

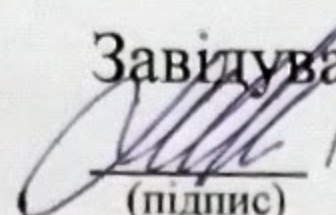
Міністерство освіти і науки України
Український державний університет науки і технологій

Факультет «Управління енергетичними та економічними процесами»

Кафедра «Електротехніка та електромеханіка»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ЕТЕМ

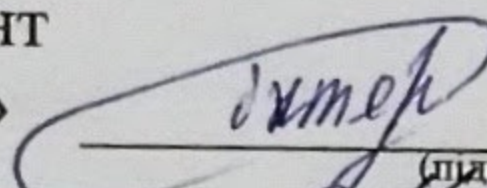
 /Андрій МУХА/
(підпис)

Дата 21.12.2023

Пояснювальна записка
до кваліфікаційної роботи магістра

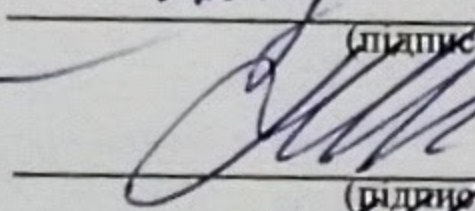
на тему: «Розробка малопотужної гібридної електростанції»
за освітньою програмою: «Енергетичні та електромеханічні системи на транспорті»
зі спеціальності: «141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

Виконав: студент
групи «ЕЕ2221»


(підпис студента)

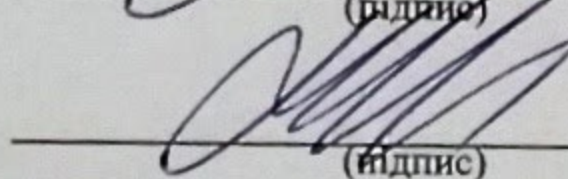
/Олександр ДІХТЯР/
(Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Керівник:


(підпис)

/проф., зав.каф. Андрій МУХА/
(посада, Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Нормоконтролер:


(підпис)

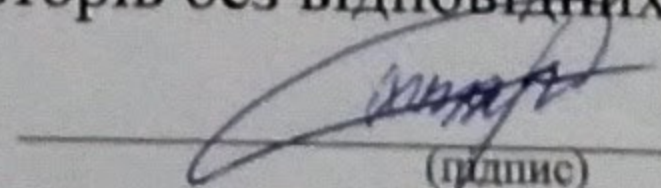
/доц. Оксана КАРЗОВА/
(посада, Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Консультанти:

_____	_____	//
(назва розділу)	(підпис)	(посада, Ім'я ПРІЗВИЩЕ)
_____	_____	//
(назва розділу)	(підпис)	(посада, Ім'я ПРІЗВИЩЕ)
_____	_____	//
(назва розділу)	(підпис)	(посада, Ім'я ПРІЗВИЩЕ)
_____	_____	//
(назва розділу)	(підпис)	(посада, Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Засвідчую, що у цій роботі немає запозичень з
праць інших авторів без відповідних посилань.

Студент


(підпис)

Дніпро – 2023 рік

Ministry of Education and Science of Ukraine
Ukrainian State University of Science and Technologies

Faculty «Management of energy and economic processes»

Department «Electrical engineering and electromechanics»

Explanatory Note to Master's Thesis

on the topic: «Development of a low-power hybrid power plant»
according to educational curriculum «Energy and electromechanical systems in transport»

in the Speciality: «141 Electrical energetics, electrical engineering and electromechanics»

Done by the student of the group EE2221: /Oleksandr DIKHTIAR/

Scientific Supervisor: /Andrii MUKHA/

Normative controller: /Oksana KARZOVA/

Supervisors

(Chapter title heading) //
(position, name, surname)

(Chapter title heading)
// (position, name, surname)

(Chapter title heading) // (position, name, surname)

(Chapter title heading) // (position, name, surname)

Dnipro – 2023

Міністерство освіти і науки України
Український державний університет науки і технологій

Факультет: «Управління енергетичними процесами»

Кафедра: «Електротехніка та електромеханіка»

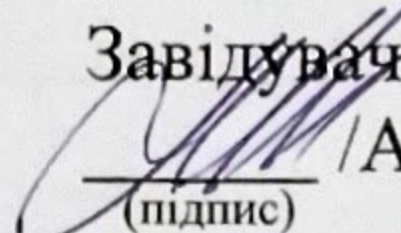
Рівень вищої освіти: магістр

Освітня програма: «Енергетичні та електромеханічні системи на транспорті»

Спеціальність: «141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ЕТЕМ

 /Андрій МУХА/
(підпис)

Дата 04.01.23

ЗАВДАННЯ

на кваліфікаційну роботу бакалавра

студенту Діхтяр Олександр Вікторович

1. Тема роботи: «Розробка малопотужної гібридної електростанції»

Керівник роботи: Муха Андрій Миколайович, професор

затверджені наказом № 56 ст від 18.01.2023

2. Строк подання студентом роботи: 20.12.2023 р.

3. Вихідні дані до роботи: Дані малопотужної сонячної та вітрової електростанції: потужність перетворювача 5 кВА, напруга 230 В, частота 50 Гц, напруга АКБ 48 В, вбудований MPPT, контролер 450 В

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно опрацювати):

4.1 Аналітична частина: Порівняльні характеристики альтернативних джерел електроенергії

4.2 Основна частина: Гібридні сонячні електростанції.

Моделювання поведінки вітрогенератору в залежності від швидкості вітру.

4.3 Охорона праці та захист навколишнього середовища:

Порядок дій при експлуатації установки, безпека обслуговуючого персоналу

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

1) Порівняльні характеристики альтернативних джерел електроенергії. Актуальність, мета та об'єкт роботи;

2) Гібридні сонячні електростанції;

3) Схема електричних з'єднань гібридного джерела безперебійного живлення;

4) Моделювання поведінки вітрогенератору в залежності від швидкості вітру.

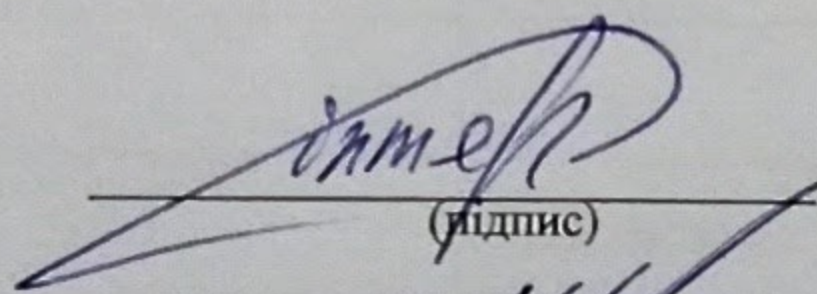
6. Консультанти розділів роботи:

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Завдання видав: (підпис консультанта, дата)	Завдання прийняв: (підпис студента, дата)

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

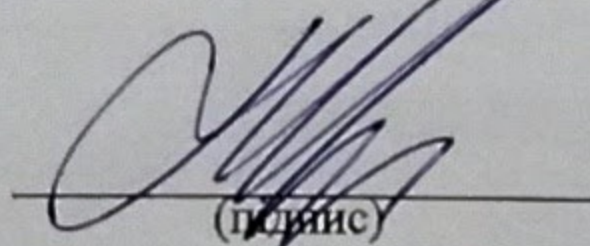
№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Вступ. Розділ 1. Порівняльні характеристики альтернативних джерел електроенергії	01.09.2023	10%
2	Розділ 2. Гібридні сонячні електростанції	14.09.2023	15%
3	Розділ 3. Моделювання поведінки вітрогенератору в залежності від швидкості вітру	12.10.2023	20%
4	Розділ 4. Охорона праці та захист навколишнього середовища	09.11.2023	30%
5	Загальні висновки і рекомендації	23.12.2023	20%
6	Додаток А	20.12.2023	5%
7	Подання кваліфікаційної роботи до кафедри	20.12.2023	100%
8	Захист кваліфікаційної роботи на засіданні Екзаменаційної комісії	23.01.2024	

Студент


(підпис)

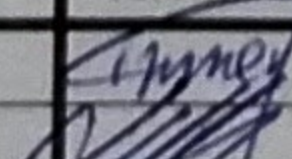
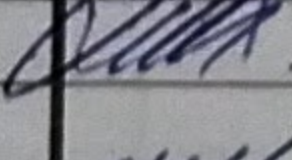
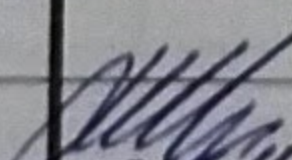
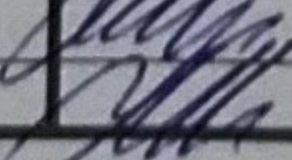
Олександр ДІХТЯР
(Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Керівник роботи


(підпис)

Проф. Андрій МУХА
(Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

№ ряд ка	Формат	Позначення	Назва	Кільк. арк.	№ екз.	Прим
1			<u>Документація загальна</u>			
2			Заново розроблена			
3	A4	7.141.180090.ПЗ	Пояснювальна записка	4		
4			Запозичена			
5						
6			<u>Графічна частина</u>			
7			Заново розроблена			
8	A4	7.141.180090.ПЗ	Порівняльні характеристики			
9			альтернативних джерел			
10			електроенергії. Актуальність,	1		
11			мета та об'єкт роботи			
12	A4	7.141.180090.ПЗ	Гібридні сонячні	1		
13			електростанції			
14	A4	7.141.180090.ПЗ	Схема електричних з'єднань	1		
15			гібридного джерела			
16			безперебійного живлення			
17	A4	7.141.180090.ПЗ	Моделювання поведінки	1		
18			вітрогенератору в залежності			
19			від швидкості вітру			
20						
21			Запозичена			
22			<u>Електронна частина</u>			
23						

					7.141.180090.ПЗ				
Зм.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата	Розробка малопотужної гібридної електростанції	Літ.		Арк.	Аркушів
Розробив		Діхтяр О.В.		20.12.13				5	52
Керівник		Муха А.М.		21.12					
Консульт									
Н. Контр.		Карзова О.О.		21.12					
Зав.кафед		Муха А.М.		21.12					
						МОН України, УДУНТ Кафедра ЕТЕМ, група ЕП2221			

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота на тему «Розробка малопотужної гібридної електростанції» містить: 52 сторінок основного тексту, 3 таблиці, 14 рисунків, 14 літературних джерел.

Об'єкт розробки — малопотужна гібридна електростанція.

Мета роботи – розробити малопотужну гібридну електростанцію з використанням сонячної та вітрової енергетики.

В розділі 1 виконаний аналіз роботи сонячних і вітрових малопотужних електростанцій і дана порівняльна характеристика альтернативних джерел електроенергії.

В розділі 2 виконано розробку та дослідження роботи гібридної сонячної електростанції.

В розділі 3 моделювання роботи вітрогенератора взаємності від швидкості вітру за допомогою Matlab.

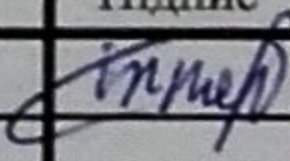
В розділі 4 розглянуто охорону праці при роботі з ПЕОМ (Персональна електронно-обчислювальна машина).

КЛЮЧОВІ СЛОВА: ГІБРИДНА ЕЛЕКТРОСТАНЦІЯ, СОНЯЧНА ЕНЕРГЕТИКА, ВІТРОВА ЕЛЕКТРОСТАНЦІЯ

					7.141.180090.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ЗМІСТ

ВСТУП	8
1. ПОРІВНЯЛЬНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ АЛЬТЕРНАТИВНИХ ДЖЕРЕЛ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ	10
1.1. Сонячні батареї: переваги та недоліки	10
1.2. Вітрогенератор: переваги та недоліки	11
1.3. Порівняльна характеристика сонячної і вітрової енергетики.	
Висновки	12
2. ГІБРИДНІ СОНЯЧНІ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ	16
2.1. Обґрунтований вибір сонячної гібридної електростанції	16
2.2. Обґрунтований вибір статичного перетворювача для живлення споживача	19
2.2.1. Автономні інвертори	20
2.2.2. Мережеві інвертори	20
2.2.3. Гібридні інвертори	21
2.3. Розрахунок гібридного інвертору 5 кВт	22
2.4. Вибір і розрахунок кількості сонячних панелей	23
2.5. Вибір акумулятору 48 В сонячної гібридної електростанції	31
2.6. Вибір контролеру заряду акумуляторною батареєю	31
2.7. Схема електричних з'єднань гібридного джерела безперебійного живлення	33
3. МОДЕЛЮВАННЯ ПОВЕДІНКИ ВІТРОГЕНЕРАТОРУ В ЗАЛЕЖНОСТІ ВІД ШВИДКОСТІ ВІТРУ	35

					Пояснювальна записка			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Розробка малопотужної гібридної електростанції	Літ.	Маса	Масштаб
Розроб.		Діхтяр О.В.		20.12.23			1	1 : 1
Перевір.		Муха А.М.						
Т. Контр.						Арк. 7	Аркушів	52
Реценз.					7.141.180090.ПЗ	МОН України. УДУНТ Кафедра ЕТЕМ, група ЕЕ2221		
Н. Контр.		Карзова О.О.						
Затверд.		Муха А.М.						

4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ	
В НАДЗВИЧНАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....	38
ВИСНОВКИ.....	43
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	44
СПИСОК ГРАФІЧНИХ РОБОТ	46
ДОДАТОК.....	47

						Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВСТУП

Протягом світлового дня ви споживаєте енергію, яку виробляє станція, знижуючи витрати на оплату рахунків Обленерго. У разі нестачі виробленої енергії, ви автоматично добираєте її із загальної мережі.

Мережеві сонячні електростанції (СЕС) працюють протягом світлового дня та залежать від наявності напруги в мережі. Проте, такі станції мають меншу вартість порівняно з гібридними системами.

Станції, побудовані на якісному обладнанні, мають максимальну ефективність, тривалий термін експлуатації та швидку окупність.

СЕС для компенсації власного споживання, це:

- економія до 70% на оплаті рахунків.
- фіксована вартість виробленої електроенергії на 25-30 років.
- збільшення потужності за рахунок власної генерації.
- наростити потужність станції можна в будь-який момент.
- встановлення не потребує збільшення договірної потужності в Обленерго.
- стабілізація параметрів енергомережі.
- середній термін окупності інвестицій – 4 роки.

тривалий термін експлуатації.

В загалом існує три основних типи сонячних енергетичних систем

1. Мережева сонячна електростанція - також відомий як сонячна система з підключенням до міської мережі.

2. Автономна енергосистема - також відома як автономна сонячна електростанція.

3. Гібридна сонячна система - сонячна система, підключена до мережі, з акумулятором.

Отже вирішення питання покращення параметрів якості електроенергії, забезпечення стабільності електропостачання споживачів, використання

						Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

«чистих» способів вироблення електроенергії і резервування споживачів першої, а іноді і другої й третьої категорії електропостачання потребує негайного вирішення. Гостроти набуває це питання в умовах воєнного часу в Україні.

Отже, відновлювальна енергетика (ВЕ) – область господарювання, науки і техніки, що охоплює виробництво, передачу, перетворення, накопичення і споживання електричної, теплової та механічної енергії за рахунок використання в якості первинних енергоресурсів відновлювальних джерел енергії (ВДЕ), а тема дипломної магістерської роботи, яка пов’язана із розробкою гібридної малопотужної електростанції є актуальною.

						Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розділ 1.

ПОРІВНЯЛЬНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ АЛЬТЕРНАТИВНИХ ДЖЕРЕЛ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ

Що краще – вітрогенератор чи сонячна батарея? Щоб розібратися, що краще вітрогенератор або сонячна батарея, необхідно усвідомити особливості їх роботи, а також проаналізувати початкові інвестиції та окупність систем. Для цих установок загальним є використання енергії відновлюваних джерел виробництва електроенергії. Механізм вироблення електроенергії, конструкція вітряків та батарей принципово відрізняються.

1.1. Сонячні батареї: переваги та недоліки

Сонячні батареї виробляють електроенергію із енергії сонця. Отже, їхня продуктивність сильно залежить від регіону установки відповідно до карти інсоляції, від часу доби та погоди. Вироблення електроенергії буде вищим при застосуванні високоефективних панелей на основі кристалічного кремнію, ніж панелей на основі аморфного кремнію (тонкоплівкових). З іншого боку, необхідно враховувати багато чинників під час виборів устаткування у кожному даному випадку.

Переваги застосування сонячних батарей:

- використання поновлюваного, екологічно чистого джерела енергії;
- можливість мати додатковий прибуток від продажу виробленої СЕС електроенергії за «зеленим» тарифом;
- зниження витрат на рахунки за електрику, що споживається вашим домогосподарством чи бізнесом;
- зниження залежності від постійно зростаючих тарифів для населення та підприємств;
- простота встановлення та мінімальне обслуговування;

					7.141.180090.ПЗ	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- можливість автономної роботи без підключення до централізованої системи - в автономних СЕС з акумуляторами забезпечується безперебійне живлення споживачів;
- зниження залежності споживачів від енергосистеми при частих перебоях енергопостачання чи віялових відключеннях;
- довговічність експлуатації - пристрої надійних виробників можуть продовжувати виробляти е/е та після 25 років роботи;
- швидка окупність сонячної електростанції - до 5 років залежно від її потужності та типу;
- після окупності СЕС ви отримуєте електроенергію безкоштовно

Недоліки сонячних батарей:

- високі початкові інвестиції у встановлення СЕС;
- продуктивність батарей прямо пропорційно залежить від освітленості, яка, у свою чергу, залежить від погоди, часу доби та пори року;
- для встановлення батарей необхідно не затінене місце - зазвичай їх встановлюють на дахах будинків або землі.

1.2. Вітрогенератор: переваги та недоліки

Вітрогенератор виробляє електроенергію, використовуючи кінетичну енергію вітру. Отже, для його ефективної роботи найважливішою вимогою є високий середньорічний рівень вітру та наявність достатньої території для встановлення.

Основними перевагами вітрогенераторів є:

- використання енергії вітру - відновлюваного та екологічно чистого джерела;
- у відкритій місцевості з сильними вітрами вітряк може мати високу рентабельність і порівняно швидку окупність;
- відносно висока ефективність - 38-40% залежно від типу ВЕУ та швидкості вітру;

					7.141.180090.ПЗ	Арк.
						11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- можливість мати прибуток від продажу виробленої вашої ВЕУ е/е до енергосистеми за «зеленим» тарифом;
- надійність та безперебійність електропостачання при автономній роботі та наявності АКБ;
- раціональне застосування для гарячого водопостачання та обігріву будинку - отриманий струм перетворюється на тепло за допомогою теплових насосів, як акумулятор енергії використовується резервуар з водою.

Недоліки вітрогенераторів:

- енергія вітру який завжди конкурентоспроможна за вартістю коїться з іншими джерелами генерації;
- необхідна достатня швидкість вітру для рентабельного виробництва е/е;
- потрібен періодичний огляд установок кожні півроку, деякі види технічного обслуговування проводяться один раз на рік;
- довгий період окупності - до 20-25 років;
- вітровий ресурс може бути не найприбутковішим видом використання землі — на потрібній для встановлення вітряків місцевості, земля може мати більш цінне застосування, ніж виробництво е/е;
- шум, що виробляється лопатями турбіни потужних установок;
- необхідність правильного розміщення, щоб знизити негативний вплив на природу - у лопатях турбіни іноді гинуть птахи та кажани.

1.3. Порівняльна характеристика сонячної і вітрової енергетики.

Висновки.

Основними перевагами ВДЕ в порівнянні з традиційними невідновлювальними джерелами є: - практично невичерпні ресурси; - зниження негативного впливу на довкілля, включаючи викиди різних забруднюючих речовин, парникових газів, радіоактивне і теплове

					7.141.180090.ПЗ	Арк.
						12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

забруднення тощо. Основними факторами, що обмежують використання нетрадиційних ВДЕ, є: - мала густина енергетичного потоку, яка складає, наприклад, для сонячної енергії на поверхні Землі $1,36 \cdot 10^{-3}$ МВт/м², вітрової при швидкості вітру 10 м/с – $6 \cdot 10^{-4}$ МВт/м², геотермальної – $3 \cdot 10^{-8}$ МВт/м², в той час як для енергії АЕС – 0,2 МВт/м²; - значна нерівномірність вироблення енергії в часі та її використання; відносно висока капіталоємність енергетичних установок і вартість виробленої електроенергії. Кількісні показники енергетичних ресурсів відновлювальних джерел планети показані в табл. 1.1 [1,3].

Річні показники технічного енергетичного потенціалу основних напрямів освоєння енергії відновлювальних джерел в Україні наведені у табл. 1.2 [4].

Вибирати для себе й свого виробництва найбільш вигідний варіант - вітрогенератор або сонячну батарею слід, виходячи з мети їх застосування, конкретних умов та з урахуванням переваг та недоліків. За вартістю установки та простотою обслуговування вітрогенератори поступаються сонячним батареям. Ефективність цих установок залежить від рівня інсоляції та сили вітру у регіоні вашого проживання.

Отже, що ж таки вигідніше вітрогенератор чи сонячна батарея? Відповідь така. Усі області України сприятливо розташовані для виробництва електроенергії методом фотовольтаїки. Річний сумарний потік енергії сонця становить від 1187 до 1405 кВт/кв.м²·рік.

Середня швидкість вітру на території України складає 5 м/с, причому влітку цей показник знаходиться в діапазоні від 3 до 6 м/с, узимку – в межах 5-8 м/с. Для мінімального електроспоживання середнього будинку необхідна вітроустановка потужністю 1 кВт за швидкості вітру не менше 8 м/с.

					7.141.180090.ПЗ	Арк.
						13
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 1.1 – Енергетичний потенціал відновлювальних енергоресурсів
планети

Відновлювальні енергоресурси	Енергетичний потенціал відновлювальних енергоресурсів, млрд т у.п./рік		
	Теоретичний	Технічний	Економічно- ефективний
Променева енергія Сонця	86000	5	1
Теплова енергія морів і океанів	7500	1	0,1
Енергія вітру	860	5	1
Гідроенергія, зокрема:	6,065	3	1,52
Енергія водотоків	3	2,91	1,5
Енергія хвиль	3	0,05	0,01
Енергія припливів	0,065	0,04	0,01
Енергія біомаси, зокрема:	40	2,55	2,0
Лісів	15	1,5	1,5
Рослин	10	1,0	0,5
Водоростей	15	0,05	0
Геотермальна енергія	16	0,4	1,2
Всього	94422,065	16,95	5,2

Якщо ви шукаєте альтернативне енергопостачання та живете у відкритій, гірській місцевості або поруч із морем, можна скористатися перевагами вітрогенератора. В інших випадках доцільніше встановлювати сонячні батареї.

Якщо ви прагнете автономного, надійного електропостачання, можна в одній комбінованій системі скористатися вигодами як вітрогенератора, так і сонячної батареї.

Таблиця 1.2 – Потенціал енергії відновлювальних джерел в Україні

№ з/п	Напрями освоєння ВДЕ	Річний технічний енергетичний потенціал	
		млрд кВт·год/рік	млн т у.п./рік
1	Вітроенергетика	79,8	28,0
2	Сонячна енергетика	38,2	6,0
3	Мала гідроенергетика	8,6	3,0
4	Біоенергетика	178	31,0
5	Геотермальна теплова енергетика	97,6	12,0
6	Енергетика довкілля	146,3	18,0
Загальні обсяги заміщення традиційних ПЕР за рахунок ВДЕ		548,5	98,0

Розділ 2.

ГІБРИДНІ СОНЯЧНІ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ

2.1. Обґрунтований вибір сонячної гібридної електростанції

Сонячні гібридні енергетичні системи – це гібридні енергетичні системи, які поєднують сонячну енергію від фотоелектричної системи з іншим джерелом енергії, що генерує енергію [1]. Одним з таких типів є фотоелектрична дизельна гібридна система [2] поєднує фотоелектричні модулі та дизельні генератори, оскільки PV майже не має експлуатаційних витрат і розглядається з пріоритетом в електромережі. Дизельні генератори використовуються для компенсації зазору між поточним навантаженням та фактичною генерованою потужністю фотоелектричної системи.

Оскільки сонячна енергія коливається, а генеруюча потужність дизельних генетичних установок обмежена певним діапазоном, широкого розповсюдження набувають системи із акумуляторними батареями, для оптимізації внеску сонячної енергії в загальне виробництво гібридної системи [3].

По мірі падіння цін на акумуляторні батареї, вони будуть все більш широко застосовуватись у якості резервних джерел живлення у гібридних сонячних станціях.

На основі дослідження 2015 року, проведеного у семи країнах, зробили висновки, що у всіх випадках генерації витрати можна зменшити за рахунок гібридизації міні-мереж та ізольованих мереж. Однак витрати на фінансування дизельних електромереж із сонячною електростанцією мають вирішальне значення і значною мірою залежать від структури власності електростанції. Хоча зниження витрат для комунальних підприємств, що перебувають у державній власності, може бути значним, дослідження також виявило, що короткострокові економічні вигоди будуть незначними або навіть негативними для некомунальних підприємств, таких як незалежні

					7.141.180090.ПЗ	Арк.
						16
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

виробники електроенергії, враховуючи історичні витрати на момент дослідження, [4] [5].

Інші сонячні гібриди включають сонячно-вітрові системи . Поєднання енергії вітру та сонячної енергії має ту перевагу, що два джерела доповнюють одне одного, оскільки пікові години роботи кожної системи припадають на різний час доби та року. Виробництво енергії такої гібридної системи є більш постійним і коливається менше, ніж кожна з двох складових підсистем, [6].

Переривчаста / невіддана сонячна енергія за переважаючих низьких тарифів, що поєднується з накопичувачем тепла, може запропонувати найдешевшу енергію цілодобово за запитом. Схематичне зображення системи гібридної СЕС дано на рис.2.1.

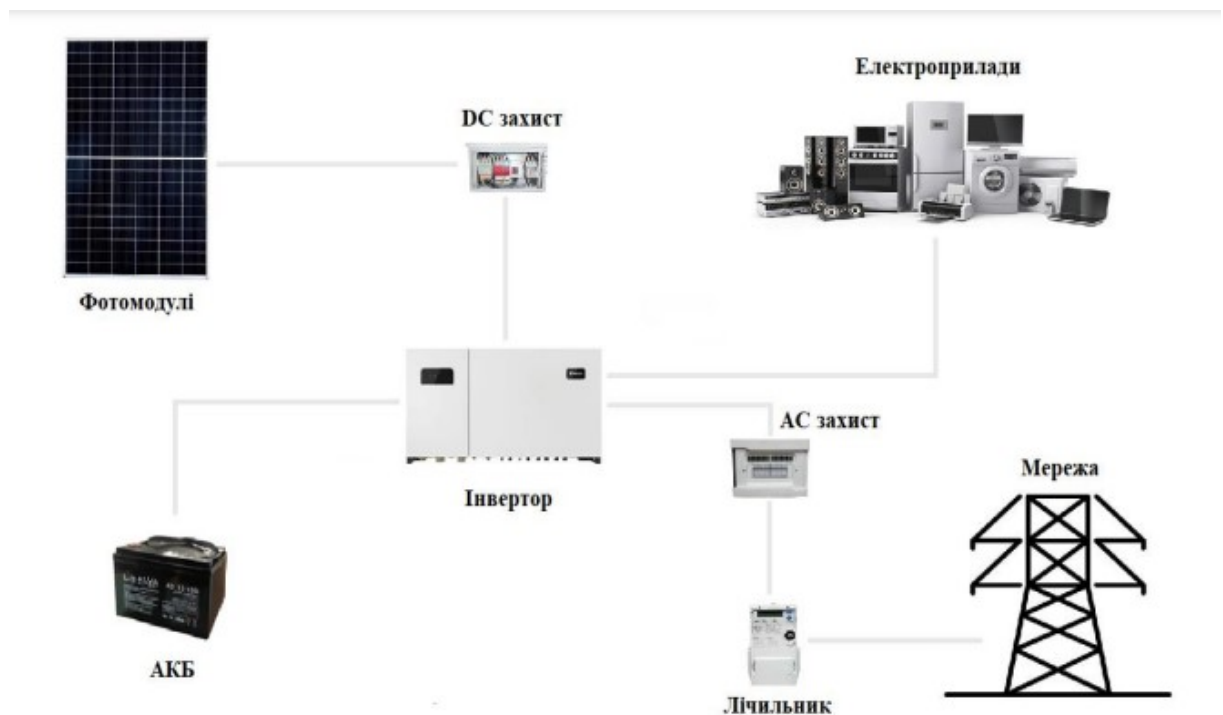


Рис. 2.1. Схематичне зображення системи гібридної СЕС

Сонячні теплові гібридні системи.

Незважаючи на те, що сонячна фотоелектрична енергія генерує дешевшу періодичну енергію в денний час, вона потребує підтримки гарантованих джерел енергії для цілодобового живлення. Сонячні теплові електростанції з

тепловим накопичувачем - це екологічно чисте виробництво електроенергії, яке цілодобово забезпечує електроенергію, [7]. Вони можуть ідеально задовольнити потребу в навантаженні і працювати як електростанції з базовим навантаженням, коли видобута сонячна енергія виявляється надлишковою за день. Правильне поєднання сонячної теплової енергії (тип теплового накопичувача) та сонячної фотоелектричної фотокамери може повністю відповідати коливанням навантаження без необхідності використання поки що дорогих акумуляторних батарей, [8].

У денний час, додаткове споживання електроенергії сонячною тепловою електростанцією становить майже 10% від її номінальної потужності, яке витрачається на перетворення сонячної енергії у теплову, [9]. Ця допоміжна потреба в енергії може бути забезпечена із більш дешевих сонячних панелей, якщо спроектувати гібридну сонячну електростанцію з поєднанням сонячних теплових та сонячних фотоелектричних установок на об'єкті. Крім того, для оптимізації вартості електроенергії, генерація може здійснюватися з більш дешевої сонячної фотоелектричної установки (генерація 33%) при денному освітленні, тоді як решту часу протягом доби - сонячна тепла акумуляторна установка (67% генерації від сонячної енергетичної башти для виконання 24-годинної роботи базового навантаження. [10] Коли сонячна тепла акумуляторна установка змушена простоювати, через відсутність місцевого сонячного світла під час похмурих днів у сезон мусонів, також можна споживати дешевий надлишок / негарантовану потужність від сонячних фотоелектричних, вітрових та гідроелектростанцій шляхом нагрівання розплавленої солі до більш високої температури, для перетворення накопиченої теплової енергії в електроенергію в години пікових потреб, коли ціна на продаж електроенергії є більш вигідною.

В основу розрахунку гібридної сонячної електростанції з MPPT контролером для керування процесами і часом заряду (розряду) акумуляторної батареї, враховуючи надані параметри: потужність перетворювача (інвертора): 5 кВА, напруга 230 В, частота 50 Гц; напруга

					7.141.180090.ПЗ	Арк.
						18
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

аккумуляторної батареї (АКБ) 48 В; вбудований контролер МРРТ з напругою живлення 450 В, входять:

Схема підключення: включає сонячні панелі, контролер МРРТ, аккумуляторну батарею та інвертор, рис.2.1. Існують варіанти підключення гібридних електростанцій разом із генератором, рис.2.2.

