану з необхідними перервами для технічного обслуговування та ремонту. Граничний стан виробу настає в час, коли подальша експлуатація неможлива або недоцільна. Тобто, довговічність – це властивість установки зберігати роботоздатність до моменту вилучення її з експлуатації.

Довговічність характеризується:

- критерієм довговічності – відношення номінального значення довговічності до фактичного. Для легких умов експлуатації він складає 0,7...0,8; середніх – 1; важких – 1,2...1,5;
- строком служби, що залежить від коефіцієнта використання:

$$\eta_B = \eta_{сез.} \eta_{вих.} \eta_{рем} \eta_{зм} \eta_{маш} \eta_{зав} \eta_{прост.} ,$$

де  $\eta_{сез.} = t_{сез.}/365$  – коефіцієнт сезонності ( $t_{сез.}$  – тривалість сезону, днів);

$\eta_{вих.} = t_{р.д.}/365$  – коефіцієнт вихідних днів ( $t_{р.д.}$  – кількість робочих днів);

$\eta_{рем}$  – коефіцієнт ремонтних простоїв (0,85...0,9);

$\eta_{зм}$  – коефіцієнт змін (для однозмінної 0,33; двозмінної – 0,66; трьохзмінної – 1);

$\eta_{маш}$  – коефіцієнт машинного часу (0,8...0,9);

$\eta_{зав}$  – коефіцієнт завантаження (0,7..0,95);

$\eta_{прост}$  – коефіцієнт простою.

### 1.1.2 Вітрова енергетика

Енергія вітру – це похідна енергії Сонця, це кінетична енергія руху повітряних мас. Поява вітру викликана тим, що сонячна енергія з ряду причин нагріває поверхню Землі з різною інтенсивністю, створюючи таким чином області з різними значеннями атмосферного тиску. В результаті повітряна маса переміщається з області високого тиску в область низького тиску.

Роботоздатність виробу забезпечується його надійністю, показники якої завжди слід розглядати разом із заданими режимами експлуатації. Тому конструювання передбачає врахування наступних ознак експлуатаційної надійності: високий термін довговічності, безвідмовність, безаварійність, стабільність роботи, малий об'єм та простота оперативного обслуговування і ремонтних робіт, живучість (здатність при пошкодженнях продовжувати деякий час роботу хоча б на понижених режимах).

#### 1.1 Уніфікація виробничих рішень.

Під поняттям уніфікації розуміють процес усунення зайвого різноманіття типорозмірів та марок продукції (а також характеристик виробів і методів випробувань) шляхом максимального скорочення їх числа; використання вузлів і деталей із раніше спроектованих і випробуваних машин в конструкціях нових установок.

Існує декілька напрямків уніфікації (але вони не є універсальними):

- секціонування – розподіл машин на однакові секції та утворення нової установки набиранням уніфікованими секціями. Наприклад, виробництво пластинчастих теплообмінників, сонячних теплофікаційних та фотоелектричних установок і т.д.;

- метод зміни лінійних розмірів – з метою отримання машин і агрегатів різної продуктивності, змінюють їх геометричні параметри (довжину), але зберігають форму поперечного перерізу. Наприклад, довжина матрацного сонячного повітрянагрівача, шестерінчастий насос, мішалка метантенків біогазових установок і т.д.;
- метод базового агрегату – перетворення в машину різного призначення під'єднанням до базового агрегату спеціального обладнання. Наприклад, гідромеханічна установка з уніфікованим редуктором, когенераційна установка;
- конвертування – базову машину або основні її елементи використовують для утворення агрегатів різноманітного призначення. Наприклад, теплонасосна установка;
- модифікування – переробка машини з метою пристосування її до інших умов роботи, операціями без зміни основної конструкції. Наприклад, зміна величини швидкості вітроустановки;

агрегатування – створення машин шляхом комбінаційного об'єднання уніфікованих агрегатів, що складаються з автоном

### 1.1.3 Гідроенергетика

На даний момент вся енергія отримана з галузі гідроенергетики перетворюється на електроенергію.



Рисунок 1.9 – Переваги встановлення ГЕС

Сам по собі принцип роботи ГЕС доволі простий. Побудовані гідротехнічні споруди забезпечують необхідний тиск водою для обертання лопатей гідротурбіни та перетворення енергії в електроенергію за допомогою генератора.



Рисунок 1.10 – Фактори від яких залежить потужність ГЕС

Номенклатура виробів передбачає не стільки процес розширення, як зменшення найменувань. В той же час зменшення базується на результатах вимог виробництва (функція попиту). Досягається це наступними заходами:

- утворення параметричних рядів машин з раціональним вибором інтервалів між кожним членом ряду;
- збільшення універсальності машин – розширення кола задач, операцій, що ними виконується;
- закладенням в конструкцію резервного розвитку.

*Параметричним* називається ряд машин та установок однакового призначення з регламентованими конструкційними показниками та градаціями цих показників.

При встановленні в основу єдиного типу машини та отримання необхідних градацій зміною її розмірів при збереженні геометричної подібності модифікацій ряду отримують ряд, що має назву *розмірного*.

При встановленні для кожної градації свого типу машин, отримують *типорозмірний* ряд.

Кількісне значення параметрів вищеназваних рядів передбачає використання переважаючих чисел, що являють собою спеціально підібрані величини, які рекомендується застосовувати у всіх галузях господарства. Дані числа утворюють п'ять стандартизованих рядів (ГОСТ 8032-84) із знаменником прогресії  $\varphi = \sqrt[n]{10}$ , де  $n = 5, 10, 20, 40$  і  $80$ . Тоді для  $R5$  він дорівнює 1,6; для  $R10$  – 1,25; для  $R20$  – 1,12; для  $R40$  – 1,06 і для  $R80$  – 1,03. На практиці застосування того, чи іншого ряду залежить від кількості продукції, що випускається. Так при невеликих кількостях користуються  $R5$ , а із збільшенням масовості виробництва – переходять на  $R10$ ,  $R20$  та  $R40$ .

#### 1.1.4 Використання енергії біомаси

Біомаса - органічні речовини, які зберегли в собі сонячну енергію завдяки процесу фотосинтезу.

Зростання потужностей об'єктів енергетики, що виробляють електроенергію з біогазу, розпочалося у 2013 році, коли було встановлено перші 7 МВт.



Рисунок 1.11 – Склад біогазу [24]

Біонафта є щільною складною сумішшю кисневмісних органічних сполук. Біонафта має високу енергетичну щільність (28 ГДж /м<sup>3</sup>). За цим показником вона поступається лише дизельному паливу (енергетична щільність становить 36 ГДж/м<sup>3</sup>). У цьому полягає перевага біонафти в порівнянні з вихідною біомасою.

Процес конструювання є багато етапна послідовність дій, що передбачає наявність чисельних зворотних корегуючих зв'язків. Під час роботи над проектом можливі не тільки зміни (або заміни) конкретних вузлів, а вилучення цілих структурних блоків. Тому розробнику необхідно одночасно уявляти як загальні, так і детальні вимоги до конструкції за технологічними, експлуатаційними та ергономічними показниками в плані збільшення корисної віддачі машини та її довговічності. Для цього необхідно в конструкції машини передбачати високі вихідні вимоги та резерви розвитку і наступного удосконалення. В той же час, нова машина повинна мати елементи уніфікації та вузли, що мають позитивну експлуатаційну перевірку. Це дає змогу зменшити типорозмірну розмаїтість і збільшити експлуатаційну гнучкість в межах параметричного ряду. Крім того, конструктор повинен орієнтуватись на розробку машини, що буде експлуатуватись без ремонтів (як поточних, так і капітальних) і буде комплектуватися змінними вузлами.

Компоновку машини бажано запроектувати у вигляді окремих вузлів, що встановлюються на неї у зібраному вигляді. При цьому треба виключити операції підгонки деталей за місцем устанавлення до експлуатації. Це забезпечується застосуванням фіксуючих елементів. В конструкціях окремих вузлів необхідно застосовувати передові методи зміцнюючих операцій обробітку матеріалів, надавати необхідну жорсткість, вводити пружні елементи для машин, що працюють в умовах циклічних навантажень.

Розробник повинен закласти в конструкцію установок полегшені умови її експлуатації та безпечності. Для цього вузли роблять доступними для огляду. Застосовують елементи автоматичної подачі мастила до тертьових поверхонь, встановлюють блокування, автоматичні регулятори, запобіжні пристрої, що виключають роботу машин при небезпечних режимах, органи керування зосереджують в одному місці.

Не останню роль грають ергономічні показники, що вимагають від конструкції простих естетичних форм зручності як у користуванні, так і при влаштуванні установок у ландшафт місцевості.

Загальні вимоги до розробки будь-якої продукції виробничо-технічного призначення подані в ГОСТ 15.001-88, за яким розробка продукції здійснюється за угодою із замовником або за ініціативою розробника.

## **1.2 Аналіз нормативно-правових документів автоматизованого обліку електроенергії суб'єктів альтернативної енергетики**

### **1.3**

Розробник на базі вихідних вимог замовника, вивчення попиту, умов застосування, тенденцій розвитку та власного науково-технічного досвіду проводить необхідні науково-дослідні, дослідно-конструкторські та технологічні роботи, що включають патентні дослідження, функціонально-вартісний аналіз, моделювання та інші методи створення продукції. При цьому необхідно керуватись нормативно-технічною літературою, в якій встановлені значення показників, що визначають технічний рівень продукції, замінності та сумісництві складових частин і продукції в цілому, безпеки, охорони здоров'я та природи.

Розробка та постановка продукції на виробництво в загальному випадку передбачає:

- розробку технічного завдання;
- розробку технічної та нормативно-технічної документації;
- виготовлення та випробування зразків продукції;
- приймання результатів розробки;
- підготовку та освоєння виробництва.

Технічне завдання є основним вихідним документом для розробки продукції. Воно містить техніко-економічні вимоги до продукції, перелік документів, порядок здавання та приймання результатів розробки. При необхідності технічне завдання може містити вимоги до підготовки та освоєння виробництва. Конкретний зміст технічного завдання визначають замовник і

розробник, а при ініціативній роботі – розробник, але, як правило, складається з наступних розділів:

- найменування та область застосування;
- підстава для розробки;
- мета та призначення розробки;
- джерела розробки;
- технічні вимоги;
- економічні показники;
- стадії та етапи розробки;
- порядок контролю та приймання;
- додатки (таблиці порівняння з кращими зразками, копії патентів і т.п.).

Не допускається включати в технічне завдання вимог, що суперечать вимогам стандартів і нормативів документів установ, які здійснюють нагляд за безпекою, охороною здоров'я та природи.

Як технічне завдання допускається також використання будь-якого документа (контракт, протокол, ескіз і т.п.), що містить необхідні та достатні вимоги для розробки та визнані замовником і розробником, а також зразок продукції, що призначений для відтворення.

Розробку конструкторської, технологічної, а також, при необхідності, програмної документації на виріб проводять за правилами, що встановлені відповідними стандартами.

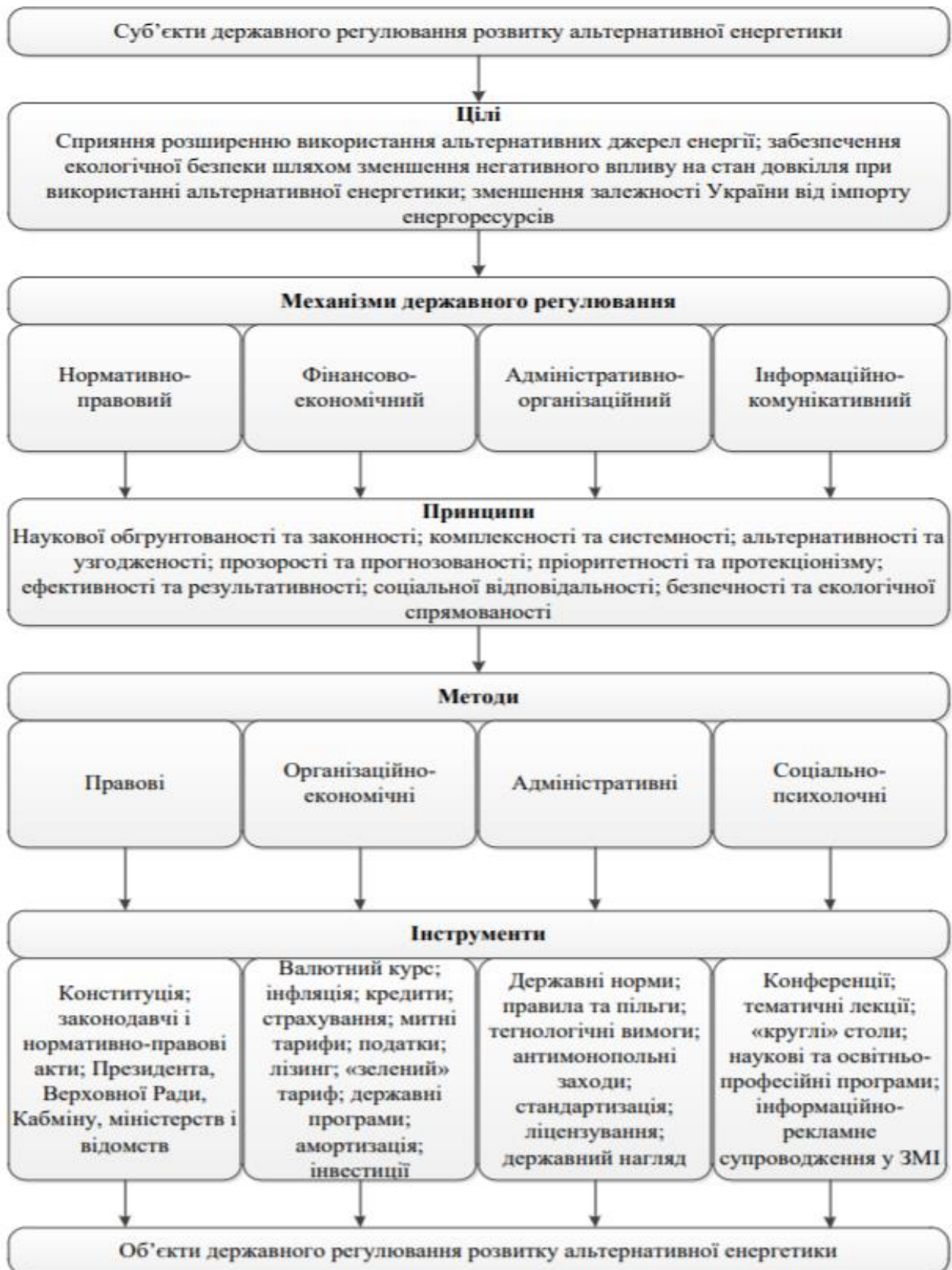


Рисунок 1.12 - Механізми державного регулювання розвитку альтернативної енергетики

У країнах ЄС структуру ринку електроенергії контролює Директива 2003/54/ЄС Європейського Парламенту та Ради Європейського Союзу, яка встановлює спільні правила для генерування, передавання, розподілення і постачання електроенергії та правила, що стосуються організації та функціонування електроенергетичного сектора і доступу до ринку.

Внутрішньодобовий ринок – купівля та продаж електроенергії після завершення торгів на ринку «на добу наперед» та впродовж доби фізичного постачання електроенергії.

Діючі стандарти встановлюють наступні стадії розробки конструкторської документації та етапи їх виконання:

– *технічні пропозиції* – сукупність конструкторських документів, що містять технічне та техніко-економічне обґрунтування доцільності розробки документації виробу на підставі аналізу технічного завдання замовника та різних варіантів можливих рішень виробу, порівняльна оцінка рішень з врахуванням конструктивних і експлуатаційних особливостей виробів, що існують і розробляються, та патентні дослідження. Технічні пропозиції, після затвердження, є підставою для розробки ескізного проекту. *Етапи*: підбір матеріалів, розробка та затвердження технічних пропозицій; Діючі стандарти встановлюють наступні стадії розробки конструкторської документації та етапи їх виконання:

–технічні пропозиції – сукупність конструкторських документів, що містять технічне та техніко-економічне обґрунтування доцільності розробки документації виробу на підставі аналізу технічного завдання замовника та різних варіантів можливих рішень виробу, порівняльна оцінка рішень з врахуванням конструктивних і експлуатаційних особливостей виробів, що існують і розробляються, та патентні дослідження. Технічні пропозиції, після затвердження, є підставою для розробки ескізного проекту. Етапи: підбір матеріалів, розробка та затвердження технічних пропозицій;



Рисунок 1.13 – Загальна структура ринку електричної енергії України

Концепція низьковуглецевого розвитку являє собою комплекс заходів, реалізація яких має скоротити викидів парникових газів в атмосферу з одного боку, та підвищити конкурентоспроможність світових економік за рахунок зниження ступеню їх залежності від вуглецевої сировини. Як свідчать дослідження, наразі не існує єдиного універсального шляху переходу до сталого низьковуглецевого розвитку, так як такий перехід багато в чому має

визначатись специфічними особливостями розвитку кожної країни. Однак спільним для різних шляхів є забезпечення зростання економіки при скороченні викидів парникових газів.

а) дослідного зразка – *етапи*: розробка конструкторської документації на дослідний зразок; виготовлення та попередні випробування дослідного зразка; корегування конструкторської документації за результатами попередніх випробувань; приймальні випробування; корегування за результатами приймальних випробувань;

б) серійного виробництва – *етапи*: виготовлення та випробування установочної серії; корегування конструкторської документації за результатами випробувань установочної серії, а також оснащення технологічного процесу виготовлення виробу.

Для підтвердження відповідності розробленій технічній документації вихідним вимогам і вибору кращого зразка, виготовлюють дослідні зразки. Вони підлягають приймальним випробуванням у відповідності з діючими стандартами або типовими програмами та методиками випробувань, що відносяться до даного виду продукції. При їх відсутності – проводять за програмою та методикою, що підготовлена розробником і узгоджена із замовником або погоджена із приймальною комісією.

а) дослідного зразка – *етапи*: розробка конструкторської документації на дослідний зразок; виготовлення та попередні випробування дослідного зразка; корегування конструкторської документації за результатами попередніх випробувань; приймальні випробування; корегування за результатами приймальних випробувань;

б) серійного виробництва – *етапи*: виготовлення та випробування установочної серії; корегування конструкторської документації за результатами випробувань установочної серії, а також оснащення технологічного процесу виготовлення виробу.

Для підтвердження відповідності розробленій технічній документації вихідним вимогам і вибору кращого зразка, виготовлюють дослідні зразки.

