

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ МІСЬКОГО
ГОСПОДАРСТВА імені О. М. БЕКЕТОВА

Навчально-науковий інститут енергетичної, інформаційної та
транспортної інфраструктури

Кафедра альтернативної електроенергетики та електротехніки

Пояснювальна записка
до дипломного проєкту (роботи)
бакалавра
на тему:

«ГІБРИДНА ВІТРОСОНЯЧНА УСТАНОВКА ДЛЯ ЖИВЛЕННЯ
АВТОЗАПРАВНОЇ СТАНЦІЇ»

Виконала: студентка 3 курсу,
групи НВДЕ 2023–1у
спеціальності 141 – Електроенергетика,
електротехніка та електромеханіка
(Нетрадиційні та відновлювальні джерела
енергії)



Т.О. Трохимець

Керівник



М.Л. Глєбова

Рецензент



О.Б. Єгоров

Харків – 2026

ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ МІСЬКОГО
ГОСПОДАРСТВА імені О.М. БЕКЕТОВА

ННІ Енергетичної, інформаційної та транспортної інфраструктури
Кафедра Альтернативної електроенергетики та електротехніки
Освітньо-кваліфікаційний рівень Бакалавр
Спеціальність 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка
Освітня програма Нетрадиційні та відновлювальні джерела енергії

«ЗАТВЕРДЖУЮ»
завідувач кафедри АЕЕ



доц. О.Б. Єгоров

“ 14 ” червня 2026 року

З А В Д А Н Н Я
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ СТУДЕНТУ
Трохимець Тетяні Олександрівні

1. Тема проєкту: Гібридна вітросонячна установка для живлення автозаправної станції

керівник проєкту (роботи) Глебова Марина Леонідівна, канд. техн. наук, доцент
затверджені наказом вищого навчального закладу 22.05.2026 року № 440-03.

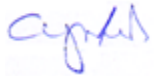
2. Строк подання студентом проєкту 14 червня 2026 року.

3. Вихідні дані до проєкту (роботи): Характеристика АЗС. Кліматичні особливості місця розташування АЗС. Перелік споживачів електроенергії

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): Характеристика автозаправної станції. Обґрунтування альтернативного джерела живлення. Вибір типу вітрової установки та її розрахунок. Розрахунок сонячної установки. Розробка загальної схеми та підбір комплектуючих. Охорона праці при монтажі СЕС.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень):
1) Характеристики АЗС та місця розташування. 2). Споживання електроенергії. 3). Можливі схеми живлення та розміщення ВЕУ. 4). Схилення Сонця та розташування сонячної установки. 5). Сонячна панель та її характеристики

6. Консультанти розділів проєкту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Розрахункова частина	Глебова М. Л., доцент каф. АЕЕ		
Охорона праці	Серіков Я.О., доцент каф. ОП та БЖД		

7. Дата видачі завдання 25 травня 2026 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проєкту (роботи)	Строк виконання етапів проєкту (роботи)	Примітка
1	Обґрунтування необхідності незалежного джерела живлення	25.05.2026-27.05.2026	
2	Розробка вітрової частини живлення АЗС	28.05.2026-30.05.2026	
3	Розробка сонячної частини живлення АЗС	31.05.2026-3.06.2026	
4	Побудова схеми джерела живлення. Складові елементи	04.06.2026-06.06.2026	
5	Розробка заходів з охорони праці	07.06.2026-10.06.2026	
6	Підготовка та подання дипломної роботи до захисту.	11.06.2026-14.06.2026	

Студент  Тетяна Трохимець

Керівник  Марина Глебова

РЕФЕРАТ

Дипломна робота бакалавра: 73 сторінки пояснювальної записки, 5 розділів, 34 рисунки, 17 таблиць, 4 аркуші графічної частини, 22 використаних джерел інформації.

Мета роботи полягає в розробці автономної енергетичної установки для живлення автозаправної станції. В першому розділі обґрунтована необхідність застосування такого джерела, наведені кліматичні характеристики місця розташування, після аналізу споживання електроенергії протягом 2019 – 2021 років визначена розрахункова потужність АЗС, яка становить 5 кВт.

Вітрові потоки в зоні АЗС невеликі (середня швидкість біля 4 м/с) та наявні, головним чином, в осінній і зимовий період – застосування вітрової установки не гарантує живлення АЗС в інші періоди. Сонячна енергія переважно може використовуватись весною та літом. Таким чином прийняте рішення про застосування гібридного джерела, яке може забезпечувати електроенергією протягом усього року за рахунок вітрової та сонячної складових.

Виконаний розрахунок вітрової установки з електричним генератором на постійних магнітах. Сонячна установки передбачає використання 20 панелей потужністю 270 Вт, встановлених на даху АЗС. Для сумісної роботи двох установок підібраний гібридний контролер, акумулятори та інвертор.

В розділі охорони праці аналізується системи управління охороною праці в Україні, визначені шкідливі та небезпечні фактори при монтажу СЕС і запропоновані заходи забезпечення безпеки персоналу під час монтажу та експлуатації сонячних панелей. Розглянуті питання пожежної безпеки та надання першої долікарської допомоги при нещасних випадках.

Ключові слова: ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ, ВІТРОВА УСТАНОВКА, СОНЯЧНА УСТАНОВКА, ВІТРОКОЛЕСО, СИНХРОННИЙ ГЕНЕРАТОР, ІНВЕРТОР, АКУМУЛЯТОРИ, БЕЗПЕКА, НЕВІДКЛАДНА ДОПОМОГА

ЗМІСТ

ВСТУП	8
1 ОБҐРУНТУВАННЯ НЕОБХІДНОСТІ НЕЗАЛЕЖНОГО ДЖЕРЕЛА ЖИВЛЕННЯ	10
1.1 Загальна характеристика автозаправної станції, місця розташування та електричного навантаження	10
1.2 Аналіз споживання електроенергії. Розрахункове електричне навантаження автозаправної станції	15
1.3 Вибір можливих джерел електричного живлення АЗС	18
Висновок за розділом 1	22
2 РОЗРОБКА ВІТРОВОЇ ЧАСТИНИ ЖИВЛЕННЯ АЗС	23
2.1 Вибір типу вітрової установки та розрахунок її потужності	23
2.2 Вибір профілю лопаті та розрахунок її параметрів	26
2.3 Вибір генератора для ВЕУ	35
Висновок за розділом 2	37
3 РОЗРОБКА СОНЯЧНОЇ ЧАСТИНИ ЖИВЛЕННЯ АЗС	38
3.1 Загальні вимоги до розміщення СЕС	38
3.2 Підбір сонячної установки	40
3.2.1 Розрахунок необхідної кількості панелей. Визначення площі для їх встановлення	42
Висновок за розділом 3	42
4 ПОБУДОВА СХЕМИ ДЖЕРЕЛА ЖИВЛЕННЯ. СКЛАДОВІ ЕЛЕМЕНТИ	43
4.1 Вибір контролера	43
4.2 Акумуляторна батарея	45
4.3 Інвертор	48
Висновки за розділом 4	50
5 ОХОРОНА ПРАЦІ	51
5.1 Загальна характеристика системи охорони праці	51
5.2 Опис і характеристика автозаправної станції та джерела її живлення	54

5.3 Шкідливі та небезпечні фактори при монтажу СЕС _____	55
5.4 Заходи безпеки під час монтажу та експлуатації сонячних панелей ____	56
5.5 Модернізація мережі 0,4 кВ АЗС з метою підвищення безпеки людей __	58
5.6 Розрахунок додаткового пристрою заземлення вітрової установки ____	61
5.7 Пожежна безпека на АЗС з гібридною електростанцією _____	63
5.8 Надання першої долікарської допомоги при нещасних випадках ____	66
5.8.1 Надання допомоги при механічній травмі _____	67
Висновки за розділом 5 _____	68
ВИСНОВКИ _____	69
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ІНФОРМАЦІЇ _____	71

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

НЕК – Національна енергетична компанія;
АЗС – автозаправна станція;
АЗК – автозаправний комплекс;
СП – самоутримний ізольований провід;
ВЕС – Вітрова електростанція;
СЕС – сонячна електростанція;
ВЕУ – вітрова енергетична установка;
ККД – коефіцієнт корисної дії;
ФЕ – фотоелемент;
АКБ – акумуляторна батарея;
НШВФ – небезпечний та шкідливий виробничий фактор;
ПУЕ – Правила улаштування електроустановок;
ВВП – Вогнегасник водо-пінний;
ВВПА – Вогнегасник водо-пінний аерозольний.
СГПМ – Синхронний генератор із збудженням від постійних магнітів;
НПАОП – Нормативно-правові акти з охорони праці;
ДСН – Державні санітарні норми;
ДБН – Державні будівельні норми;
НАПБ – Нормативні акти з пожежної безпеки.

ВСТУП

Розвиток будь-якої держави, в першу чергу, визначається розвитком енергетики. Україна не є винятком. Звичайно, енергетичні системи різних держав відрізняються одна від одної в силу того, що для отримання електроенергії використовуються наявні ресурси енергоносіїв.

Для України це атомна енергія, вугілля, мазут, природний газ, гідравлічна енергія, незначною мірою біологічне паливо. В останні роки значно зріс інтерес до отримання електроенергії з відновлюваних джерел, якими є сонце, вітер, геотермальна та мала водна енергетика.

Енергетична система України є складним цілісним механізмом і складається з підприємств, які генерують електроенергію та віддають її в зовнішню мережу за допомогою ліній електропередачі разом з підстанціями.

Слід зауважити, що, лінії є власністю держави та на сьогодні приватизації не підлягають. Також держава володіє всіма АЕС, великими ГЕС і частково ТЕЦ та ТЕС, але їх більша частина є приватною власністю. Декілька ТЕЦ знаходяться в комунальній власності.

Загальне управління електроенергетикою здійснює Національна енергетична компанія (НЕК) «Укренерго», яка підпорядковується Міністерству енергетики України.

Обмеженість власних енергетичних ресурсів та світові тенденції в галузі енергетики в останні роки активізували розвиток альтернативної енергетики, в першу чергу сонячної та вітрової, причому сонячна випереджає вітрову.

Це і зрозуміло – вітроенергетика вимагає значних інвестицій у будівництво вітрових установок, їх непросте обслуговування під час експлуатації, складніша процедура дозволів на встановлення вітряків з виконанням екологічних вимог. Встановлення ж сонячних електростанцій не потрапляє в сферу застосовування закону про вплив на довкілля.

Енергосистема України є надто централізованою і, як показало життя під час воєнних дій, тільки завдяки деякій диверсифікації електропостачання та об'єднання з енергетичною системою ЄС ENTSO-E, національна енергетика вистояла, забезпечивши імпорту мінімально необхідних обсягів електричної енергії.

Для підвищення стійкості енергосистеми необхідно збільшувати кількість розосереджених по всій Україні невеликих джерел генерації, які важко пошкодити одночасно.

Рішенням можуть бути невеликі ТЕЦ, що є когенераційними установками, які одночасно виробляють електричну та теплову енергію.

Непоганим вирішенням проблеми є і сонячні електростанції та вітрові турбіни, хоча вони не дають стабільної генерації. Енергетичні установки можуть мати потужність від декількох кіловат до декількох МВт.

За відсутності стаціонарної електричної мережі вітрові енергетичні установки в будь-якому разі є незамінними, оскільки генератори з двигунами внутрішнього згоряння дуже дорогі при тривалому використанні, створюють масу проблем з обслуговування та значний шум. Використання тільки більш дешевих сонячних панелей, дозволить задовольнити потреби в електричній енергії тільки весною, влітку і восени.

Набагато вигідніше використовувати комбіновані вітро-сонячні установки, особливо для невеликих споживачів.

В даній роботі розглядаються питання автономного електропостачання невеликої автозаправної станції з застосуванням вітрової та сонячної установок.

1 ОБҐРУНТУВАННЯ НЕОБХІДНОСТІ НЕЗАЛЕЖНОГО ДЖЕРЕЛА ЖИВЛЕННЯ

1.1 Загальна характеристика автозаправної станції, місця розташування та електричного навантаження

Автозаправні станції (АЗС) – це своєрідні підприємства, головною метою яких є заправка паливом транспортних засобів з двигунами внутрішнього згоряння. На АЗС також можуть реалізовуватися мастильні матеріали та технічні рідини. Зазвичай АЗС розташовані на ділянках трас з інтенсивним рухом, на околицях міст чи прямо в містах.

Крім АЗС існують автозаправні комплекси (АЗК) які, на перший погляд, виконують подібні функції, але різниця між АЗС та АЗК досить суттєва – основним завданням АЗС є забезпечення машин паливом. Інші послуги мало поширені. Це може бути невеликий кафетерій, продуктовий магазин, торгові автомати. Інколи поряд з АЗС розташована естакада, для обслуговування водіями свого автомобіля. АЗС від АЗК відрізняється саме можливістю надання додаткових послуг. Фактично АЗК – це цілий набір різних підприємств, які надають водіям необхідні послуги. [1]

Насамперед АЗК надає можливість обслуговування та ремонту транспорту, наприклад, заміни мастила, підкачки шин і таке інше. Стосовно ремонтів, на АЗК виконуються тільки нескладні, які не потребують багато часу та спеціального обладнання. На АЗК також може обладнуватися місце для самостійного обслуговування машини, є мийка, стоянка з охороною магазини з широким асортиментом не лише продуктів, але й інші необхідні товари, автозапчастини. Можуть бути кафе, розважальний комплекс з рестораном, готелем та інші місця відпочинку. На комплексах окремих мереж доступні банкомати, термінали та безкоштовний Wi-Fi.

В даній роботі розглядається питання організації електропостачання стаціонарної АЗС до складу якої входять два основних елементи – сховище

палива та колонки для роздавання палива. Сховище – це сталеві резервуари з подвійними стінками розташовані під землею на пожежобезпечній відстані. Об'єм резервуарів становить 25 м³. Колонки для заправки змонтовані під навісом, рис. 1.1.



Рисунок 1.1 – Зовнішній вигляд АЗС

В колонках розміщені зворотні клапани, для запобігання повернення палива в резервуари, фільтри, електромагнітні роздавальні клапани, вимірювальна апаратура, електричні двигуни і насоси. До колонок облаштований під'їзд від траси, розташованої на відстані близько 100 м.

Поряд знаходиться невеликий кафетерій облаштований для нетривалого відпочинку, вживання їжі та напоїв, купівлі дрібних речей. Частина приміщення виділена для встановлення касового апарату та роботи касира заправної станції. В цьому ж приміщенні встановлений щиток електричного вводу з автоматами.

Живлення електричною енергією здійснюється повітряною лінією напругою 0,4 кВ, виконаною самоутримним ізольованим проводом СП. Перелік електричного обладнання АЗС наведений в табл. 1.1.