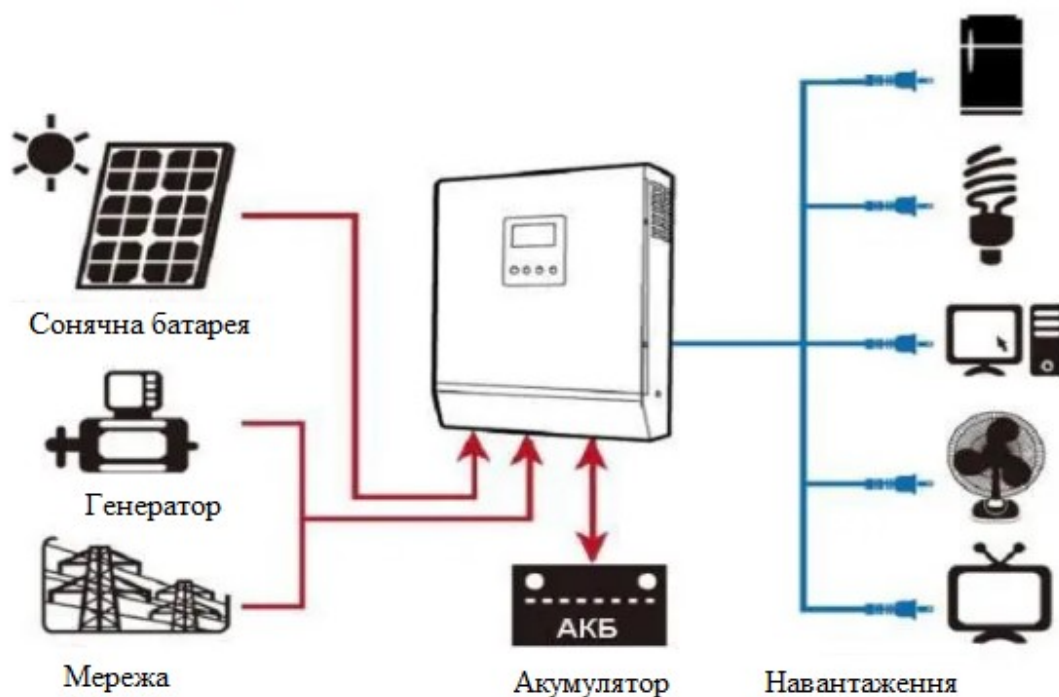


Рис.2.2. Приклад схеми підключення гібридного інвертора з використанням дизель-генератора і контролю заряду – розряду аккумуляторної батареї за допомогою МРРТ контролера

2.2. Обґрунтований вибір статичного перетворювача для живлення споживача

Інвертори для сонячних станцій: Як вибрати і в чому відмінності? Один із необхідних компонентів сонячної електростанції – інвертор. Цей пристрій потрібно, щоб перетворити постійний струм, що виробляється сонячними батареями, на змінний, який використовується для освітлення приміщень та живлення різноманітних приладів [11].

Якщо ви плануєте встановити на своїй ділянці або будинку сонячні батареї, необхідно вибрати інвертор відповідно до виду фотоелектричної системи та її функціоналу.

Інвертори складаються з широтно-імпульсного генератора та перетворювача напруги. Конструкція їх проста, але термін служби досить значний і становить 10-12 років. Інвертори для СЕС відрізняються технічними характеристиками, різними засобами захисту та автоматики. Давайте розглянемо, які типи інверторів.

2.2.1. Автономні інвертори

Такі пристрої здатні функціонувати поза міськими електричними мережами, їх встановлюють на автономних сонячних електростанціях. Автономні інвертори перетворюють до необхідних параметрів електроенергію, що накопичується в акумуляторах. Вони поділяються на два види залежно від форми вихідного сигналу струму.

Синусоїдальні інвертори «видають» ідеальну синусоїду струму. Це дуже добре для стабільної роботи електроприладів, особливо чутливих до перепадів напруги. Слід зазначити, що такі інвертори мають чималі габарити та вартість.

Квазі-синусоїдальні інвертори. Форма вихідного сигналу струму має форму трикутника, трапеції або прямокутника, хоча імітує синусоїду. Прилади, чутливі до стрибків напруги, підключати до таких пристроїв небажано. В іншому вони виконують свою функцію добре.

2.2.2. Мережеві інвертори

Пристрої такого типу встановлюються між сонячною панеллю та електричною мережею. Мережеві інвертори підійдуть у тому випадку, коли в СЕС немає акумуляторів. Вся енергія йде на власне споживання, а надлишки передаються до мережі. Для цього мережний інвертор перетворює постійний струм від сонячних батарей на змінний, з потрібними для поєднання з мережею значеннями фази та частоти. Перетворення здійснюється шляхом

					7.141.180090.ПЗ	Арк.
						20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

широотно-імпульсної модуляції (PWM). Завдяки властивості синхронізації з мережею мережні інвертори ще називають синхронними перетворювачами.

Синхронізований струм «перетікає» в мережу, коли напруга інвертора стає вищою, ніж у мережі. Для цього воно вимірюється на виході пристрою. Щоб забезпечити безпечну роботу мережевих інверторів, їх обладнають anti-islanding захистом. Якщо напруга або інші параметри вийдуть за допустимі межі, автоматичний вимикач обмежить вихід мережі.

Захист спрацьовує дуже швидко, що залежить від установок інвертора та параметрів мережі. Наприклад, якщо напруга впаде наполовину від номінального, а частота відхилиться на 0,5 - 0,7 Гц від номінального значення, інвертор зупинить передачу електроенергії до мережі приблизно за 100 мілісекунд.

Для зниження втрат на перетворення струму мережні інвертори працюють при вхідному напрузі, близькому до напруги в мережі. Часто їх обладнано системою відстеження точки максимальної потужності батарей. Це дозволяє отримати максимальну кількість електроенергії незалежно від змін метеоумов.

2.2.3. Гібридні інвертори

Вони є мультифункціональними: можуть паралельно виконувати функції інвертора під час роботи з мережею та генератором. Також можна використовувати енергію акумуляторів, не відключаючись при цьому від мережі.

При налаштуванні інверторів гібридного типу виставляється пріоритет. Наприклад, якщо він відданий джерелу постійного струму, живлення в першу чергу поставляється від акумуляторів, а нестача енергії заповнюється джерелом змінного струму. У налаштуваннях також надається можливість обмеження кількості електроенергії або потужності, що надходять із генератора чи мережі.

Основна функція гібридного інвертора залишається такою самою, як і в інших типів. Це перетворення постійного струму на змінний.

					7.141.180090.ПЗ	Арк.
						21
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Принцип дії гібридного інвертора змінюється у денний та нічний час. Вдень батареї добре висвітлюються, інвертор видає напругу, що підходить для домашньої мережі. При виробленні надлишків вони йдуть у загальну мережу для продажу за «зеленим» тарифом. Вночі побутові прилади живляться від міської мережі або акумуляторів з урахуванням вибраного режиму.

Таким чином, гібридний інвертор забезпечує цілодобову безперебійну подачу електрики, навіть якщо одне із джерел живлення не функціонує.

З огляду зрозуміло, що вибір інвертора залежить головним чином призначення СЕС. Ваша головна мета – енергонезалежність? Встановлюйте автономний інвертор для заряджання акумуляторів. Націлені на продаж за «зеленим» тарифом? Вибирайте мережевий інвертор. Бажаєте поєднати особисте споживання з продажем? Ваш вибір – гібридний інвертор.

Зауважте, що деякі компанії можуть запропонувати споживачеві блок безперебійного живлення замість інвертора. Цей пристрій насамперед забезпечує витрату енергії.

Обираємо гібридний інвертор, [12]. PH1800 Plus - це гібридний сонячний інвертор, який може здійснювати живлення навантажень від сонячної енергії та подачу надлишків у мережу. У денний час сонячна енергія може живити вашу побутову техніку, а якщо є додаткова сонячна енергія, вона подаватиметься в мережу або ви можете зберегти цю енергію на акумуляторній батареї для резервного живлення при відключенні електроенергії або в нічний час.

2.3. Розрахунок гібридного інвертору 5 кВт

Гібридний перетворювач сонячної електростанції - це система, яка поєднує декілька джерел енергії, таких як сонячні панелі, акумулятори та інші джерела енергії, щоб забезпечити безперервне електропостачання. Для розрахунку такої системи слід врахувати кілька ключових кроків:

					7.141.180090.ПЗ	Арк.
						22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Визначення потреби в енергії: Визначте загальне споживання енергії, яке необхідно задовольнити цією системою. Розгляньте енерговитрати на освітлення, опалення, охолодження, роботу обладнання та інші енергоспоживаючі процеси. За завданням

Визначення потужності сонячної енергії: Виходячи з географічного положення та кліматичних умов, визначте середньодобову або середньорічну потужність, яку можна отримати від сонячних панелей. Це потребує врахування сонячної радіації у вашому регіоні.

Вибір та розрахунок типу та кількості сонячних панелей: Визначте тип сонячних панелей, їх ефективність та кількість, необхідна для достатньої кількості енергії для покриття потреб.

Вибір та розрахунок акумуляторів: Враховуючи часові періоди недоступності сонячної енергії (наприклад, вночі), розрахуйте необхідну ємність акумуляторів для зберігання надлишкової енергії.

Вибір інверторів та контролерів: Визначте типи інверторів, які конвертують постійний струм від сонячних панелей в змінний струм, придатний для використання, а також контролери для керування зарядом та розрядом акумуляторів.

Інтеграція системи та безпека: Розробте схему інтеграції всіх компонентів системи, забезпечте безпеку роботи та захист від перевантажень або коротких замикань.

Розрахунок економічної ефективності: Оцініть витрати на встановлення та обслуговування системи порівняно з економією енергії, яку вона може забезпечити.

Тестування та моніторинг: Після встановлення системи слід тестувати її роботу та налаштувати моніторинг для відстеження продуктивності та ефективності роботи кожного компонента.

2.4. Вибір і розрахунок кількості сонячних панелей

Сонячна панель 545 Вт монокристалічна Longi Solar LR5-72HPH-545M

					7.141.180090.ПЗ	Арк.
						23
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Артикул: LR5-72HPH-545W

Longi Solar серії LR5-72HPH це високоефективні монокристалічні PERC фотопанелі з використанням технології Half-cut та 9 струмопровідних шин.

Гарантія 12 років. ККД вище 21,3%, що є одним із найвищих показників на сьогоднішній день. Низький тепловий коефіцієнт та найкраще покоління при недостатньому освітленні.

Модуль відноситься до лінійки Hi-MO5, де використовується «розумна пайка». Мінімізується відстань між осередками та максимізується захоплення світла.

Оптимізовані стандартні кремнієві пластини M10 з домішками галію (182 мм) для виготовлення моно-PERC-модуля Р-типу з найнижчим LID, підвищеним загасанням та потужністю, а також тривалим терміном надійності.

Багатошарова структура модуля Half-Cell для досягнення високої продуктивності та виключення явища потенційно індукованої деградації

Рама 35 мм витримує снігове та вітрове навантаження до 5200 Па.

Результати аналізу сонячної активності і генерації електроенергії для м. Дніпро дано на рис.2.2. у табличному вигляді за місяцями і діаграма річної активності гібридної сонячної електростанції 5 кВт дано на рис.2.3. Як видно з діаграми у деякі місяці року (травень – серпень) – є можливість трохи генерувати електроенергії в мережу.

Генерація та енергоспоживання об'єкту												
	Січень	Лютий	Березень	Квітень	Травень	Червень	Липень	Серпень	Вересень	Жовтень	Листопад	Грудень
Генерація	1215	2053	3567	4454	5208	5322	5623	5511	4302	3239	1573	921
Необхідно для заряду АКБ	510	480	510	500	510	500	510	510	500	510	500	510

Рис.2.2. Аналіз генерації та енергоспоживання об'єкта протягом року

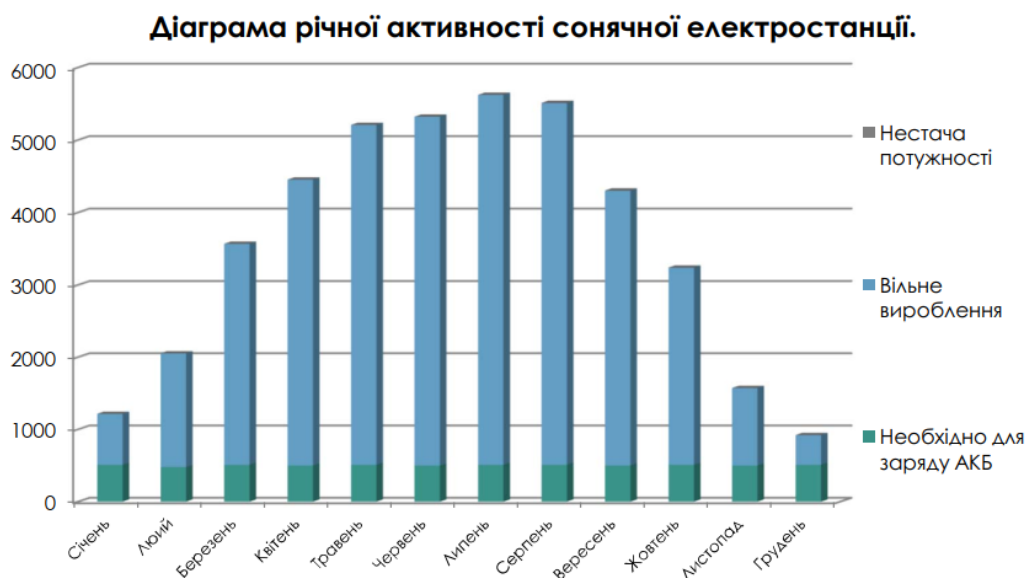


Рис.2.3. Діаграма річної активності гібридної сонячної електростанції

Схеми підключення сонячних панелей.

Кожен вузол у системі має свої вольт амперні характеристики та свої граничні значення. Ситуація, в якій споживач оптом купує сонячні батареї та акумулятори без теоретичних знань у галузі електрики – неприпустимі.

Сонячні панелі мають такі характеристики:

- Номінальна напруга сонячної батареї - як правило 12 В або 24 В, але існують і винятки. В нашому випадку напруга на виході групи сонячних панелей 48 В за завданням.

- Напруга при піковій потужності $U_{\max p}$ – напруга, при якій панель видає максимальну потужність.

- Напруга холостого ходу U_{xx} - напруга без навантаження (важливо при виборі контролера заряду АКБ).

- Максимальна напруга в системі U_{dc} – визначає максимальну кількість панелей, об'єднаних разом.

- Струм $I_{\max p}$ – струм при максимальній потужності панелі.

- Струм $I_{кз}$ – струм короткого замикання, максимально можливий струм панелі.

Дані характеристики можуть змінюватися в залежності від типу осередків, які використовуються в сонячній батареї, розміру батареї та інше.

Також необхідно узгодити вхідні та вихідні параметри струму між сонячними батареями, контролером, акумуляторами та інвертором.

Сонячні панелі та акумулятори також відповідають законам паралельного та послідовного з'єднання провідників.

Для досягнення необхідних показників сонячні панелі або акумуляторні батареї можна з'єднувати паралельно, послідовно або використовувати змішаний спосіб підключення.

Залежно від того, яка схема підключення сонячних панелей буде обрана, будуть визначатися характеристики системи сонячних панелей і підбиратися відповідний контролер заряду.

Для прикладу візьмемо $N=4$ сонячні панелі та зробимо розрахунки.