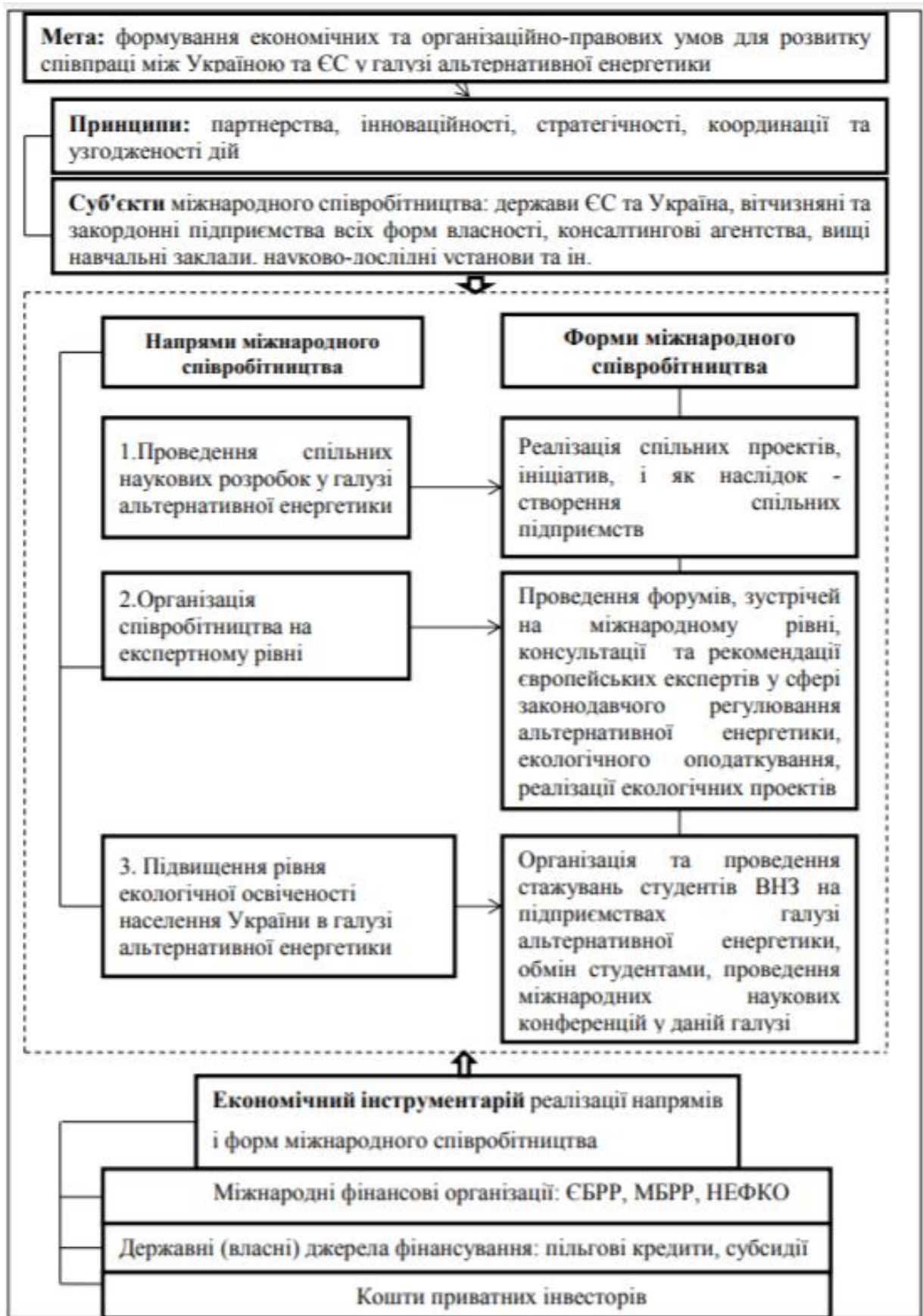


Рисунок 1.14 – Схема формування міжнародного співробітництва України та ЄС в галузі альтернативної енергетики

Вітрова енергетична установка – це агрегат, що перетворює кінетичну енергію вітру в інший вид енергії (рис.2.1).

В залежності від виду енергії, що генерується, вони можуть бути вітромеханічними та вітроелектричними (рис.2.2).

Компоновка вітромеханічних установок здійснюється з наступних складових частин:

- ротор – система обертових аеродинамічних елементів (лопатеї), що приєднані до єдиного валу, і призначена для перетворення кінетичної енергії вітру в механічну енергію обертового валу. Ротор може бути навітровим (в робочому стані розташовується відносно напрямку повітряного потоку перед опорою) і підвітровим ( в робочому стані розташовується відносно напрямку повітряного потоку за опорою);
- гондола – частина вітроустановки, що розташовується на вершині опори і служить для розміщення вузлів кріплення валу ротора, мультиплікатора, трансмісії та (або) інших елементів;
- опора (вежа, башта, щогла) – тримає гондолу та ротор над поверхнею землі. Висота опори вибирається не тільки з умови росту швидкості вітру, але й з врахуванням умов монтажу, ремонту, обслуговування, ваги та вартості;
- опорно-повертальний пристрій – служить для повертання гондоли та ротора навколо вертикальної вісі до напрямку повітряного потоку. Даний пристрій може мати допоміжний конструктивний елемент – віндрозу, що являє собою багатолопатевий ротор для приведення в дію опорно-поворотної системи у напрямку повітряного потоку;
- система керування поворотом гондоли – утримує вісь ротора у напрямі повітряного потоку з найменшим відхиленням (никанням);

- трансмісія – система для передачі крутного моменту від валу ротора до робочої машини.
- Компоновка вітроелектричних установок здійснюється з таких же складових частин, але має додаткові елементи в залежності від режимів роботи: при безпосередньому під'єднанні на навантаження або при роботі з акумулюючими пристроями. Електрогенератор, як правило, розміщується в гондолі. Електротрансмісія здійснюється кабелями або через рухомі контакти. Автоматична система керування приймає інформацію про стан і роботу механізмів установки, обробляє її за заданою програмою та забезпечує запускання, підтримування робочих параметрів, а також зупинку установки в аварійних ситуаціях.
- Лопаті є найбільш складним і дорогим елементом ВУ, в Україні до останнього часу не налагоджений випуск лопатей для ВУ потужністю в діапазоні 2...100 кВт. За кордоном проектуванням і виготовленням лопатей займаються найбільш розвинені фірми: авіаційні (Boeing), аерокосмічні, суднобудівельні. Складність виготовлення лопаті для швидкохідної ВУ пояснюється високими вимогами, що висуваються до лопаті: висока міцність на розривання і вигинання, відносно не висока маса, здатність працювати в широкому діапазоні температур (-50°C...+60 °C), стійкість до обмерзання, точність форми профілю лопаті, низька шорсткість поверхні і т.д. Крім того, лопать має складну геометричну форму: повздожню гвинтове кручення, змінну хорду профілю за довжиною, обтічні торці лопатей і т.д. Вказаним вимогам в найбільшій мірі відповідають лопаті, виконані з композитних матеріалів, склопластиків, вуглепластика, пресованого алюмінію.
- Силова трансмісія утворена валом ротора вітроустановки, встановленим в підшипниках, другий кінець валу через пружну (або іншу) муфту з'єднаний з тихохідним валом мультиплікатора, що задовольняє

вимогам за передавальним відношенням, крутильному моменту, швидкості обертання, умовам мастила і т.д. Швидкохідний вал мультиплікатора через пружну муфту пов'язаний з навантаженням, для якого зазвичай використовується електрогенератор (або компресор). Вітроустановка містить гальмівний пристрій (стрічковий, дисковий або колодковий), розміщений найчастіше на швидкохідному валу мультиплікатора (або на другому вихідному кінці вала електрогенератора). Гальмівний пристрій повинен забезпечувати плавне гальмування ротора без перевантажень за моментом, що може досягатися уведенням до складу гальма пружної ланки (пружини) або дроселя у разі використання гідравлічного приводу в гальмівному пристрої. Для зменшення перевантажень за моментом, при гальмуванні роторів потужних вітроустановок часто застосовують спільно з гальмуванням валу ротора аеродинамічне гальмування поворотом лопаті або поворотом її кінцевої частини або гальмівним аеродинамічним щитком.

- Для орієнтації ротора на вітер використовують поворот гондоли вітроустановки відносно опори, для чого застосовують опорний підшипник, встановлений між гондолою і опорою. Вітроустановки потужністю 0,1-1 кВт орієнтуються на вітер, як правило, за допомогою хвоста (флюгерного пристрою на консолі). Вітроустановки більшої потужності використовують для повороту гондоли на вітер віндрозний черв'ячний механізм з додатковими одним або двома малими роторами. Коли потужність вітроустановки досягає 100 і більш кВт, то використовується електропривод (мотор-редуктор) з великим передавальним відношенням, який забезпечує низьку кутову швидкість повороту гондоли з тим, щоб понизити величину гіроскопічного моменту, що виникає на лопатях ротора. При цьому блок керування

виконавчим електродвигуном пов'язується з датчиком напрямку вітру, що встановлюється на гондолі вітроустановки і є анеморумбографом з власним хвостовим пристроєм.

### 1.2.1 "Зелений" тариф"

Тарифи на постачання електроенергії в мережу – інструмент державної підтримки виробництва відновлюваної електроенергії з *енергії вітру*, які введені в експлуатацію:

з 01 січня 2020 року по 31 грудня 2024 року - 357,72 коп/кВт·год (без ПДВ).

1) з біомаси, які введені в експлуатацію:

з 01 січня 2020 року по 31 грудня 2024 року - 424,10 коп/кВт·год (без ПДВ).

Процес метанового бродіння проходить завдяки розчиненню і гідролізу органічних сполук, ацидогенезу і метаногенезу. Одні бактерії перетворюють органічні сполуки в масляну, пропіонову і молочні кислоти, наступні бактерії перетворюють ці кислоти в оцтову кислоту, водень і вуглекислий газ, а потім метаноутворюючі бактерії відновлюють вуглекислий газ у метан із поглинанням водню, який, у протилежному випадку, може інгібувати оцетокислі бактерії. Встановлено, що оцетокислі бактерії і метаноутворюючі мікроорганізми утворюють симбіоз, який раніше рахувався одним мікробом. З біохімічної точки зору метанове "бродіння" є анаеробним диханням, у процесі якого електрони з органічних речовин переносяться на вуглекислий газ, який потім відновлюється до метану.

Найпростіший процес метанового бродіння відбувається у водонепроникних цистернах (дайджестерах) з бічним отвором, через який вводиться ферментативна сировина. Над дайджестер встановлюється контейнер (металевий, пластиковий) для збирання газу. Встановлений над біомасою, що бродить, купол-контейнер проникненню повітря в середину устави і забезпечує

анаеробні умови процесу. Газ надуває цей контейнер, який з'єднаний "Лас.,асесором для підвищення тиску і невеликим ресивером.

2) з біогазу, які введені в експлуатацію:

з 01 січня 2020 року по 31 грудня 2024 року - 424,10 коп/кВт·год (без ПДВ).

У випадках використання відходів домашнього господарства або рідкого гною співвідношення між твердими компонентами і водою повинно складати 1:1, що відповідає загальній концентрації твердих речовин, 8-11 % по вазі. Суміш можна засівати ацетогенними і метаногенними бактеріями або осадом з інших біогазових устав. Низький Рн знижує ріст метаногенних бактерій і зменшує вихід біогазу, такий ефект викликає і перевантаження дайджестера. Проти закислення використовують вапно. Оптимальне "переварювання" відбувається в умовах, близьких до нейтральних (Рн 6,0-8,0). Максимальна температура процесу залежить від мезофільності або термофільності мікроорганізмів (30-40°C або 50-60°C); різкі зміни температури небажані.

3) з енергії вітру та сонця на комбінованих вітро-сонячних генеруючих системах, які введені в експлуатацію:

з 01 січня 2020 року по 31 грудня 2024 року - 420,42 коп/кВт·год (без ПДВ).

4) з гідроенергії, які введені в експлуатацію:

з 01 січня 2020 року по 31 грудня 2024 року - 538,43 коп/кВт·год (без ПДВ).

5) з геотермальної енергії, які введені в експлуатацію:

з 01 січня 2020 року по 31 грудня 2024 року - 462,83 коп/кВт·год (без ПДВ).

"Зелений" тариф на електроенергії, вироблену генеруючими установками приватних домогосподарств

1) з енергії сонця генеруючими установками потужністю до 30 кВт

та які введені в експлуатацію:

з 01 січня 2020 року по 31 грудня 2024 року - 556,87 коп/кВт·год (без ПДВ).

2) з енергії вітру генеруючими установками потужністю від 30 кВт та які введені в експлуатацію з 01 липня 2015 року по 31 грудня 2019 року - 398,29 коп/кВт·год (без ПДВ).

3) з енергії сонця генеруючими установками від 50 кВт, за умови їх розташування на дахах та/або фасадах будівель та інших капітальних споруд, та які введені в експлуатацію з 01 січня 2019 року по 31 грудня 2019 року - 619,56 коп/кВт·год (без ПДВ).

4) з енергії вітру генеруючими установками від 50 кВт та які введені в експлуатацію: з 01 січня 2020 року по 31 грудня 2024 року - 357,72 коп/кВт·год (без ПДВ).

5) з енергії вітру та сонця на комбінованих вітро-сонячних генеруючих системах приватних домогосподарств, встановлена потужність яких не перевищує 50 кВт та які введені в експлуатацію: з 01 січня 2020 року по 31 грудня 2024 року - 420,42 коп/кВт·год (без ПДВ).

Гарантіями, що надаються для впровадження ефективних «зелених» тарифів, є:

- гарантований і преференційний доступ до електромереж виробників «зеленої» електроенергії;
- встановлення мінімальних гарантованих розмірів «зелених» тарифів;
- встановлення гарантованого строку дії «зелених» тарифів;
- встановлення індивідуальних розмірів «зеленого» тарифу для кожної категорії ВДЕ;
- прозорість процесу отримання відповідного тарифу.

Як показує практика, основним мінусом впровадження «зелених» тарифів є підвищення цін на електроенергію для кінцевих споживачів або необхідність значного фінансування цього сектору з державного бюджету. Крім того, значним недоліком є складність прогнозування, контролю та своєчасного регулювання кількості виробників електроенергії за таким тарифом. Повільне коригування занадто високих «зелених» тарифів може мати наслідком значні

витрати держави, що в свою чергу може вплинути на стабільність енергосистеми в цілому. Проте «зелені» тарифи діють у більшості країн ЄС, Китаї, Індії, Таїланді [16].

## 1.4 Дослідження та аналіз АСКОЕ суб'єктів альтернативної енергетики

Встановлення та введення в експлуатацію об'єкту альтернативної енергетики в Україні є досить довгим та багатоетапним процесом (рис. 1.13).



Рисунок 1.15 - Алгоритм запуску об'єкту альтернативної енергетики в Україні

Перш за все, варто зазначити, що здійснювання продажу електроенергії, виробленої генеруючою установкою підприємства/домогосподарства, без засобів обліку не допускається.

Компоненти системи дозволяють вимірювати, збирати, накопичувати, обробляти та відображати інформацію про об'єми та параметри потоків електроенергії, води, тепла та газу.

Звичайно біогазові устави заглиблюють у землю для використання теплоізоляційних якостей ґрунту. У країнах із холодним і помірним кліматом їх нагрівають за допомогою пристроїв, які застосовують при компостуванні сільськогосподарських відходів. З точки зору живильних потреб бактерій надлишок азоту (наприклад, у випадку рідкого гною) сприяє накопиченню аміаку, який пригнічує ріст бактерій. Для оптимальної переробки співвідношення C/N повинно бути порядку 30:1 (по масі). Це співвідношення можна змінювати, змішуючі складові, збагачені азотом, з складовими, збагаченими вуглецем. Так, співвідношення гною можна змінювати Додатками соломи або жому цукрової тростини. Відходи харчової промисловості і сільськогосподарського виробництва мають значну кількість вуглецю, тому вони краще всього підходять для метанового бродіння, тим більше, що деякі з них отримуються при температурі, найбільш оптимальній для цього процесу. Бажано перемішувати суспензію зброджуваних речовин, щоб запобігти розшаруванню, яке зменшує бродіння. Тверді матеріали необхідно роздробити, так як великі частинки гною зменшують вихід метану. Практично, період переробки гною великої рогатої худоби складає два-чотири тижні, для свинячого гною - 10 днів.

Такого часу достатньо для того, щоб знищити всі патогенні ентеробактерії і ентеровіруси, а також 90 % інших шкідливих вірусів.

Виробництво біогазу шляхом метанового "бродіння" відходів - один з шляхів вирішення енергетичних, економічних, екологічних агрохімічних проблем у більшості країн світу.

Так, значне розповсюдження біогазових устав є в сільських районах Індії. Сьогодні тут діє понад 100 тис. індивідуальних дайджестерів, що становить біля 5 % від можливої кількості для перероб коров'ячого гною (прогнозується загальна кількість індивідуальних устав 18,8 млн. і 5,6 млн. устав кооперативного використання).

Але найбільше біогазових устав індивідуального використання є в Китаї - в 1978 році їх вже працювало 7 млн. Цьому сприяло використання місцевих дешевих будівельних матеріалів (каменю пуцоланового цементу, вапняку), активна навчальна політика у сфері санітарії і гігієни навколишнього середовища. Так, наприклад, у провінції Сичуань у період 1975-1980 рр. пройшло навчання понад 200 тис. техніків, які стали інструкторами в селах, бригадах, кооперативах, об'єднаних для використання біогазу. Державні банки надавали населенню кредити на пільгових умовах, (0,18 % в рік) для будівництва дайджестерів.

Ще в 1979 році в Китаї вироблялось понад 2 млрд. м<sup>3</sup> біогазу, що становить 0,77 м<sup>3</sup> на 1 уставу за добу протягом року. Середній об'єм устави становить 6-12 м<sup>3</sup>, вихід біогазу - 0,15 м<sup>3</sup> за добу на кожний 1 м<sup>3</sup> об'єму. Продуктивний період складає 250 днів, тобто дайджестером з середньою ємністю 7,5 м<sup>3</sup> за добу виділяється 1,1 м<sup>3</sup> газу, що відповідає виробництву 1 млрд. м<sup>3</sup> газу за рік на 3,6 млн. індивідуальних устав вказаного об'єму.

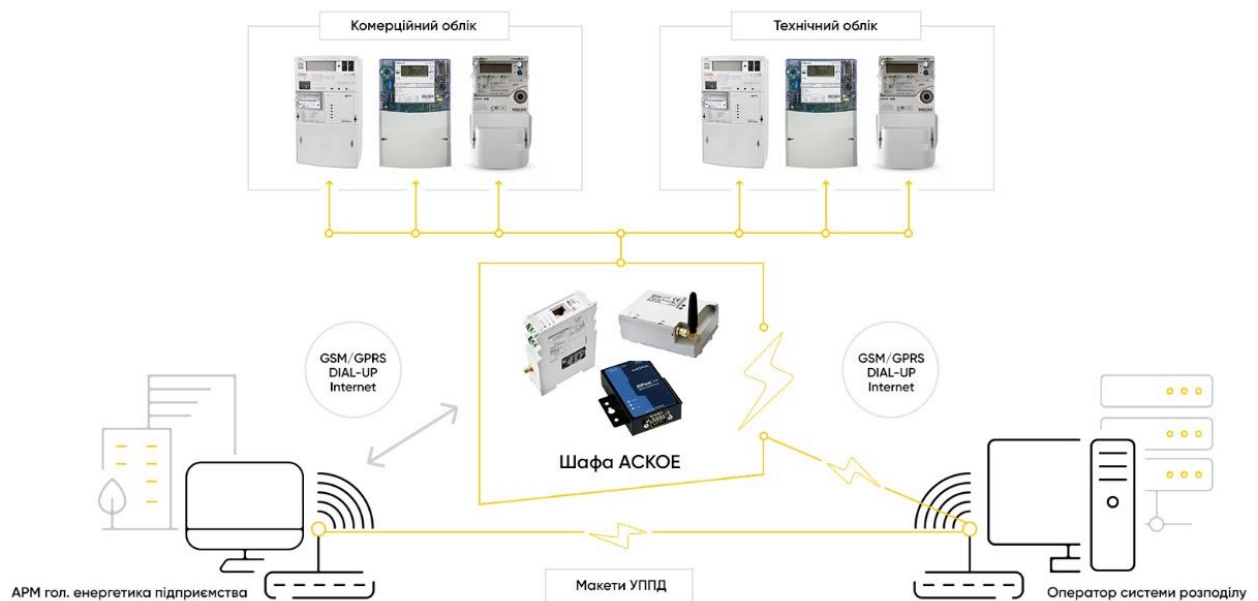


Рисунок 1.16 – Автоматизована система комерційного обліку електроенергії

Впровадження споживачами АСКОЕ/ЛУЗОД на базі різних типів лічильників (що внесені до реєстру засобів вимірювальної техніки) потребує для енергокомпаній проведення модернізацій системи для забезпечення їх зчитування.