Таблиця 1.1 – Перелік та встановлена потужність електричних приймачів АЗС

Найменування приймача	Потужність, одного приймача, кВт	Кількість приймачів, шт.	Сумарна потужність, кВт	Примітка
Насос колонки	0,5	4	2,0	АЗС
Касовий апарат	0,2	2	0,4	АЗС
Водяна насосна станція	0,85	1	0,85	Кафетерій
Бойлер для нагріву води	1,5	1	1,5	Кафетерій
Холодильник	0,2	1	0,2	Кафетерій
Мікрохвильова піч	1,5	1	1,5	Кафетерій
Кавоварка	0,7	1	0,7	Кафетерій
Електричний чайник	1,8	1	1,8	Кафетерій
Тостер	0,2	1	0,2	Кафетерій
Міксер	0,4	1	0,4	Кафетерій
Освітлення території	0,1	12	1,2	АЗС
Освітлення приміщень	0,06	15	0,9	АЗС
Роутер	0,02	1	0,02	АЗС
Загальна встановлена потужність електричного обладнання			11,67	

Згідно з Національним стандартом України ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010 «Будівельна кліматологія» [2] територія України поділяється на п'ять кліматологічних районів, характеристики яких наведені в табл. 1.2, а карта районування – на рис. 1.2. АЗС розташована в другому районі (степ) Харківській області.

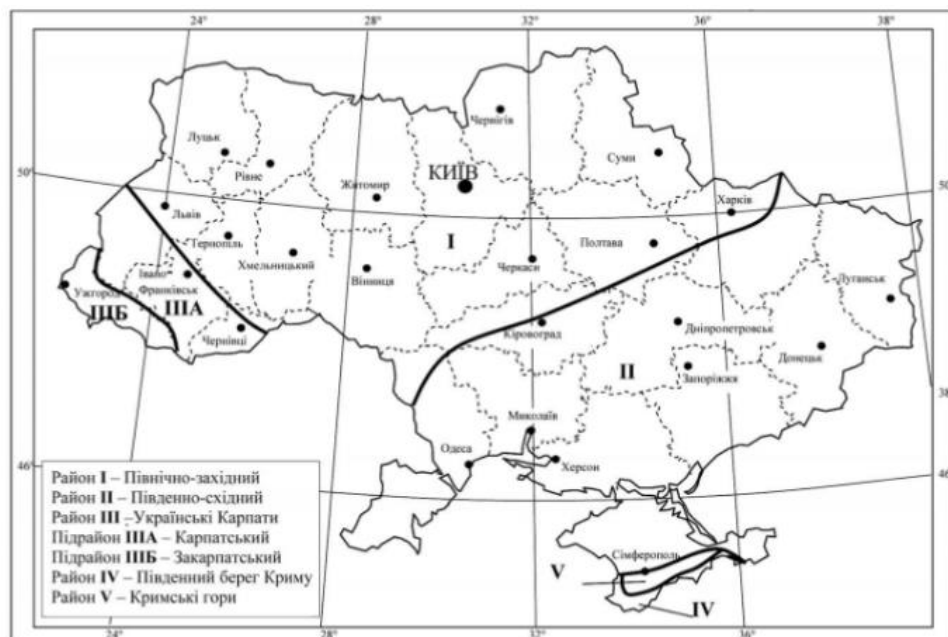


Рисунок 1.2 – Архітектурно-будівельне кліматичне районування території України [2]

Таблиця 1.2 – Кліматологічні характеристики районів України [2]

Кліматичний район, підрайон	Температура повітря, °С				Кількість опадів за рік, мм	Відносна вологість у липні, %	Середня швидкість вітру в січні, м/с
	Середня за		Абсолютний мінімум	Абсолютний максимум			
	січень	липень					
I – Північно-західний (Полісся, лісостеп)	-5 – -8	18 – 20	-37 – -40	37 – 40	500 – 700	65 – 75	3 – 4
II – Південно-східний (Степ)	-2 – -6	21 – 23	-32 – -42	30 – 41	400 – 500	<65	4 – 6
IIIА – Карпатський	-7	14	-38	35	1600	77 – 81	3
IIIБ – Закарпатський	-4	19	-32	39	1000	> 70	3
IV – Південний берег Криму	3	23	-20	39	600	<60	4 – 5
V – Кримські гори	-4	16	-27	32	1060	70	4 – 5

Усереднені помісячні швидкості вітру в місці розташування АЗС показані в табл. 1.3, а графік – на рис. 1.3. Середня швидкість за рік – 4,1 м/с.

Таблиця 1.3 – Середні помісячні швидкості вітру в місці розташування АЗС

Місяць	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Швидкість вітру, м/с	4,75	5,0	4,75	4,25	3,75	3,25	3,15	3,25	3,75	4,25	4,45	4,65

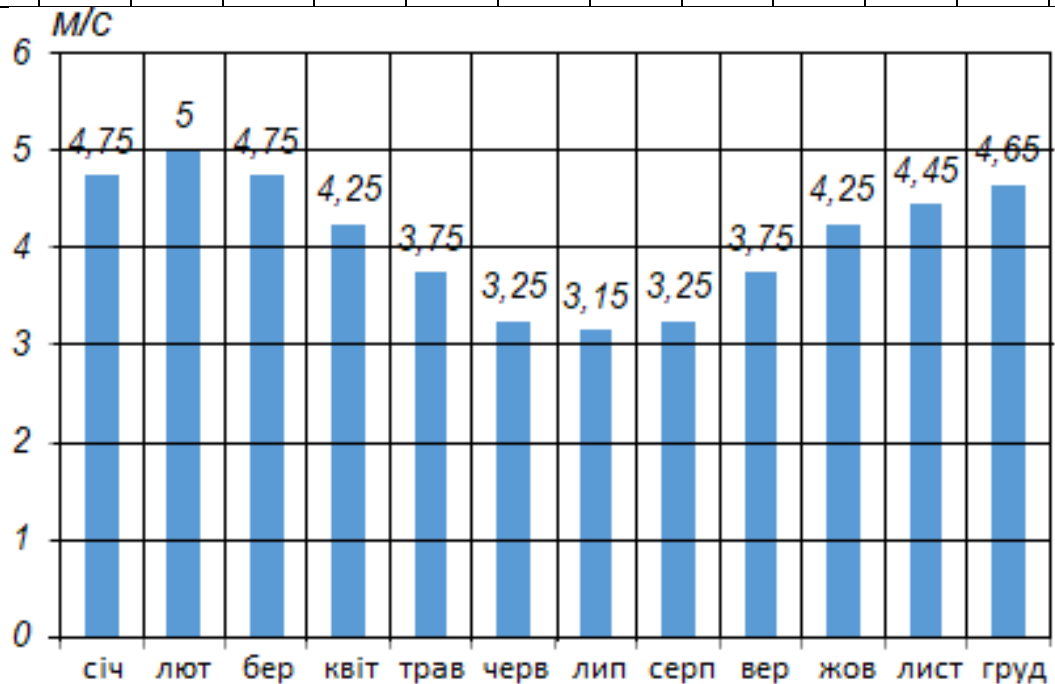


Рисунок 1.3 – Середні швидкості вітру по місяцях в місці розташування АЗС [2]

Таблиця 1.4 – Середньомісячна сума сонячної радіації [2]

Місяць	Сонячна радіація пряма/розсіяна, МДж/м ²								
	Поверхня								
	Вертикальна								Горизонтальна
	Пн	ПнСх	Сх	ПдСх	Пд	ПдЗ	З	ПнЗ	
Січень	0/27	1/34	81/45	274/59	415/62	298/57	99/43	2/33	119/62
Лютий	0/41	11/47	100/64	287/77	407/84	315/74	122/62	11/47	185/86
Березень	0/61	46/75	185/100	355/118	462/126	391/113	220/95	50/74	355/142
Квітень	10/73	95/86	252/105	356/105	347/118	328/109	223/109	90/87	475/172
Травень	37/94	162/108	300/118	331/120	275/119	312/122	262/121	144/110	624/198
Червень	66/106	183/116	301/127	295/120	260/118	275/122	262/131	170/118	655/208
Липень	50/108	170/117	296/132	309/125	239/123	284/128	271/134	158/118	630/214
Серпень	16/86	121/100	257/116	325/125	314/121	320/125	231/119	110/101	524/194
Вересень	0/53	62/65	218/78	335/89	390/96	328/90	195/80	62/65	390/134
Жовтень	0/37	27/38	164/49	358/66	464/77	345/67	154/50	21/39	265/92
Листопад	0/23	4/28	92/37	286/49	415/54	300/47	92/37	4/26	143/62
Грудень	0/20	1/24	61/32	247/43	349/51	251/43	72/31	1/24	85/48

Таблиця 1.5 – Природна освітленість [2]

Місяць	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Середньорічна
Середня по місяцях сумарна денна горизонтальна, тисяч лк	82	163	290	368	580	640	620	540	380	210	85	55	335
Середня по місяцях розсіяна денна горизонтальна, тисяч лк	58	107	174	232	285	318	295	248	178	110	80	41	175
Тривалість освітленості, годин	10	11	13	15	17	18	18	16	14	12	10	9	14

Середньомісячна сума сонячної радіації, що надходить на горизонтальну поверхню при її різній орієнтації за ясного неба для 48 град. північної широти (поблизу Харкова) представлена в табл. 1.4.

В табл. 1.5 показані дані природної освітленості та її тривалість, межею якої є час між сходом та заходом Сонця.

Аналіз наведених кліматичних даних показує, що найвищі швидкості вітру спостерігаються в січні – березні та жовтні – грудні. Влітку швидкості вітру становлять менше 4 м/с.

Що стосується сонячної енергії розподіл інший: найбільші значення відповідають квітню – вересню. Найбільша тривалість природної освітленості також припадає на ці місяці.

1.2 Аналіз споживання електроенергії. Розрахункове електричне навантаження автозаправної станції

Встановлена потужність приймачів електроенергії АЗС не дає можливості визначити розрахункове електричне навантаження, також відсутній графік роботи обладнання, на який впливають незалежні фактори: сезон року, потік транспорту та тип транспорту, зовнішня температура, стан дорожнього покриття, опади та навіть наявність палива на сусідніх заправних станціях.

Відносно достовірне значення розрахункового навантаження може бути визначене з використанням даних розрахункових лічильників електроенергії. Такі помісячні дані за 2019 – 2021 роки зведені в табл. 1.6.

Дані за попередні роки відсутні, а починаючи з 2022 року не є характерними внаслідок різкої зміни потоків транспорту, перебоїв у постачанні палива та електроенергії.

Таблиця 1.6 – Помісячне споживання електроенергії АЗС за 2019 – 2021 роки, кВт*год.

січ	лют	бер	квіт	трав	черв	лип	серп	вер	жовт	лист	груд
2019 рік											
3510	2910	2400	1950	1860	2550	3600	3450	2850	2820	2790	3150
2020 рік											
3300	2340	2880	2490	2580	3600	3960	3600	2520	2760	2940	3300
2021 рік											
3390	2640	2700	2100	2460	3150	3750	3510	2700	2880	2910	2850

Відповідні графіки показані на рис. 1.4 – 1.6.

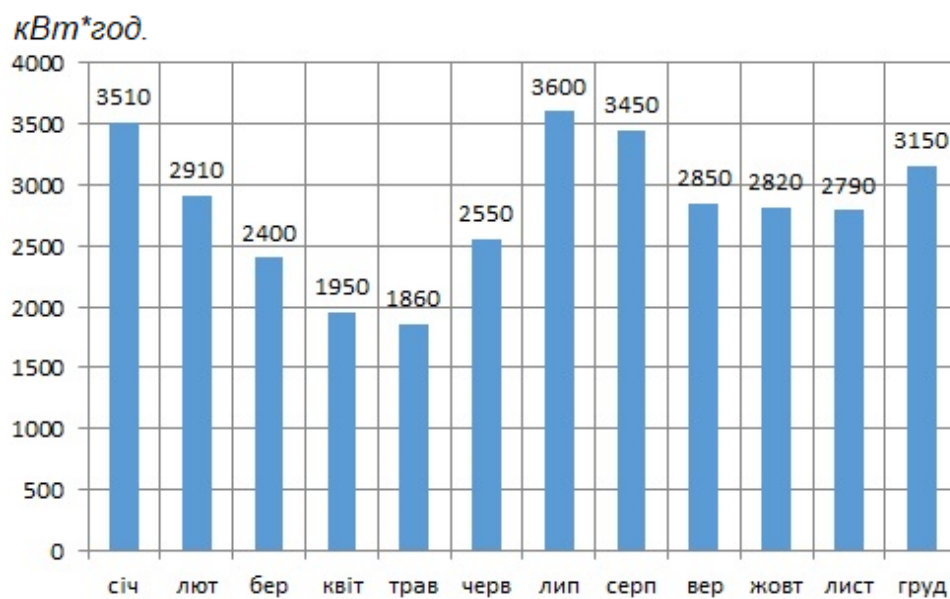


Рисунок 1.4 – Графік споживання електроенергії в 2019 році, кВт*год.

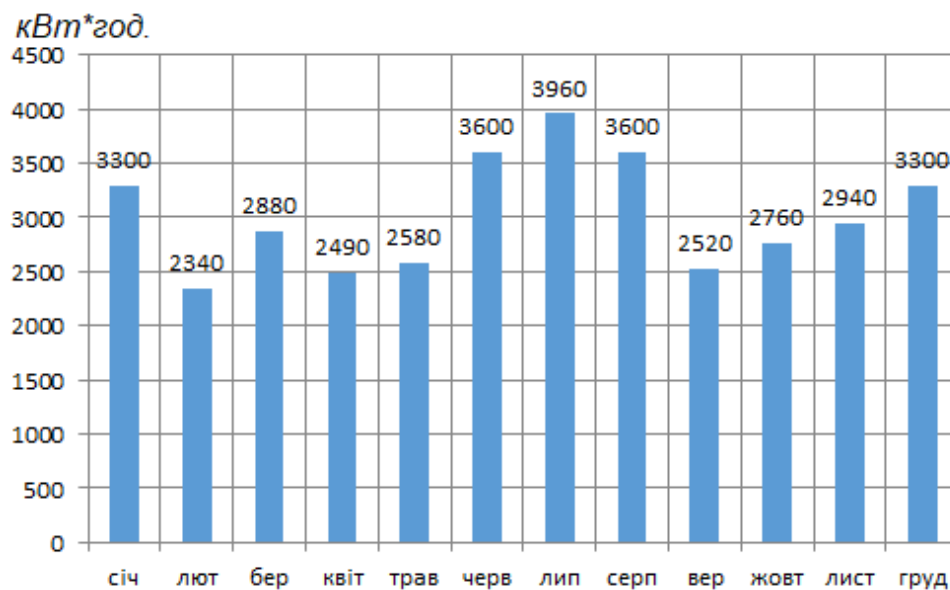


Рисунок 1.5 – Графік споживання електроенергії в 2020 році, кВт*год.