1) Послідовне з'єднання

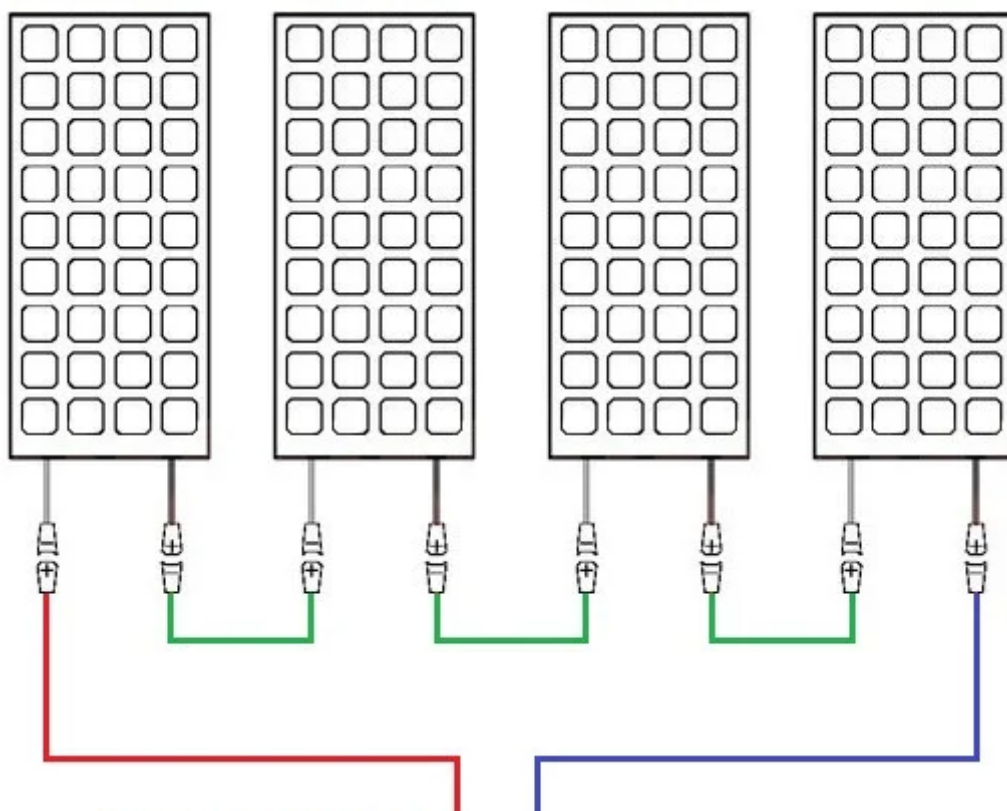


Рис. 2.4. Послідовне з'єднання чотирьох сонячних панелей.

Характеристики сонячної панелі:

— Номінальна напруга сонячної батареї $U_{\text{вихр}}$: 12В

— Напруга при піковій потужності $U_{\text{махр}}$: 18.46 В

- Напруга холостого ходу U_{oc} : 22.48В
- Напруга максимальна в системі U_{dc} : 1000В
- Струм у точці максимальної потужності I_{maxp} : 5.42А
- Струм короткого замикання $I_{кз}$: 5.65А

Розрахунок вихідних параметрів:

$$U_{вих} = U_{вихр} \cdot N$$

$$U_{вих} = 12 \cdot 4 = 48 \text{ В}$$

$I_{max} = I_{maxp} = 5.42 \text{ А}$ струм при послідовному з'єднанні каскаду сонячних панелей дорівнює струму однієї панелі.

$$U_{xx} = U_{ххр} N$$

$$U_{xx} = 22.48\text{В} \cdot 4 = 89.82\text{В}$$

2) Паралельне з'єднання чотирьох панелей, $N=4$.

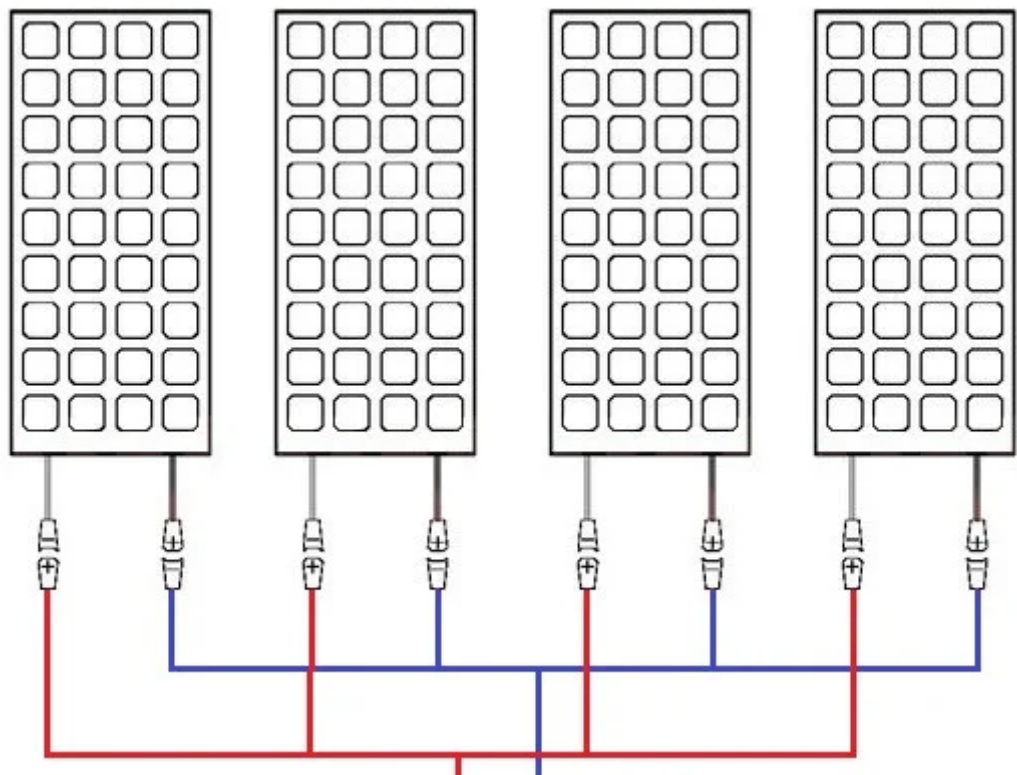


Рис.2.5. Паралельне з'єднання чотирьох сонячних панелей

Характеристики сонячних панелей залишаються ті ж самі.

Розрахунок вихідних параметрів:

$$U_{вих} = U_{вихр} = 12 \text{ В}$$

$$I_{\max} = I_{\max p} N$$

$$I_{\max p} = 5.42 \text{ A} \cdot 4 = 21.68 \text{ A}$$

$$U_{xx} = 22.48 \text{ V}$$

Послідовно-паралельне з'єднання чотирьох сонячних панелей, $N=4$.

Характеристики сонячних панелей залишаються ті ж самі.

Розрахунок вихідних параметрів:

$$U_{\text{вих}} = \Sigma U_{\text{вихр}} - \text{двох послідовно з'єднаних панелей,}$$

$$U_{\text{вих}} = 12 \cdot 2 = 24 \text{ V}$$

$$U_{xx} = 22.48 \cdot 2 = 44.96 \text{ V}$$

$$I_{\max} = 5.42 \cdot 2 = 10.84 \text{ A}$$

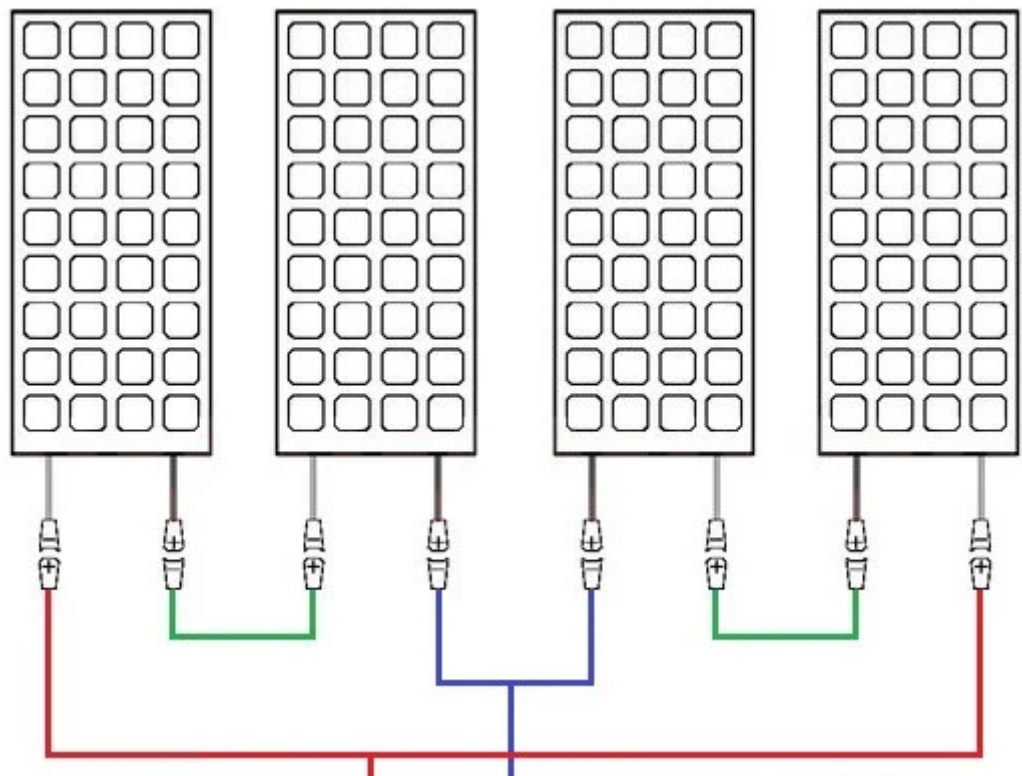


Рис.2.6. Послідовно-паралельне з'єднання чотирьох сонячних панелей.

Отже, комбінуванням схем підключення панелей і АКБ можна підлаштовувати вхідні та вихідні параметри під параметри електроніки, що використовуються у схемі.

В нашому випадку необхідно забезпечити напругу АКБ і сонячних панелей 48 В, 5 кВт, тобто у послідовному каскаді паралельно послідовного з'єднання повинно бути включено 4 панелі.

Струм, який повинна виробляти сонячна батарея $I = P/U = 5000/48 = 104 \text{ А}$

$N_p = I / I_{\text{maxp}} = 104 / 5.42 \approx 20$ панелей, включених паралельно

Загалом, 80 сонячних панелей – максимальна кількість панелей із заданими параметрами.

Схема з'єднання панелей дана на рис.2.7.

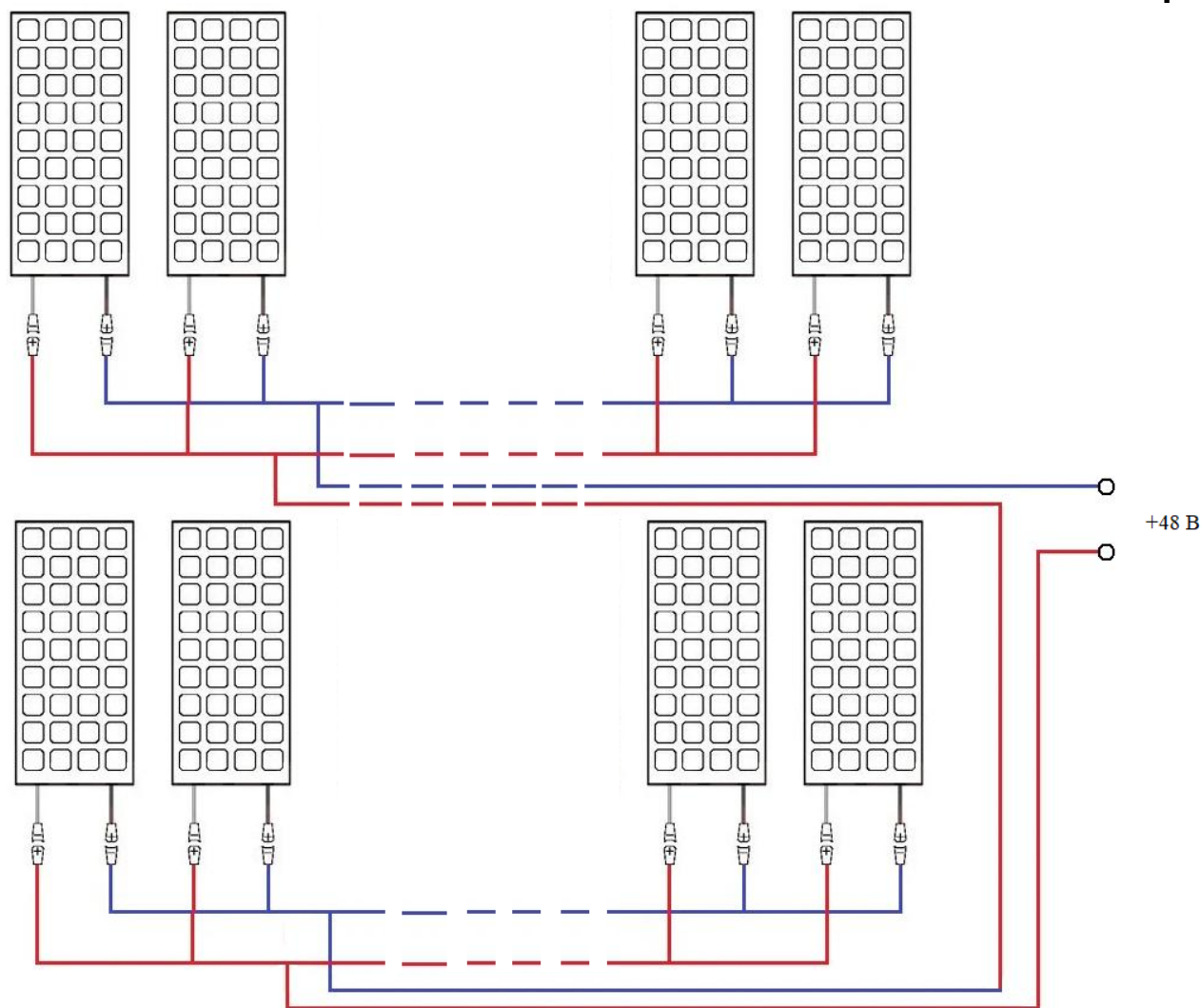


Рис.2.7. Електрична схема послідовно-паралельного з'єднання сонячних панелей для забезпечення 5 кВт, 48 В

При використанні модуля, характеристики якого дано в табл. 2.1, можливо зменшити кількість сонячних панелей до 40 одиниць (рис.2.8).