В інших країнах також широко проводяться роботи по розвитку виробництва біогазу. Так, на Філіппінах працює комплекс із 48 дайджестерів, який використовує гній від 15.000 свиней. Цей біогаз забезпечує енергією фабрику по переробці м'яса і консервний завод, а також всі потреби ферми.

В Ізраїлі з 1974 року виробництвом біогазу займається "Асоціація кіббуці індастріз". Тут виробництво біогазу організоване при температурі 55 °С, вихід біогазу підвищено до 4-« м3 за добу на кожний кубометр об'єму устави (що в 10 разі<> перевищує звичайний вихід). Відходи переробки, які мають тіль 12% твердих речовин, згодують риbam. Це допомагає заощадити половину гранульованих кормів із зернових культур, які зви застосовують при розведенні риби. Як показує практика, збагачені білками, мінеральними солями і вітамінами відходи великої рогатої худоби і вівців можна використовувати в якості корму для худоби, замінюючи ними до 25 % сухих речовин згодованої їжі.

Біогаз - це суміш метану (60-85 %) і вуглекислого газу (15-40 %). Його отримують у спеціальних установках різноманітного конструктивного виконання, в залежності від місцевих умов.

Основні переваги використання цього виду місцевого, відновлювального джерела енергії в простоті технічної реалізації процесу. Сировина постійно відновлюється в природі. До 90 % органічних речовин переходять у газ і воду. Відбувається повне обеззараження утилізованих відходів, отримується високоефективне біодобриво. Біогаз отримують у реакторах-метатенках об'ємом від 0,5 м<sup>3</sup> до кількох тисяч кубічних метрів безпосередньо біля джерел відходів, його просто переробляти в теплову і електричну енергію і споживати на транспорті. Виробництво і споживання біогазу вирішує відразу три загальні проблеми - енергетичну, екологічну, агрохімічну.

Біогаз має теплоту згорання від 21 до 36 МДж/кг при нормальних умовах. З однієї тонни органічних речовин виділяється від 250 до 600 м<sup>3</sup> біогазу. З різних речовин одержують не однакову кількість біогазу (таблиця 4).

Таблиця 4.

№ з/п	Сировина	Вихід біогазу з 1 кг сухої речовини, л/кг	Складова метану в газі, %
1	Трава	630	70
2	Листя дерев	210-294	59
3	Соснові гілки	37	69
4	Листя картоплі	420	60
5	Стебла кукурудзи	420	53
6	Солома пшенична	342	58
7	Солома льняна	359	59
8	Твердий гній ВРХ	200-300	60
9	Кінський гній з соломою	250	58
10	Домашні відходи і сміття	600	50
11	Фекальні осади	250-312	60
	Тверді залишки стічних вод	570	70

По температурним режимам виробництво біогазу поділяю на психрофільний (15-20 °С), мезофільний (30-40 °С) і термофільний (52-56 °С). Середній час збродження при мезофільному режимі складає 15-30 діб, при термофільному - 5-10 діб.

Процес виробництва біогазу є рентабельним, коли в 1 м<sup>3</sup> робочого об'єму реактора за добу виділяється 2 м<sup>3</sup> газу. Окупність біогазових установок складає від 3 до 8 років: чим вони більші, тим менший строк окупності.

На рис. 28 подана принципова схема безперервної анаеробної переробки відходів великої рогатої худоби. Гній з ферми або сховища подається в резервуари підготовки вихідної сировини (1), в яких відбувається перемішування, видалення твердих речовин, зволоження маси до 94-96 % та інші операції. Підготовлена сировина подається дозаторними насосами (2) в метатенки (3), де відбувається процес збродження під дією метанотворних

Рис. 28

- 1 - резервуар для підготовки сировини;
- 2 - дозаторний насос;
- 3 - метатенк;
- 4 - компресор;
- 5 - газгольдер;
- 6 - апарат очистки біогазу;
- 7 - гноєзбірник;
- 8 - циркуляційна помпа;
- 9 - котел для підтримки температури в метатенку;
- 10 - подача гною;
- 11 - добрива для використання;
- 12 - біогаз до споживачів.

бактерій. Утворений біогаз відводиться з верхньої частини метатенків в газгольдери (5), звідки він надходить до споживачів. Рештки зброженого гною (обеззаражені добрива) з нижньої частини поступають у гноєзбірник (7), з якого вивозяться на поле. Для підтримки заданої температури в метатенках через змійовики прокачують гарячу воду, підігріту в котлах (9). На такий підігрів витрачається 20-30 % виробленого біогазу. В залежності від прийнятого часу зародження сировини визначається необхідний об'єм метатенків і кількість сировини, яка подається для дозправки дозаторними

насосами. Для прискорення процесу збродження частина біогазу подається з газгольдера компресором (4) назад, в метатенки.

У нашій країні використовується біогазова установка КОБОС-1 (Рис. 29) для переробки 28,3 т біомаси на добу. Об'єм двох реакторів по 125 м<sup>3</sup>; вихід біогазу з 1 м<sup>3</sup> об'єму реактора 1,29 м<sup>3</sup>; вихід біогазу з 1 тонн відходів 1,3 м<sup>3</sup>; вихід газу за добу 162 м<sup>3</sup>; температура бродіння 40° С; час обертання біомаси 5 діб; вологість вихідної маси 96,2%; за добу споживається 42,1 кВт/год електроенергії, обслуговуючий персонал 4 чоловіки; капітальні затрати еквівалентні 180 тисячам доларів. Установка складається з двох реакторів, підігрівника, фекального і гвинтового насосів, газгольдера, компресора, водогрійного котла.

Реактор з вакуумним перемішуванням складається з горизонтального резервуара з повздовжніми перетинками, газового ковпака, завантажувальної труби, пристрою для аварійного зливання маси. Реактор з механічним перемішуванням маси складається з горизонтального резервуара, газового ковпака, мішалки, завантажувальної труби, пристрою для аварійного зливу. Підігрівник - резервуар об'ємом 25 м<sup>3</sup> з теплообмінником, де гній підігривають до необхідної температури. У силовому блоці змонтована насосна установка, обладнання очистки біогазу і нагріву води.

Гній з колектора подається насосом у подрібнювач, з нього в підігрівник, щоб підняти температуру маси. Звідти перекачується гвинтовим насосом-дозатором у реактор, де виділяється біогаз який перекачується компресором на очищення. Потім газ через гідрозатвор і зворотний клапан подається на використання або зберігання. Завантаження біомаси проводиться щогодини автоматично

Крім КОБОС-1 промисловість випускає біогазові установки "Біогаз-301" з виходом газу за добу 350 м<sup>3</sup>, об'ємом реактора 300 м<sup>3</sup>. Є у використанні й інші установки. Але на всіх переброджений гній розділяється на тверду і рідку частини. Густу масу пропускають через прес-фільтр для зневодження до 75 %, а рідку частину вносять на поля.

У Німеччині використовують біогазові установки об'ємом бетонного реактора 20 м<sup>3</sup> перемішування проводиться механічною мішалкою; вихід газу на добу 42 м<sup>3</sup>, витрата електроенергії 7,5 кВт, гній надходить від 18 корів. .4

Рис. 30

Для індивідуальних споживачів Інститут УкрНДІагропроект розробив схему збродження гною на невеликих фермах (рис. 30 ). Установка складається з метатенка-зброджувача (1); котла (2) для підігрівання суміші; збірника (3) відпрацьованого гною. Установка закрита від опадів плівковим або шиферним покриттям (4). Гній завантажується через лійку (5), зброджений гній відводиться в збірник (3) через патрубок (6). Метатенк (1) виготовляється з металу або бетону але збірником (3) може служити яма, викопана поряд з метатенком.

Перемішування гною в метатенку проводиться періодично вручну або за допомогою електродвигуна потужністю 1 кВт. Теплообмінник для підігрівання маси, встановлюється в нижній частині метатенка. Біогаз з верхньої частини метатенка відводиться по газопроводу (7) до споживачів. Він обладнаний регулятором газу (8). Для господарства, де утримується 2-3 корови або бички, декілька свиней, 20-30 голів птиці, виготовляється метатенк діаметром 1 м і довжиною 3 м. Газу, що виробляється установкою достатньо для цілодобової роботи водогрійного котла АГВ 80 або побутової газової плити. У метатенку-реакторі зникає різкий запах гною і змінюється його колір.

Середньодобова потреба теплової енергії складає 12000 ккал. Ще 400 ккал. потрібно для підігріву біомаси в реакторі. Таким чином на потреби господарства потрібно біля 3 м<sup>3</sup> біогазу. Для отримання такої кількості газу потрібно 7 кг сухої органічної речовини і 70 літрів рідини.

У практиці досить розповсюджені прості за конструкцією біогазові установки без підігріву біомаси (рис. 31 а, б, в, г). Вони складаються з бетонованої або обшитої металом ями, в яку скидають рідкий гній, побутові відходи, фекалії, бур'ян і т. д. Після заповнення резервуар накривають плаваючим ковпаком, виготовленим із листового металу або пластмаси, від

якого відходить трубка газопроводу. Коли маса починає бродити, з неї виділяється біогаз, збирається під ковпаком, звідки надходить у газгольдер (збірник газу), або йде відразу на споживання. Роль газгольдера може виконувати збірний ковпак великих розмірів або автотракторні камери. Для створення стабільного тиску газу на збірний ковпак встановлюють вантаж із металу або каміння. На вихідному газопроводі вмонтовують манометр і запобіжний клапан для регулювання надлишкового тиску.

### **1.3.1. Огляд бази даних АСКОЕ**

БД АСКОЕ повинна:

- зберігати дані не менше 3/6 років;

Під час бродіння на поверхні біомаси утворюється тверда плівка, яка не пропускає назовні газ. Її треба постійно руйнувати шляхом перемішування. Для цього використовують, здебільшого, механічні мішалки або закріплюють металеві вилки до газового ковпака, які під час його підняття або опускання газом руйнують тверду плівку.

Рис. 31

- 1 - робочий резервуар з біомасою; 2 - ковпак-збірник біогазу;
- 3 - біогаз для використання; 4 - завантаження резервуару гноєм;
- 5 - видалення зброженого гною; 6 - мішалка біомаси;
- 7 - збірник відпрацьованого гною; 8 - гідрозамок; 9 - плаваючий ковпак;
- 10 - каміння-вантаж.

У індивідуальних господарствах використовують біогазові установки, виготовлені з власних матеріалів на місці (рис. 32 а, б). Реактор-ферментатор

зварюють із листового металу товщиною 1-2 мм і встановлюють у ямі діаметром 4 м, глибиною 2 м, об'ємом 25 м<sup>3</sup>. Для антикорозійного захисту його покривають свинцевим суріком і смолою. Зовні верхньої частини ферментатора роблять бетонну кільцеву канавку, глибиною 1 м і заповнюють водою. У неї встановлюється газозбірний ковпак, який зверху закриває ферментатор. Ковпак виготовляють із листового заліза, товщиною 2 мм, висотою 2,5 метра.

У ферментатор завантажують 12 м<sup>3</sup> свіжого гною і заливають коров'ячою сечею. Біогаз починає виділятися через 7 діб після заповнення ферментатора.

### **Висновки до 1-го розділу**

1. Досліджено значення альтернативної енергетики в господарствах України та ЄС. Розвиток альтернативних джерел енергії та економічний перехід на ВДЕ загострилися зміною клімату, поступовим виснаженням традиційних енергоресурсів та тенденцією до збільшення споживання енергії та бажанням країн зменшити залежність від імпорту палива.

2. Розглянуто основні можливі системи генерації електроенергії суб'єктами альтернативної енергетики, таких як вітрова, сонячна, використання енергії рік та енергії біомаси.

3. Проведено аналіз нормативно-правових документів щодо здійснення обліку електроенергії суб'єктами альтернативної енергетики. Описані всі вимоги, які стосуються і потребують виконання для проектування та встановлення даної системи комерційного обліку.

4. Проведено дослідження та аналіз АСКОЕ. Впровадження автоматичних систем комерційного обліку енергоресурсів дозволить вирішити задачу одержання інформації шляхом дистанційного обліку споживання електроенергії, води, тепла та газу. Одержання оперативної інформації дозволить здійснити дистанційне керування навантаженням в мережах енергопостачання.

Слід зазначити, що кількість електроенергії, виробленої з ВДЕ з використанням новітніх систем управління електроенергією позитивно щороку збільшується та зростає кількість населення, яке активно використовує новітні енергоефективні технології.

## РОЗДІЛ 2. ОРГАНІЗАЦІЯ СИСТЕМ ОБЛІКУ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ СУБ'ЄКТІВ АЛЬТЕРНАТИВНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ

### 2.1 Положення щодо побудови систем обліку електроенергії в умовах енергоринку

*Метою створення АСКОВ є:*

- Підвищення точності обліку електроенергії за рахунок використання сучасних приладів обліку високого класу точності і застосування цифрових технологій вимірів, збору і обробки даних.

. Ковпак виготовляють із листового заліза, товщиною 2 мм, висотою 2,5 метра.

У ферментатор завантажують 12 м<sup>3</sup> свіжого гною і заливають коров'ячою сечею. Біогаз починає виділятися через 7 діб після заповнення ферментатора.

Газозбірні ковпаки виготовляють для деяких установок з прогумованої матерії або пластика, висотою 1,5 м, діаметром 1,4 м, для створення тиску на них кладуть вантаж. Ці ковпаки можна встановлювати безпосередньо в біомасу на глибину не менше 30 см для надійності утвореного гідрозатвору. Для забезпечення оптимальних умов роботи ферментатора до біомаси доливають гарячу воду. Найкраще установка працює при температурі 30-35 °С і вологості сировини 85-92 %. Для покращення обігрівання ферментатора, використовують ефект теплиці. Над ним споруджують металевий або дерев'яний каркас, покритий поліетиленовою плівкою. Для підтримання оптимальної температури в ферментаторі бажано встановити систему підігріву і надійну теплоізоляцію.

В якості трубопроводу газу використовують сталеві і поліетиленові труби, а також гумові шланги. Для недопущення промерзання їх закопують у землю. На газопроводі, для відводу конденсатної вологи, встановлюють конденсатозбірник (рис. 34). Це U-подібна трубка, яка з'єднується з газопроводом у нижній його частині. Висота коліна X у міліметрах має бути більшою, ніж тиск газу в трубопроводі, який вимірюється в міліметрах

водяного стовпа. Зібраний конденсат виливається з трубки через її вільний кінець. Для вимірювання тиску на газопроводі встановлюється манометр.

- Забезпечення оперативного контролю режимів надходження та генерації електроенергії, автоматизованого визначення обсягів генерації та споживання електроенергії в розрахунковій точці обліку та по підприємству об'єкту в цілому, передачі інформації АСКОЕ в суміжних ліцензіатів ринку електроенергії. Формування акту збору показів лічильників виробленої, відпущеної, прийнятої електроенергії та акту вироблення за 10, 20 днів та за звітний місяць суб'єкта альтернативної енергетики.

- Забезпечення синхронності вимірів комерційного обліку електроенергії.

- Зниження величини комерційних і технічних втрат за рахунок підвищення точності, достовірності вимірів і оперативності надходження вимірювальної інформації від первинних приладів обліку.

- Захист інформації від несанкціонованого доступу на всіх рівнях її збору та обробки передбачені шифрування інформації і багатоступінчастий доступ до параметрів і поточних даних.

- Підвищення надійності системи комерційного обліку за рахунок застосування технічних, програмних та організаційних рішень.

### **2.1.1 Склад та функції**

Підсистема верхнього рівня забезпечує виконання наступних функцій:

Визначити тиск газу можна розрахунковим шляхом. Так, при діаметрі газозбірного ковпака 2 м, площа його перерізу визначається за формулою:

$S = \pi \cdot R^2 = 3,14 \cdot 100^2 = 31\,400 \text{ см}^2$ . При товщині стінки металевого ковпака 5 мм і висоті 2 метри його вага становитиме 500 кг. Такий ковпак буде спливати при тиску газу  $P = 5000 \text{ Н} \cdot 31400 = 0,157 \text{ Н/см}^2 = 0,16 \text{ атм}$ . По мірі підйому ковпака, тиск газу практично не змінюється. Тиск газу в системі можна збільшити, накладаючи на газозбірний ковпак додатковий вантаж. Тиск газу в централізованих газопроводах низького тиску складає від 200 до 600 мм вод. ст., на що й розраховані біогазові автономні установки невеликої потужності.

Сировину в ферментатор додають певними порціями один раз на добу. У перший день роботи реактора виділяється біогаз із великим вмістом вуглекислого газу, який не горить. На 2-3 день, після появи біогазу, його можна використовувати в газових приладах. Для збільшення кількості азоту і біогазу в ферментатор додають сечу або 50-100 грамів амонію на 1 м<sup>3</sup> сировини. Значно зменшує вихід біогазу домішування в біомасу мильної води або соди.

Періодичну дозаправку біогазових установок проводять за допомогою пристроїв простих конструкцій (рис. 35).

## **2.2 Типові схеми розташування точок розподілу електроенергії**

Мотиви створення АСКОЕ можуть бути різні. Відповідно, і конструкція кожної системи визначається бажаннями конкретного замовника. Але доцільно буде обрати системам, що забезпечують економію енергії та моніторинг фактичної економії фінансових та енергетичних ресурсів.

Для забезпечення рівноваги газозбірною ковпака застосовують систему противаг і блоків, або "журавель" (рис. 37 а, б). Такі системи дозволяють легко знімати газозбірний ковпак для проведення огляду і перезарядки реактора.

Якщо в індивідуальному господарстві не вистачає біосировини для заповнення реактора, її доповнюють соломою, дрібними гілками, овочевими відходами, деревною тирсою і т. п. Для раціонального виробництва біогазу, зменшення витрат на обладнання і експлуатацію є доцільною кооперація кількох споживачів, розташованих недалеко один від одного.

Для індивідуального користування в Угорщині застосовують декілька конструкцій сучасних біогазових установок.

На рис. 38 біогазова установка так званого східного зразка з підземним бетонним або цегляним закритим реактором-генератором (1). Купол реактора (2) герметизується листовим металом або пластиком.

Зверху він закривається герметичною кришкою. У реакторі є отвір (3) для завантаження сировиною і отвір (4) з гідрозамком для вивантаження відходів. Механічна мішалка (5) розміщує намул на дні реактора і розбиває кірку на поверхні біомаси. З верхньої частини реактора (1) виходить газопровід (6) із запірною арматурою для відводу газу до споживачів..

Перед завантаженням сировину підігривають на сон 30-40 °С в широких відкритих резервуарах, а потім завантажують у реактор. Такі установки експлуатують переважно в літній період.