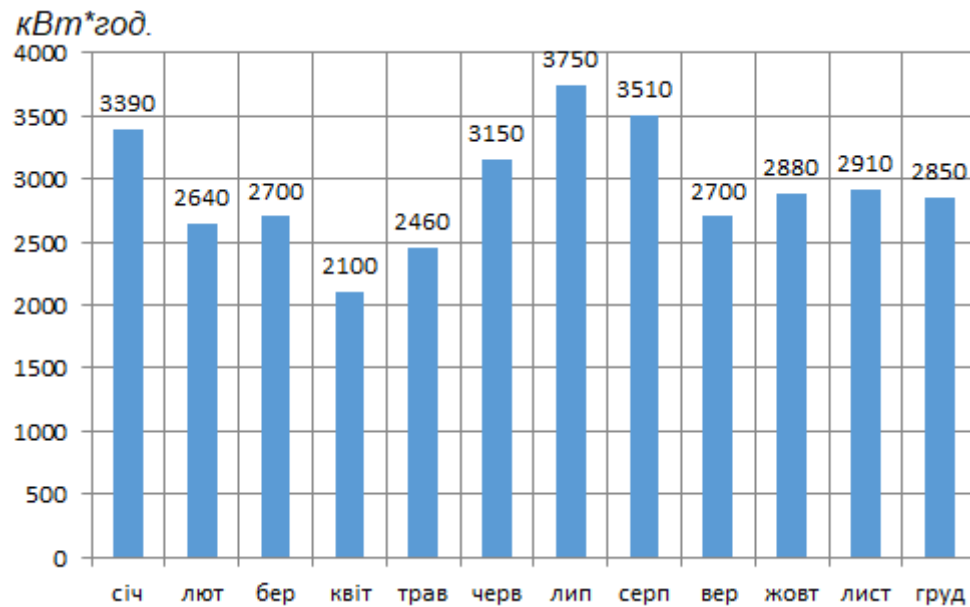


Рисунок 1.6 – Графік споживання електроенергії в 2021 році, кВт*год.

Розраховане за даними табл. 1.6 споживання електроенергії за рік $E_{річ}$, середнє за місяць, $E_{міс}$, середнє за добу, $E_{доб}$ та середнє годинне навантаження $P_{год}$ зведені в табл. 1.7.

Таблиця 1.7 – Споживання електроенергії та годинне навантаження

Рік	Споживання за рік, $E_{річ}$, кВт*год.	Середнє споживання за місяць, $E_{міс}$, кВт*год.	Середнє споживання за добу, $E_{доб}$, кВт*год	Середнє годинне навантаження, $P_{год}$, кВт
2019	35700	2975	97,81	4,1
2020	38850	3237,5	106,2	4,4
2021	37500	3125	102,7	4,3

За розрахункове навантаження має сенс прийняти найбільше за три роки значення годинного навантаження $P_{год} = 4,4$ кВт. З врахуванням перспективи слід передбачити його можливе збільшення на 20 %, тобто до 5,0 кВт.

Таке навантаження не є проблемним ні для енергосистеми ні для споживача, але часті відключення електроенергії та пошкодження лінії не дають можливості нормального функціонування, тому злободенною стала необхідність розглянути можливість альтернативного живлення АЗС від інших джерел.

1.3 Вибір можливих джерел електричного живлення АЗС

Електропостачання від загальної мережі за нормальних умов є найнадійнішим, зручним і досить недорогим. Але в Україні в найближчий час розраховувати на нього, особливо невеликим споживачам, не слід.

Рішенням може бути застосування альтернативних джерел та автономних паливних електростанцій навіть з урахуванням їх меншої надійності та високої ціни. Суттєвий недолік всіх відновлюваних джерел енергії полягає також в нерівномірності виробництва електроенергії та деяка непередбачуваність цього в плині часу. Надійність можливо підвищити декількома шляхами:

1 – Приєднанням споживача з альтернативним джерелом до загальної електричної мережі. В такому випадку під час роботи енергетичної установки використовується енергія яку вона виробляє, а під час вимушеного простою споживається енергія з мережі. Можливий варіант, коли енергетична установка генерує енергію, але потреби в ній на місці використанні немає, тоді вона може подаватися в загальну електричну мережу.

2 – Встановленням потужних пристроїв накопичення електроенергії (акумуляторів) які можуть працювати сумісно як з альтернативним джерелом так і з мережею та накопичувати енергію в період нормальної роботи електричної мережі.

3 – Об'єднанням альтернативних джерел різних типів в гібридні системи, які можуть змінити часовий розподіл генерації.

Слід зауважити, що за наявності недорогої та стабільної зовнішньої електричної мережі варіант 1 застосування альтернативних джерел, може бути виправданим тільки в тому разі коли цьому сприяють природні умови, наприклад у даній місцевості дуже сильні вітри з середньорічною швидкістю вітру 5-6 м/с і вище.

Варіант 2 прийнятний за нестабільної роботи мережі. Додатково, як аварійний резерв може передбачатися генератор з двигуном внутрішнього згоряння.

Якщо зовнішня мережа відсутня, або є дорогою (значна відстань, складності з прокладкою ліній і таке інше) має сенс застосування варіанту 3.

З урахуванням практично відсутнього живлення зі стаціонарної мережі та природніх факторів (див. табл. 1.3, 1.4, 1.5) для електропостачання АЗС приймаємо цей варіант, в якому джерелами електроенергії є вітрова станція (ВЕС) та сонячна (СЕС). Нестійкий характер сонячних і вітрових потоків можуть частково компенсуватися за рахунок їх об'єднання. Збільшення генерації одного джерела може протягом певного періоду перекрити зменшення генерації другого, отже, система стає надійнішою. Для даної місцевості позитивним фактором є те, що максимальні можливості генерації електроенергії ВЕС і СЕС не збігаються в часі: найменша можлива вітрова генерація (червень, липень, серпень) відповідає найбільшій можливій сонячній генерації в ті ж місяці. Тобто об'єднання двох джерел дозволяє забезпечити високу ступінь надійності електропостачання. Для накопичення електроенергії додатково необхідне встановлення акумуляторів. Схема живлення АЗС, виконана за таким принципом, показана на рис. 1.7. [3]

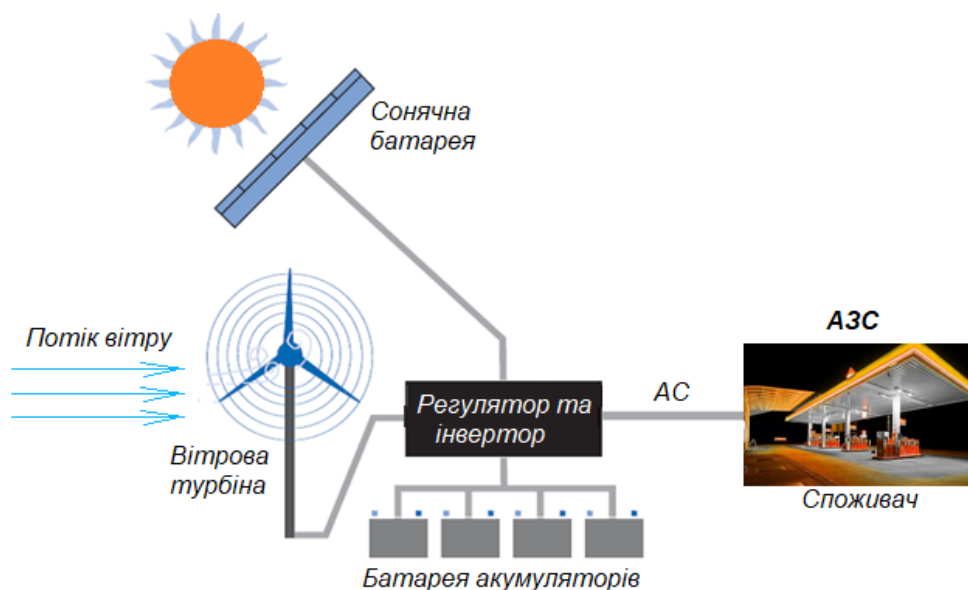


Рисунок 1.7 – Схема живлення АЗС від двох джерел

Для ефективної роботи вітрової системи необхідно щоб вітровий двигун знаходився в зоні можливого найбільшого вітрового потоку, який не затримується природними та штучними перешкодами, а також не в зоні турбулентності, викликаній ними (рис. 1.8). [3]

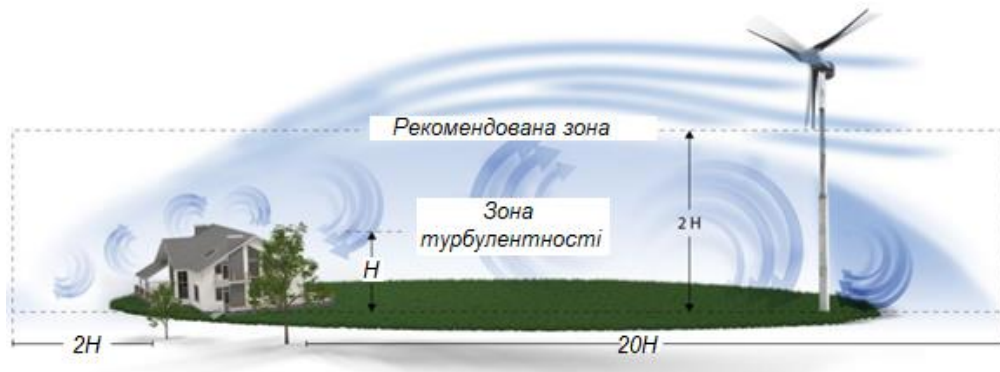


Рисунок 1.8 – Правильне розташування вітрової установки

Ця зона залежить від висоти вітрової установки (ВЕУ), відстані до перешкод, рельєфу місцевості.

Для СЕС важливим є відсутність затінення та правильна орієнтація стосовно денного руху сонця з метою найбільшого часу та сили опромінення.

АЗС знаходиться на узвишші поблизу поля, поряд є тільки низькорослий чагарник та бур'яни, відсутні високі штучні будівлі. Таким чином умови для роботи обох джерел сприятливі.

Обидві системи можуть бути об'єднаними для сумісної роботи як по постійному струму (рис. 1.9) так і по змінному (рис. 1.10). [4]

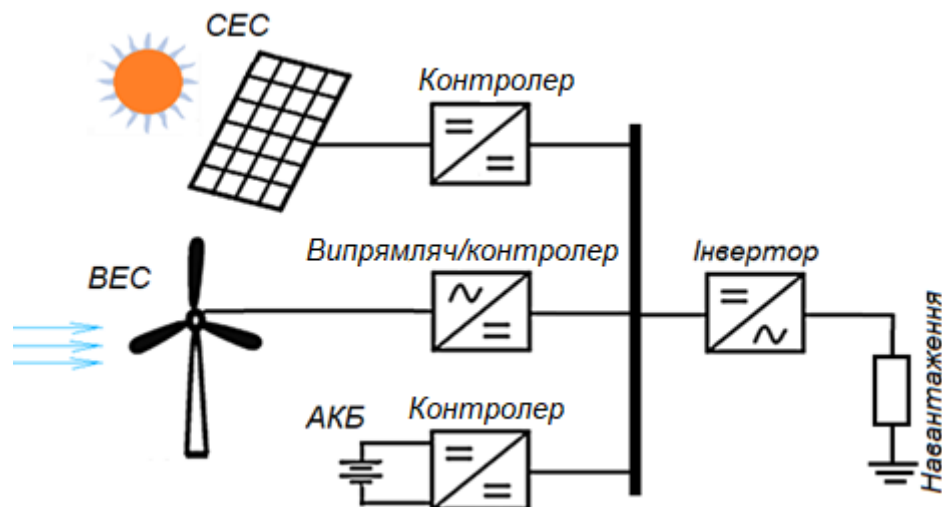
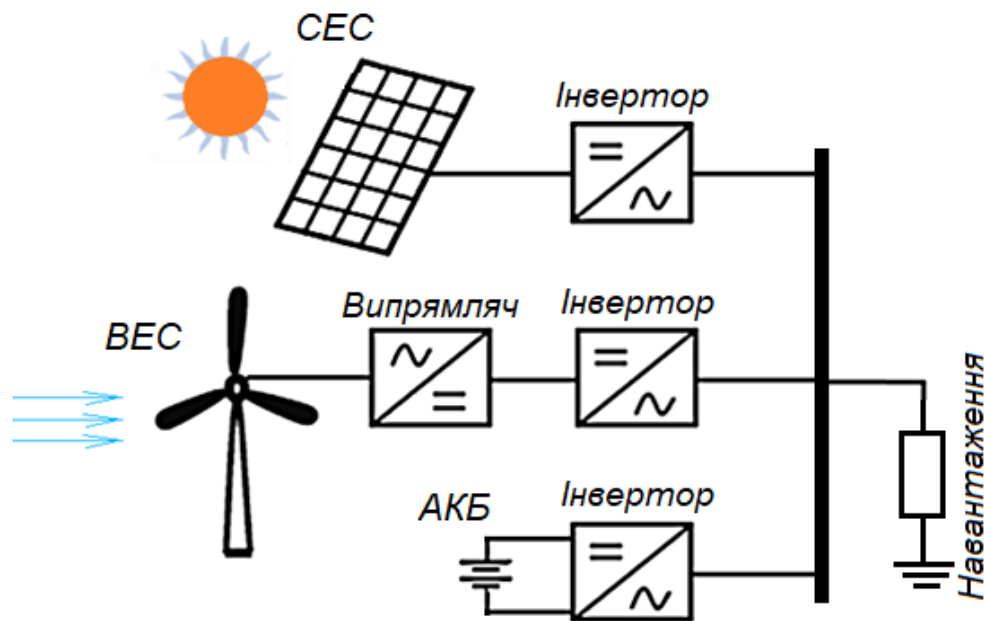


Рисунок 1.9 – Автономна гібридна система з загальною шиною постійного струму



Рисунок

1.10 – Автономна гібридна система з загальною шиною змінного струму

Система з загальною шиною змінного струму потребує встановлення трьох інверторів, а з шиною постійного струму – одного. Кожна з систем має свої переваги та недоліки. Суттєвою перевагою системи з загальною шиною постійного струму є можливість поєднання джерел генерації, які можуть не працювати синхронно на одній частоті. Напруга в загальній шині постійного струму може бути фіксованою, а регулювання струму кожного джерела не залежить від інших. Перетворення сумарної потужності здійснюється спільним інвертором, а стабілізації напруги – акумуляторною батареєю. Управління гібридною системою здійснюється за допомогою силових електроніки, яка забезпечує максимальну віддачу того чи іншого джерела, що зменшує можливі коливання потужності. Автономна комбінована система з загальною шиною змінного струму має такі переваги, як простота експлуатації та можливість індивідуального підключення джерел, нижча порівняно з загальною шиною постійного струму, вартість та простіше розширення. В той же час, певними проблемами є контроль напруги та частоти змінного струму, управління загальною генерованою енергією.

Загалом слід підкреслити, що гібридні системи, до складу яких входять сонячні та вітрові установки, при наявності акумуляторних батарей, мають суттєві переваги використання в зоні помірно-континентального клімату, де циркуляція атмосфери відбувається під впливом циклонів та антициклонів, які створюють умови для антисиметричної динаміки сонячної та вітрової енергії впродовж року.

Значним позитивом для гібридних сонячно-вітрових станцій є те, що їх можливо без взаємного перешкоджання встановити на одній ділянці.

Для формування автономної установки електропостачання АЗС почергово розглядаємо її складові частини: вітрову та сонячну.

Висновки за розділом 1

Аналіз розташування АЗС показав, що за неможливості забезпечення надійного електропостачання єдиним рішенням є застосування альтернативних джерел. Територія, на якій знаходиться АЗС, розташована в зоні помірно-континентального клімату з невеликими швидкостями вітрових потоків, які практично відсутні в літній період і не можуть слугувати єдиним джерелом впродовж року. Також неможливо забезпечити надійне живлення тільки за рахунок сонячної енергії. Сумісне застосування двох джерел: вітру та сонця дозволяє постійно отримувати електроенергію. Сумарне встановлене навантаження АЗС становить близько 12 кВт, але його коефіцієнт використання дуже низький. На основі аналізу споживання електроенергії протягом трьох років визначене розрахункове навантаження, яке дорівнює 5 кВт. Для живлення цього навантаження запропоноване використання гібридної вітро-сонячної установки.