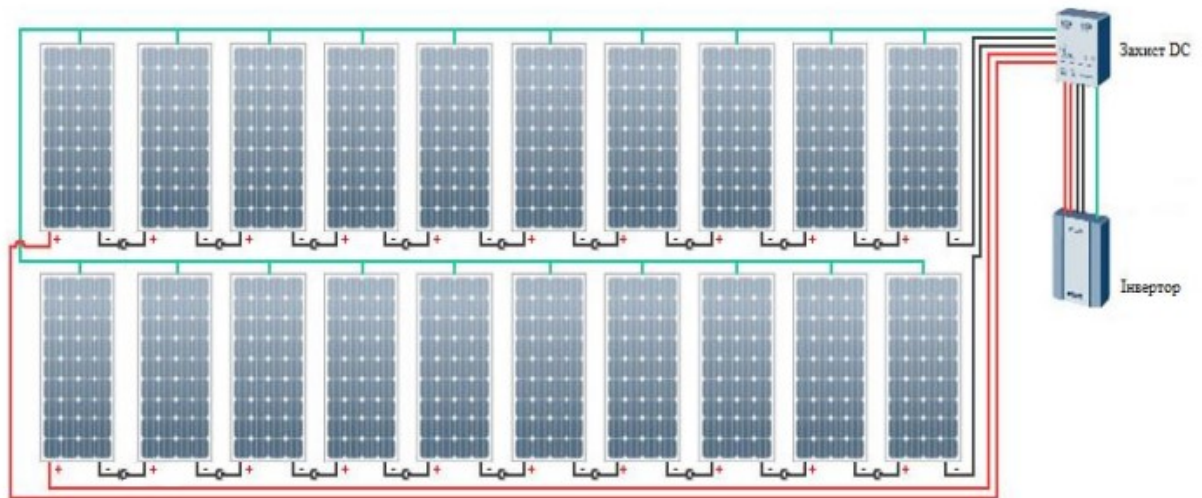


Рис.2.8. Схема підключення сонячних панелей до гібридного інвертора

Таблиця 2.1. Характеристики сонячної панелі гібридної електростанції

Характеристика	Значення	Одиниці виміру
Тип модуля	Монокристалічний	
Потужність модуля, P_{MAX}	540	Вт
Номінальна напруга, $U_{\text{НОМ}}$	24	В
ККД	20,7	%
Струм при максимальній потужності	17,17	А
Напруга при максимальній потужності	31,46	В
Максимальна напруга в системі	1500	В
Робочі параметри навколишнього середовища для даного фотомодуля	від - 40 до + 85	°C
Габарити	2384 x 1096 x 35	мм
Вага	29	кг

2.5. Вибір акумулятору 48 В сонячної гібридної електростанції

Вихідні дані для розрахунку: напруга $U_{\text{ном}} = 48 \text{ В}$. Кількість акумуляторів залежить від навантаження і параметрів інвертора. Якщо в середньому протягом доби використовується $P_{\text{доб}} = 5 \text{ кВт год}$, то можна визначити розрядну ємність акумулятора Q_p , який споживатиме акумуляторна батарея за формулою

$$Q_p = \frac{P_{\text{доб}}}{U_{\text{ном}}}, \quad (2.1)$$

$$I_p = \frac{P_{\text{доб}}}{U_{\text{ном}}} = \frac{5000}{48} = 104 \text{ А год}$$

Врахуємо запас розрядної ємності акумулятора 20...30%, Q_{pp} – розрахункова розрядна ємність акумулятора.

$$Q_{pp} = 1,25 Q_p = 1,25 \cdot 104 = 130 \text{ А год}$$

2.6. Вибір контролеру заряду акумуляторною батареєю

MPPT розшифровується як Maximum Power Point Tracking. Спостереження за точкою максимальної потужності (ТММ) сонячного модуля може дати приріст у виробленні енергії приблизно 15-30% порівняно з контролером без стеження за ТММ.

Існує декілька алгоритмів пошуку точки максимальної потужності. Найбільш поширений — коли MPPT контролер постійно робить ітерації за твором струм*напруга на вході і стежить, щоб ця величина була максимальною. Тим самим відстежується точка максимальної потужності сонячного модуля.

Напруга на виході MPPT контролера одно напрузі акумулятора. Воно залежить не від контролера, а від рівня зарядженості АБ. Природно, обмежується на $14,5 \text{ В} \cdot n$ (кількість 12 В в ланцюжку).

МРРТ контролери можуть знижувати напруга сонячної батареї до напруги акумулятора. В цьому випадку струми на боці сонячної батареї зменшуються, тому можна зменшити необхідне перетин проводів. Також, при такому режимі з'являється можливість трохи заряджати акумулятори при низькій освітленості (наприклад, у похмуру погоду, у початку і кінці дня тощо). Практично всі моделі МРРТ контролерів, пропонованих нами, мають функцію перетворення напруги сонячної батареї. Обов'язково подивіться в інструкції до контролера, в яких межах може змінюватися вхідна і вихідна напруга контролера.

Чи може сила струму заряду (після контролера) при розряджених АКБ перевищувати силу струму від СБ? Звичайно, може. Потужності на вході і виході майже однакові (за вирахуванням втрат у контролері, це кілька відсотків).

Оскільки $P=U \cdot I$, при зниженні U зростає I .

Слід враховувати, що ККД перетворення МРРТ контролерів завжди нижче, ніж контролерів без МРРТ. Тому, не завжди використання контролера з МРРТ виправдовує його високу вартість.

МРРТ контролери в використовують наступних випадках:

1. При потужності сонячних батарей більше 300-500 Вт
2. Якщо у вас часто похмура погода; в цьому випадку ви можете використовувати функцію зниження напруги МРРТ контролера і зкомутувати модулі на більш високу напругу. Тим самим ви підвищите напруга в робочій точці, і воно буде вище напруги АБ навіть в похмуру погоду, що дозволить заряджати АБ і при знижених освіщеностях.
3. Якщо ваші сонячні модулі мають нестандартну напругу (наприклад, аморфні або тонкоплівкові модулі)
4. Якщо ваша сонячна батарея знаходиться на значній відстані від акумуляторних батарей — в цьому випадку бажано передавати енергію при більш високій напрузі і меншому струмі. Також, більш висока напруга може бути потрібно, якщо перерізу проводів від СБ до контролера обмежене.

					7.141.180090.ПЗ	Арк.
						32
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Більш детальна інформація щодо принципів роботи і технічних характеристик контролерів з МРРТ знаходиться у відповідному розділі [14].

2.7. Схема електричних з'єднань гібридного джерела безперебійного живлення

Схема електричних з'єднань гібридного джерела безперебійного живлення з чистою синусоїдою дано на рис.2.9, панель управління – на рис.2.10 [13].

Опис схеми, що дана на рис.2.9:

ДБЖ - Інвертор

СЕ - Прилад обліку електроенергії

ТГ - Паливна електростанція (з дистанційним запуском)

АВР - Автоматичне реле вибору живильної лінії

АКБ - Акумуляторна батарея

F1 - Автоматичний вимикач 10А - 40А

F2 - Автоматичний вимикач 10А - 40А

F3 - Автоматичний вимикач 10А - 40А

F4 - Автоматичний вимикач 10А - 40А

У запропонованій схемі мережеве напруга надходить на інвертор АС INPUT через автоматичне реле вибору лінії живлення. До другого входу реле підключена паливна електростанція (дизель - генератор, бензо - електрогенератор) з функцією дистанційного старту.

Мережа гарантованого живлення стабілізованою напругою 220В підключена до виходу інвертора АС OUTPUT.

Для економії палива при відсутності напруги в інверторі передбачено управління запуском паливної електростанції в умовах недостатньої потужності фотоелектричного струму і низького заряду батарей. А також у разі переходу інвертора у режим транзиту.

					7.141.180090.ПЗ	Арк.
						33
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

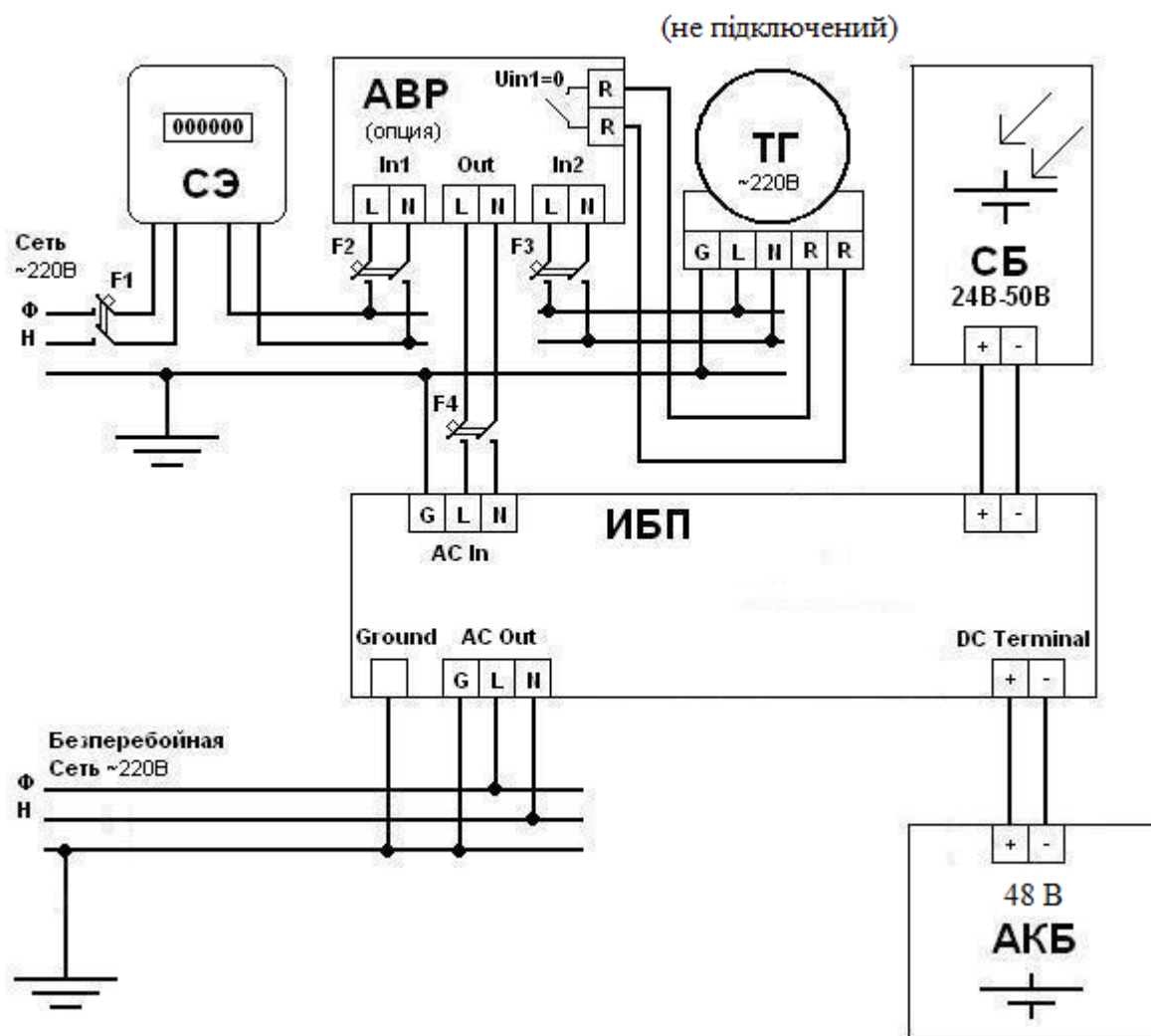


Рис.2.9. Схема електричних з'єднань гібридного безперебійного джерела живлення з синусоїдальним сигналом на виході

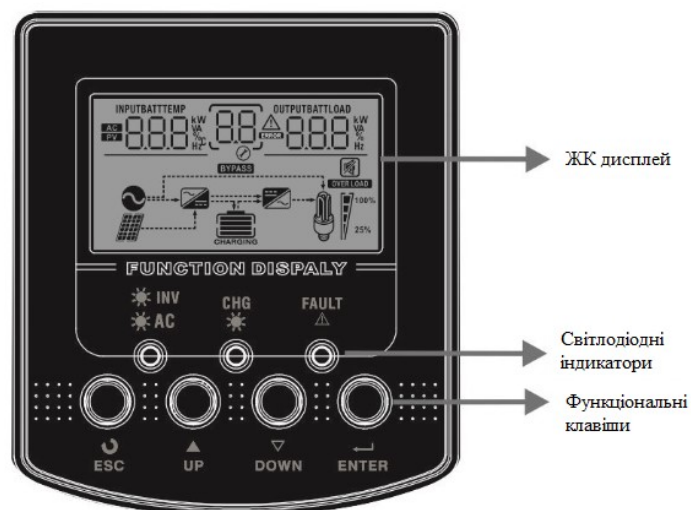


Рис.2.10. Панель управління гібридного перетворювача, який виробляє синусоїдальний сигнал

Розділ 3.

МОДЕЛЮВАННЯ ПОВЕДІНКИ ВІТРОГЕНЕРАТОРУ В ЗАЛЕЖНОСТІ ВІД ШВИДКОСТІ ВІТРУ

Моделювання проводилось у програмному пакеті Matlab згідно зі структурною схемою, наведеною на рисунку 3.1, з наступними вихідними даними: розрахункова швидкохідність $\lambda_d=7$; значення низькочастотної компоненти швидкості вітру $v_s=10$ м/с. При проведенні моделювання оцінювалась поведінка швидкості вітру та швидкості обертання генератора (рис. 3.2). У цьому розділі представлені результати початкового дослідження лічильників GS на ринку: лічильника Graham Stetzer, лічильника EMI (Dirty Electricity) Meter Greenwave (GW-лічильника).

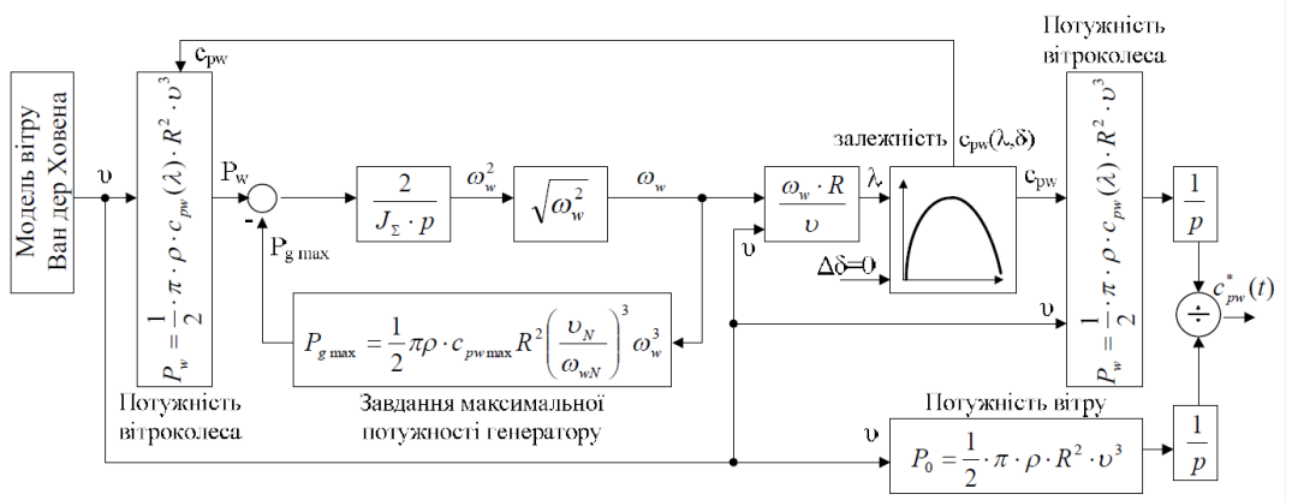


Рис.3.1. Схема для перевірки поведінки швидкості вітру



Рис.3.2. Поведінка швидкості вітру (суцільна лінія) та швидкості обертання вітроколеса (пунктирна лінія)

Рис. 3.2 демонструє, що характер змін швидкості обертання вітроколеса повторює характер змін швидкості вітру за виключенням тих моментів, коли вітер різко змінюється й швидкість обертання вітроколеса не встигає так швидко змінюватись унаслідок великого моменту інерції, але доля високочастотної складової у швидкості вітру, згідно зі спектральною моделлю Ван дер Ховена, є незначною. Тому ці коливання хоча й призводять до відхилення від розрахункової швидкохідності, все ж таки суттєво не впливають на загальний характер процесу, коли швидкість обертання вітроколеса практично слідує змінам швидкості вітру. Характер змін поточної швидкохідності наведений на рисунку 3.3, який демонструє незначні відхилення швидкохідності від розрахункового значення $\lambda_d=7$.