### 2.2.1 «Кінцеві» схеми площадок вимірювання споживачів

1) Одна точка розподілу на одній площадці вимірювання споживача:

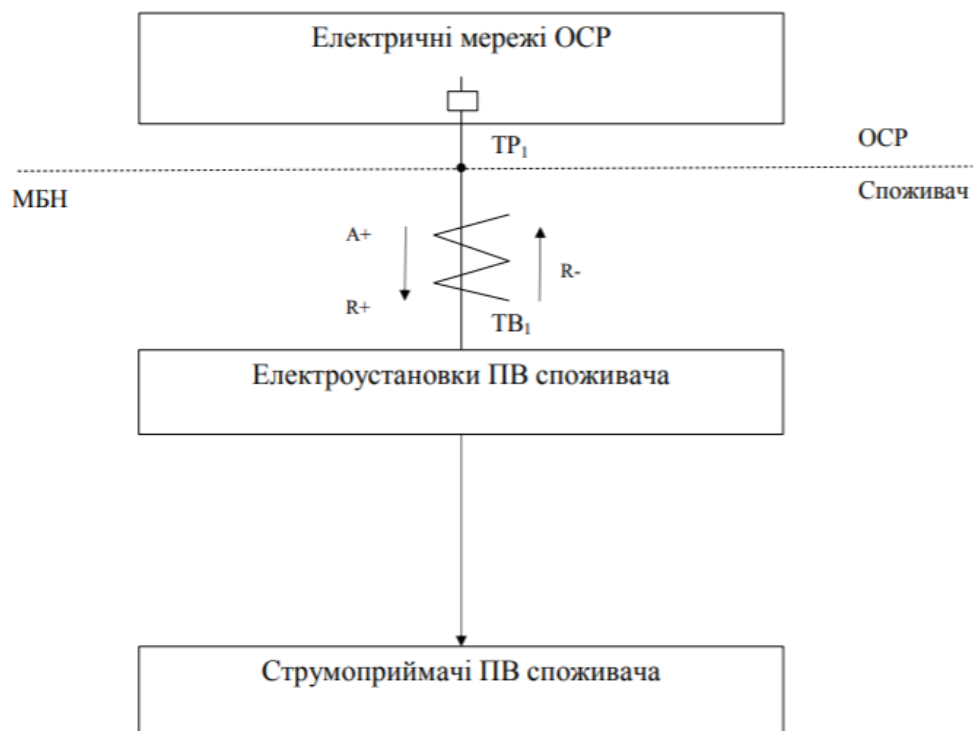


Рисунок 2.1 - ТВ розташовані на МБН

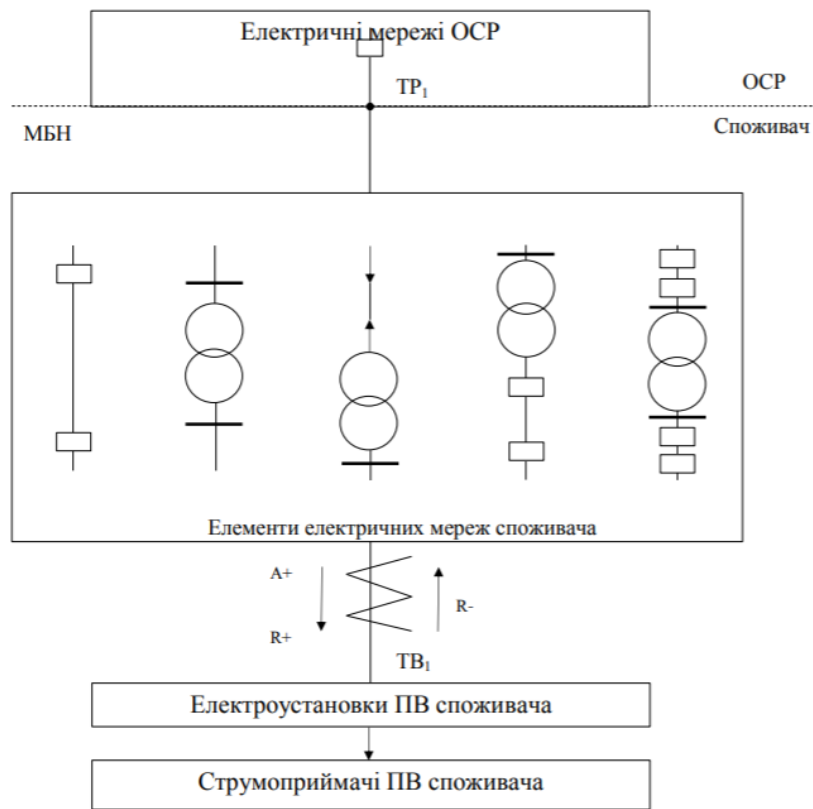


Рисунок 2.2 - ТВ розташовані нижче МБН на стороні Споживача

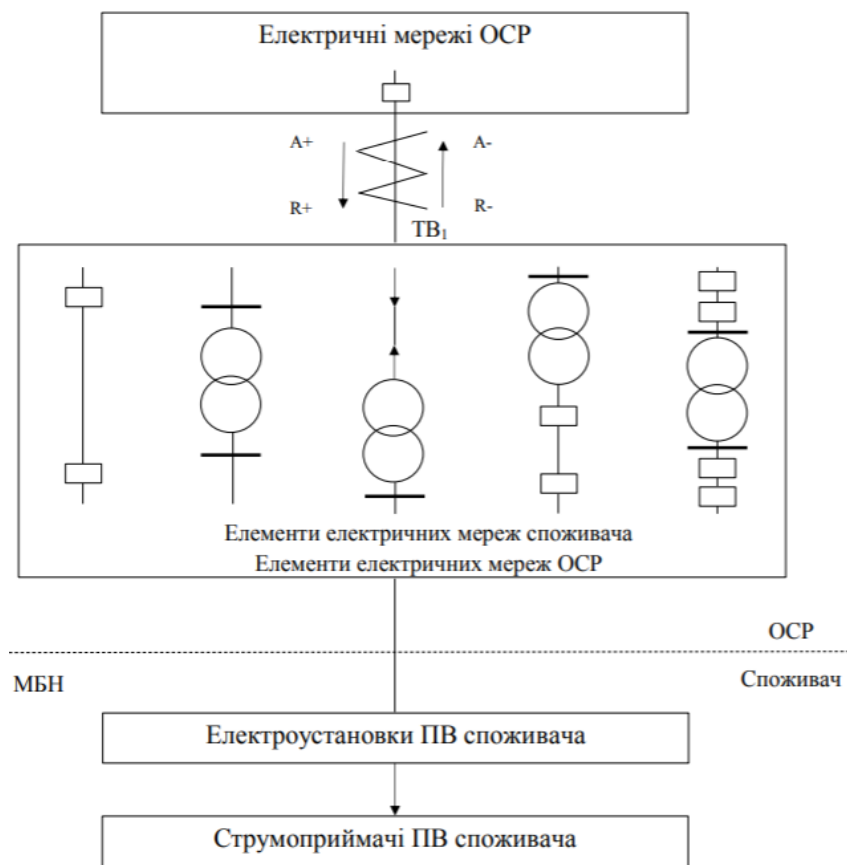


Рисунок 2.3 - ТВ розташовані вище МБН на стороні ОСР

2) Декілька точок розподілу на одній площадці вимірювання споживача:

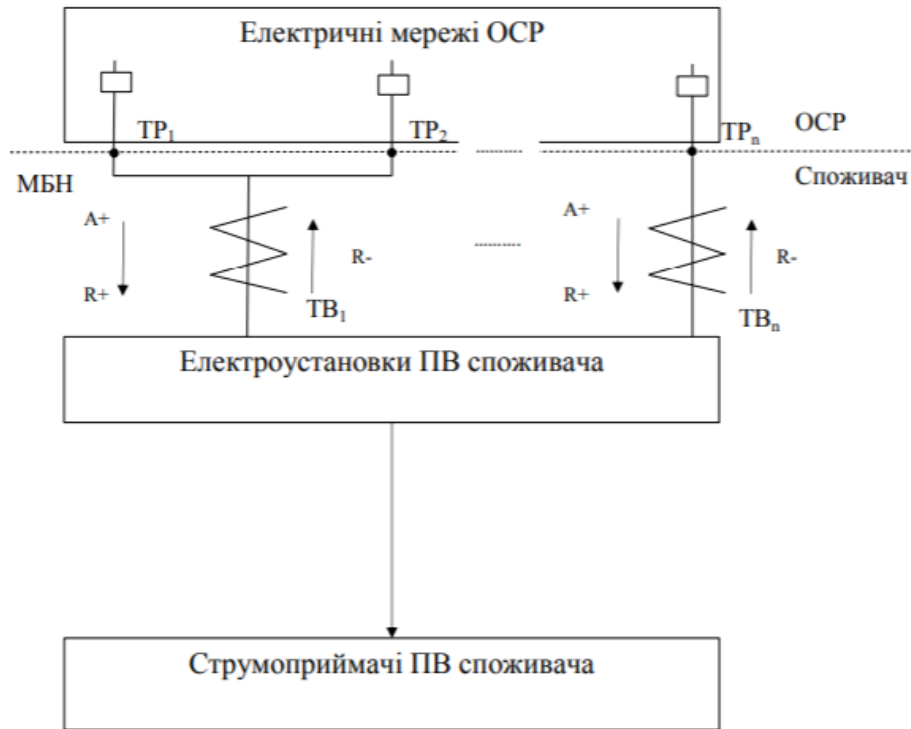


Рисунок 2.4 - ТВ розташовані на МБН

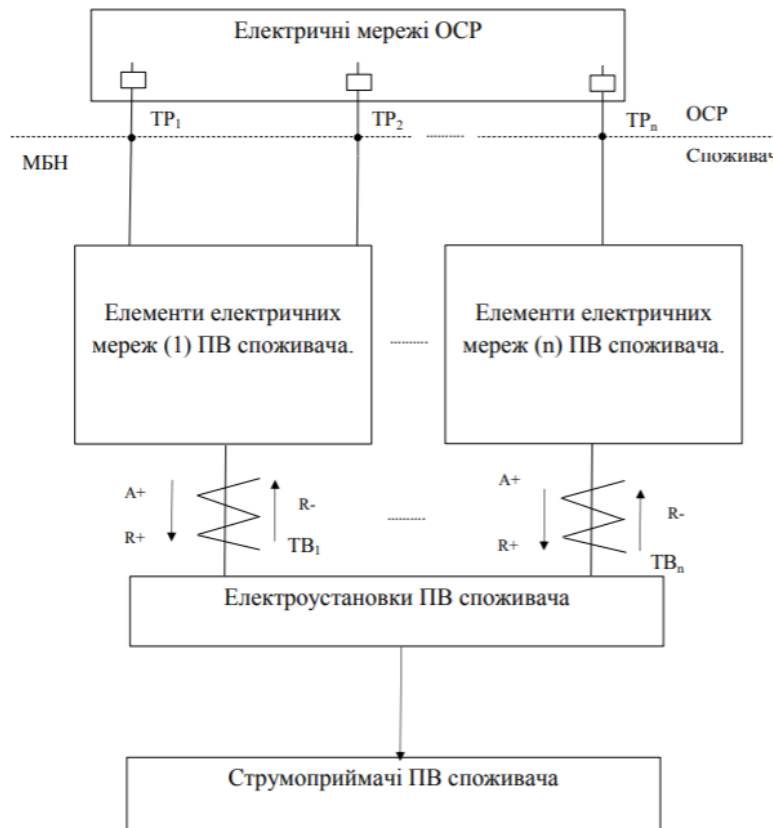


Рисунок 2.5 - ТВ розташовані нижче МБН на стороні Споживачів

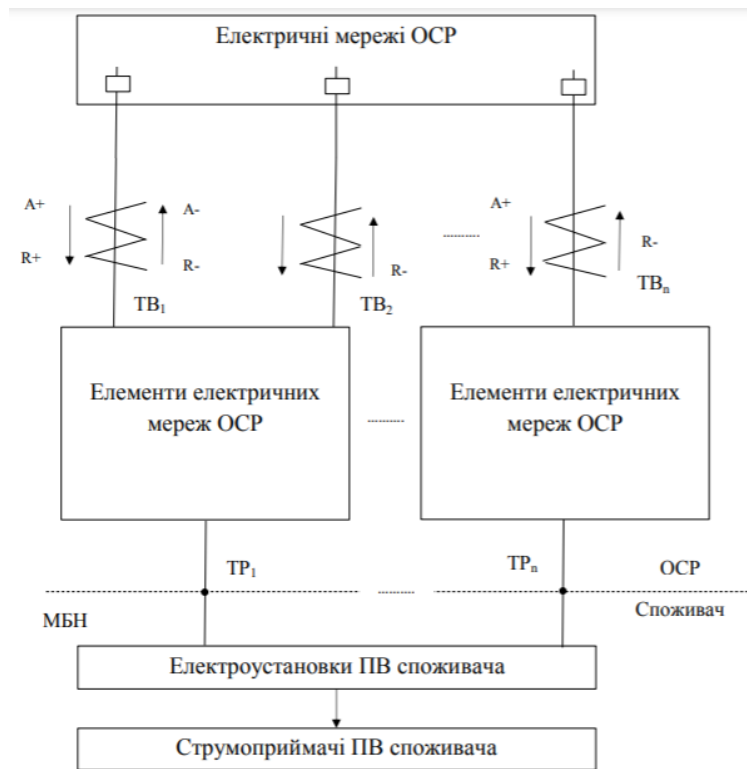


Рисунок 2.6 - ТВ розташовані вище МБН на стороні ОСП

## 2.2.2 «Транзитні» схеми площадок вимірювання основних споживачів

1) Одна точка розподілу на одній площадці вимірювання споживача:

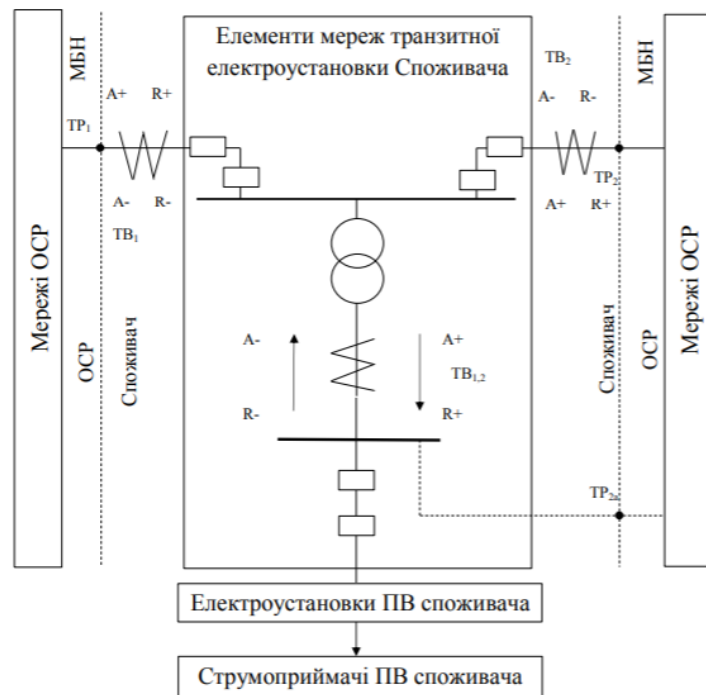


Рисунок 2.7 - ТВ розташовані на МБН



2) Декілька точок розподілу на одній площадці вимірювання споживача:

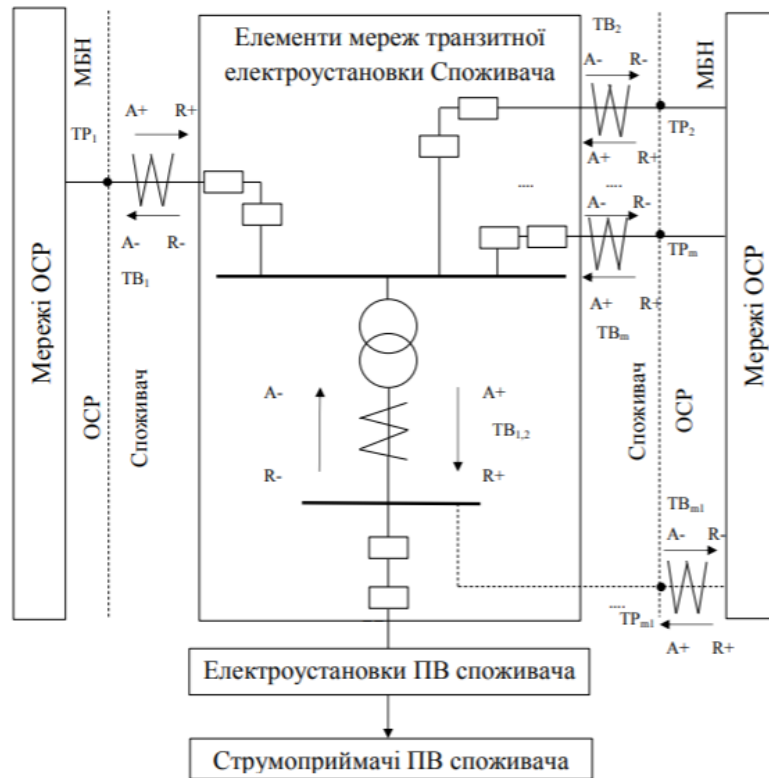


Рисунок 2.10 - ТВ розташовані на МБН

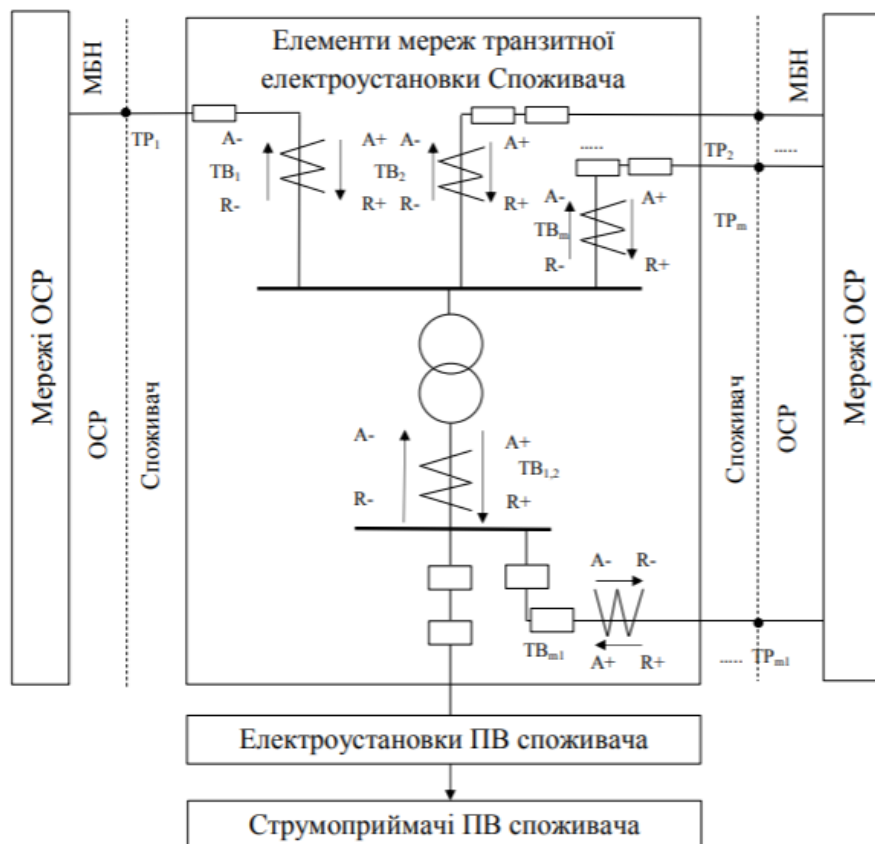


Рисунок 2.11 - ТВ розташовані нижче МБН на стороні споживача

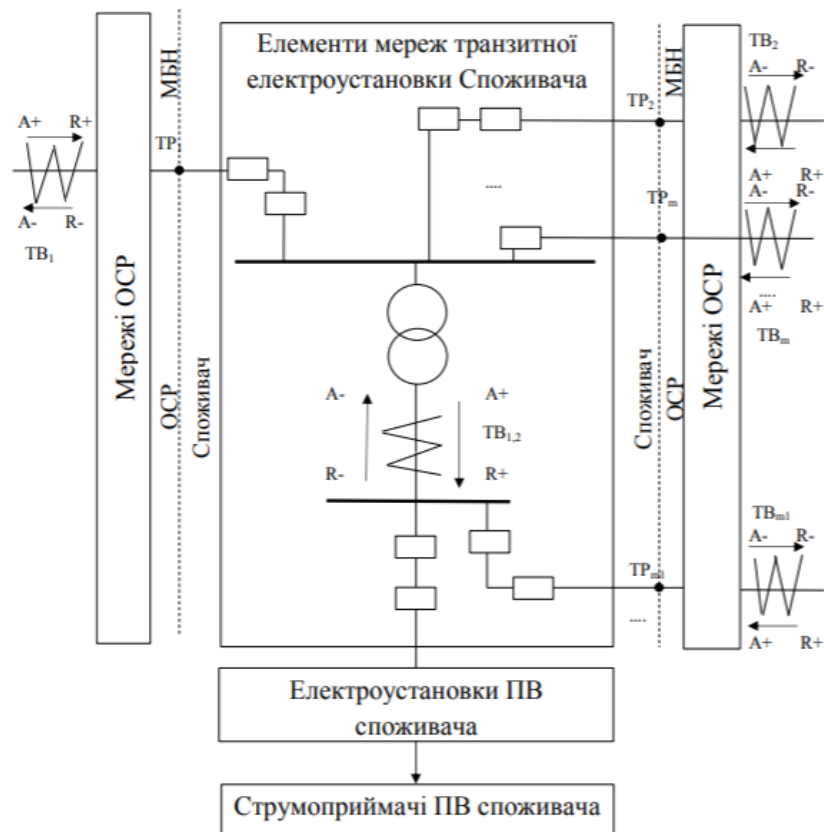


Рисунок 2.12 - ТВ розташовані вище МБН на стороні ОСР

### 2.3 Організаційно-технічні заходи по введенню АСКОЕ

Під час введення системи АСКОЕ в експлуатацію проводяться наступні організаційно-технічні заходи:

Крім цих є установки так званого європейського зразка (рис. 39), де реактор виготовлено у вигляді бетонної шахти (1) з плаваючим дзвоном для збору газу (2).

Дзвін має кріплення (3) і ковпак (8) для герметизації і направлення руху. Газ відводиться з реактора газопроводом (10). Сировина, нагріта сонцем, з резервуару (4) поступає по трубі (5) в реактор. У трубі (5) змонтовано мішалку (7) для перемішування біомаси. Вивантажують відпрацьовану біомасу через трубу (6), яка діє і як гідрозамок. Шахта (1) має конструктивні виступи (9), які направляють біогаз у газозбірний дзвін. У холодний період року біогазову установку утеплюють зверху пінопластом або солом'яю. З шахти об'ємом 3 м<sup>3</sup> можна отримати 1,5 м<sup>3</sup> біогазу за добу. Для Цього використовують гній 4

свиной або 50 кг іншої біомаси. Біомаса бродить 20 днів при температурі 30-35 °С, а при температурі менше 20 °С цей процес продовжується 30-50 днів у залежності від сировини і при цьому виділяється від 0,2 до 0,7 м3 біогазу з кілограма сировини.

1. забезпечення підрозділів системи відповідним персоналом для виконання поставлених (необхідних) задач;
2. проведення постійного навчання з особовим складом та вивчення нормативно-технічної документації з функціонування системи АСКОЕ.

Введення системи АСКОЕ в дослідницьку експлуатацію відбувається шляхом надання (оформлення) відповідного договору та складання акту прийняття системи. За час дослідницької експлуатації проводять метрологічну атестацію устаткуванню та надають відповідні копії до електропередавальної організації. (термін проведення дослідницької експлуатації відбувається протягом 1-3 місяців з дня установки системи.

Після завершення проведення дослідницької експлуатації та надання відповідних документів до енергопостачальної організації встановлене устаткування приймається до експлуатації шляхом оформлення акту прийняття системи в експлуатацію.

## **2.4 Метрологічне забезпечення АСКОЕ**

Згідно з [14] автоматизована система відноситься до засобів облікової (виміральної) техніки (ЗВТ), що відносяться за своїм призначенням до постійно-регуляторної метрології та повинно проходити відповідну оцінку відповідним вимогам.

Одну із перших індивідуальних біогазових установок (рис. 40) в Україні виготовив п. Джумарчук М.І. з с. Ковалівка Коломийського району Івано-Франківської області. Вона розташована біля звичайного приміщення, де утримуються домашні тварини. Ця біогазова установка являє собою підземний бетонний резервуар (1) у формі куба розмірами 2,5 х 2,5 х 2,5 м, товщиною

стілки із бетону 10 см, об'ємом 15 м<sup>3</sup> до якого по трубі (2), діаметром 150 мм, поступає гній із тваринницького приміщення і туалету (в нижню частину резервуара).

Одну із перших індивідуальних біогазових установок (рис. 40) в Україні виготовив п. Джумарчук М.І. з с. Ковалівка Коломийського району Івано-Франківської області. Вона розташована біля звичайного приміщення, де утримуються домашні тварини. Ця біогазова установка являє собою підземний бетонний резервуар (1) у формі куба розмірами 2,5 х 2,5 х 2,5 м, товщиною стінки із бетону 10 см, об'ємом 15 м<sup>3</sup> до якого по трубі (2), діаметром 150 мм, поступає гній із тваринницького приміщення і туалету (в нижню частину резервуара).

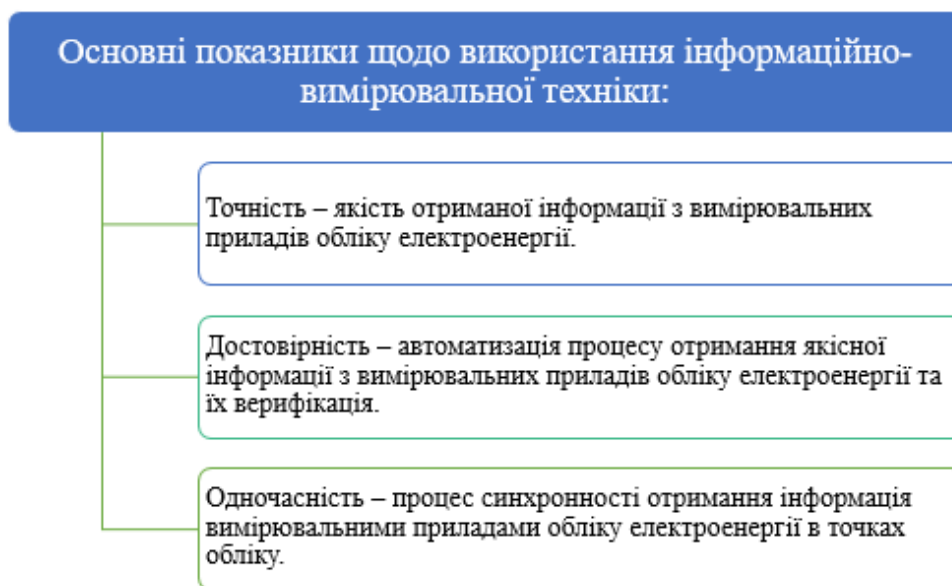


Рисунок 2.13 – Вимоги до інформаційно-вимірювальної техніки

Похибка лічильника  $\Delta I$  залежить від величин  $\cos \varphi$  та струму. Залежність похибки від  $\cos \varphi$  та струму називають навантажувальною характеристикою лічильника.

У сусідньому селі також з'явилися послідовники у впровадженні нових біоенергетичних технологій. Так, п. Павлюк М. В. збудував аналогічну індивідуальну біогазову установку біля своїх тваринницьких приміщень. Ще додатково необхідно відзначити, що він встановив вітроагрегат власної конструкції для приводу мішалки біогазової установки, на висоті 5 метрів, з діаметром робочого колеса три метри. Енергія вітру від вітряка за допомогою редукторів і валів передається на мішалку, яка ефективно і автономно підтримує процес бродіння. Цей же господар змонтував ще один вітровий двигун для приводу шестикіловатного електрогенератора та різноманітних виробничих механізмів.

Перемішувати біомасу і розбивати твердий верхній шар можна за допомогою простого механізму, який підіймає і опускає ємкість у вертикальному напрямку. Ці ємкості можна встановлювати як на рівній поверхні, так і в спеціальних заглибленнях ґрунту чи підлоги, в залежності від конкретних умов.

Широке застосування біогазу можливе у всіх районах країни як для виробничих, так і для побутово-комунальних потреб. Комплексною державною програмою енергозбереження України виробництво біогазу в країні оцінюється в 20-25 млрд. кубометрів щорічно, в 2010 році можливе використання до 5 млрд. м<sup>3</sup> біогазу, що еквівалентно економії 4,3 млн. т.у.п. за рік.

У суспільному та індивідуальному тваринництві країни щороку утворюється більше 650 млн. тонн гною, в якому міститься 50 млн. тонн сухих речовин. При використанні лише половини відходів тваринництва можна отримати 400 млн. тонн рідких біоенергетичних добрив, у яких є близько 40 млн. тонн сухих речовин, з них 410 тис. тонн фосфору, 1,2 млн. тонн азоту, 350 тис. тонн калію та майже 2 млн. тонн вуглецю. Використання цих добрив дає змогу зменшити імпорту апатитної фосфорної сировини на 1,3 млн. тонн, а витрати природного газу в виробництві добрив скоротити на 2,3 млрд. кВт·год. на рік.

Канали перетікання електроенергії, формуються з наступних устаткувань та потребують проведенню метрологічній перевірці:

1. Трансформатори струму та напруги, які повинні відповідати наступним вимогам:

- Клас точності вимірювальних трансформаторів струму для підключення лічильників комерційного обліку електроенергії повинен бути не нижче 0,5s.

- Клас точності вимірювальних трансформаторів напруги для підключення лічильників комерційного обліку електроенергії повинен бути не нижче 0,5.

- Навантаження вторинних обмоток вимірювальних трансформаторів, до яких підключаються лічильники електроенергії, не повинні перевищувати номінальних значень.

- Вимірювальні трансформатори повинні бути повірені та відповідати вимогам розділу 1.5 ПУЕ, ДСТУ ІЕС 60044-1 та ДСТУ ІЕС 60044-2.

- процедура перевірки вибору ТС повинна здійснюватися в режимах максимального та мінімального навантаження за параметрами прийом та віддача.

2. Для обліку електроенергії виробників з ВДЕ (юридичних осіб) слід застосовувати електронні (тарифні) лічильники електроенергії, оснащені двома незалежними інтерфейсами RS-485 з влаштуванням автоматизованої системи збирання даних, яка забезпечує передачу даних обліку до виробника та енергетичної компанії якій електроенергія продається.

3. Інтерфейс RS-485 - один з найбільш поширених стандартів фізичного рівня зв'язку. Мережа, побудована на інтерфейсі RS-485, являє собою приймачі, з'єднані між собою за допомогою крученої пари - двох скручених проводів. В основі інтерфейсу RS-485 лежить принцип диференціальної (балансної) передачі даних.

Суть його полягає в передачі одного сигналу по двох проводах. Відбувається це наступним чином - по одному проводі (умовно А) йде оригінальний сигнал, а по іншому (умовно В) - його інверсна копія (рис. 2.3).

Таким чином, між двома проводами, крученої пари, завжди є різниця потенціалів: при "1" вона позитивна, при "0" - негативна.

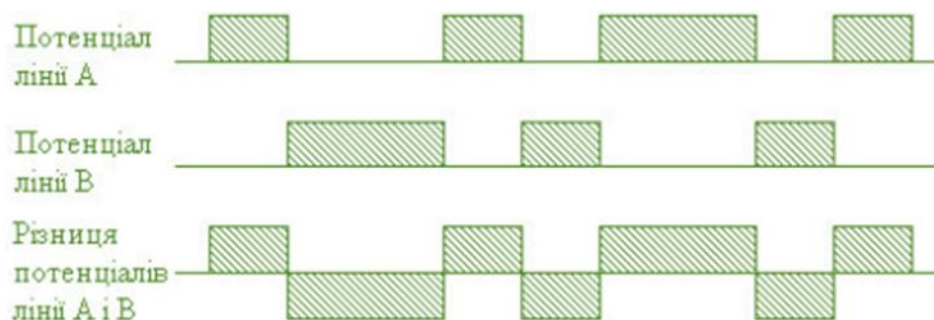


Рисунок 2.14 – Передача сигналу по шині

Перевагою такої організації опитування лічильників – є те, що лічильники об'єднані спільною шиною RS-485, в результаті чого, кожен лічильник не потрібно обслуговувати індивідуально. Досить підключитися до їхньої загальної шини і, знаючи цифрову адресу лічильника, - опитувати кожен лічильник окремо.

Щоб досягнути якісну передачу даних на віддалених відстаней – треба на кінцях шини даних встановлювати фільтри у вигляді узгоджувальних резисторів, для створення низького опору шині даних, щоб погасити відбиті хвилі сигналу.

*Функціонування із суміжними автоматизованими системами.*

АСКОЕ будується як відкрита система функціонування та використовує в своєму комплексі стандартизовані документовані інтерфейси передачі даних з можливістю обміну інформацією з іншими системами обліку відповідно вимог до відкритих систем обліку електроенергії.

Суміжність із іншими автоматизованими системами забезпечується за допомогою архітектури «сервер-клієнт» протоколами TCP/IP та відповідної мови запитів основної бази даних. Передача даних з автоматизованої системи в умовах ОРЕ України відбувається на основі встановленого формату передачі даних.

Здійснення передачі даних енергопостачальній компанії відбувається:

- експортом файлів;
- доступом до лічильників обліку електроенергії.

Експорт файлів відбувається автоматично за допомогою електронної пошти в формах відповідно до встановлених вимог:

- за календарний місяць;
- добове споживання;
- годинний та півгодинний період

Функціонування системи відбувається безперервно та цілодобово з фіксованими періодами ремонту роботи і зупинками системи та проведенням огляду комплексу.

Зчитування інформації з точок обліку електроенергії та самодіагностика комплексу системи відбувається автоматично. Деякі системи комплексу потребують проведення комплексної діагностики за допомогою окремого переносного комп'ютера та оператора.

## **2.5 Техніка безпеки**

Технічні засоби АСКОЕ з метою захисту людини від ураження електричним струмом повинні відповідати вимогам діючих нормативних документів, вимогам електричної й механічної безпеки, відповідно до діючих нормативних документів по класу захисту бути не нижче 1 і відповідати вимогам ПУЕ, ПТЕ, ПТБ.

Металеві не струмоведучі частини технічних засобів АСКОЕ повинні бути заземлені. Заземлення територіально розосереджених технічних засобів АСКОЕ повинно виконуватися по місцю їхньої установки відповідно до вимог діючих нормативних документів.

Технічні засоби АСКОЕ в частині створюваних ними електромагнітних полів радіочастот повинні відповідати вимогам діючих нормативних документів.

Розміщення технічних засобів АСКОЕ повинно задовольняти вимогам «Будівельних норм і правил» і «Санітарних норм проектування промислових

підприємств». Конструкція й розміщення шаф АСКОЕ повинні задовольняти вимогам електробезпечності й пожежної безпеки відповідно до діючих нормативних документів.

Всі зовнішні елементи технічних засобів АСКОЕ, що перебувають під напругою, повинні бути захищені від випадкового дотику обслуговуючого персоналу до цих елементів, а також мати попереджувальні написи про небезпеку.

Експлуатація засобів вимірювання, засобів зв'язку й програмного забезпечення повинна бути організована відповідно до вимог діючих нормативних документів та інструкцій підприємств-виробників, а також місцевих інструкцій, затверджених керівництвом підприємства.

Всі дії персоналу щодо контролю стану і ремонту та технічного обслуговування, корегування налаштування, а також заміні технічних засобів, засобів зв'язку по системі АСКОЕ повинні фіксуватися у відповідних журналах.

Таблиця 2.1 – Види технічного обслуговування

№ п/п	Вид технічного обслуговування	Періодичність проведення	Хто обслуговує	Середня норма часу (людино/годин)
1	Планове обслуговування: - щомісячний догляд (припускається проводити за необхідністю); - щоквартальний огляд; Щорічний огляд;	Щомісячно (протягом робочого дня, зміни) 1 раз на квартал 1 раз на рік	Адміністратор (Інженер-електронник, інженер-електрик)	0,06  0,12
2	Позапланове обслуговування	За несправністю: - в гарантійний термін; після закінчення гарантійного терміну	Представник виконавця Обслуговуючий персонал	

## Висновки до 2-го розділу

1. Проведено аналіз щодо концептуальних положень побудови системи обліку електроенергії в умовах енергоринку. Розглянуто основні характерні показники при використанні при використанні інформаційно-вимірювальної

техніки. Вказано на структуру вимірювального комплексу та проаналізовано багаторівневу систему обліку.

2. Вказано в роботі типові схеми розташування точок вимірювання та точок розподілу електроенергії. Зазначені «Кінцеві» схеми площадок вимірювання споживачів та «Транзитні» схеми вимірювання основних споживач.

3. Визначено основні цілі, задачі системи обліку та контролю електропостачання. Вказано на неповноту виконання поставлених задач на об'єктах електричного постачання, споживання.

## **РОЗДІЛ 3. ПРИКЛАД РЕАЛІЗАЦІЇ СИСТЕМИ КОМЕРЦІЙНОГО ОБЛІКУ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ СОНЯЧНОЇ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ**

### **3.1 Характеристика об'єкта проектування та точок обліку**

Об'єктом автоматизації є СЕС номінальною потужністю 500 кВт. Приєднання СЕС здійснюється двома чергами будівництва.

Так, тільки на Закарпатті сучасне біогазове обладнання дозволяє в перспективі освоїти в індивідуальних, фермерських, великих сільськогосподарських, комунальних господарствах 1,2 млрд. кВт·год. потужності біогазу на рік. Це дозволить вирішити проблеми забезпечення природним газом сільського населення, захистити довкілля від забруднення органічними відходами та отримати високоякісні органічні добрива, а також на великих біоенергетичних установках освоїти виробництво електроенергії для власних потреб споживачів.

У приватному господарстві, що має одну-дві корови, 10 овець, 2-3 свині, 30-50 курей і качок щодня накопичується до 100 кг гною, в якому міститься 8-10 кг органічних речовин. Із цієї органіки можна отримати 3-5 м<sup>3</sup> біогазу, що відповідає 1.5-2,5 кг бензину, або 18-30 кВт/год електроенергії і біодобрива, які підвищують урожайність у 2 рази. При цьому підвищується засвоєння азоту, втрати якого зменшуються при метановому розчепленні до 1-2 % проти 30-60 % при компостуванні. Тому приріст урожаю від біодобрив на 10-20 % більший ніж від гною.