2 РОЗРОБКА ВІТРОВОЇ ЧАСТИНИ ЖИВЛЕННЯ АЗС

2.1 Вибір типу вітрової установки та розрахунок її потужності

Головними складовими ВЕУ, призначеної для отримання електроенергії, є вітродвигун та система передачі потужності від нього до електричного генератора і далі електроенергії до споживача. [6]

Робочі рухи вітродвигуна можуть бути різними. На сьогодні найчастіше використовується круговий обертальний рух, а самі вітродвигуни поділяються на два типи: вертикально-осьові (рис. 2.1) та горизонтально-осьові, (рис. 2.2). [5]



Ротор Савоніуса;

Ротор Масгрува

Ротор Дар'є

Рисунок 2.1 – ВЕУ з вертикальною віссю обертання [5]

Вітродвигуни з вертикальною віссю можуть працювати за будь-якого напрямку вітру та мають такі переваги:

- немає необхідності в системі орієнтації за напрямом вітру;
- генератор і редуктор розміщуються внизу ВЕУ що зменшує навантаження на опору.

Незважаючи на вказані переваги, ВЕУ з вертикальною віссю не отримали широкого застосування, оскільки мають невисокий ККД, 20-30%.

У ВЕУ з горизонтальною віссю ККД більший і досягає 25-35%; також ці установки мають меншу вартість.



Однолопатева;

Дволопатева;

Трилопатева

Рисунок 2.2 – ВЕУ з горизонтальною віссю обертання [5]

Дещо ускладнює експлуатацію ВЕУ з горизонтальною віссю необхідність орієнтування площини обертання лопатей перпендикулярно до потоку повітря, для чого застосовується крило стабілізатор або спеціальна система. Кількість лопатей в горизонтально-осьових установках може бути різною – від однієї до багатьох (рис. 2.2). Багатолопатеві агрегати мають значний момент обертання, але низьку швидкість.

Найрозповсюдженіші серед ВЕУ цього типу, трилопатеві вітрові колеса з безредукторним приєднанням багатополюсного синхронного генератора зі збудженням від постійних магнітів.

Для проєктованої ВЕУ приймаємо трилопатеву установку з горизонтальною віссю обертання, розташовану на вежі висотою 20 м.

Оскільки швидкість вітру на висоті $h = 20$ м відрізняється від середньої швидкості на рівні флюгеру $h_f = 10$ м, $v_f = 4,1$ м/с, то її значення уточнюється за формулою: [6]

$$v = v_{\phi} \times \left(\frac{h}{h_{\phi}} \right)^{\frac{1}{5}} \quad (2.1)$$

де: v – швидкість вітру на висоті вітроустановки (вежі), м/с;

v_{ϕ} – середня швидкість вітру на висоті флюгера, м/с;

h – висота вежі, $h = 20$ м;

h_{ϕ} – висота флюгера, $h_{\phi} = 10$ м;

$\frac{1}{5}$ – емпіричний показник степені.

Швидкість вітру на висоті вежі становить $v = 4,1 \times \left(\frac{20}{10} \right)^{\frac{1}{5}} = 4,71$ м/с.

Необхідна аеродинамічна потужність P_a вітрової установки розраховується за необхідною електричною P_e яка пов'язана з аеродинамічною коефіцієнтом використання енергії вітру C_p з урахуванням механічного ККД $\eta_{\text{мех}} = 0,8$ та ККД генератора $\eta_{\text{ген}} = 0,98$:

$$P_e = C_p \times \eta_{\text{мех}} \times \eta_{\text{ген}} \times P_a, \text{ кВт} \quad (2.2)$$

Ідеальний вітряк може відібрати максимально 59,3% енергії від потоку вітру, що набігає на вітрове колесо, тобто ідеальний коефіцієнт використання енергії вітру $C_{pid} = 0,593$. [6]

У реальних швидкохідних двигунів внаслідок різних втрат енергії коефіцієнт знаходиться в межах 0,45 – 0,48 [6]. Для вітроустановки АЗС приймаємо $C_p = 0,47$. За такого коефіцієнта використання аеродинамічна потужність ВЕУ повинна дорівнювати:

$$P_a = \frac{P_e}{C_p \times \eta_{\text{мех}} \times \eta_{\text{ген}}} = \frac{5,0}{0,47 \times 0,8 \times 0,98} \approx 13 \text{ кВт}. \quad (2.3)$$

Розрахунок номінальної швидкості вітру виконується за формулою: [7]

$$v_H = (1,25 - 2)v_{cp}, \quad (2.4)$$

де v_{cp} – середня швидкість вітру, $v_{cp} = 4,71$ м/с;

$$v_H = 1,5 \times 4,71 = 7,1 \text{ м/с.}$$

Діаметр вітрового колеса D визначається за виразом:

$$D = \sqrt{\frac{8 \times P_a}{\pi \times \rho \times v_H^3}}, \quad (2.5)$$

де ρ – стандартне значення густини повітря для осіннього та весняного періоду $\rho = 1,225$ кг/м³;

$$D = \sqrt{\frac{8 \times 13000}{3,14 \times 1,225 \times 7,1^3}} = 8,7 \approx 9,0 \text{ м; Радіус } R = 4,5 \text{ м.}$$

2.2 Вибір профілю лопаті та розрахунок її параметрів

Існує велика кількість типів профілів лопатей, але їх форма завжди має вигляд витягнутої каплі. Кривизна верхньої та нижньої поверхні різняться залежно від типів лопатей, різна також і товщина самого профілю. (Рис. 2.3)

Класичним є профіль в якому нижня частина близька до площини, а верхня – опукла. Такі профілі називаються несиметричними. Застосовуються також і симетричні профілі, коли зверху і знизу кривизна однакова.

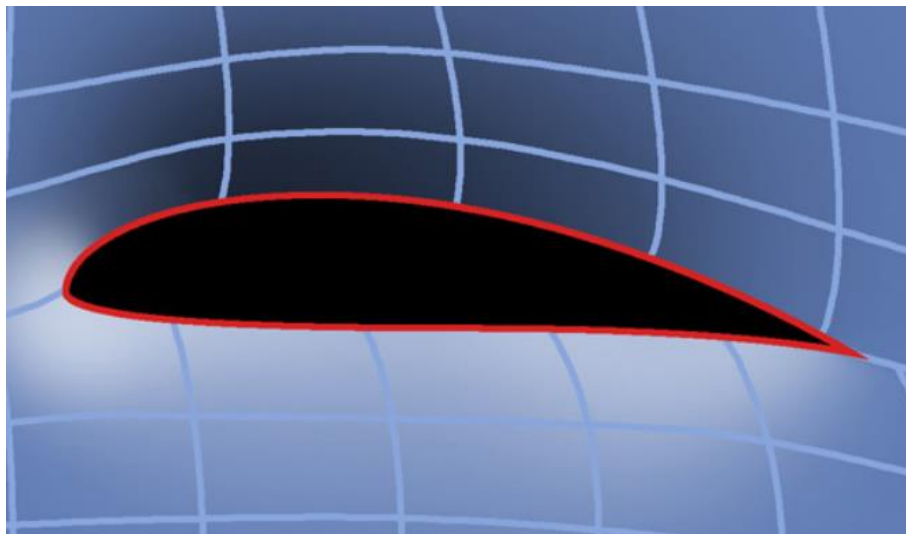


Рисунок 2.3 – Профіль лопаті в потоці повітря

У вітровій енергетиці частіше застосовуються несиметричні профілі. Враховуючи рекомендації [8] вибираємо несиметричний профіль GOE–225 з відносною товщиною профілю кореневого перерізу лопаті $\bar{C}_{\text{кор}} = 0,2$.

Для генерації електроенергії, як правило, використовуються високошвидкісні вітряки з невеликою кількістю лопатей найчастіше трилопатеві $i_{\text{л}} = 3$, з швидкохідністю $Z = 4 - 8$. Швидкохідність вітрового генератора (по-іншому коефіцієнт швидкохідності), Z є відношенням лінійної швидкості кінчиків лопатей до швидкості вітру. За наявності сильних вітрових потоків збільшення швидкохідності збільшує частоту обертання, але при слабких потоках знижує обертовий момент. Оскільки швидкість вітру в місці розташування установки невисока, то приймаємо $Z_R = 5$.

При такому значенні Z_R та швидкості вітру $v_H = 7,1$ м/с частота обертання ротора дорівнюватиме:

$$\omega_{\text{об/хв}} = \frac{60 \times Z \times v_H}{\pi \times D} = \frac{60 \times 5 \times 7,1}{3,14 \times 9,0} \approx 75 \text{ об/хв.} \quad (2.6)$$

Реальний коефіцієнт потужності вітрової установки залежить від коефіцієнта гальмування вітрового потоку значення якого розраховується за формулою:

$$\xi = \xi_i \left(1 - \left(\frac{r_0}{R}\right)^2 - \bar{T}_j - \bar{T}_p - \bar{T}_o\right), \quad (2.7)$$

де ξ_i – ідеальний коефіцієнт потужності;

$\bar{T}_j$ – коефіцієнт втрат на кінці лопаті (кінцеві втрати);

$\bar{T}_p$ – коефіцієнт профільних втрат;

$\bar{T}_o$ – коефіцієнт, що характеризує втрати залежні від закручення струменю;

$\frac{r_0}{R}$ – для ВЕУ з ротором до $D=10$ м цей параметр становить 0,1 [9].

Ідеальний коефіцієнт потужності ξ_i розраховується за виразом:

$$\xi_i = 4 \times e \times \frac{1-e}{1+e}, \quad (2.8)$$

Значення e приймаються в межах від 0,2 до 0,45 (0,2; 0,25; 0,3; 0,35; 0,4; 0,45), всього 6 значень. [9].

$$\text{Для } e=0,2 \quad \xi_i = 4 \times 0,2 \times \frac{1-0,2}{1+0,2} = 0,533.$$

Коефіцієнт втрат на кінці лопаті визначається за формулою: [9]

$$T_j = \frac{e}{1-e} \times \left(\frac{8 \times \sqrt{1 + \left(\frac{1-e}{Z}\right)^2}}{(1+e) \times i_L \times Z} - \left(\sqrt{1 + \left(\frac{i_L \times Z}{\pi \times \left(1 - \frac{e}{2}\right)} \right)^2} \right)^{-1} \right), \quad (2.9)$$

Для $e=0,2$:

$$T_j = \frac{0,2}{1-0,2} \times \left(\frac{8 \times \sqrt{1 + \left(\frac{1-0,2}{5}\right)^2}}{(1+0,2) \times 3 \times 5} - \left(\sqrt{1 + \left(\frac{3 \times 5}{3,14 \times \left(1 - \frac{0,2}{2}\right)} \right)^2} \right)^{-1} \right) = 0,066$$

Розрахунок коефіцієнта профільних втрат $\bar{T}_p$ виконується за формулою:

$$\bar{T}_p = 2 \times \mu_{a \text{ ср}} \left(\frac{1-e}{Z} + \frac{Z}{3 \times (1-e)} \right), \quad (2.10)$$

де $\mu_{a \text{ ср}} = 0,01989$ – коефіцієнт зворотної аеродинамічної якості середній для профілю GOE–225.

$$\text{Для } e=0,2: \bar{T}_p = 2 \times 0,01989 \left(\frac{1-0,2}{5} + \frac{5}{3 \times (1-0,2)} \right) = 0,085.$$

Коефіцієнт втрат залежних від закручення струменю:

$$\bar{T}_0 = \frac{\xi_i \times \eta_i^2}{2 \times Z_{cp}^2} \ln \frac{R}{r_0}, \quad (2.11)$$

$$\text{де } \eta_i \approx \frac{1 - \mu_{a \text{ ср}} \times z_{\text{ср}}}{1 + \frac{\mu_{a \text{ ср}}}{z}} = \frac{1 - 0,01989 \times 2,75}{1 + \frac{0,01989}{3}} = 0,939.$$

$z_{\text{ср}} = \frac{1+r_0}{2} \times Z_R = \frac{1+0,1}{2} \times 5 = 2,75$ – середній коефіцієнт швидкохідності впродовж лопаті.

$$\text{Для } e=0,2: \bar{T}_0 = \frac{0,533 \times 0,934^2}{2 \times 3^2} \ln \frac{3,5}{0,2} = 0,015.$$

Середній вздовж лопаті відносний ККД $\eta_{\text{відн}}$:

$$\eta_{\text{відн}} = \frac{1 - \frac{\mu_{a \text{ мін}} \times z_{\text{ср}}}{1-e}}{1 - \frac{\mu_{a \text{ мін}} \times (1-e)}{z_{\text{ср}}}} \quad (2.12)$$

$$\text{Для } e=0,2: \eta_{\text{відн}} = \frac{1 - \frac{0,0103 \times 3}{1-0,2}}{1 - \frac{0,0103 \times (1-0,2)}{3}} = 0,962.$$

Реальний коефіцієнт потужності ξ для $e=0,2$:

$$\xi = 0,533 \left(1 - \frac{0,2^2}{3,5^2} - 0,066 - 0,089 - 0,015 \right) = 0,421.$$

Розраховані коефіцієнти для різних значень e зведені в табл. 2.1.

Таблиця 2.1 – Результати розрахунку коефіцієнтів для різних e

Коефіцієнт	Значення					
Гальмування потоку, e	0,2	0,25	0,3	0,35	0,4	0,45
Ідеальної потужності, ξ_i	0,533	0,6	0,646	0,674	0,686	0,683
Кінцевих втрат, $\bar{T}_j$	0,066	0,084	0,102	0,123	0,146	0,172
Коефіцієнт профільних втрат, $\bar{T}_p$	0,089	0,094	0,1	0,107	0,115	0,125
Швидкохідності середній впродовж лопаті, $Z_{\text{ср}}$	2,75	2,75	2,75	2,75	2,75	2,75
Середній вздовж лопаті ККД, η_i	0,962	0,960	0,957	0,954	0,951	0,947
Втрат на закручення струменю повітря, $\bar{T}_0$	0,021	0,023	0,025	0,026	0,026	0,025
Потужності попередній, $\xi_{\text{поп}}$	0,434	0,473	0,493	0,495	0,482	0,456

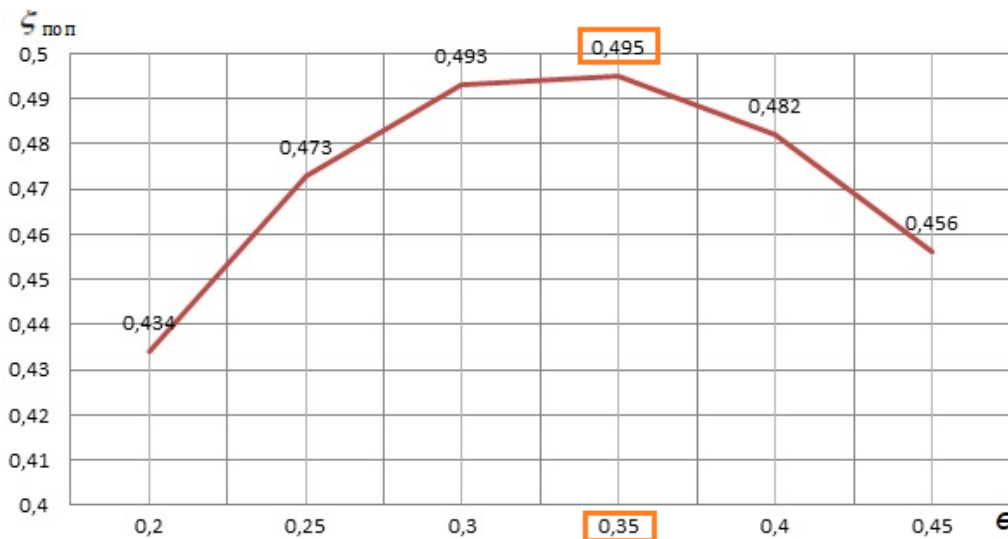


Рисунок 2.4 – Залежність коефіцієнта потужності від коефіцієнта гальмування $\xi_{\text{поп}} = f(e)$

З побудованого графіку залежності $\xi_{\text{поп}} = f(e)$ (Рис. 2.4) та табл. 2.1 видно, що коефіцієнт потужності має найбільше значення $C_{p_1} = 0,514$ при коефіцієнті гальмування $e = 0,35$.