Відхилення швидкохідності від оптимальної призводить до відхилення коефіцієнта потужності вітроколеса від максимального значення. Характер змін коефіцієнта потужності наведений на рис. 3.4.

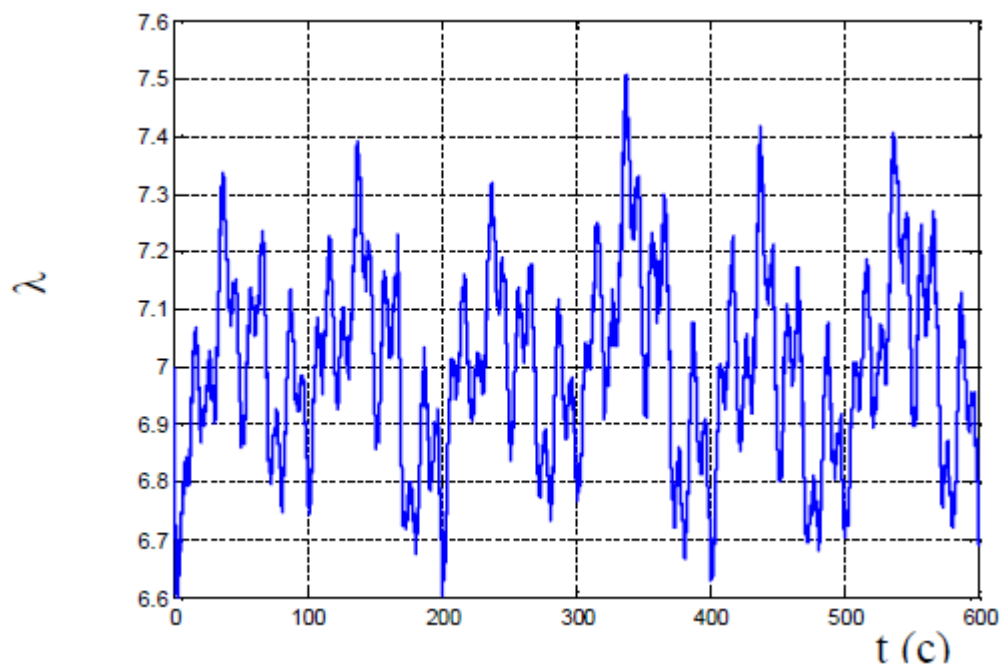


Рис. 3.3 Поведінка поточної швидкості вітроколеса

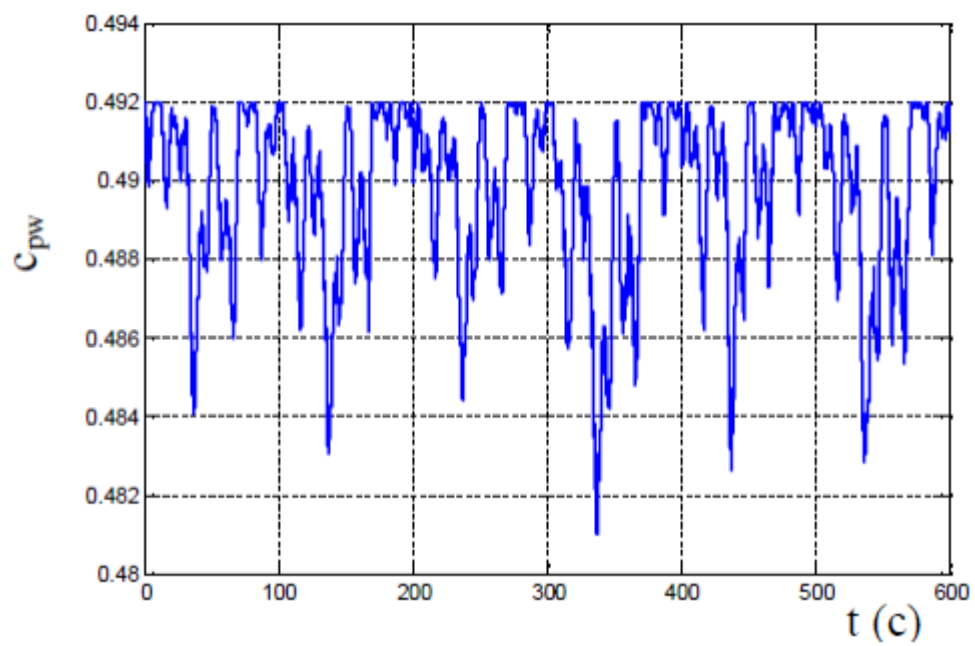


Рис. 3.4. Поведінка коефіцієнта потужності вітроколеса

4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ В НАДЗВИЧНАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

В даному розділі розглянуті правила при роботі з ПЕОМ. Основними захворюваннями при роботі на комп'ютері є захворювання очей, болі у спині, викривлення спини. До усього цього може привести не вірне розташування робочого місця та нехтування вимог щодо охорони праці.

Охорона праці при дослідженні впливу випадкового характеру напруги і струму на енергетичні показники тягового електроприводу постійного струму. При дослідженні впливу випадкового характеру напруги і струму на енергетичні показники тягового електроприводу постійного струму опрацьовано за персональним комп'ютером, але через те, що це електрона техніка вона може негативно впливати на здоров'я людини. Приведемо ряд основних небезпечних та шкідливих факторів:

- підвищений рівень напруги в електричному колі живлення і керування ПК (персональний комп'ютер) , який може привести до електротравми оператора при відсутності заземлення або занулення;
- підвищений рівень напруженості електричного і магнітного полів в широкому діапазоні частот;
- не відповідають санітарним нормам візуальні параметри дисплеїв;
- надлишкові енергетичні потоки синьо-фіолетового світла від екрану дисплея у видимому діапазоні довжин електромагнітних хвиль, що знижують чіткість сприйняття зображення оком;
- знижений або підвищений рівень освітленості;
- підвищений рівень загазованості, особливо в погано вентильованих приміщеннях;
- не відповідають нормам параметри мікроклімату: підвищена температура через постійне нагрівання деталей ПК, знижена вологість, знижена або підвищена швидкість руху (рухливість) повітря робочої зони;

					7.141.180090.ПЗ	Арк.
						38
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- підвищений рівень шуму від працюючих вентиляторів охолодження ПК і принтера, від нерегульованою джерел люмінесцентного освітлення та ін.;

- підвищені зорові навантаження і адинамія очних м'язів, тобто їх мала рухливість при високому статичному зоровому напрузі протягом тривалого часу, що може стати причиною різних очних захворювань;

- підвищене розумове навантаження через великий обсяг переробляється і засвоюється інформації;

- фізичне перенапруження через нерациональну організацію робочого місця (незручні крісла, столи, відсутність підставок для тексту, для ніг і кистей рук та ін.), що в значній мірі посилює напругу м'язів хребта, ніг, рук, шиї, очей;

- зовнішні постійно діючі екологічні фактори: наявність у повітрі робочої зони шкідливих речовин (окису вуглецю, озону, аміаку, оксидів азоту, сірки та ін.);

- зростання інформаційних навантажень ззовні (причому не тільки під час роботи на ПК) викликає додаткові психічні перевантаження, стреси, що також підвищує ймовірність захворювань органів зору та інших найбільш навантажених і ослаблених органів.

Для користувача ПК існує ряд обов'язків, яких він повинен дотримуватись, щоб уникнути проблем із здоров'ям.

Приведемо нижче обов'язки робітника ПЕОМ.

1. Оператор не має права приступати до роботи:

1.1) при відсутності гігієнічного сертифіката (висновку) на ПК;

1.2) при відсутності інформації про результати атестації умов праці на даному робочому місці;

1.3) при наявності інформації про невідповідність параметрів технологічного обладнання вимогам санітарних норм;

1.4) при відсутності захисного заземлення (занулення) пристроїв ПК;

					7.141.180090.ПЗ	Арк.
						39
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.5) при невідповідності параметрів мікроклімату (особливо по температурі і вологості) на робочому місці вимогам санітарних норм;

1.6) при підвищеній запиленості повітря;

1.7) при підвищеній загазованості повітря агресивними і шкідливими речовинами;

1.8) при відсутності захисного приєкранного фільтра, що має гігієнічний сертифікат (висновок), якщо він повинен бути встановлений за результатами атестації робочого місця;

1.9) при відключеному заземлюючому провіднику захисного приєкранного фільтра;

1.10) при відсутності первинних засобів пожежогасіння;

1.11) при відсутності аптечки першої допомоги;

1.12) при порушенні гігієнічних норм розміщення обладнання.

2. До початку роботи оператор зобов'язаний:

2.1) вимити руки з милом і надіти спецодяг;

2.2) відрегулювати освітленість на робочому місці, переконатися у відсутності відображень (відблисків) на екрані і клавіатурі, а також зустрічного світлового потоку;

2.3) оглянути робоче місце і перевірити правильність підключення обладнання до електромережі;

2.4) переконатися в наявності захисного заземлення і підключення екранного провідника до корпусу системного блоку (процесора);

2.5) переконатися в наявності спеціального килимка для пристрою «миша»;

2.6) переконатися у відсутності дискет у дисководах ПК;

2.7) перевірити правильність установки столу, крісла, підставок для ніг і паперів (пюпітра), положення обладнання, утла нахилу екрану; при необхідності відрегулювати положення крісла, а також розташувати обладнання так, щоб виключити незручні пози і тривала напруга тіла.

					7.141.180090.ПЗ	Арк.
						40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3. Оператор зобов'язаний дотримуватися послідовності включення устаткування.

4. Під час роботи оператор зобов'язаний:

4.1) виконувати тільки ту роботу, яка йому була доручена і по якій він був підготовлений;

4.2) тримати в порядку і чистоті робоче місце протягом усього робочого дня;

4.3) тримати відкритими всі вентиляційні отвори пристроїв;

4.4) коректно закрити всі активні завдання при необхідності припинення роботи на відносно короткий час;

4.5) вимкнути ПК, якщо під час перерви в роботі оператор змушений перебувати в безпосередній близькості від терміналу (менш 2 метрів);

4.6) використовувати регламентовані перерви в роботі для відпочинку та виконання рекомендованих вправ для очей, шиї, рук, тулуба, ніг (наведені в додатку 5 до цієї Інструкції);

4.7) вибирати при роботі з текстовою інформацією найбільш фізіологічний режим її подання (наприклад, чорні символи на білому тлі);

4.8) дотримуватися відстані від очей до екрана в межах 60... 80см.

5. Під час роботи оператору забороняється:

5.1) відключати, від'єднувати засоби колективного захисту;

5.2) припиняти користування засобами індивідуального захисту;

5.3) торкатися до задньої панелі системного блоку (процесора) при включеному живленні;

5.4) перемикати роз'єми інтерфейсних кабелів периферійних пристроїв при включеному живленні;

5.5) забруднювати робоче місце папером і іншими предметами, щоб уникнути накопичення пилу;

5.6) проводити відключення-включення живлення без необхідності;

5.7) допускати попадання вологи на поверхню процесора, монітора, клавіатури, дисководів, принтерів та інших пристроїв;

					7.141.180090.ПЗ	Арк.
						41
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5.8). включати сильно охолоджене (наприклад, принесене з вулиці в зимовий час) обладнання;

5.9) включати ПК зі знятими кожухами системного блоку, монітора, принтера та ін.;

5.10) застосовувати нестандартні запобіжники, мережеві і сигнальні кабелі;

5.11) самостійно розкривати і ремонтувати обладнання, якщо це не входить в коло його обов'язків;

5.12) перевищувати норми навантаження, наведені в додатку 1 до цієї Інструкції.

6. Після закінчення роботи оператор зобов'язаний:

6.1) вимкнути обчислювальну техніку в послідовності:

- закрити всі активні завдання;
- переконатися, що в дисководі немає дискет;
- вимкнути живлення системного блоку (процесора);
- вимкнути живлення всіх периферійних пристроїв;
- відключити загальне живлення ПК;

6.2) очистити зовнішні поверхні ПК м'якою тканиною, злегка змоченою розчином нейтрального миючого засобу (господарського мила, шампуню та ін.); при цьому неприпустимо застосування органічних розчинників (ацетону, бензину, спирту та ін.);

6.3) оглянути і привести в порядок робоче місце, помістити засоби індивідуального захисту в шафу, вимити з милом руки і обличчя.

Конструкція робочого столу повинна забезпечувати оптимальне розміщення обладнання та оргтехніки з урахуванням їх конструктивних особливостей (розмір ПК, клавіатури, пулітра та ін.) і характеру виконуваної роботи

					7.141.180090.ПЗ	Арк.
						42
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

Збільшення кількості населення і збільшення потреб призвело до збільшення використання природних ресурсів. Як відомо, природні ресурси є вичерпними. Дана проблема призвела до пошуку автономних джерел живлення та перетворення природних явищ в енергію для побутового використання. Шляхом до вирішення даної потреби є дослідження та створення різних типів установ які можуть перетворити природні явища в джерела енергії. На жаль, головною проблемою є ряд недоліків який відслідковується в відсутності вітру або сонця (невизначений період) на певних територіях. Також недоліком є дороговартість таких установ та незацікавленість людей у збереженні ресурсів планети. Та людство вже не може уявити свого життя без певних зручностей. Тому метою даної магістерської роботи було дослідження, аналіз та порівняння найпоширеніших гібридних установ.

Головним завданням було знаходження оптимального варіанту забезпечення живлення від природних явищ (без перебоїв у безсонячні та безвітряні дні) віддалених телекомінікаційних пунктів для інформування населення. У процесі дослідження було розглянуто ряд установок які працюють від природних явищ. Найоптимальнішим варіантом виявилось створення гібридної (вітрово-сонячної установки) для забезпечення живлення. Даний тип установки забезпечить живленням телекомунікаційний пункт та невелике селище.

За допомогою моделювання було проведено дослідження ефективності вітрової установки та втрата енергії при різкій зміні вітру. Висновки такі, що нове науково-технічне дослідження, яке пропонується дослідником є доцільним і досить успішним. Також в результаті проведення економічних розрахунків, було встановлено, що термін окупності розробки менше семи років, а розрахований кошторис витрат на проведення наукового

					7.141.180090.ПЗ	Арк.
						43
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

дослідження за темою даної дипломної роботи є доступним і тому дане дослідження цілком виправдане.

					7.141.180090.ПЗ	Арк.
						44
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Hybrid power plants (wind- or solar-diesel). TH-Energy.net – A platform for renewables & mining. Архів оригіналу за 8 листопада 2016. Процитовано 12 травня 2015.
2. Amanda Cain (22 січня 2014). What Is a Photovoltaic Diesel Hybrid System?. RenewableEnergyWorld.com. Архів оригіналу за 25 травня 2017. Процитовано 12 березня 2021.
3. Kunal K. Shah, Aishwarya S. Mundada, Joshua M. Pearce. Performance of U.S. hybrid distributed energy systems: Solar photovoltaic, battery and combined heat and power. Energy Conversion and Management 105, pp. 71–80 (2015). DOI: 10.1016/j.enconman.2015.07.048. Архів оригіналу за 22 квітня 2019. Процитовано 12 березня 2021.
4. New study: Hybridising electricity grids with solar PV saves costs, especially benefits state-owned utilities. SolarServer.com. 31 травня 2015. Архів оригіналу за 26 липня 2015.
5. Renewable Energy in Hybrid Mini-Grids and Isolated Grids: Economic Benefits and Business Cases. Frankfurt School – UNEP Collaborating Centre for Climate & Sustainable Energy Finance. May 2015. Архів оригіналу за 20 серпня 2018. Процитовано 12 березня 2021.
6. Hybrid Wind and Solar Electric Systems. energy.gov. DOE. 2 липня 2012. Архів оригіналу за 6 вересня 2015. Процитовано 12 березня 2021.
7. Solar Reserve awarded AU\$78/MWh Concentrated Solar Power contract. Архів оригіналу за 23 жовтня 2020. Процитовано 23 серпня 2017.
8. SolarReserve Bids 24-Hour Solar At 6.3 Cents In Chile. Архів оригіналу за 23 жовтня 2020. Процитовано 29 серпня 2017.
9. Aurora: What you should know about Port Augusta's solar power-tower. Архів оригіналу за 22 серпня 2017. Процитовано 22 серпня 2017.