Крім цього, треба відмітити, що за допомогою електрогенераторів, які працюють на біогазі, з одного кубометра біогазу виробляється 1,8-5 кВт/год електроенергії.

Витрати коштів на створення в країні біореакторів значно менші, ніж придбання імпортованих енергоносіїв і фосфорної сировини.

Об'єкт-1: ПС-35/0,4 кВ ТП-1

Точка обліку-1 – Ввід-35 кВ №1 в сторону ПЛ 35 кВ

Точка обліку-2 – Генерація-0,4кВ Т-1 (Облік електроенергії виробленої СЕС);  
Об'єкт-2: ПС 35/0,4кВ «ТП-2» (власність Замовника);

Точка обліку-3 – Генерація -0,4кВ Т-1 (Облік електроенергії виробленої СЕС);  
Об'єкт-3: ПС 35/0,4кВ «ТП-3» (власність Замовника);

Точка обліку-4 – Генерація -0,4кВ Т-1 (Облік електроенергії виробленої СЕС);  
Об'єкт-4: ПС 10/0,4кВ «КТП-1М У1» (власність Замовника)

Точка обліку-5 – РУ-0,4кВ КЛ-0,4кВ Л-1 (власність Замовника) до РЩ-0,4кВ Адмінбудинку (Облік електроенергії, спожитої на власні та адміністративно-господарські потреби СЕС);

Точка обліку-6 – РУ-0,4кВ КЛ-0,4кВ Л-2 (власність Замовника) до РЩ-0,4кВ Адмінбудинку (Облік електроенергії, спожитої на власні та адміністративно-господарські потреби СЕС I черги впровадження);

Точка обліку-7 – РУ-0,4кВ КЛ-0,4кВ Л-2 (власність Замовника) до РЩ-0,4кВ Адмінбудинку (Облік електроенергії, спожитої на власні та адміністративно-господарські потреби СЕС II черги впровадження);

Об'єкт-5: ПС 35/0,4кВ «ТП-4» (власність Замовника)

Точка обліку-8 – Ввід-35 кВ №2 в сторону ПЛ 35 кВ

Точка обліку-9 – Генерація -0,4кВ Т-2 (Облік електроенергії виробленої СЕС);

Однолінійна схема приєднань до електричних мереж ОСР показана на рисунку 3.1

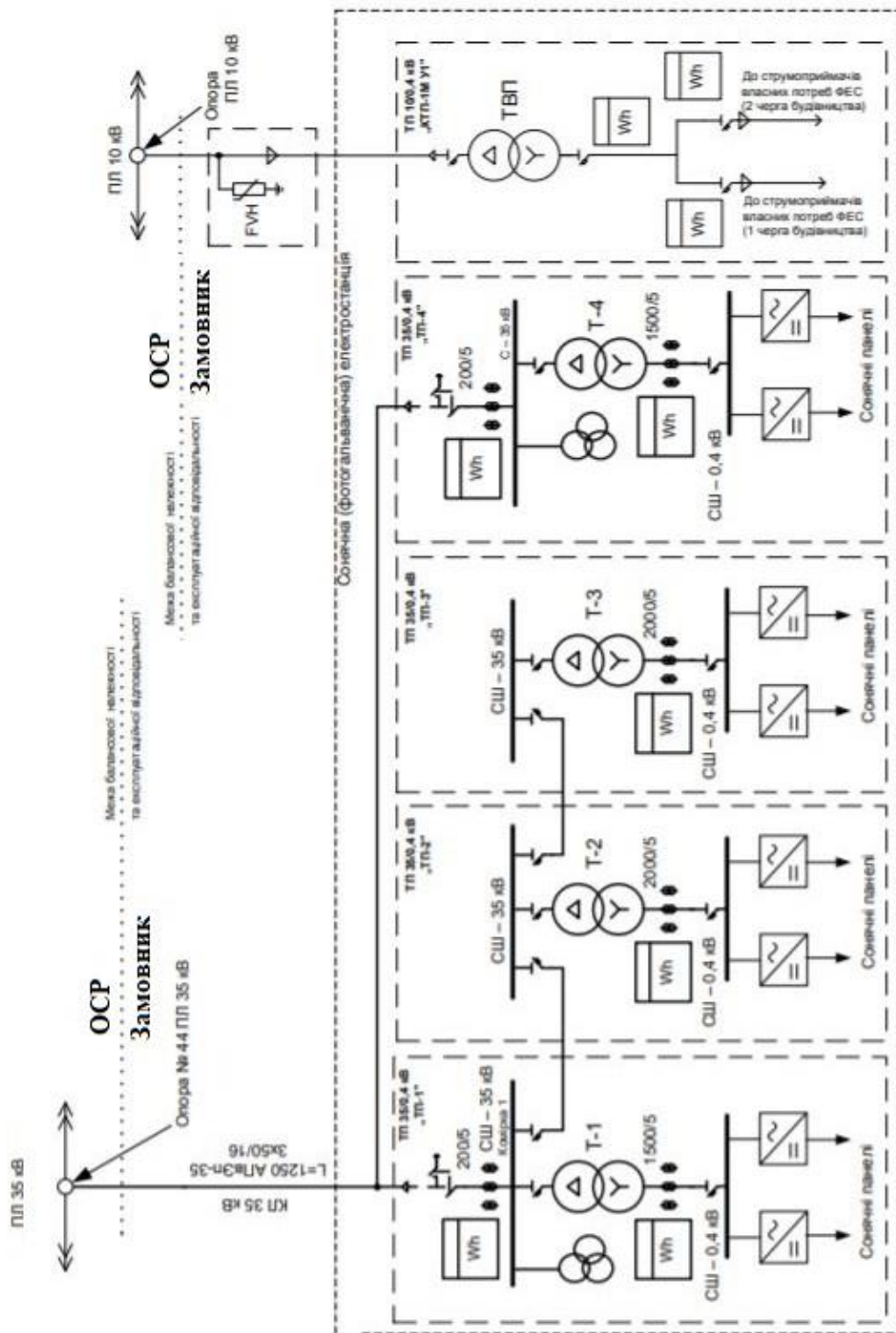


Рисунок 3.1 - Принципова однолінійна схема СЕС

### 3.2 Побудова сонячної електростанції

До складу мережевої СЕС входять наступні елементи:

- Сонячні батареї, що виробляють постійний струм під дією сонячного випромінювання, що потрапляє на їхню поверхню;
- Мережеві інвертори, що перетворюють постійний струм (DC),

генерований сонячними панелями, в змінний струм (АС);

- Система моніторингу СЕС, що дозволяє відстежувати параметри роботи сонячної електростанції;
- Лічильники, призначені для моніторингу продуктивності системи і продажу електроенергії за "зеленим" тарифом;
- Підтримувальні металоконструкції для розміщення сонячних батарей на поверхні землі, даху будівлі і тому подібне або рухливі поворотні сонячні трекери;
- Централізована мережа – лінія електропередач (ЛЕП), до якої приєднана електростанція;
- Власні споживачі електроенергії (промислові або побутові електроприлади).

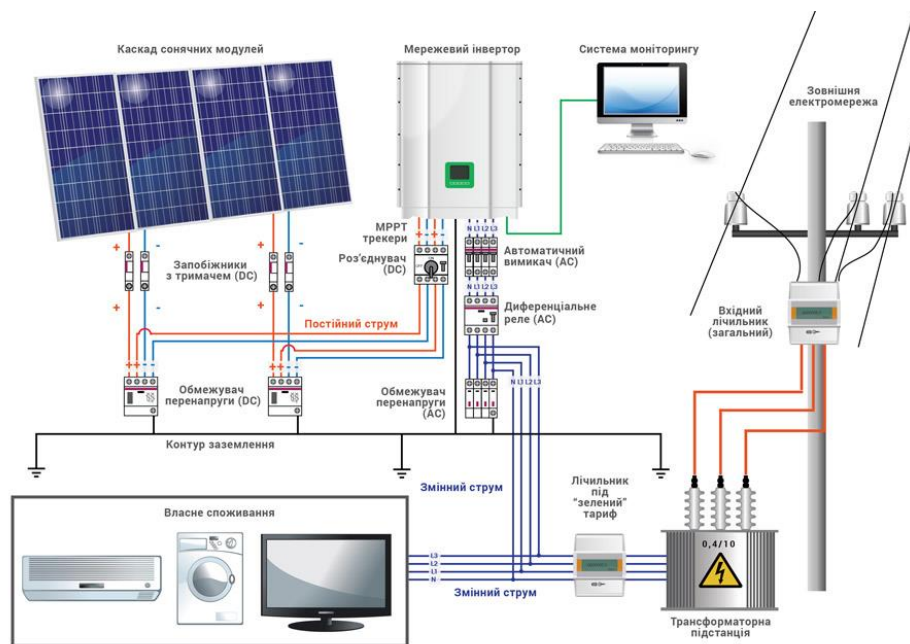


Рисунок 3.2 - Структурна схема типової мережевої сонячної електростанції

Обираємо bifacial (двосторонні) сонячні панелі. В панелях bifacial кремнієві комірки сприймають сонячне випромінювання з обох сторін – з лицьової і тильної. Використання задньої поверхні для поглинання сонячного випромінювання дозволяє суттєво збільшити вироблення електроенергії.

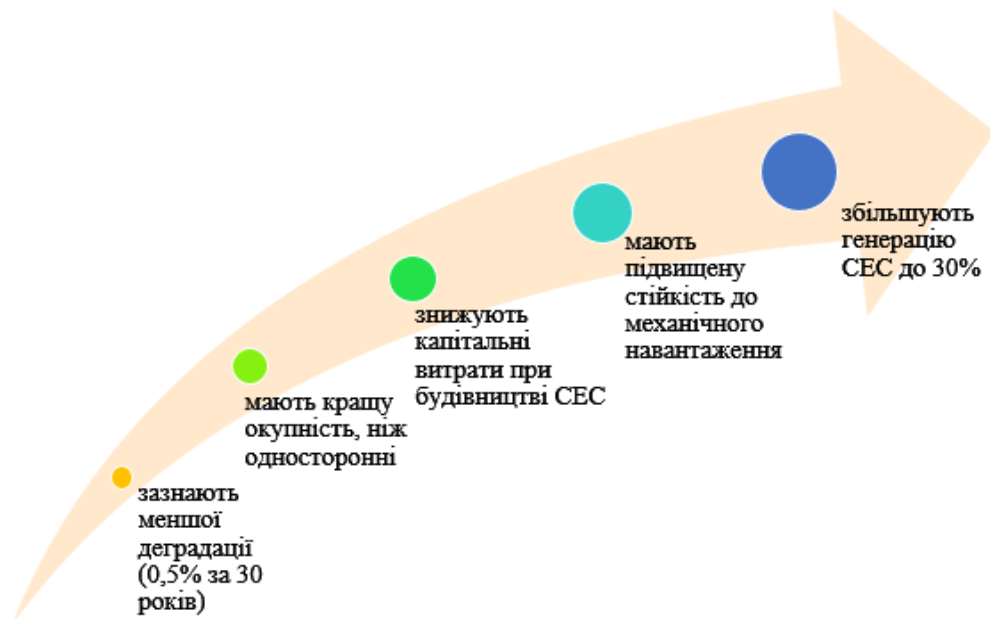


Рисунок 3.3 – Переваги двохсторонніх модулів

Таблиця 3.1 - Показники альbedo різних поверхностей

Тип поверхні	Коефіцієнт відображення (альbedo)	Очікуваний приріст генерації порівняно із звичайними PERC модулями
Вода	5-8%	4-6%
Зелена трава	15-25%	7-9%
Бетон / білий гравій	25-35%	8-10%
Сухий пісок	35-45%	10-15%
Старий сніг	40-70%	15-22%
Відбивне покриття даху	80-90%	23-25%
Свіжий сніг	80-95%	25-30%

Обираємо Half-cell модулі з подвійним склом типу JAM72D10 -410/MB [30].

Таблиця 3.2 - Технічні параметри модуля JAM72D10 -410/MB

Тип	JAM72D10 -410/MB
Номінальна макс. потужність (Pmax) [Вт]	410
Напруга XX (Voc) [В]	50.08
Макс. напруга MPPT (Vmp) [В]	42.54
Струм КЗ (Isc) [А]	10.26
Макс. струм MPPT (Imp) [А]	9.64
Коефіцієнт корисної дії [%]	20
Допуск по потужності	0~+5 Вт
Температурний коефіцієнт струму( $\alpha_{Isc}$ )	+0.044%/°C
Температурний коефіцієнт напруги( $\beta_{Voc}$ )	-0.272%/°C
ТТемпературний коефіцієнт потужності( $\gamma_{Pmp}$ )	-0.354%/°C
STC	Інсоляція 1000Вт/м <sup>2</sup> , температура комірки 25°C, AM1.5G
Робоча температура	40°C~+85°C
Вага	30.4кг±3%
Клемна коробка	IP68, 3 діоди

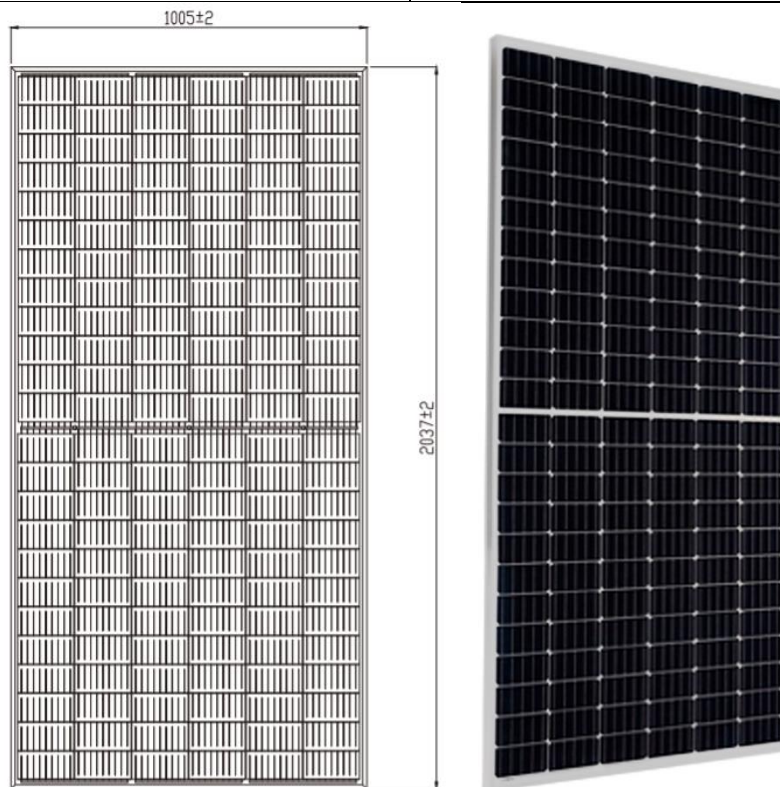


Рисунок 3.4 - Модуль JAM72D10 -410/MB

Оскільки максимальна потужність модуля становить 410 Вт, а в батарею входить 6 модулі, то потужність всієї батареї буде:

$$6 \cdot 410 = 2460 \text{ Вт}$$

$$K\text{-сть} - 500000 / 1640 = 203.$$

Щоб спроектувати сонячну мережеву електростанцію на 500 кВт,

обираємо 205 батарей.

Для розміщення панелей сонячних модулів необхідно розрахувати їх взаємне затінення, враховуючи конструкцію і розміри однієї панелі, спосіб її установки на поверхні землі, виконати розрахунок тіні панелі залежно від пори року і години дня і визначити коефіцієнти затінення. На рис. ... представлена схема розміщення панелей сонячних модулів:

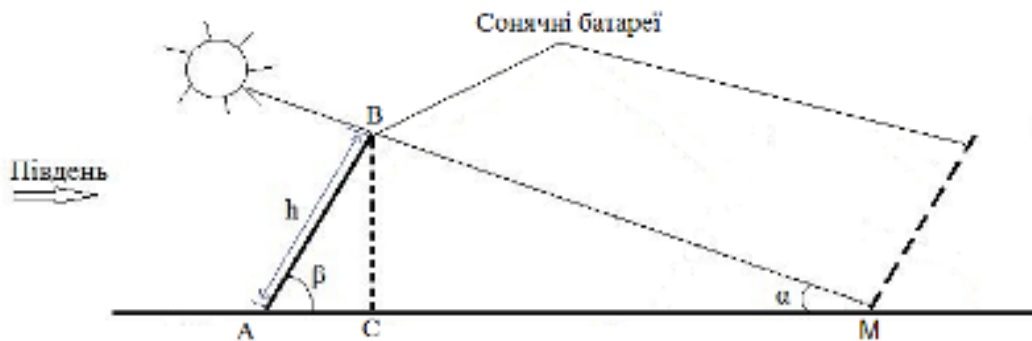


Рисунок 3.5 - Схема розміщення панелей для розрахунку взаємного затінення: вид збоку

Аналізуючи потужність сонячного випромінювання, слід оцінити довжину. Максимальна величина затінення відповідає ранковим годинах в день зимового сонцестояння, мінімальне затінення – полудню в день літнього сонцестояння.

Для розрахунку довжини тіні використаємо наступні формули:

$$BC = h \cdot \sin \beta = 12,2 \cdot \sin (41^\circ) = 8 \text{ м}$$

$$CM = \frac{h \cdot \sin \beta}{\operatorname{tg} \alpha} = \frac{12,2 \cdot \sin (41^\circ)}{\operatorname{tg}(37,8^\circ)} = 10,32 \text{ м}$$

$$AC = h \cdot \cos \beta = 12,2 \cdot \cos (41^\circ) = 9,2 \text{ м}$$

$$AM = AC + CM = 9,2 + 10,32 = 19,52 \text{ м}$$

Отже сонячні батареї мають розташовуватись одна за одною на відстані 19,52 м.

### 3.2.1 Підбір інверторів

Інвертор – це один з ключових компонентів енергосистеми, яка функціонує на основі енергії сонця. Він відповідає за перетворення постійного струму, який він отримує від сонячних батарей, у змінний, який можна використовувати для електричних пристроїв.

Інвертори поділяються на види в залежності від можливості працювати в різних режимах:

1) Мережеві перетворювачі, які мають можливість працювати як з поновлюваними джерелами енергії, так і з загальною мережею. Недолік таких інверторів – відсутність можливості акумулювати енергію.

2) Незалежні перетворювачі, які підходять для застосування в домогосподарстві. Такі пристрої можуть забезпечити автономне енергопостачання найвищого рівня.

3) Гібридні моделі, які поєднують в собі характеристики перших двох видів.