Хорда лопаті (відстань по прямій між носиком профілю та кінцевою точкою) для малих ВЕУ приймають змінною залежно від її розташування стосовно осі обертання та розраховують за формулою:

$$b = \frac{16 \times \pi \times R \times \left(\frac{R}{r}\right)}{9 \times Z^2 \times i_{\text{л}}}, \quad (2.13)$$

де r – відстань від осі до визначеної точки лопаті, змінюється від 0 до R ;

R – радіус лопаті, м.

В точці лопаті, розташованій на відстані $0,2 R$ хорда b_k має довжину:

$$b_k = \frac{16 \times 3,14 \times 4,5 \times \left(\frac{4,5}{0,2 \times 4,5}\right)}{9 \times 5^2 \times 3} = 1,67 \text{ м.}$$

Довжини хорд інших перерізів лопаті наведені в табл. 3.5.

Товщина лопаті (найбільша відстань між верхньою та нижньою поверхнями профілю перпендикулярно до хорди) залежить від відносної товщини профілю. Для GOE–225 вона становить в корені лопаті 20% (0,2) від довжини хорди, а в кінці – 10 % (0,1).

Відносна товщина, $\bar{c}_k$ перерізів визначається за формулою:

$$\bar{c}_k = \bar{c}_{\text{кор}} + \frac{(\bar{c}_{\text{кінц}} - \bar{c}_{\text{кор}})(k-1)}{n-1}, \quad (2.14)$$

де $\bar{c}_{\text{кор}} = 0,2$;

$\bar{c}_{\text{кінц}} = 0,1$;

n – кількість перерізів лопаті, $n = 5$;

k – номер перерізу $k = 1, 2, 3, 4, 5$.

Відповідно до (2.14) відносна товщина другого перерізу $\bar{c}_2$:

$$\bar{c}_2 = 0,2 + \frac{(0,1-0,2)(2-1)}{5-1} = 0,175.$$

Розмір перерізу c_k в іменованих одиницях, м:

$$c_k = \bar{c}_k \times b_k, \quad (2.15)$$

де $\bar{c}_k$ – відносна товщина перерізу;

b_k – хорда перерізу, м.

Товщина першого (кореневого) перерізу $c_1 = 0,2 \times 1674 = 335$ мм.

Результати розрахунку b_k , $\bar{c}_k$, c_k представлені в табл. 2.2.

Коефіцієнти швидкохідності Z_k для кожного перерізу визначають за виразом:

$$Z_k = Z_R \times \bar{r}_k = 5 \times \bar{r}_k. \quad (2.16)$$

Для кореневого перерізу: $Z_k = 5 \times 0,2 = 1$.

Число відносних модулів Z_{ui} розраховують за формулою:

$$Z_{ui} = Z_k \times \frac{1 + \sqrt{1 + \frac{\xi_{id}}{Z_k^2}}}{2(1 - e_{opt})}, \quad (2.17)$$

де ξ_{id} – коефіцієнт ідеальної потужності, $\xi_{id} = 0,674$;

e – коефіцієнт гальмування потоку, $e = 0,35$

За формулою (2.17): $Z_{u1} = 1 \times \frac{1 + \sqrt{1 + \frac{0,674}{1^2}}}{2(1 - 0,35)} = 1,76$.

Після визначення Z_{ui} та $\bar{r}_k$ розраховуються коефіцієнти сумарної напруженості перерізів за формулою:

$$C_{напр\ i} = \frac{8\pi \times \bar{r}_k \times e_{opt}}{(1 + e_{opt})(1 - e_{opt})^2 (Z_{uk} + C_{xa\ min}) \times \sqrt{1 + Z_{uk}^2}}, \quad (2.18)$$

де $C_{xa\ min}$ – найменший коефіцієнт опору (у відносних одиницях), $C_{xa\ min} = 0,0077$, [табл. Б1, Гл.].

Для першого перерізу: $C_{напр\ 1} = \frac{8 \times 3,14 \times 0,2 \times 0,35}{(1 + 0,35)(1 - 0,35)^2 (1,76 + 0,0077) \times \sqrt{1 + 1,76^2}} = 0,86$.

Аналогічно розраховуються величини для всіх перерізів, результати – в табл. 3.5.

Лопать стосовно вітру розташовують під визначеним кутом Ψ , його величина залежить від радіуса розташування перерізу r та кута набігання потоку вітру β і розраховується як:

$$\Psi = \beta - \alpha, \quad (2.19)$$

де α – кут атаки лопаті потоком вітру;

β – кут набігання потоку вітру.

Кути атаки α визначають користуючись формулою:

$$\alpha_k = \alpha(i_k-1) + (\alpha(i_k) - \alpha(i_k - 1)) \times \frac{C_{yak} - C_{ya}(i_k-1)}{C_{ya}(i_k) - C_{ya}(i_k-1)}, \quad (2.20)$$

де $C_{yak} = \frac{C_{напрк}}{i_l \times b_k}$ – коефіцієнт підйомної сили визначеного перерізу.

Для першого перерізу: $C_{yak1} = \frac{0,86}{3 \times 0,37} = 0,76$. За характеристикою профілю [табл. Б1, 8.] приймаємо найближче більше значення $C_{ya1} = 1,004$, точка характеристики $i_1 = 4$.

Кут атаки для першого перерізу: $\alpha_1 = -3 + (0 - (-3)) \times \frac{0,76 - 0,746}{1,004 - 0,746} = -2,84$;

Кут набігання на лопать вітрового потоку β : [9]

$$\beta = \arctg \left(\frac{1}{Z_{uk}} \right) \quad (2.21)$$

Для першого перерізу: $\beta_1 = \arctg \left(\frac{1}{1,76} \right) = 17,59^\circ$. Кути встановлення лопаті Ψ за (3.20): $\Psi_1 = 17,59 - (-2,84) = 20,43$.

Розраховані параметри вітрового колеса зведені в табл. 2.2.

Таблиця 2.2 – Параметри лопаті вітрового колеса

Параметри, позначення, одиниці вимірювання	Номер перерізу				
	1	2	3	4	5
Відносний радіус розміщення перерізу, $\bar{r}_k$, в. о.	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0
Розмірний радіус розміщення перерізу, r_k , мм	900	1800	2700	3600	4500
Розмірна величина хорди лопаті, b_k , мм	1674	837	558	419	335
Відносна товщина, перерізу $\bar{c}_k$, в. о.	0,2	0,175	0,15	0,125	0,1
Розмірна товщина перерізу, c_k , мм	335	146	84	52	34
Коефіцієнти швидкохідності Z_k перерізу	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0
Кількість відносних модулів Z_{ui}	1,76	3,2	4,7	6,2	7,74

Продовження таблиці 2.2

Параметри, позначення, одиниці вимірювання	Номер перерізу				
	1	2	3	4	5
Коефіцієнт сумарної напруженості перерізу, $C_{\text{напр } i}$	0,86	0,57	0,41	0,32	0,25
Розрахунковий коефіцієнт підйомної сили, $C_{y_{\alpha k}}$, в. о.	0,76	1,01	1,05	1,17	1,06
Прийнятий коефіцієнт підйомної сили, $C_{y_{\alpha k}}$, в. о.	1,004	1,173	1,173	1,173	1,173
Точка характеристики, i_k	4	5	5	5	5
Кут обтікання, β_k , градус	17,59	17,35	12,01	9,16	7,36
Кут атаки перерізу, α_k , градус	-2,84	0,11	0,82	2,95	0,99
Кут встановлення лопаті, Ψ , град.	20,43	17,24	11,19	6,27	6,37

За безрозмірними координатами верхньої ($\bar{x}, \bar{y}_v$) та нижньої ($\bar{x}, \bar{y}_n$) дуг профілю GOE-225 (Табл. 2.3) розраховуються розмірні координати профілів вздовж лопаті:

$$x_i = \bar{x}_i \times \frac{b_1}{100}; y_{vi} = \bar{y}_{vi} \times \frac{c_1}{100}; y_{ni} = \bar{y}_{ni} \times \frac{c_1}{100}, \quad (2.22)$$

Довжина хорди кореневого перерізу розрахованого профілю становить $b_1 = 1674$ мм; а товщина $c_1 = 335$ мм. Розраховані значення координат верхньої та нижньої дуг для цього перерізу наведені в табл. 2.3. Профіль кореневого перерізу представлений на рис. 3.4. Профілі інших перерізів за формою такі ж, але відрізняються розмірами.

Таблиця 2.3 – Координати профілю кореневого перерізу лопаті

(b₁=1674 мм; c₁ = 335 мм)

x, мм	Y _v , мм	Y _n , мм		x, мм	Y _v , мм	Y _n , мм
0	0,00	0,0		874,5	10,45	40,8
3,3	-3,42	3,8		949,3	11,69	39,1
13,4	-4,52	7,6		1023,3	12,43	37,1
30,1	-5,76	11,5		1095,6	12,56	34,6
53,6	-7,00	15,5		1165,9	12,23	31,9
82,9	-7,67	19,5		1233,6	11,49	28,5
118,5	-7,84	24,0		1298,0	10,42	25,0
159,9	-7,40	28,2		1358,8	9,01	21,3
206,7	-6,80	31,8		1415,4	7,47	17,9
258,6	-6,00	35,0		1467,3	6,03	14,6
315,2	-4,86	37,8		1514,1	4,69	11,8
376,0	-3,25	40,1		1555,5	3,32	9,0
440,4	-1,37	41,9		1591,1	2,14	6,7

Продовження таблиці 2.3

x, мм	Y _в , мм	Y _н , мм		x, мм	Y _в , мм	Y _н , мм
508,1	0,70	43,2		1620,6	1,01	4,7
578,4	2,75	43,8		1643,9	0,13	3,1
650,7	4,79	43,8		1660,6	-0,05	1,9
724,7	6,87	43,2		1671,8	-0,09	1,2
799,5	8,81	42,1		1674,0	0,00	0,0

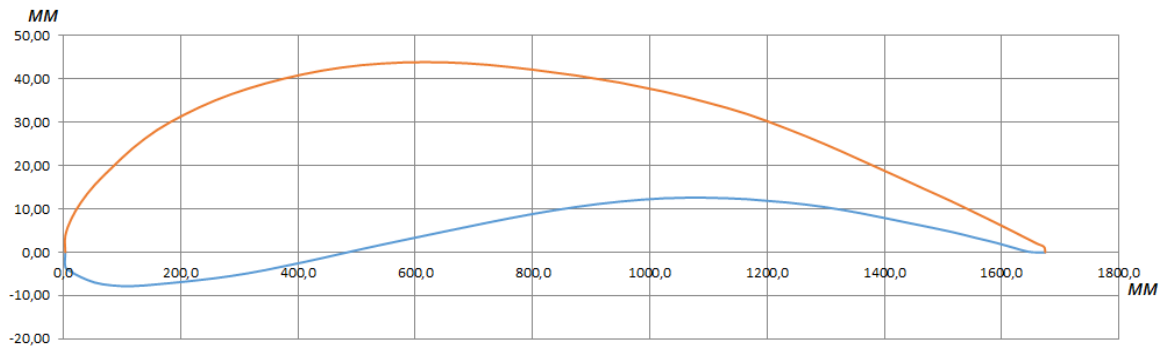


Рисунок 2.5 – Профіль кореневого перерізу розрахованої лопаті

2.3 Вибір генератора для ВЕУ

За розрахунками потужність генератора прийнята рівною 5 кВт (див. розділ 1). Враховуючи необхідність знизити розміри та вагу всієї установки при збереженні достатніх технічних характеристик передбачаємо застосування генератора R & X моделі RX-5000PMG виробництва КНР. [10]

Габарити генератора показані на рис. 2.6, а вигляд – на рис. 2.7, а технічні характеристики – в табл. 2.4.

Таблиця 2.4 – Технічні характеристики електричного генератора [10]

Параметр	Показник
Номінальна потужність, кВт	5,0
Номінальна напруга, В, АС	96
Номінальна швидкість, об/хв.	300
Діапазон швидкості, об/хв.	0 – 300
Коефіцієнт корисної дії, %	93
Тип	3-фазний синхронний з постійними магнітами
Кількість полюсів	36
Матеріал магнітів	Рідкісноземельні елементи NdFeB
Вага, кг	105
Ступінь захисту	IP 54
Середовище використання	-35 ⁰ –60 ⁰ С

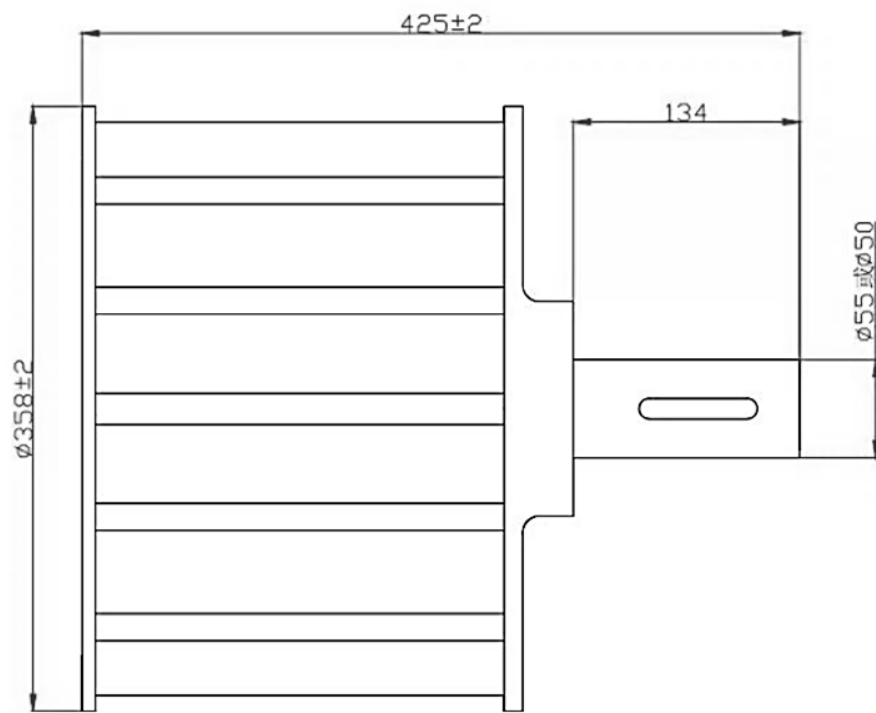


Рисунок 2.6 – Габаритні розміри генератора



Рисунок 2.7 – Зовнішній вигляд генератора [10]

Залежність потужності, яку може віддавати генератор, від швидкості обертання показана на рис. 2.8.