					7.141.180090.ПЗ	Арк.
						45
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

10. Cheap Baseload Solar At Copiapó Gets OK In Chile. Архів оригіналу за 16 вересня 2017. Процитовано 1 вересня 2017.
11. Інвертори для сонячних станцій: як вибрати і в чому відмінності? [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://solarteam.com.ua/solar-inverters-how-to-choose/>
12. Гибридный солнечный инвертор 5 кВт Своя Енергія by Must PH18-5048 PLUS [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://solarteam.com.ua/solar-inverters-how-to-choose/https://svoya-energy.com.ua/ru/product/gibridnyj-solnechnyj-invertor-must-ph18-5048-plus-2/>
13. ГИБРИДНЫЙ ИНВЕРТОР AXEN.IS-2000 +СТАБИЛИЗАТОР 2000ВА (1400ВТ), 24В + MPPT КОНТРОЛЕР 40А, 24В. URL: <https://energiya-prirody.prom.ua/ua/p624363981-gibridnyj-invertor-axenis.html>
14. Питання та відповіді по контролери заряду для сонячних батарей URL: <https://specantenna.com.ua/ua/a435705-voprosy-otvety-kontrolleram.html>

					7.141.180090.ПЗ	Арк.
						46
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

СПИСОК ГРАФІЧНИХ РОБІТ

- 1) Порівняльні характеристики альтернативних джерел електроенергії.
Актуальність, мета та об'єкт роботи;
- 2) Гібридні сонячні електростанції;
- 3) Схема електричних з'єднань гібридного джерела
безперебійного живлення;
- 4) Моделювання поведінки вітрогенератору в залежності від швидкості
вітру.

					7.141.180090.ПЗ	Арк.
						47
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ДОДАТОК

					7.141.180090.ПЗ	Арк.
						48
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ПОРІВНЯЛЬНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ АЛЬТЕРНАТИВНИХ ДЖЕРЕЛ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ. АКТУАЛЬНІСТЬ, МЕТА та ОБ'ЄКТ РОБОТИ

Актуальність, мета та об'єкт роботи

- **Об'єкт розробки** — малопотужна гібридна електростанція.
- **Мета роботи** — розробити малопотужну гібридну електростанцію з використанням сонячної та вітрової енергетики.
- **Актуальність** — вирішення питання покращення параметрів якості електроенергії, забезпечення стабільності електропостачання споживачів, використання «чистих» способів вироблення електроенергії і резервування споживачів першої, а іноді і другої й третьої категорії електропостачання потребує негайного вирішення. Гостроти набуває це питання в умовах воєнного часу в Україні.
- **Відновлювальна енергетика (ВЕ)** — область господарювання, науки і техніки, що охоплює виробництво, передачу, перетворення, накопичення і споживання електричної, теплової та механічної енергії за рахунок використання в якості первинних енергоресурсів відновлювальних джерел енергії (ВДЕ), а тема дипломної магістерської роботи, яка пов'язана із розробкою гібридної малопотужної електростанції є **актуальною**.

Що краще — вітрогенератор чи сонячна батарея?

Енергетичний потенціал вітрової енергетики в Україні



Необхідна площа під спорудження ВЕС становить 2500-3000 км², що досяє реально з урахуванням міліководної частини Азовського та Чорного морів. За іншими оцінками в Україні можна використати 7000 км² земель для будівництва ВЕС сумарною потужністю 35000 МВт, що дозволить забезпечити біля 2,5 відсотків від загального річного електроспоживання в Україні.

ПОРІВНЯЛЬНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ АЛЬТЕРНАТИВНИХ ДЖЕРЕЛ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ

Енергетичний потенціал відновлювальних енергоресурсів планети

Відновлювальні енергоресурси	Енергетичний потенціал відновлювальних енергоресурсів, млрд т у рік		
	Сонячний	Вітряний	Водний
Прямий сонячний	60000	5	1
Теплова енергія сонячної	7500	1	0,1
Вітряна енергія	300	5	1
Гідроенергія, поверхня	8,065	8	1,53
Енергія річок	3	2,81	1,3
Енергія хвиль	3	0,03	0,01
Енергія приливів	0,065	0,04	0,01
Енергія вітрів, поверхня	40	2,53	2,0
Земля	15	1,5	1,3
Риби	10	1,0	0,3
Водорості	12	0,05	0
Геохімічні ресурси	16	0,4	1,2
Всього	94422,065	16,93	6,2



Доля в загальному енергетичному балансі різних джерел електричної енергії



Прогнозований потенціал відновлювальних джерел електричної енергії в Європі

Потенціал енергії відновлювальних джерел в Україні

№	Напрямок освоєння ВДЕ	Річний технічний енергетичний потенціал	
		млрд кВт·год/рік	млн т у.д.т/рік
1	Вітроенергетика	79,8	28,0
2	Сонячна енергетика	38,3	0,0
3	Мала гідроенергетика	8,6	3,0
4	Біоенергетика	178	31,0
5	Геохімічна та теплова енергетика	97,6	12,0
6	Енергетика довкілля	146,3	18,0
Загальний обсяг технічного потенціалу ВДЕ		546,3	96,0

Висновок: Якщо ви шукаєте альтернативне енергопостачання та живете у відкритій, гірській місцевості або поруч із морем, можна скористатися перевагами вітрогенератора. В інших випадках доцільніше встановлювати сонячні батареї. Якщо ви прагнете автономного, надійного електропостачання, можна в одній комбінованій системі скористатися вигодами як вітрогенератора, так і сонячної батареї.

Порівняльні характеристики альтернативних джерел електроенергії. Актуальність, мета та об'єкт роботи

Розробка малопотужної гібридної електростанції

Додаток Б

7.141.180090.01

Літ.

Маса

Масштаб

1

1 : 1

Арк.

49

Аркушів

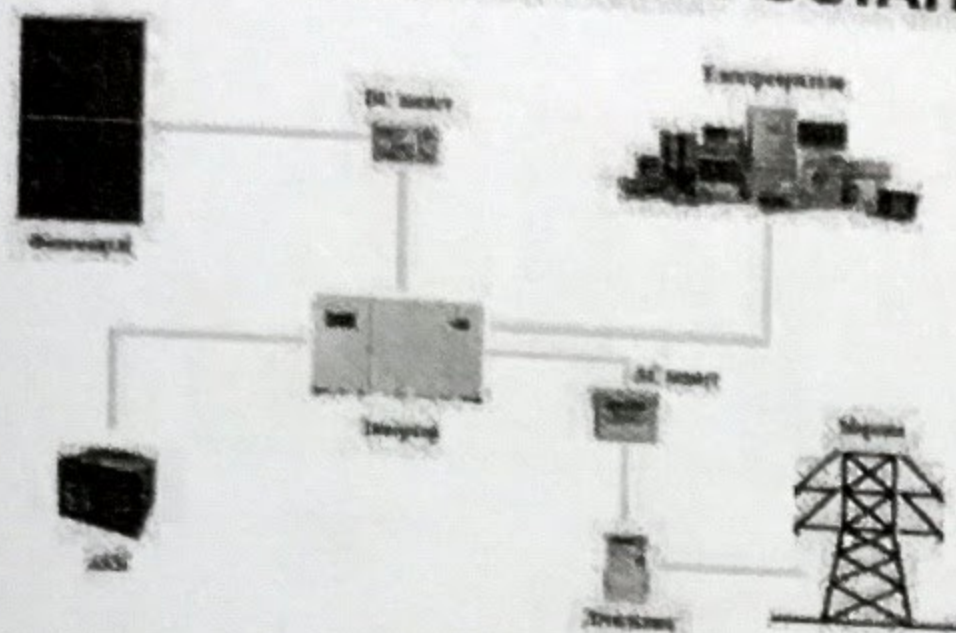
52

Український державний університет науки і технологій, група EE2221

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
Розроб.		Дихтяр О.В.	<i>[Signature]</i>	20.12.23
Перевір.		Муха А.М.	<i>[Signature]</i>	21.12.23
Т. Контр.				
Реценз.				
Н. Контр.		Карзова О.О.	<i>[Signature]</i>	21.12
Затверд.		Муха А.М.	<i>[Signature]</i>	21.12

ГІБРИДНІ СОНЯЧНІ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ

ГІБРИДНІ СОНЯЧНІ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ

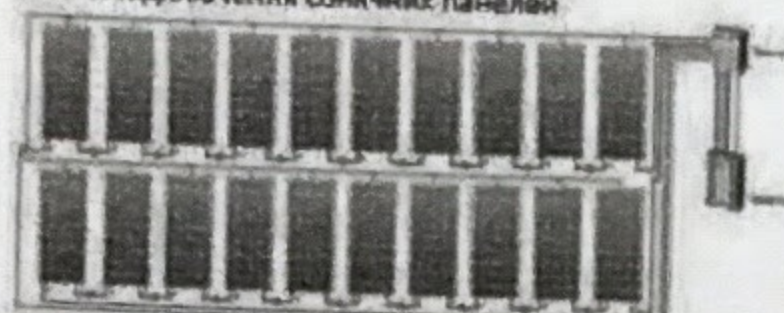


Схематичне зображення системи гібридної СЕС

Характеристики сонячної панелі гібридної електростанції

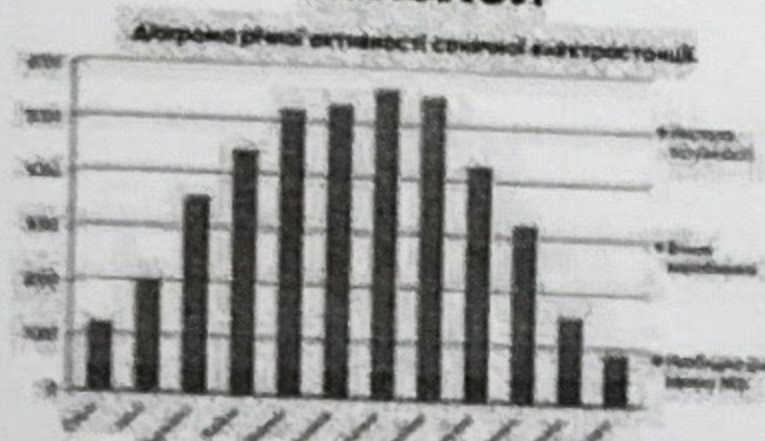
Характеристика	Значення	Одиниця виміру
Тип модуля	Монокристалічний	
Потужність модуля, P _{mod}	540	Вт
Номінальна напруга, U _{ном}	34	В
ККД	20,7	%
Струм при максимальній потужності	17,17	А
Напруга при максимальній потужності	31,46	В
Максимальна потужність в системі	1500	В
Робочі параметри максимального оптимізація для довгої форми	40 до 85	°С
Габарити	2184 x 1066 x 35	мм
Вага	19	кг

Схеми підключення сонячних панелей



Загалом, 40 сонячних панелей – максимальна кількість панелей із заданими параметрами: напруга живлення 24 В; потужність панелі 540 Вт.

Вибір і розрахунок кількості сонячних панелей



Діаграма рівної активності гібридної сонячної електростанції

Генерація та енергоспоживання об'єкту											
15.12	20.05	22.07	24.04	27.06	29.08	31.09	03.11	05.12	07.01	09.02	11.03
35.0	48.0	51.0	39.0	51.0	59.0	33.0	31.0	90.0	27.0	30.0	51.0

Вибір акумулятору 48 В сонячної гібридної електростанції

Вибірні дані для розрахунку: напруга $U_{ном} = 48$ В.
Кількість акумуляторів залежить від навантаження і параметрів інвертора. Якщо в середньому протягом доби використовується $P_{доб} = 5$ кВт год, то можна визначити розрядку ємність акумулятора Q_p , який споживатиме акумуляторна батарея за формулою:

$$Q_p = \frac{P_{доб}}{U_{ном}} \quad I_p = \frac{P_{доб}}{U_{ном}} = \frac{5000}{48} = 104 \text{ А год}$$

Врахуємо запас розрядної ємності акумулятора 20...30%, $Q_{пр}$ – розрахункова розрядна ємність акумулятора.

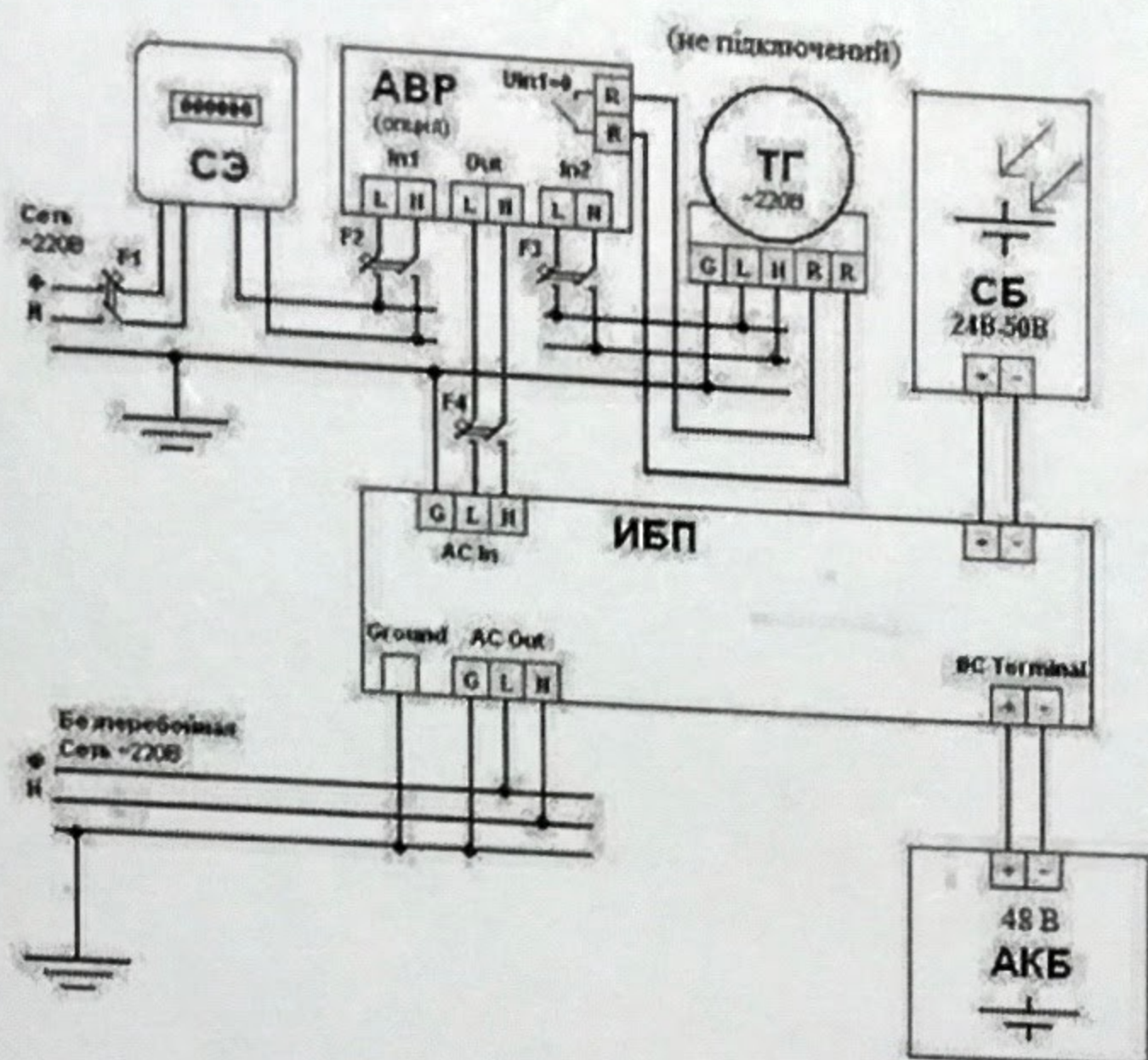
$$Q_{пр} = 1,25 Q_p = 1,25 \cdot 104 = 130 \text{ А год}$$

Вибір контролера заряду акумуляторною батареєю

MPPT розшифровується як Maximum Power Point Tracking. Спостереження за точкою максимальної потужності (ТММ) сонячного модуля може дати приріст у виробленні енергії приблизно 15-30% порівняно з контролером без стеження за ТММ. MPPT контролери можуть знижувати напругу сонячної батареї до напруги акумулятора. В цьому випадку струм на боці сонячної батареї зменшуватиметься, тому можна зменшити необхідне перетини проводів. Також, при такому режимі з'являється можливість трохи заряджати акумулятори при низькій освітленості (наприклад, у хмарну погоду, у початку і кінці дня тощо).