Рисунок 3.6 - Стрінговий інвертор SUN2000-23KTL

Таблиця 3.3 - Технічні параметри SUN2000-23KTL

Модель	SUN2000-23KTL
Тип інвертора	стрінговий
Вхід	
Мах потужність	23,600 W
Мах абсолютна вхідна напруга	1000 V
Початкова напруга	610 V
Діапазон номінальної напруги	480 V - 800 V
Мах вхідний струм на рядок	18 A
Вихід	
Номінальна вихідна потужність	23,000 W
Номінальна напруга змінного струму	3×230V/400V+N+PE 3×220V/380V+N+PE
Частота змінного струму/діапазон	50 Гц
Максимум вихідний струм	33.5 A
Ефективність	
Мах ефективність	98.6%

$K\text{-сть} = 205/23 = 8,9$ . Отже, обираємо 9 шт стрінгових інверторторів типу SUN2000-23KTL

### 3.2.2 Підбір кабелів

Щоб уникнути втрат, потрібно використовувати відповідні електричні кабелі, і найголовніше правильно підключити їх до приладу. Чим кабель коротший, тим краще. Площа проводу, який з'єднує прилади, має бути не менша ніж 46 мм<sup>2</sup>. Поперечний переріз між акумулятором і модулем повинен складати 0.35 мм<sup>2</sup> (у 12вольтній системі), щоб падіння напруги не було більшим ніж 3%, і 0.17 мм<sup>2</sup> (24-вольтна система) на 1 метр на 1 модуль. Тобто, якщо довжина кабелю складає 10 м для 2 модулів, він не повинен бути тоньшим за 7 мм<sup>2</sup>. Якщо кабель або якась його частина лежить під відкритим небом, він повинен мати певний захист до поганих погодних умов. Також кабель повинен бути стійким до ультрафіолетових променів.

Таблиця 3.4 - Типи кабелів

DC Побічні кабелі (під'єднуються до інвертора)		
Модель	IEC-60811 & IEC-60216	
Матеріал	Мідь	
Площа перерізу	4 мм <sup>2</sup>	
Падіння напруги	0.18 В	
Максимально допустима температура	Нормальний стан	Ко
	90°	Коротке замикання 250°
Тип провідника	Скручений	
Ізоляційний матеріали	Поліетилен	
Кабелі низької напруги		
Модель	IEC-60228 & IEC-60811	
Матеріал	Мідь	
Площа перерізу	16 мм <sup>2</sup>	
Падіння напруги	0.46 В	
Максимально допустима температура	Нормальний стан	Коротке замикання
	90°	250°
Тип провідника	Скручений	
Ізоляційний матеріали	ПВХ	
Кабелі високої напруги		
Модель	IEC-60502	
Матеріал	Алюміній	
Площа перерізу	185 мм <sup>2</sup>	
Падіння напруги (загальне)	L1	1.37 В
	L2	1.37 В
	L3	1.37 В
Клас напруги	11 кВ (UE), надпотужний	
Ізоляційний матеріали	Поліетилен	

### 3.3 Вибір трансформаторів струму і напруги

Умови вибору ТС:

1. По напрузі:  $U_y \leq U_n$

2. По струмі аварійного режиму:  $I_{max} \leq I_{1n}$

де  $I_{1n}$  – номінальний струм первинної обмотки трансформатора струму.

3. По електродинамічній стійкості:  $i_{уд} \leq K_{дин} \cdot \sqrt{2} \cdot I_{1n}$

де  $K_{дин}$  – кратність струму електродинамічної стійкості;

4. По термічній стійкості:  $V_k \leq (K_T \cdot I_{1n})^2 \cdot t_r$

5. По вторинному навантаженню:  $Z_2 \leq Z_{2n}$

Умови вибору ТН:

1. По напрузі:  $U_{уст} \leq U_{1н}$ .
2. По конструкції і схемі з'єднання обмоток;
3. По класу точності;
4. По вторинному навантаженню:  $S_2 \leq S_{2н}$ .

Таблиця 3.5 – Результати розрахунків

Назва	Тип ТС	Номінал	Тип ТН	Номінал
<i>ПС 10/0,4 кВ КТП-1М У1</i>				
ТВП ввід 0,4 кВ	Лічильник прямого включення, кл. т. 1			
ТВП ввід 0,4 кВ №1	Лічильник прямого включення, кл. т. 1			
ТВП ввід 0,4 кВ №2	Лічильник прямого включення, кл. т. 1			
<i>ПС 35/0,4 кВ ТП-1</i>				
Ввід 35кВ №1	ТФЗМ-40,5	2000/5, кл. т. 0,5s	ЗНО Л-35	35000/100
Генерація 0,4 кВ	ТШ-0,66	1500/5 кл. т. 0,5s	-	-
<i>ПС 35/0,4 кВ ТП-2</i>				
Генерація 0,4 кВ	ТШ-0,66	2000/5, кл. т. 0,5s	-	-
<i>ПС 35/0,4 кВ ТП-3</i>				
Генерація 0,4 кВ	ТШ-0,66	2000/5, кл. т. 0,5s	-	-
<i>ПС 35/0,4 кВ ТП-4</i>				
Ввід 35кВ №2	ТФЗМ-40,5	2000/5, кл. т. 0,5s	ЗНО Л-35	35000/100
Генерація 0,4 кВ	ТШ-0,66	1500/5 кл. т. 0,5s	-	-

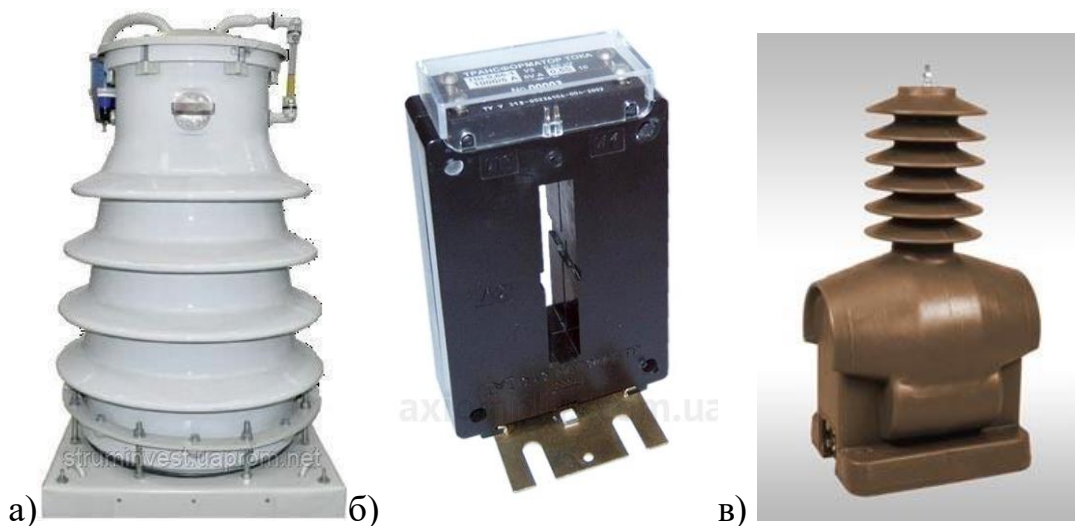


Рисунок 3.7 – Зовнішній вигляд ТС а) ТФЗМ; б) ТШ-0,66 та ТН в) ЗНОЛ-35

### Перевірка ТС.

Метрологічні характеристики ТС класу напруги 35 кВ відповідають вимогам класу точності 0,5 S по ДСТУ ІЕС 60044-1.

Коефіцієнт трансформації розрахункових ТС класу точності 0,5S відповідно до ДСТУ ІЕС 60044-1 повинен бути вибраний таким, щоб струм навантаження у вторинній обмотці трансформатора струму змінювався в межах 1% - 120% номінального струму (5 А).

Навантаження вторинних ланцюгів ТС не повинне перевищувати номінальних значень.

Таблиця 3.6 - Перевірка та обґрунтування вибору ТС

Найменування приєднання	К <sub>ТС</sub>	P <sub>max</sub> , МВт	I <sub>1max</sub> , А	% I <sub>н</sub>	P <sub>мін</sub> , МВт	I <sub>1мін</sub> , А	% I <sub>н</sub>
ПС 35/0,4 ТП-1 ввід 35 кВ №1	200/5	3,5	58,0	30,0	0,7	12,0	6,0
ПС 35/0,4 ТП-1 генерація 0,4 кВ	1500/5	1,0	1445,0	96,0	0,2	289,0	19
ПС 35/0,4 ТП-2 генерація 0,4 кВ	2000/5	1,25	1800	90,0	0,25	360,0	18
ПС 35/0,4 ТП-3 генерація 0,4 кВ	2000/5	1,25	1800	90,0	0,25	360,0	18

Умови вибору перерізу кабеля у вимірювальних ланцюгах ТС:

1. Номінальний опір вторинної обмотки  $Z_{2ном} = S_{2н}/I_{2н}^2$ .

де  $S_{2н}$  – допустиме навантаження ТС,

$I_{2н}$  – номінальний струм вторинної обмотки

2. Загальний опір приладів  $Z_{прил} = R_{лч}$

де  $R_{лч}=0,004$  Ом – опір лічильника

3. Допустимий опір провідника  $Z_{доп} = Z_{2ном} - Z_{прил} - R_{конт}$

де  $R_{конт}=0,1$  Ом – опір контактів

4. Розрахунковий переріз проводу  $F_{пр\ мин} = \rho \cdot L_{ТС} \cdot k_{сх} / Z_{доп}$

де  $\rho=0,0175 \text{ Ом} \cdot \text{мм}^2/\text{м}$ — питомий опір міді,

$L_{\text{ТС}}$  – довжина ланцюгів ТС,

$k_{\text{сх}}$  – коефіцієнт схеми включення лічильника в ланцюги обліку ТС (для трьох ТС  $k_{\text{сх}}=1$ ).

Таблиця 3.7 - Перевірка навантаження вторинних ланцюгів ТН

Найменування приєднання	$S_{2\text{н ТС}}$ , ВА	$I_{2\text{ном}}$ , А	$Z_{2\text{ном}}$ , Ом	$Z_{\text{доп}}$ , Ом	$F_{\text{пр мин}}$ , мм <sup>2</sup>	$F_{\text{пр вибр}}$ , мм <sup>2</sup>	$L_{\text{ТС}}$ , м	$S_{\text{розрТ С}}$ , ВА
ПС 35/0,4 ТП-1 ввід 35 кВ №1	30	5,0	1,2	1,096	0,32	2,5	20,0	6,1
ПС 35/0,4 ТП-1 генерація 0,4 кВ	10	5,0	0,4	0,296	0,6	2,5	10,0	4,35
ПС 35/0,4 ТП-2 генерація 0,4 кВ	10	5,0	0,4	0,296	0,6	2,5	10,0	4,35
ПС 35/0,4 ТП-3 генерація 0,4 кВ	10	5,0	0,4	0,296	0,6	2,5	10,0	4,35

За результатами фактичних навантажень ТС видно, метрологічні характеристики ТС відповідно до ДСТУ ІЕС 60044-1 знаходяться в нормі.

#### *Перевірка ТН.*

Переріз і довжина провідників і кабелів в ланцюгах напруги розрахункових лічильників вибирається таким чином, щоб втрати напруги склали не більше 0,25%.

За умовами механічної міцності переріз провідників для ланцюгів напруги повинен бути не менше 1,5 мм<sup>2</sup> для міді.

Відповідно до відомої потужності, що споживає по фазі лічильник ( $S_{\text{лч}}=2 \text{ ВА}$ ), визначаємо струм фази:

$$I_{\text{ф}} = S_{\text{лч}}/U_{\text{ф}} = 2/57,7 = 0,035 \text{ А}$$

$$\text{де } U_{\text{ф}} - \text{фазна напруга } U_{\text{ф}} = \frac{100}{1,73} = 57,7 \text{ В.}$$

Відповідно до нормативу втрат напруги у вторинних ланцюгах ТН (0,25%), визначаємо числове значення допустимих втрат напруги:

$$U_{\text{доп}} = 0,25U_{\text{ф}}/100 = 0,144 \text{ В}$$

За результатами розрахунків визначається максимально допустимий опір:

$$R_{\text{доп}} = U_{\text{доп}}/N \cdot I_{\text{ф}} = 0,144/0,035 = 4,11 \text{ Ом}$$

Визначаємо допустимий опір проводу:

$$R_{\text{пров}} = R_{\text{доп}} - R_{\text{інш}} = 4,11 - 0,05 - 0,05 = 4,01 \text{ Ом}$$

Визначаємо допустимий переріз кабелю від ТН:

$$F_{\text{каб}} = \rho \cdot L_{\text{ТН}} / R_{\text{пров}} = 0,0175 \cdot 20 / 4,01 = 0,09 \text{ мм}^2$$

Фактичне навантаження визначається:

$$S_{\text{розр}} = \sum S_i$$

де  $S_i$  – потужність, що споживається лічильником, або іншим пристроєм по трьох фазах, ВА.

Таблиця 3.8 - Перевірка ланцюгів ТН

Найменування приєднання	Тип ТН	$S_{\text{ном}}$ , ВА	$U_{\text{ф}}$ , В	$L_{\text{ТН}}$ , м	$DU_{\text{доп}}$ , В	$F_{\text{розр}}$ , мм <sup>2</sup>	$F_{\text{вibr}}$ , мм <sup>2</sup>	$S_{\text{розрліч}}$ , ВА	25% $S_{\text{ном}}$	$S_{\text{рз}}$ , ВА	$S_{\text{розр}}$ , ВА
ПС 35/0,4 ТП-1 ввід 35 кВ №1	ЗНОЛ-35	150	57,7	20	0,144	0,09	2,5	6,0	37,5	60	66

Вимірювальні обмотки ТН класу 0,5 додатково навантажені пристроями РЗА загальною потужністю близько 60 ВА. Таким чином фактичне навантаження ТН від засобів АСКОВЕ знаходиться в необхідному діапазоні (25% - 100%).

За результатами фактичних навантажень ТН видно, метрологічні характеристики ТН відповідно до ДСТУ ІЕС 60044-2 знаходяться в нормі. Додаткових заходів по нормалізації навантажень вторинних ланцюгів ТН не вимагається.



Деякі модифікації лічильників мають пристрій електричного зв'язку - 20 мА "струмова петля" або RS485. Цей пристрій зв'язку призначений для дистанційної передачі даних лічильника на зовнішні пристрої. Протокол передачі даних відповідає вимогам IEC 62056-21 або DLMS/COSEM.

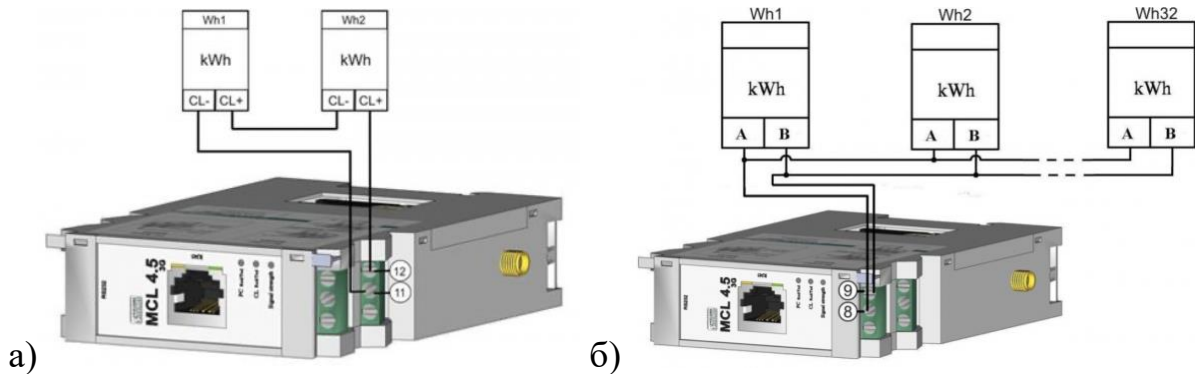
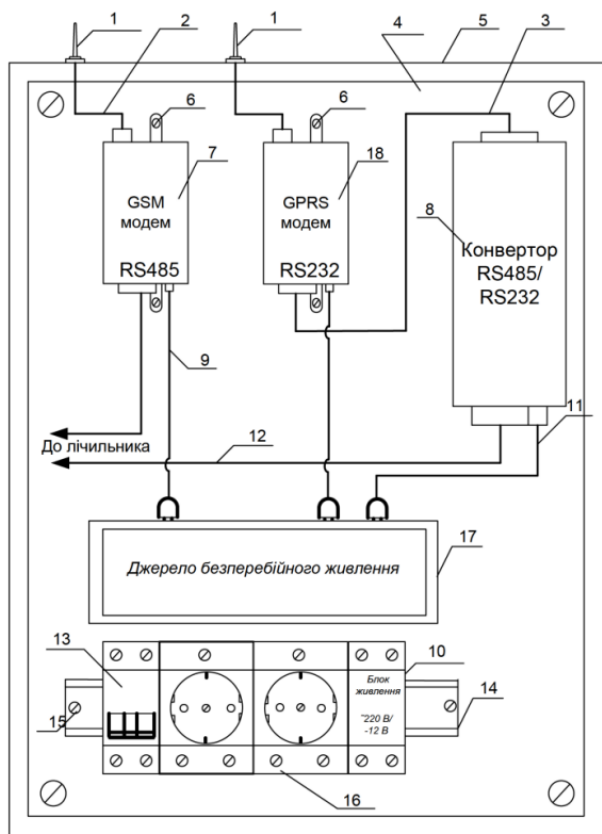


Рисунок 3.9 - Підключення лічильників до GSM/GPRS модему через  
а) інтерфейс «струмова петля» б) провідний інтерфейс RS-485

Для передачі даних з первинної БД лічильників підстанції до сервера АСКОЕ використовуючи GSM/GPRS. GSM-канал забезпечується оператором мобільного зв'язку за мови виконання відповідною стороною контракту по наданню послуг мобільного зв'язку. В основному використовують операторів ПрАТ «Київстар» або ПрАТ «ВФ Україна».



Місце встан	Позиц познач на схемі	Назва	Тип	Технічна х-ка	Кіл.	Примітка
Комунікаційний центр АСКОЕ	1	Антенна GSM модема			2	
	2	Кабель антени			2	
	3	Кабель інтерфейсу			1	
	4	Болт кріплення електромонтажної шафи			4	
	5	Електромонтажна шафа з замком			1	Комплектно з монт. панел.
	6	Болт кріплення GSM модема			2	
	7	GSM модем	Cinterion		1	
	8	Конвертор RS485/RS232			1	
	9	Шнур живлення GSM			2	
	10	Блок живлення	DR 30-12	~220 В / -12 В	1	
	11	Шнур живлення конвертора			1	
	12	Інтерфейсний кабель	UTP-5			
	13	Автоматичний вимикач	двополюсний	~220 В С10,50Hz	1	
	14	DIN-рейка			1	
	15	Болт кріплення DIN-рейки			2	
	16	Розетка на DIN-рейку	РАр10-3-ОП	~250 В, 50 Hz, IP20	2	
	17	Джерело безперебійного живлення			1	
	18	GPRS модем	Novasem NEO 3G		1	

Рисунок 3.10 - Шафа комунікаційного центру АСКОЕ

### 3.5 Побудова та характеристика структури систем контролю та обліку електроенергії

Режим роботи АСКОЕ – цілодобовий, безперервний з періодичним зовнішнім оглядом обладнання, регламентними роботами, технічним обслуговуванням і ремонтом відповідно до план-графіку.

Таблиця 3.10 - Робочі умови функціонування АСКОЕ

Найменування параметрів контрольованих приєднань та вимірювальних величин для вимірювального комплексу: лічильник електронний, ТС, ТН	Допустимі границі параметрів і робочих умов
Струм, % від $I_{ном}$	Імін - 85
Напруга, % от $U_{ном}$	85-110
Коефіцієнт потужності (cosf)	0,5 інд. - 1,0 - 0,5 емн
Частота, % від $\Gamma_{ном}$	99-101
Температура навколишнього середовища, °С	Згідно паспортів ЗВ
Індукція зовнішнього магнітного поля для лічильників, мТл	Не більше 0,5
Вторинне навантаження ТС, % від номінального (при cosf)	25-100 (0,8 інд.)
Вторинне навантаження ТН, % від номінального (при cosf)	25-100 (0,8 інд.)