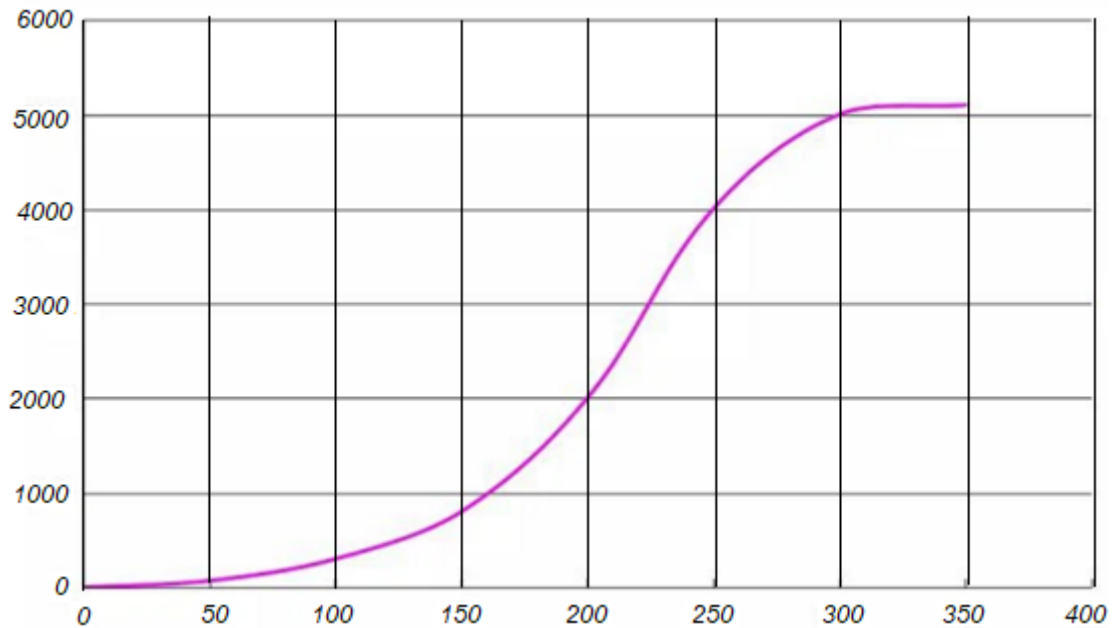


Рисунок 2.8 – Крива потужності [10]

З кривої видно, що потужність 5 кВт генерується при 300 об/хв., а за номінальної швидкості вітру оберти ВЕУ становлять тільки 75 за хвилину, тому необхідна установка підвищувального мультиплікатора (редуктора) з передавальним числом 0,25. (Передавальне число – це відношення обертів вхідного валу – 75 до обертів вихідного – 300).

Висновок за розділом 2

Вітрова установки вибрана з горизонтальною віссю обертання, визначена її аеродинамічна потужність, вибраний профіль лопаті GOE 225 та розраховані параметри. На основі розрахунку побудований профіль перерізу лопаті. Для генерації електричної енергії передбачене застосування електричного генератора R & X моделі RX-5000PMG виробництва KHP потужністю 5 кВт напругою 96 В.

3 РОЗРОБКА СОНЯЧНОЇ ЧАСТИНИ ЖИВЛЕННЯ АЗС

3.1 Загальні вимоги до розміщення СЕС

Електрична енергія із сонячної може бути отриманою безпосередньо за допомогою відомого явища фотоелектричного ефекту, який виникає в напівпровідниках фотоелементах. Сонячне випромінювання є екологічно чистим і невичерпним джерелом енергії, причому за 1 годину на Землю потрапляє така її кількість, якої достатньо для всього людства на цілий рік. Недоліками є нерівномірна густина потоку, нерівномірний розподіл по території та висока залежність від погодних умов, що вимагає особливих умов розміщення сонячних електростанцій та встановлення фотоелементів (ФЕ) стосовно сонячних променів. Максимальне значення потужності можливого для використання сонячного випромінювання має місце в тому разі коли поверхня установки розміщена перпендикулярно до променів. Оскільки Україна розташована в північній півкулі то геліоустановку необхідно орієнтувати на південь дотримуючись визначеного кута нахилу β . Прийнятними є також відхилення до 35° від південного напрямку на південний схід та південний захід. [5] На рис. 3.1 показаний приклад такого відхилення з південного напрямку на схід ($\alpha_n = 15^\circ$). Кут нахилу β розраховується з урахуванням широти місцевості φ та пори року, оскільки від неї залежить схилення Сонця стосовно горизонтальної поверхні. Для району розташування АЗС (Харківщина) широта становить $\varphi = 50^\circ$, а значення відповідного кута нахилу β по місяцях показані в табл. 3.1.

Таблиця 3.1 – Оптимальні кути нахилу β по місяцях для широти 50° [5]

Місяць	Січ.	Лют.	Бер.	Квіт.	Трав.	Черв.	Лип.	Серп.	Вер.	Жовт.	Лист.	Груд.
Кут, нахилу β , град.	71	63	52	41	31	27	29	37	48	60	69	73

Зміна кутів нахилу по місяцях вказує на необхідність зміни їх величини протягом року для отримання найбільшої потужності.

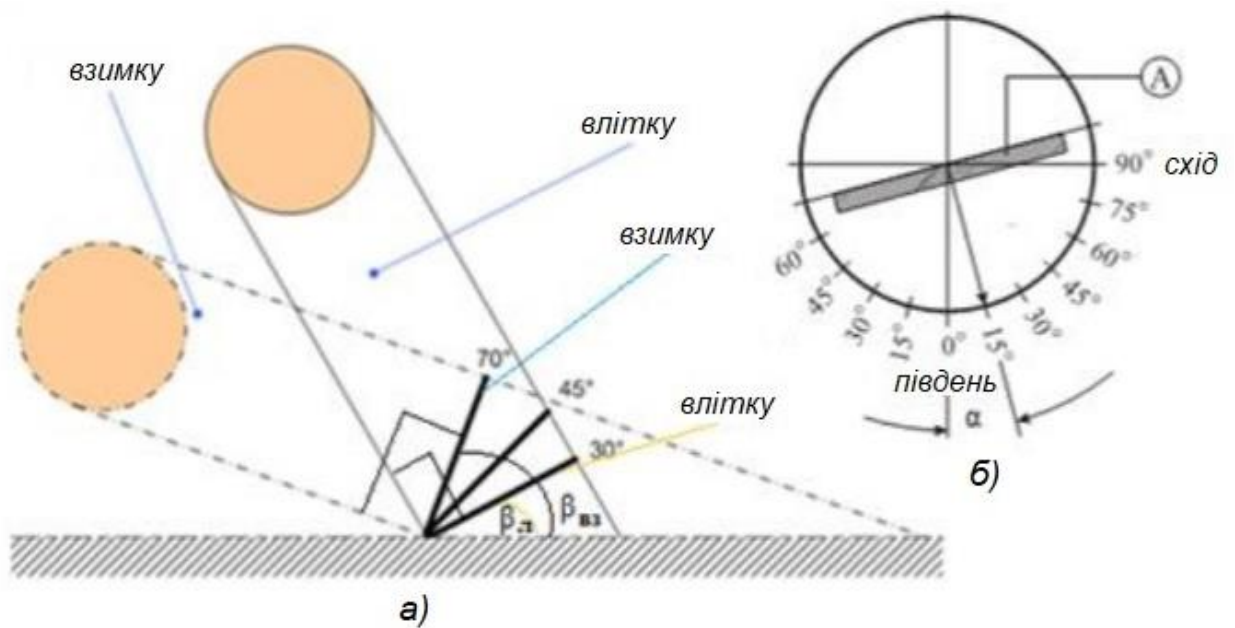


Рисунок 3.1 – Схилення Сонця (а) та приклад відхилення сонячної установки з південного напрямку (б) в різні пори року [5]

Оптимальний кут нахилу визначається за виразом:

$$\beta = \varphi - \delta_{\text{сер}}, \quad (3.1)$$

де $\delta_{\text{сер}}$ – середнє значення схилення Сонця за визначений період, визначається за табл. 3.2.

Таблиця 3.2 – Значення сонячного схилення δ по місяцях [5]

Місяць	Січ.	Лют	Бер	Квіт.	Трав.	Черв.	Лип.	Серп.	Вер.	Жовт.	Лист.	Груд.
Кут, δ , град.	-20,9	-13	-2,4	9,4	18,8	23,1	21,2	13,5	2,2	-9,6	-18,9	-23

Кут нахилу сонячної установки вкрай необхідно змінювати хоча б посезонно: для весни та осені його приймають рівним широті розташування, взимку додаючи 10 – 15 градусів, а влітку віднімаючи 10 – 15 градусів. Для АЗС регулювання кута нахилу можливе, але сама АЗС, на покрівлі якої планується розташування СЕС, відхилена від південного напрямку приблизно на 10^0 , що зменшує продуктивність.

3.2 Підбір сонячної установки

Енергетичні показники ФЕ, в основному, залежать від інтенсивності сонячного освітлення, величини навантаження, робочої температури, та типу.

Наразі застосовуються монокристалічні, полікристалічні та тонкоплівкові ФЕ. Більш ефективні та мають гарні температурні коефіцієнти монокристалічні, але більш популярними є полікристалічні, оскільки мають нижчу питому вартість за 1 Вт при дуже схожих характеристиках (полікристалічні дешевші в середньому на 2–3 %). У тонкоплівкових ФЕ ККД низький, тому використовуються для малопотужних елементів живлення (наприклад зарядних пристроїв мобільних телефонів, калькуляторів і таке інше), але вони краще працюють при високих температурах.

ККД монокристалічного ФЕ на основі кремнію становить 16-17%, полікристалічного – 14 – 15%, тонкоплівкового – 8-9%. [5]

Для отримання потужності 1 кВт від монокристалічної фотобатареї в середньому необхідно 6-9 м², полікристалічної – 7,5-10 м², тонкоплівкової – 14-20 м². [11]

Для проєктованої системи передбачаємо застосування сонячних панелей LogicPower LP-270P українського виробника. Зовнішній вигляд панелі зображений на рис. 3.2, а установочні креслення – на рис. 3.3. Технічні характеристики панелі наведені в табл. 3.3.

Таблиця 3.3 – Технічні параметри панелі LogicPower LP-270P [11]

Параметр	Значення
Тип	Стаціонарна
Максимальна напруга системи, В	1000
Напруга неробочого ходу (UOC), В	37,52
Номінальна напруга (U_{mpp}), В	31,2
Номінальна потужність, Вт	270
ККД, %	16,29
Тип кристалу	Полікристалічний кремній
Струм короткого замикання (I_{sc}), А	8,64
Кількість комірок (фотоелементів), шт	60
Площа, м ²	1,626

Продовження таблиці 3.3

Параметр	Значення
Ширина, мм	992
Довжина, мм	1640
Товщина, мм	35
Вага, кг	17,6
Діапазон робочих температур, град. С	- 40 – + 85
Гарантований термін експлуатації, років	25
Переріз проводу приєднання, мм ²	4,0

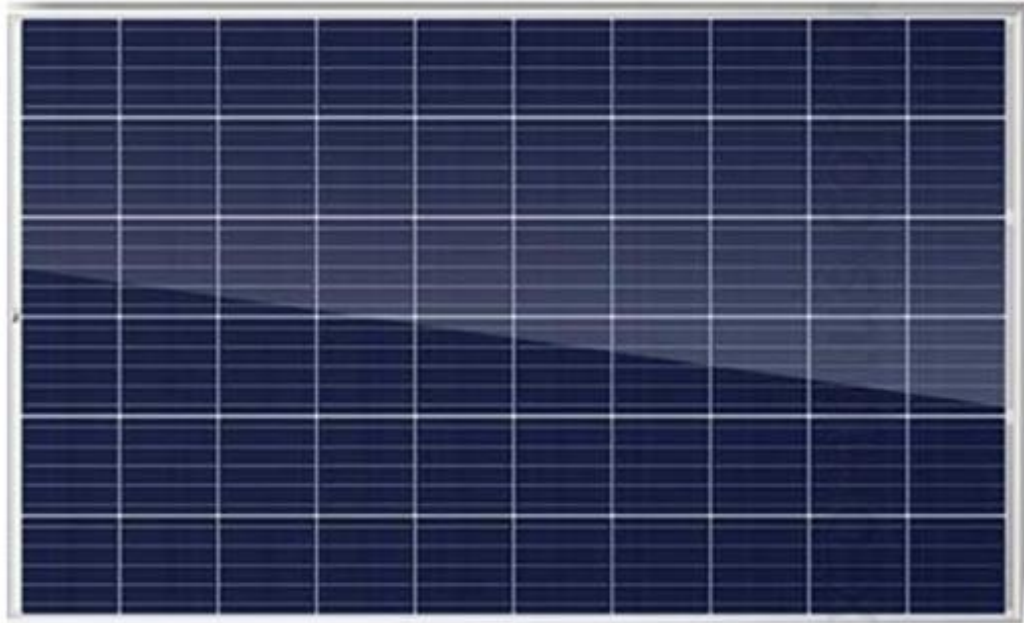


Рисунок 3.2 – Зовнішній вигляд сонячної панелі LogicPower LP-270P [11]

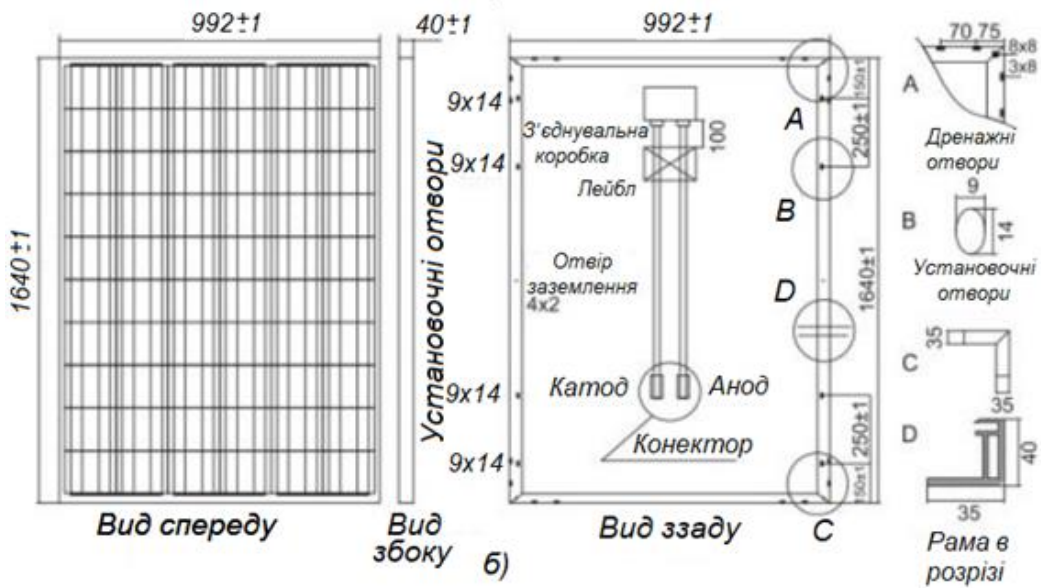


Рисунок 3.3 – Установочні креслення панелі LogicPower LP-270P [11]

3.2.1 Розрахунок необхідної кількості панелей. Визначення площі для їх встановлення

Кількість панелей n визначається необхідною розрахунковою потужністю $P_{\text{розр}}$ та потужністю однієї панелі, $P_{\text{пан}}$ і розраховується за формулою:

$$n = \frac{P_{\text{розр}}}{P_{\text{пан}}}, \quad (3.2)$$

де $P_{\text{розр}} = 500$ Вт, розрахункова потужність СЕС;

$P_{\text{пан}} = 270$ Вт, потужність однієї панелі.

$$n = \frac{5000}{270} = 18,5 \approx 20 \text{ шт.}$$

Округлення кількості дає збільшення потужності СЕС до 5400 Вт.