					Гібридні сонячні електростанції			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Розробка малопотужної гібридної електростанції	Літ.		Масштаб
Розроб.		Діхтяр О.В.	<i>Діхтяр</i>	30.07.24				1 : 1
Перевір.		Муха А.М.	<i>Муха</i>	31.08	Додаток 7.141.180090.02	Арк. 50		Аркушів 52
Т. Контр.						Український державний університет науки і технологій, група EE2221		
Реценз.								
Н. Контр.		Карзова О.О.	<i>Карзова</i>	24.12				
Затверд.		Муха А.М.	<i>Муха</i>	14.12				

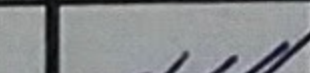
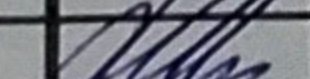
СХЕМА ЕЛЕКТРИЧНИХ З'ЄДНАНЬ ГІБРИДНОГО ДЖЕРЕЛА БЕЗПЕРЕБІЙНОГО ЖИВЛЕННЯ



ДБЖ - Інвертор
 СЗ - Прилад обліку електроенергії
 ТГ - Паливна електростанція (з дистанційним запуском)
 АВР - Автоматичне реле вибору живильної лінії
 АКБ - Акумуляторна батарея
 F1 - Автоматичний вимикач 10А - 40А
 F2 - Автоматичний вимикач 10А - 40А
 F3 - Автоматичний вимикач 10А - 40А
 F4 - Автоматичний вимикач 10А - 40А

Переваги і недоліки сонячної енергетики

- використання поновлюваного, екологічно чистого джерела енергії;
- можливість мати додатковий прибуток від продажу електроенергії за «зеленим» тарифом;
- зниження витрат на рахунки за електрику;
- зниження залежності від постійно зростаючих тарифів для населення та підприємств;
- простота встановлення та мінімальне обслуговування;
- можливість автономної роботи без підключення до централізованої системи;
- зниження залежності споживачів від енергосистеми при частих перебоях енергопостачання чи віялових відключеннях;
- довговічність експлуатації - до 25 років;
- швидка окупність сонячної електростанції - до 5 років залежно від її потужності та типу
- високі початкові інвестиції у встановлення СЕС;
- продуктивність батарей прямо пропорційно залежить від освітленості, яка, у свою чергу, залежить від погоди, часу доби та пори року;
- для встановлення батарей необхідно не затінене місце - зазвичай їх встановлюють на дахах будинків або землі

					Схема електричних з'єднань гібридного джерела безперебійного живлення					
					Розробка малопотужної гібридної електростанції	Літ.		Маса	Масштаб	
									1	1 : 1
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		Арк.	51	Аркушів	52	
Розроб.		Діхтяр О.В.		20.12.24						
Перевір.		Муха А.М.		20.12						
Т. Контр.										
Реценз.										
Н. Контр.		Карзова О.О.		20.12	Додаток 7.141.180090.03	Український державний університет науки і технологій, група EE2221				
Затверд.		Муха А.М.		20.12						

МОДЕЛЮВАННЯ ПОВЕДІНКИ ВІТРОГЕНЕРАТОРУ В ЗАЛЕЖНОСТІ ВІД ШВИДКОСТІ ВІТРУ

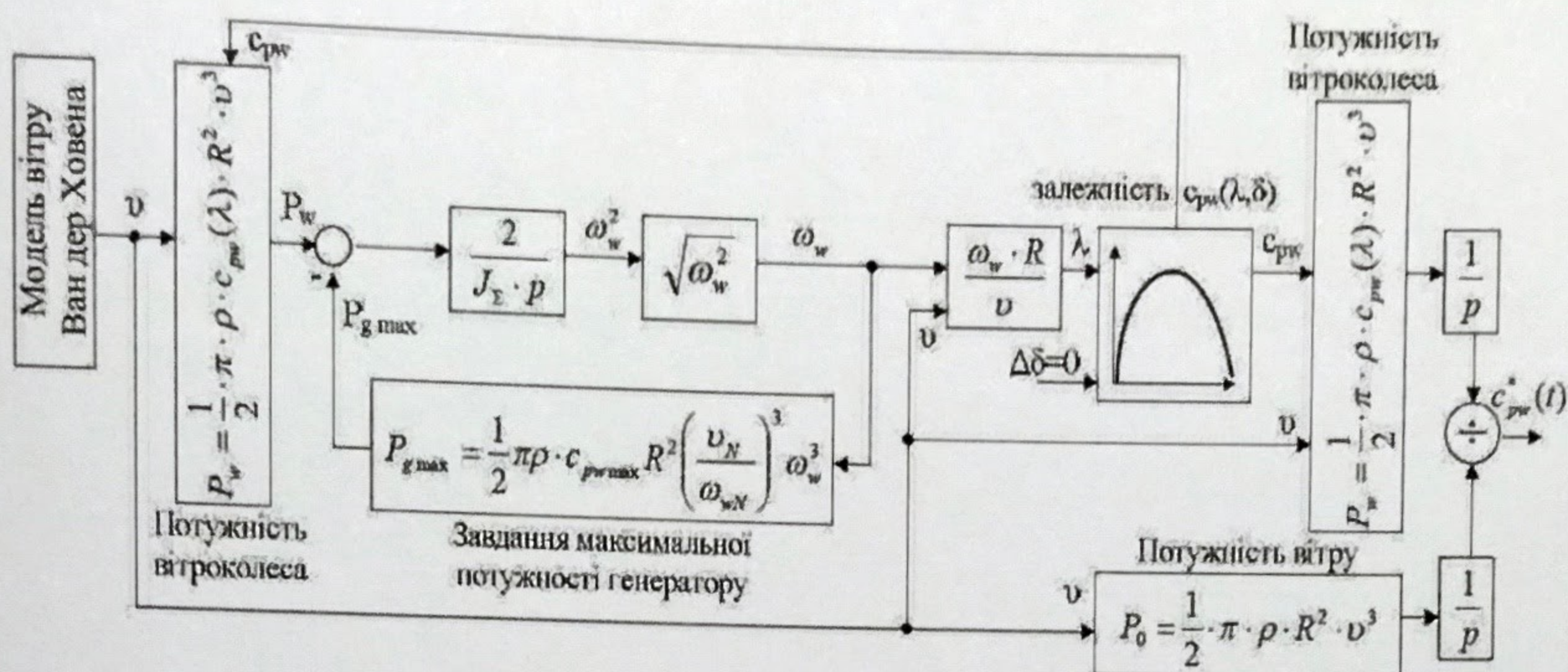
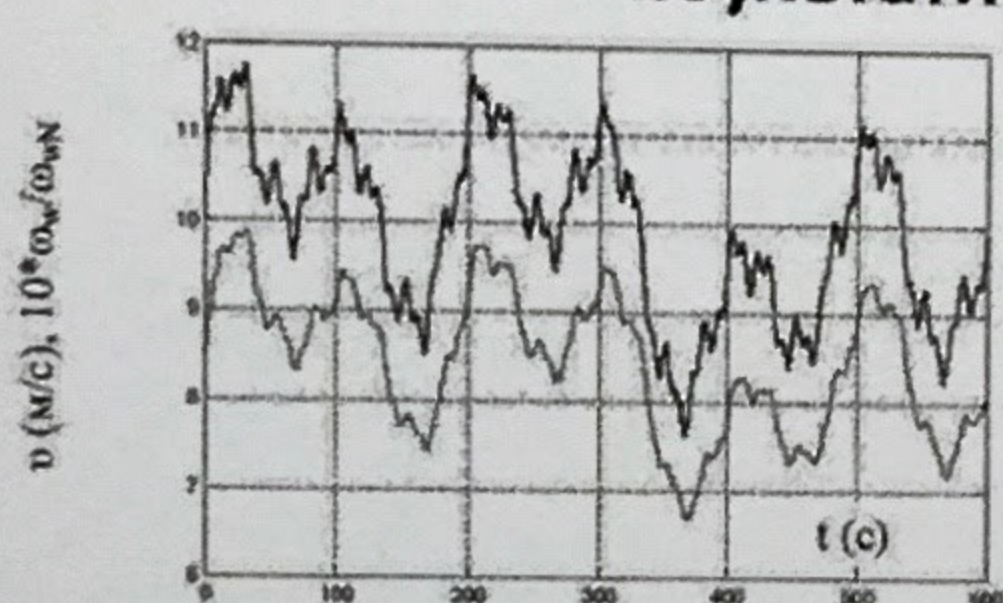


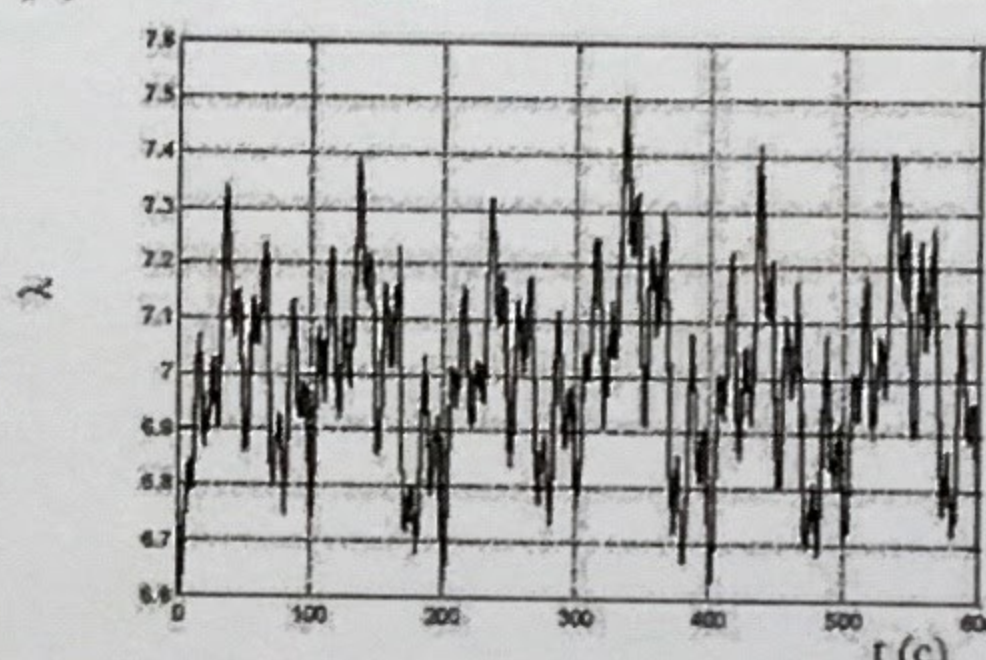
Схема для перевірки поведінки швидкості вітру

Результати моделювання

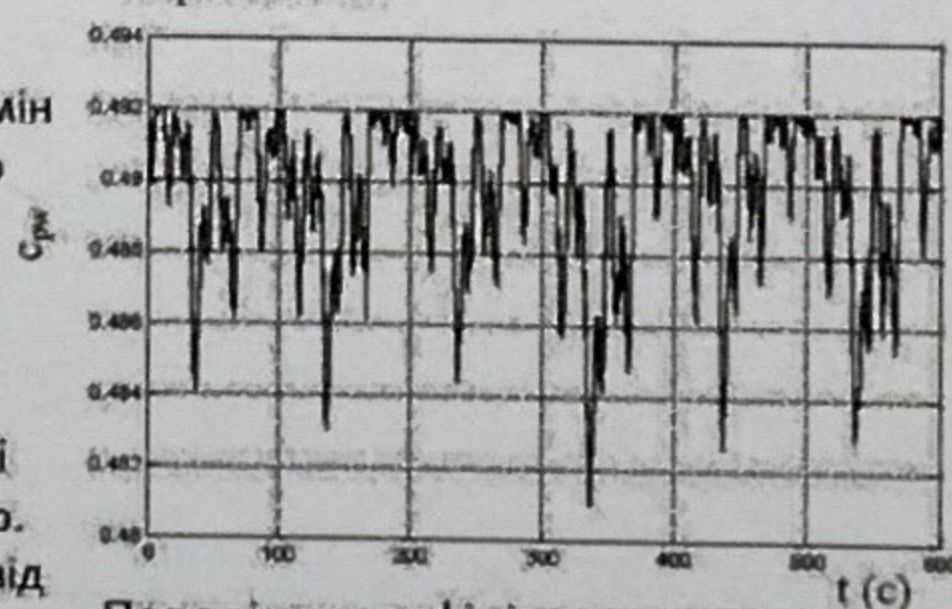


Поведінка швидкості вітру (суцільна лінія) та швидкості обертання вітроколеса (пунктирна лінія)

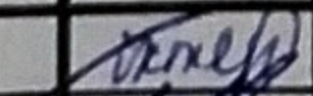
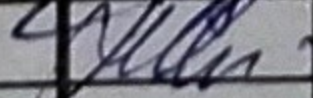
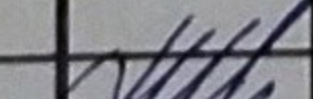
Висновок. Моделювання демонструє, що характер змін швидкості обертання вітроколеса повторює характер змін швидкості вітру за виключенням тих моментів, коли вітер різко змінюється й швидкість обертання вітроколеса не встигає так швидко змінюватись унаслідок великого моменту інерції, але доля високочастотної складової у швидкості вітру, згідно зі спектральною моделлю Ван дер Ховена, є незначною. Тому ці коливання хоча й призводять до відхилення від розрахункової швидкості, все ж таки суттєво не впливають на загальний характер процесу.



Поведінка поточної швидкості вітроколеса



Поведінка коефіцієнта потужності вітроколеса

					Моделювання поведінки вітрогенератору в залежності від швидкості вітру					
					Розробка малопотужної гібридної електростанції	Літ.			Маса	Масштаб
									1	1 : 1
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		Арк.	52	Аркушів 52		
Розроб.		Діхтяр О.В.		20.10.23						
Перевір.		Муха А.М.		21.10.23						
Т. Контр.										
Реценз.					Додаток 7.141.180090.04	Український державний Університет науки і технологій, група ЕЕ2221				
Н. Контр.		Карзова О.О.		21.10.23						
Затверд.		Муха А.М.		21.10.23						