Примітка:

1. Значення струмів  $I_{мін}$  та  $I_{макс}$  визначаються за паспортами лічильників та ТС.
2. Значення струму  $I_{мін}$  зазвичай знаходиться в діапазоні (1-10)% від  $I_{ном}$ .

До переваг зарубіжних АСКОЕ відносяться: розширені функціональні можливості самих засобів обліку (значна кількість телеметричних входів і виходів), цифрових інтерфейсів; наявність тарифікаційних пристроїв; можливість побудови графіків навантаження; багатфункціональність програмного забезпечення і високий рівень візуалізації.

Недоліками систем зарубіжних виробників є їх висока вартість і складність в обслуговуванні.

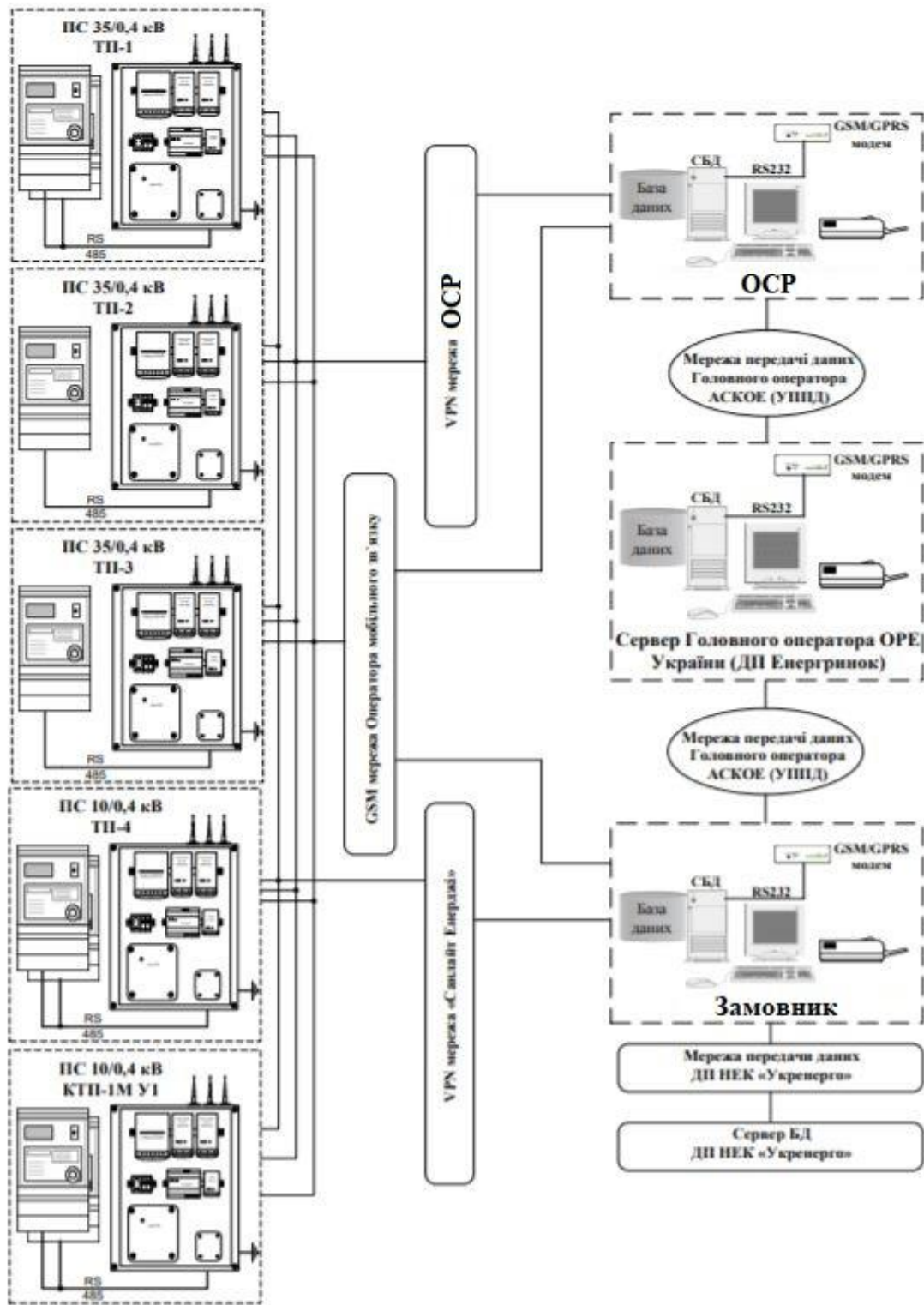


Рисунок 3.11 - Структурна схема АСКОЕ

АСКОЕ побудована з урахуванням вимог, що висуваються до відкритих систем, має стандартні, документовані інтерфейси і забезпечує можливість інформаційного обміну з іншими автоматизованими системами, що відповідають вимогам, що висуваються до відкритих систем.

### 3.6 Розрахунок показників вироблення, споживання/купівлі, відпуску/продажу електроенергії

1. Обсяг виробленої енергії суб'єктом альтернативної енергетики рівний обсягу вироблення ( $W_{\text{вироб.}}$ ) кількості активної енергії за показниками лічильників встановленого на станції (підстанції) по виробленню електроенергії.

$$W_{\text{вироб.}} = W_{\text{віддачіPS1}} + W_{\text{ген.1}}$$

де  $W_{\text{віддачіPS1}}$  – обсяг виробітку активної енергії за параметром «віддача», відповідно в точці PS1

$W_{\text{ген.1}}$  – розрахункова величина втрат активної електроенергії в КЛ-0,4 кВ в режимі «віддача»

2. «Сальдо» перетікання електроенергії рівна різниці обсягу споживання електроенергії з мереж електропередавальної організації у разі недостатньої кількості виробленої енергії та кількості відпущеної електроенергії в мережу електропередавальної організації.

Згідно з [12]:

а) коли сальдо перетікання електроенергії має від'ємне значення тоді обсяги відпущеної електроенергії в ОРЕ з об'єкта за певний розрахунковий період дорівнює значенню сальдо перетікання електроенергії, а обсяг купівлі електроенергії Виробником в енергопостачальника дорівнює нулю. (тобто при надмірному виробленню електроенергії Виробником, електроенергія спочатку повинна споживатися власними потребами об'єкта, а залишок продаватися в ОРЕ).

б) також якщо сальдо перетікання електроенергії має додатне значення тоді обсяги відпущеної електроенергії в ОРЕ з об'єкта за певний розрахунковий період дорівнює нулю, а обсяг купівлі електроенергії Виробником в енергопостачальника дорівнює рівним значенню сальдо перетікання електроенергії.

## 2.1. Відпуск електроенергії в мережі ОСР.

Обсяг електроенергії, що відпускається в мережу електропередавальної організації ( $W_{\text{віддача}}$ ) рівна показнику відпуску активної енергії з лічильників згідно рис. 3.4

$$W_{\text{віддача}} = W_{\text{віддачіPS1}} - \Delta W_{\text{від.}}$$

де  $W_{\text{віддачіPS1}}$  – обсяг відпуску активної енергії за параметром "віддача" в точках PS1

$\Delta W_{\text{від.}}$  – розрахункова величина втрат активної електроенергії в Кл-0,4 кВ (ВВГнг 4\*25) в режимі «віддачі»

## 2.2. Споживання електроенергії за недостатності чи відсутності вироблення електроенергії.

Загальна кількість споживання електроенергії з мереж електропередавальної організації рівна сумі кількості спожитої електроенергії за показниками лічильників та поправки розрахункової величини до обсягу спожитої електроенергії у разі не завантаження облікової схеми.

$$W_{\text{прийом}} = W_{\text{прийом PS1}} + \Delta W_{\text{прийом}}$$

де:  $W_{\text{прийом PS1}}$  - обсяг споживання електроенергії з мереж електропередавальної організації;

$\Delta W_{\text{прийом}}$  – обсяг втрат активної енергії на ділянці між PS1 та межею балансової належності.

## 2.3 "Сальдо" перетоків електроенергії:

$$W_{\text{сальдо}} = W_{\text{прийом}} - W_{\text{віддача}}$$

де  $W_{\text{сальдо}}$  - обсяг "сальдо" перетоків електроенергії.

## 3. Продаж та купівля електроенергії:

### 3.1. За розрахункову годину:

якщо  $W_{\text{сальдо}} < 0$ , то:  $W_{\text{продаж в ОРЕ}} = |W_{\text{сальдо}}|$

де:  $W_{\text{продаж в ОРЕ}}$  - обсяг продажу електроенергії в ОРЕ

якщо  $W_{\text{сальдо}} > 0$ , то:  $W_{\text{продаж в ОРЕ}} = - |W_{\text{сальдо}}|$ .

3.2. За розрахунковий місяць:

$$W_{\text{сальдо}} < 0, \text{ то: } W_{\text{продаж в ОРЕ}} = |W_{\text{сальдо}}|$$

якщо  $W_{\text{купівля в ЕПО}} = 0.$

де:  $W_{\text{купівля в ЕПО}}$  - обсяг купівлі електроенергії в електропередавальній організації;

$$W_{\text{сальдо}} > 0, \text{ то: } W_{\text{продаж в ОРЕ}} = 0;$$

якщо  $W_{\text{купівля в ЕПО}} = W_{\text{сальдо}}.$

### 3.7 Розрахунок втрат електроенергії в лініях електропередач

Визначення та розрахунок втрат електроенергії здійснюється відповідно вимог ТУ як для суб'єктів альтернативної енергетики та [17].

Обсяг перетікань активної електроенергії  $W_c^{(P)}$  (кВт.год) за інтервал часу від  $T_1$  до  $T_2$ , що проходить через межу балансової належності розраховують відповідно різниці показників лічильників обліку в кінці та на початку періоду за відповідною формулою:

$$W_c^{(P)} = W^{(P)} - \Pi^{(P)}$$

де:  $W^{(P)}$  - обсяг вимірювальної активної електроенергії лічильниками обліку за інтервал часу від  $T_1$  до  $T_2$ ;

$\Pi^{(P)}$  - показник, який характеризує поправку до обсягу активної електроенергії, що охарактеризована незбігом точки вимірювання електроенергії з межею балансової належності.

Показник поправки до обсягу активної електроенергії визначається за формулою:

$$\Pi^{(P)} = \sum_{i=1}^N (\Delta W_{\Pi i}^{(P)} + \Delta W_{\text{Бк } i}^{(P)})$$

де:  $W_{\Pi i}^{(P)}$  - втрата активної енергії в жилах кабельних лініях, що проходять від точки вимірювання до межі балансової належності протягом встановленого інтервалу (періоду) часу із встановленим навантаженням;

$\Delta W_{I_{3x} i}^{(P)}$  - втрата активної енергії в кабельних лініях електромережі від точки вимірювання до межі балансової належності в заданий інтервал (період) часу, що пояснюється недосконалістю ізоляції.

$N$  - величина, що вказує на кількість інтервалів часу в періоді від  $T_1$  до  $T_2$ , відповідно методичних рекомендацій [17] різниця даних величин приймається 0,5.

Втрата активної електроенергії в жилах кабельних ліній за встановлений (півгодинний) проміжок часу визначається за формулою:

$$\Delta W_{I_i}^{(P)} = 3 \cdot \sum_{i=T_1}^{T_2} (I_i^2 \cdot R_{EK} \cdot \Delta T_i \cdot 10^{-3})$$

де:  $I_i$  - визначене середнє значення сили струму протягом встановленого періоду часу  $\Delta T_i$ , А;

$R_{EK} = \sum_{m=1}^n R_{I_m} \cdot l_m$  - еквівалентний активний опір визначеної фази ліній електропостачання, Ом;

$R_{I_m}$  - опір фази встановленої (визначеної) ділянки ліній електропостачання, Ом;

$l_m$  - довжина визначеної лінії електропостачання, м;

$n$  - кількість ділянок ліній електропостачання;

$\Delta T_i$  - тривалість встановленого (визначеного) інтервалу часу.

Втрати активної енергії в ізоляції кабельних ліній визначають за формулою:

$$\Delta W_{I_{3x}}^{(P)} = \sum_1^j (\Delta Q_{0j} \cdot l_{kj}) \cdot \operatorname{tg} \delta \cdot T_H$$

де:  $\Delta Q_{0j}$  - питома (зарядна) потужність кабелю поперечного перерізу, кВАр/км;

$l_{kj}$  - сумарна довжина ділянки лінії електропостачання, км;

$\operatorname{tg} \delta$  - тангенс кута діелектричних втрат електроенергії;

$T_H$  - час подачі напруги в кабельній лінії за встановлений період часу, год.

### **Висновки до 3-го розділу**

## **ВИСНОВКИ**

1. В дисертації було проаналізовано діючі нормативні документи з питань обліку та контролю електроспоживання, доступні та сучасні методи впровадження систем комерційного обліку електроенергії, а також побудовані структурної схеми системи контролю та обліку електроенергії об'єктів з

2. Запровадження АСКОЕ має на меті спростити процедури розрахунків між користувачами та ОСР, а також зменшити комерційні та технічні втрати за рахунок підвищення точності та надійності вимірювальної інформації.

3. Розглянуто основні технічні рішення при реалізації системи контролю та обліку електроенергії з комбінованим електропостачання.

4. Визначено методи підвищення точності ведення обліку електроенергії, скорочення часу збору та обробки даних, прийняття управлінських рішень, проведення автоматичних розрахунків за отримані та відпущені обсяги електроенергії.

5. Виконано розрахунки, для вибору ТС для двох направлених лічильників та вибрані лічильники електроенергії, які відповідають вимогам ПУЕ та ККОЕЕ, програмне забезпечення та інші необхідні компоненти для побудови системи контролю та обліку електроенергії з комбінованою системою електропостачання.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Оберкович С. Альтернативна енергетика: міжнародний досвід, проблеми та перспективи в Україні / С. Оберкович // Юрист і закон. – 2016. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [http://uz.ligazakon.ua/ua/magazine\\_article/EA009783](http://uz.ligazakon.ua/ua/magazine_article/EA009783).
2. Касич А.О. Завдання державної політики сталого розвитку з урахуванням рівня техногенного навантаження / А.О. Касич // Ефективна економіка. – 2015. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.economy.nauka.com.ua/?op=1&z=3951>.
3. Кузьміна М. М. Форми інвестування у відновлювану енергетику / М. М. Кузьміна. // Економічна теорія та право. – 2017.
4. УДК, 621.311, Ю.С. Олійник, Українська інженерно-педагогічна академія/ Аналіз впровадження АСКОЕ на підприємствах// Харків 2016р, 124 с.
5. Гуртовцев А.Л., О происхождении и значениях термина «АСКУЭ»// Промышленная энергетика. – 2003. - №8. – С. 5-6.
6. Market Leaders: Smart Water Metering Market [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.marketsandmarkets.com/ResearchInsight/smartwater-metering-market.asp>
7. Германович В., Турилин А. Альтернативные источники энергии и энергосбережение. Практические конструкции по использованию энергии ветра, солнца, земли, воды, биомассы// Наука и техника, 2014.
8. М.В. Голицын, А.М. Голицын, Н.В. Пронина. Альтернативные энергоносители// Москва, Наука – 2004.
9. Офіційна веб-сторінка «НЕК «Укренерго» [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://ua.energy/vstanovlena-potuzhnist-energostemy-ukrayiny>
10. Офіційна веб-сторінка ДТЕК ВДЕ [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://renewables.dtek.com/>

11. Офіційна веб-сторінка Українська асоціація відновлюваної енергетики. Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://uare.com.ua/>.
12. ЗАКОН УКРАЇНИ «Про альтернативні види палива» [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1391-14#Text>
13. ЗАКОН УКРАЇНИ «Про альтернативні джерела енергії» [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/555-15#Text>
14. ЗАКОН УКРАЇНИ «Про метрологію та метрологічну діяльність», Відомості Верховної Ради України (ВВР), 2014, №30, ст.1008. Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1314-18#Text>
15. НАКАЗ від 10.12.2004 №183 «Про затвердження Порядку проведення експертизи для підтвердження належності палива до альтернативного» [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1647-04#Text>
16. НАКАЗ Міністерства енергетики та вугільної промисловості України № 399 від 21.06.2013 р. «Про Методичні рекомендації визначення технологічних витрат електричної енергії в трансформаторах і лініях електропередавання» [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0399732-13#Text>
17. НАКАЗ Міністерства енергетики та вугільної промисловості України №476 від 24.07.2017 р. «Про затвердження правил улаштування електроустановок» [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [http://search.ligazakon.ua/1\\_doc2.nsf/link1/FN034218.html](http://search.ligazakon.ua/1_doc2.nsf/link1/FN034218.html)
18. НАКАЗ №32/28/28/276/75/54 від 17.04.2000 р. «Про затвердження Концепції побудови автоматизованих систем обліку електроенергії в умовах енергоринку» [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0032558-00#Text>
19. ПОСТАНОВА «Про утворення робочої групи для узгодження підходу щодо застосування до України механізму коригування вуглецю на кордоні для проведення консультацій з Європейською Комісією» [Електронний

ресурс]. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/265-2021-%D0%BF#Text>

20. ПОСТАНОВА від 14 березня 2018 р. № 311 «Про затвердження Кодексу комерційного обліку електричної енергії» [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/v0311874-18#Text>

21. ПОСТАНОВА 26.04.2019 № 641 Про затвердження нормативно-правових актів, що регулюють діяльність гарантованого покупця та купівлі електричної енергії за «зеленим» тарифом та за аукціонною ціною [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/v0641874-19#Text>

22. НКРЕКП «Договір між членами оптового ринку електроенергії України» від 15 листопада 1996 року. Додаток 10 до договору «Інструкція про порядок комерційного обліку електроенергії» (далі – Інструкція) [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/va349227-98#Text>

23. Енергетична стратегія України на період до 2035 року «безпека, енергоефективність, конкурентоспроможність» схвалена Кабінетом Міністрів України від 18.08.2017 р. №605-р [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/605-2017-%D1%80#Text>

24. Жовтюк В. В., Серьогін О. О. Потенціал для розвитку біоенергетичних технологій в Україні // 87 Міжнародна наукова конференція молодих учених, аспірантів і студентів "Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у XXI столітті", 15–16 квітня 2021 р. – К.: НУХТ, 2021 р. – Ч.2. – 394 с.

25. Опис і інструкція з експлуатації GAMA 300 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [https://schetchiki.com.ua/images/stories/virtuemart/product/gama%20300%20g3b%20\(rukovodstvo\).pdf](https://schetchiki.com.ua/images/stories/virtuemart/product/gama%20300%20g3b%20(rukovodstvo).pdf)

26. Журнал VK Cloud Solutions об ІТ-бізнесі, технологіях и цифровой трансформации [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://mcs.mail.ru/blog/modbus-dlya-m2m-vzaimodejstviya>

27. ГОСТ IEC 61131-2-2012 Контроллеры программируемые [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200103628>

28. Геотермальні електростанції: переваги та недоліки. URL: <https://avenston.com/articles/geothermal-pp-pros-cons/>

29. Закон України "Про ринок електричної енергії" Відомості Верховної Ради (ВВР), 2017, № 27-28, ст.312 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2019-19#Text>

30. Каталог продукції JA SOLAR. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [https://220volt.com.ua/uploads/shop\\_product/1701/58/738.pdf](https://220volt.com.ua/uploads/shop_product/1701/58/738.pdf)