Площа S , необхідна для розташування 20 панелей, $S = 1,626 \times 20 = 32,52 \text{ м}^2$ в той час, як площа криші АЗС близько 37 м^2 ($5,1 \times 7,2 \text{ м}$). Загальна вага всіх панелей 352 кг, що для існуючої криші АЗС також допустимо.

Вартість однієї панелі 2 485 грн, а повного комплекту відповідно – 49700 грн.

Висновок за розділом 3

Розглянуті загальні вимоги до сонячної енергетичної установки, які показали можливість застосування сонячних панелей LogicPower LP-270P потужністю 270 Вт в кількості **200** шт. Розрахована площа, необхідна для установки цієї кількості панелей.

4 ПОБУДОВА СХЕМИ ДЖЕРЕЛА ЖИВЛЕННЯ. СКЛАДОВІ ЕЛЕМЕНТИ

4.1 Вибір контролера

Для сумісної роботи застосованих джерел генерації ВЕУ та СЕС має сенс застосувати гібридний контролер, який буде забезпечувати незалежне регулювання струму від кожного джерела. Схема з гібридним контролером показана на рис. 4.1. Для стабілізації напруги до схеми введені навантажувальний резистор вітрового генератора та акумуляторна батарея, яка вирівнює зміни генерації та навантаження.



Рисунок 4.1 – Схема джерела живлення

Контролери – це електронні пристрої, що регулюють напругу та струм який тече від джерела живлення до акумулятора. Вони захищають батарею від надмірного заряду, глибокого розряду та зворотного струму що значно подовжує термін служби батареї. Контролер припиняє зарядку при її

закінченні, чим запобігає нагріванню та пошкодженню, а при зниженні напруги нижче критичного значення відключає батарею від навантаження. В тому разі коли напруга джерела стане нижчою від напруги батареї контролер блокує зворотний струм від батареї до джерела.

Найбільш розповсюджені MPPT-контролери (Maximum Power Point Tracker) оскільки вони підвищують ефективність генерації, відстежуючи точку максимальної потужності сонячних батарей чи вітрогенераторів та понижують напругу джерела до рівня, необхідного для батареї акумуляторів. Контролер може працювати в системах з напругою батарей 12, 24, 48 В.

Вигляд контролера та габарити показані на рис. 4.2, а технічні характеристики наведені в табл. 4.1.

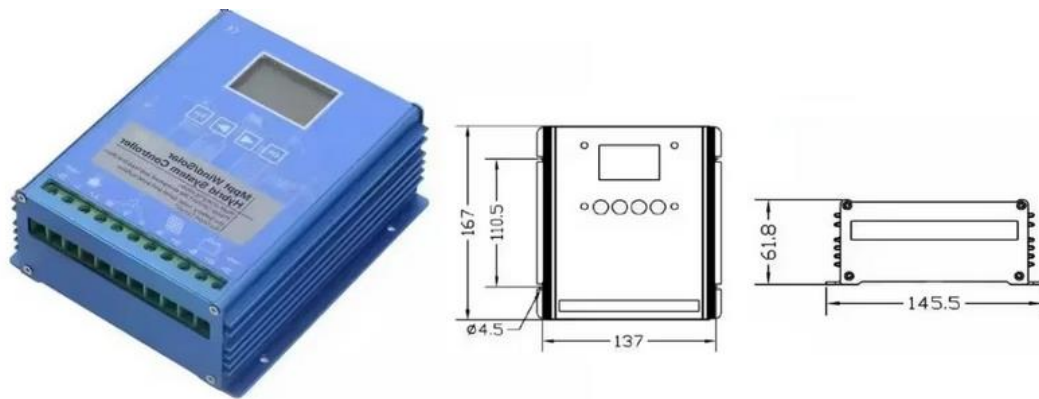


Рисунок 4.2 – Зовнішній вигляд та габарити гібридного контролера Bluetooth MPPT вітер/сонце

Таблиця 4.1 – Технічні параметри контролера [12]

Параметр	Значення
Потужність, Вт	8000 (5000 – вітер; 3000 – сонце)
Тип	MPPT6048
Максимальна вхідна напруга вітрогенератора, В	150
Максимальна вхідна напруга фотомодулів, В	160
Максимальний струм заряджання, А	100
Напруга заряджання, В	Регулюється 12, 24, 48
Вихідна напруга, В	48
Максимальний струм баласту, А	50
Розміри, мм	167x145,5x61,8
Режим роботи	Тривалий
Власний струм споживання, мА	30

4.2 Акумуляторна батарея

Споживання електричної енергії обладнанням АЗС має випадковий непередбачуваний характер, як і вітрова та сонячна генерація, тому процеси виробництва і споживання не збігаються в часі. Більш того, існують періоди коли генерація взагалі відсутня, а електроенергія необхідна. Можлива ситуація коли є можливість значної генерації енергії, а споживання низьке чи зовсім відсутнє. Узгодити споживання та виробництво електроенергії можливо шляхом застосування хімічних акумуляторів, які накопичують електроенергію в разі її надлишку та віддають при дефіциті.

Акумулятори є хімічними джерелами струму багаторазової дії які за рахунок оборотних внутрішніх хімічних процесів можуть багаторазово здійснювати цикли заряд – розряд. Класифікація акумуляторів наведена на рис. 4.3.

Основними типами акумуляторів є наступні:

- свинцево-кислотні;
- лужні: нікель-кадмієві (NiCd) та нікель-металогідридні (NiMH);
- літій-іонні (Li-ion) та літій-полімерні (Li-pol);
- залізо фосфатні, LiFePO_4 .

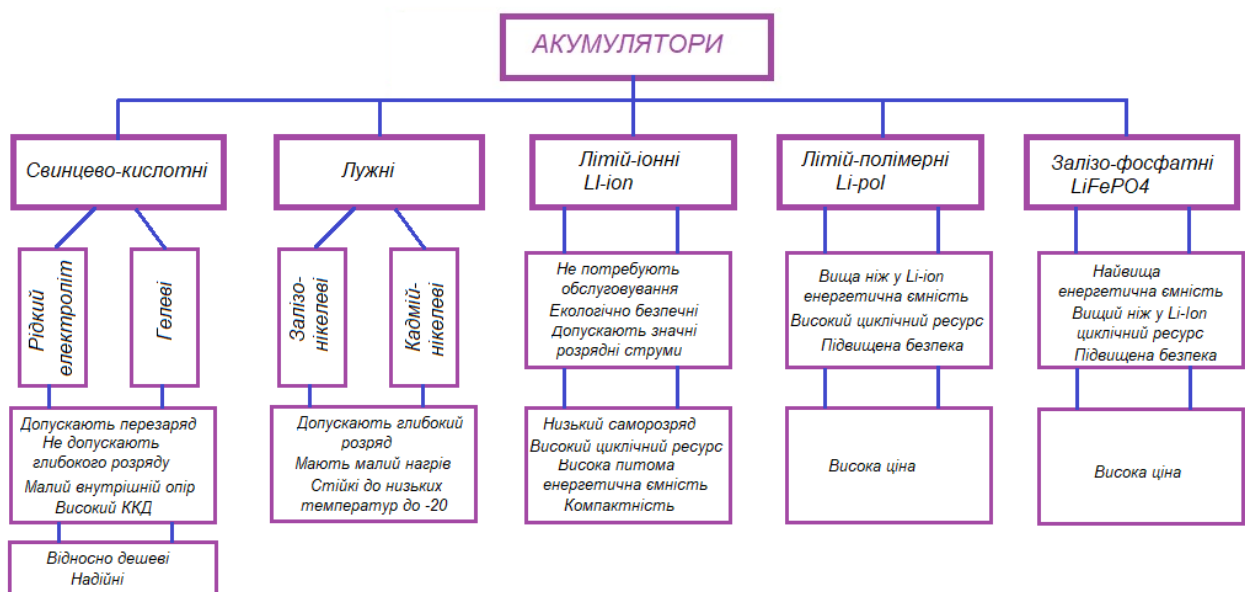


Рисунок 4.3 – Класифікація хімічних акумуляторів

На сьогодні найбільш поширеними та одночасно економічно вигіднішими є свинцево-кислотні.

Ємність батареї акумуляторів джерела живлення повинна відповідати кількості необхідної енергії для живлення розрахункового навантаження протягом визначеного часу. Для формування батареї акумуляторів (АКБ) передбачаємо використання сучасних літєвих залізо фосфатних акумуляторів типу LP LiFePO₄ українського виробника. Напруга одного акумулятора 48 В, ємність $C = 230 \text{ А} \cdot \text{год}$. Важливим є те, що такі акумулятори обладнані системою Smart BMS (Battery Management System), яка служить для забезпечення їх безпечної, ефективної та довговічної роботи. Основне призначення системи полягає в захисті акумулятора від критичних режимів: перезаряду, глибокого розряду, короткого замикання на виході, а також для балансування напруги на елементах, тобто вирівнювання рівня заряду (напруги) між окремими комірками акумулятора. Передбачений захист від неправильної полярності та перегріву.

Необхідна ємність батареї розраховується за наступними даними:

- ємність одного акумулятора $C = 280 \text{ А} \cdot \text{год}$;
- розрахункове навантаження приймачів АЗС $P_p = 5,0 \text{ кВт}$ (розділ 1.2);
- номінальна напруга шини постійного струму $U_n = 48 \text{ В}$;
- необхідний час автономної роботи АКБ $t = 24 \text{ години}$;
- температура в приміщенні де встановлені АКБ – 15° С ;
- втрати потужності в АКБ – 15%, тобто коефіцієнт, що враховує втрати потужності, $k_{\Delta P} = 1,15$.

Ємність батареї $C_{\text{АКБ}}$ визначається за співвідношенням:

$$C_{\text{АКБ}} = \frac{P_{\text{АКБ}}}{k_u \times U_n} \times t \times k_{\Delta P} \times k_t, \quad (4.1)$$

де $P_{\text{АКБ}} = 230 \text{ А} \cdot \text{год}$., ємність однієї батареї;

$k_u = 0,7$ – допустимий коефіцієнт глибини розряду;

$k_t = 1,11$, коефіцієнт який враховує температуру середовища 15°C [5, табл. Г1].

$$C_{\text{АКБ}} = \frac{5000}{0,7 \times 48} \times 24 \times 1,15 \times 1,11 = 4559 \text{ А} \cdot \text{год.}$$

Необхідна кількість акумуляторів $n = \frac{C_{\text{АКБ}}}{C} = \frac{4559}{280} \approx 16$ шт.

Характеристики акумулятора показані в табл. 4.2, а вигляд – на рис. 4.4.

Таблиця 4.2 – Характеристики акумулятора [13]

Параметр	Значення
Виробник	LogicPower, Україна
Тип	Літієвий залізо фосфатний
Номінальна напруга	48,6 В
Ємність	280А·год
Напруга повного заряду	51,2 В
Мінімальна напруга	42 В
Максимальний струм заряду/розряду	140 А/140 А
Піковий струм розряду (100 мс)	200 А
Кількість циклів	8000
Робоча температура заряду/розряду	0 – +40 °C/-20...+60°C
Матеріал корпусу	Метал
Гарантія	60 місяців
Габарити	800×500×227 мм
Вага	133,58 кг



Рисунок 4.4 – Акумулятор Lithium Valley W15-5A -51.2V280Ah настінний / підлоговий монтаж [13]

4.3 Інвертор

Перетворення постійного струму в змінний найчастіше виконують за допомогою інверторів. Для такого перетворення необхідно періодично з потрібною частотою впливати на однонаправлений потік постійного струму таким чином, щоб він змінював свій напрям, рис. 4.5.

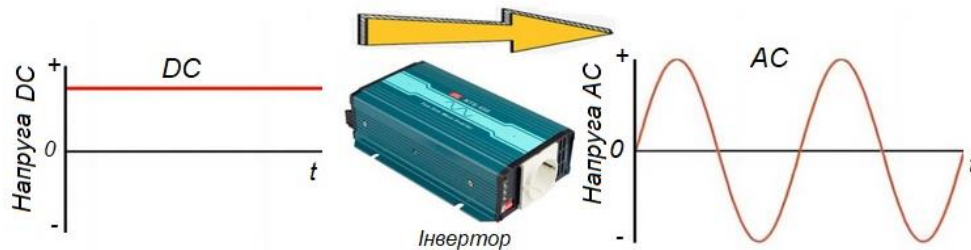


Рисунок 4.5 – Схематичний принцип роботи інвертора

Це досягається за допомогою спеціальних схем, (H-мостів), які змінюючи полярність постійного струму створюють змінний струм.

Комутація покладається на транзистори MOSFET (польові транзистори з окисно-напівпровідниковим затвором) чи IGBT (біполярні транзистори з ізольованим затвором), які змінюють полярність з визначеною частотою для отримання бажаної форми змінного струму.

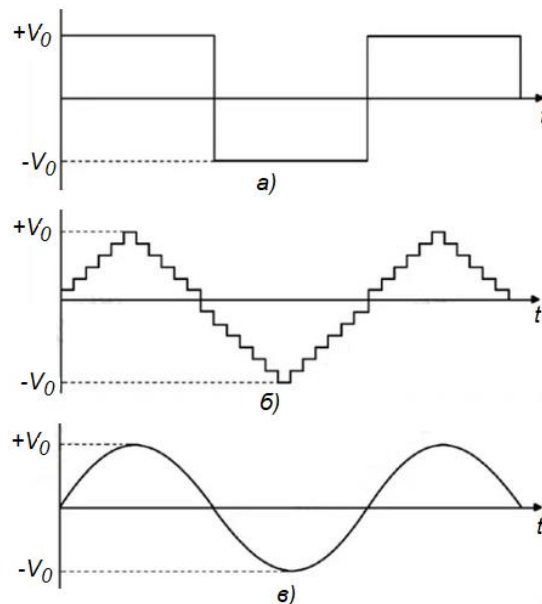


Рисунок 4.6 – Форма синусоїди напруги на виході інвертора

а) –прямокутна; б) – модифікована; в) – чиста синусоїда

Інвертори перших поколінь створювали прямокутну синусоїду (рис.4.6,а), яка не відповідає вимогам багатьох приладів. У інверторів наступних розробок на виході була модифікована синусоїда, ближча за формою до стандартного змінного струму (рис. 4.6, б). Не дивлячись на це вона також не є сумісною з усіма приладами.

Розробка сучасних IGBT і MOSFET створила можливість отримання за допомогою інверторних систем чистих синусоїд (рис. 4.6,в), які практично відповідають струму мережі. Такі синусоїди підходять практично для всіх електричних приладів.

Для живлення приймачів АЗС передбачаємо інвертор з чистою синусоїдою. Оскільки потужність системи генерації при загальній шині постійного струму визначається номіналом інвертора, а не сумарною потужністю джерел, то при найбільшому навантаженні АЗС 11,67 кВт, приймаємо потужність інвертора рівною 12,0 кВт. Вибираємо трифазний гібридний інвертор Deye SUN-12K-SG05LP3-EU-SM2 12kW.

Він сумісний з низьковольтними LiFePO_4 батареями. Технічні характеристики інвертора показані в табл. 4.3, а вигляд – на рис. 4.7.



Рисунок 4.7 – Трифазний гібридний інвертор Deye SUN-12K-SG05LP3-EU-SM2 [14]

Таблиця 4.3 – Технічні характеристики інвертора [14]

Параметр	Значення
Модель	SUN-12K-SG05LP3-EU-SM2
Номинальна потужність, кВт	12,0
Максимальна потужність, кВт	13,2
Напруга батареї, В	40 – 60
Кількість фаз на виході	3ф (3L/N/PE
Максимальний ККД, %	97,6
Робоча температура,	-40 – +60°C
Ступінь захисту IP	IP65
Матеріал корпусу	Метал
Гарантія	5 років
Габарити	800×500×227 мм
Вага, кг	11,5

Вибраний інвертор має пікову потужність 13,2 кВт і може працювати з батареєю напругою від 40 до 60 В.

Висновки за розділом 4

Запропонована загальна схема комбінованої системи генерації та необхідні для неї елементи. Для управління роботою обох джерел та режимом заряду-розряду батареї акумуляторів вибраний MPPT контролер вітер-сонце.

В результаті порівняння характеристик різних типів акумуляторів для накопичення електроенергії сформована батарея з літієвих залізо фосфатних акумуляторів типу Lithium Valley W15-5A -51.2V 280Ah в кількості 16 шт. Напруга одного акумулятора 48 В, ємність $C = 230 \text{ А} \cdot \text{год}$.

Перетворення постійного струму батареї в змінний передбачене трифазним гібридним інвертором Deye SUN-12K-SG05LP3-EU-SM2.

5 ОХОРОНА ПРАЦІ

5.1 Загальна характеристика системи охорони праці

Охорона праці є інтегральним поняттям, яке включає знання з ряду наук, зокрема: інженерних, гуманітарних, про суспільство, про людину та природничих.

Закон України «Про охорону праці» визначає це поняття як систему цілого ряду заходів та засобів, які направлені на збереження життя людини, здоров'я та працездатності під час трудової діяльності. Складові частини охорони праці як системи, показана на рис. 5.1.



Рисунок 5.1 – Складові охорони праці, як системи

Важливість охорони праці пояснюється тим, що навіть у розвинутому суспільстві травматизм в процесі виробництва за своїми наслідками схожий з епідеміями. Технічний прогрес постійно переслідують техногенні аварії та нещасні випадки. За даними Всесвітньої організації охорони праці смертність від них на третьому місці після серцево-судинних і онкологічних захворювань. Стосовно України статистика свідчить, що кожні 8 хвилин на виробництві одна людина травмується, а кожні 6 годин одна людина помирає внаслідок травм. [15].

Слід також зазначити, що в Україні високий не лише рівень травматизму, а й професійних захворювань.

Значна кількість нещасних випадків в Україні пояснюється:

- незадовільною підготовкою як робітників так і роботодавців з питань охорони праці;
- відсутністю належного контролю безпеки на робочих місцях та виконанням встановлених норм і вимог;
- недостатність або повна відсутність забезпечення працівників засобами індивідуального захисту (ЗІЗ);
- пасивне відношення до впровадження на підприємствах засобів та приладів колективної безпеки;
- вкрай значна зношеність засобів виробництва(у деяких галузях до 80%).

В останні роки з'явилась позитивна тенденція зниження виробничого травматизму, що деякою мірою пов'язано зі зменшенням виробництва, відповідно і зі зменшенням негативних виробничих факторів. Також на це вплинуло скороченням чисельності працівників. [15].

З метою постійного контролю та поліпшення стану охорони праці в Україні функціонує чітка система управління охороною праці (рис. 5.2).

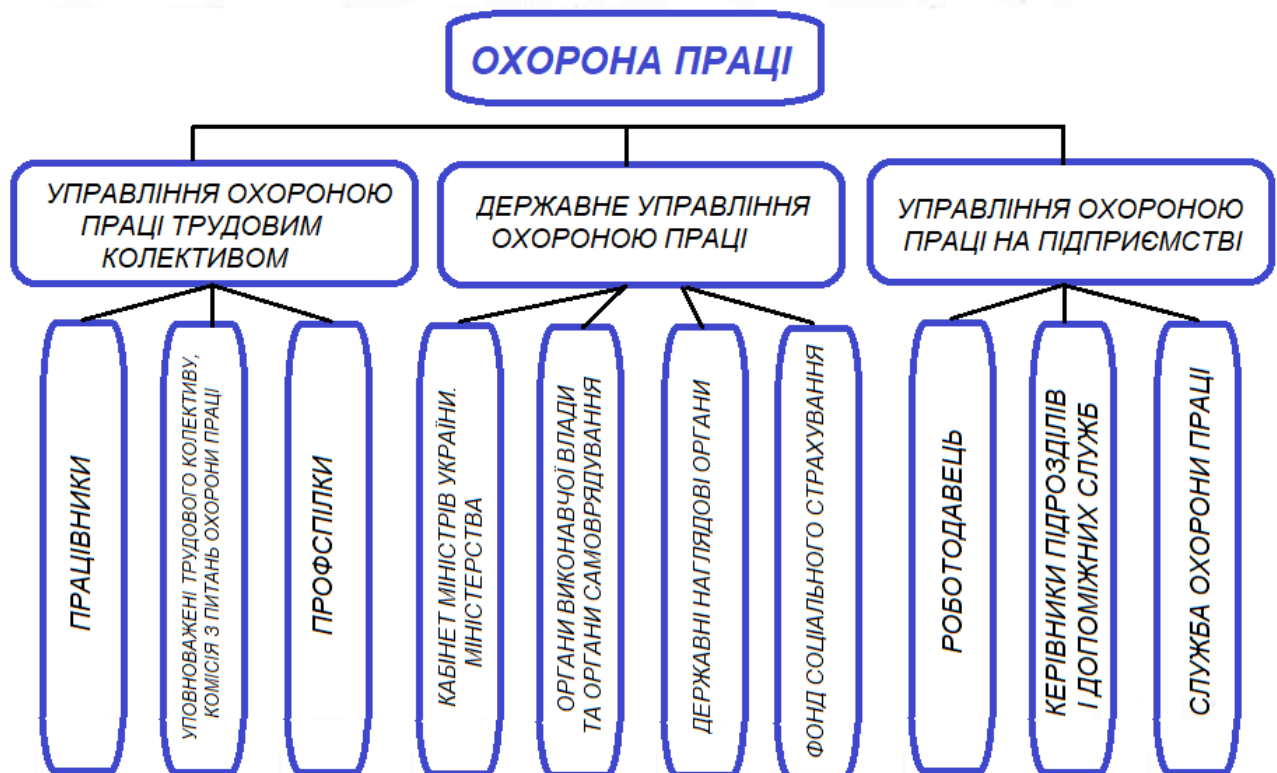


Рисунок 5.2 – Комплексне управління охороною праці [16]

В ній присутня не тільки держава, а й громадські організації, такі як профспілки чи ради трудових колективів.

Основою системи є законодавство України про охорону праці, яке регулює взаємовідносини в реалізації державної політики стосовно правових, соціальних, економічних, організаційних, технічних і лікувально-профілактичних заходів та засобів, метою яких є збереження здоров'я та працездатності людей в процесі праці.

Головним документом є Конституція України, як основний закон держави, що встановлює найважливіші суспільні відносини в державі. Серед передбачених прав людини є право на працю та забезпечення необхідних її умов і соціальний захист. [17, ст.43, 46.]

Одним із найважливіших законодавчих актів стосовно охорони праці є Закон України «Про охорону праці», який визначає основні положення реалізації передбачених конституцією прав громадян на охорону життя і здоров'я під час трудової діяльності, регулює взаємовідносини між власником підприємства чи організацією та працівником з питань безпеки праці, виробничого середовища та встановлює єдиний порядок охорони праці в державі. Дія вказаного закону розповсюджується на всі підприємства та організації незалежно від форм їх власності та видів діяльності, а також на всіх громадян, які працюють на цих підприємствах.

Визначення правових засад та гарантій можливості громадян України розпоряджатися своїми здібностями до праці, регулювання трудових відносин працівників усіх підприємств та установ незалежно від їх форми власності, виду діяльності і галузевої належності передбачає основний закон національного трудового законодавства – Кодекс законів про працю України.

В ньому, зокрема оговорюються умови праці та права неповнолітніх, людей з інвалідністю, жінок.

Важливими надбаннями Закону України «Про охорону праці» є те, що він як закон прямої дії стосовно порядку організації охорони праці, сприяє зміцненню статусу служб з охорони праці, підсилює роль колективних

договорів на підприємствах у вирішенні питань охорони праці, створює умови для активної участі професійних спілок та інших громадських організацій в поліпшенні стану охорони праці.

Крім вказаних документів, яким надана чинність обов'язкових правових норм існують Державні міжгалузеві та галузеві нормативні акти про охорону праці, а також підзаконні нормативні акти.

В умовах різноманітності форм власності, в тому числі і недержавних, система управління охороною праці та законодавство України побудоване таким чином, що держава гарантує створення безпечних умов праці для працівників незалежно від належності підприємства та форми його власності.

Підприємства, організації чи установи на основі Державних актів з охорони праці розробляють власні інструкції, положення, які діють тільки на даному підприємстві. Такі документи повинні відповідати вимогам державних та затверджуватися роботодавцями.

Слід зауважити, що не тільки підприємства, а й самі працівники повинні в процесі виробництва дотримуватися нормативно-правових актів з охорони праці, турбуватися про безпеку та здоров'я як своє так і оточуючих, знати та виконувати норми з охорони праці.

5.2 Опис і характеристика автозаправної станції та джерела її живлення

АЗС є стаціонарною з двома основними елементами – сховищами палива та колонками для роздавання палива. Сталеві резервуари об'ємом 25 м³ з подвійними стінками розташовані під землею на пожежобезпечній відстані. Резервуари захищені від прямих ударів блискавки заземленими стрижневими блискавковідводами. Трубопроводи до колонок виконані підземними в каналах. Все електричне обладнання приєднане до захисного контуру заземлення, розташованого по периметру будівлі. Колонки для заправки змонтовані під навісом, до них облаштовані зручні під'їзди для автомобілів. Крім власне АЗС є

також невеликий кафетерій. Територія АЗС освітлюється світлодіодними світильниками, розташованими по периметру та біля заправних колонок.

АЗС не має системи протипожежного водопроводу, для господарських потреб існує малопотужна водяна свердловина. Поряд з територією АЗС встановлений відкритий резервуар для води ємністю 25 м³.

Електричне живлення АЗС до останнього часу забезпечувалось від загальної мережі, але в силу різних причин виникла необхідність застосування автономного джерела. Такою вибрана гібридна електростанція, до якого входять вітрова станція та сонячна з розрахунковим навантаженням 5 кВт кожна.

Встановлення вітрової установки, яка має вітроколесо з горизонтальною віссю обертання діаметром 9 м, передбачається на металевій опорі висотою 20 м на відстані 90 метрів від АЗС. Сонячна установка (фотобатареї) монтується на покрівлі будівлі АЗС з нахилом, що враховує широти місцевості. Кількість панелей становить 20 шт. Супутнє обладнання обох станцій (інвертор, контролери, батареї акумуляторів) розміщується в окремій прибудові до АЗС, спорудженій з цегли. В ній передбачені отвори для природної вентиляції з решітками та металеві двері. Електричні з'єднання генеруючих установок з відповідним обладнанням передбачаються кабельними з розміщенням в кабель-каналах.

5.3 Шкідливі та небезпечні фактори при монтажу СЕС

Під час виробничого процесу можливий вплив на працівника різних чинників цього процесу. Оскільки інколи один і той же чинник може викликати як травму так і захворювання то всі досить часто несприятливі виробничі чинники розглядаються як єдине – небезпечний та шкідливий виробничий фактор (НШВФ).

За природою дії та походженням НШВФ поділяють на такі групи: фізичні; хімічні; біологічні; психофізіологічні та соціальні.

До фізичних НШВФ на АЗС слід віднести рухомі машини, що під'їжджають на заправку, конструкції для встановлення сонячних панелей які переміщуються та самі панелі, підвищена загазованість повітря робочої зони від роботи двигунів. Небезпеку становить напруга в електричній мережі.

Хімічними НШВФ на АЗС є подразнюючі речовини – етильований бензин та інші види палива. Біологічні НШВФ практично відсутні.

До психофізіологічних НШВФ належать фізичні перевантаження, як статичні так і динамічні, та нервово-психічні перевантаження, викликані монотонністю праці, надмірним розумовим перенапруженням, надлишком інформації. Стосовно робіт з установки СЕС, при дотриманні правил охорони праці, вказані фактори не мають місця за винятком деякої монотонності робіт. Усунути її можливо за рахунок короткочасних перерв в роботі та чергуванні операцій.

Соціальні НШВФ можуть проявитися при неякісній організації робіт, незлагодженому колективі та напружених стосунках з керівниками роботи. В даному випадку при монтажу задіяний невеликий колектив (5 осіб), який існує понад рік, тому непорозуміння не повинні виникати.

5.4 Заходи безпеки під час монтажу та експлуатації сонячних панелей

Встановлення системи сонячної генерації потребує ретельного планування всіх робіт і точного виконання правил безпеки. Сонячні панелі монтуються на даху автозаправної станції. Навіть беручи до уваги невелику висоту будівлі (близько 4 метрів) існує можливість отримання травм при падінні з висоти, що можливе не тільки з покрівлі, а й з драбин, які використовуються для підйому на неї. Також можливе травмування при розвантаженні, переміщенні панелей, їх встановленні та закріпленні.

Для уникнення нещасних випадків слід заздалегідь, до початку робіт з монтажу, детально ознайомитися з місцем роботи, впевнитися в міцності покрівлі, видалити будь-які предмети, що можуть перешкоджати роботі.

Робітники, задіяні в монтажі, повинні мати засоби індивідуального захисту (ЗІЗ) такі як каски, рукавички, ремені безпеки, взуття проти ковзання.

Виконання робіт з монтажу передбачається як з площини покрівлі так і з приставних драбин, на яких повинен бути нанесений інвентарний номер, дата проведення наступного випробування (1 раз на 12 місяців) та відмітка про приналежність (організація, цех і таке інше) [18]. Для роботи зручніше використовувати металеві драбини з упорами. Установка приставної драбини повинна виконуватися під кутом до горизонтальної площини не меншим 45° і не більшим 60° . В разі необхідності встановлення драбини під кутом нахилу менше 60° не вимагається додаткове закріплення верхньої її частини.

Не дозволяється виконання робіт з щаблів, розташованих на відстані меншій 1 м від верхнього кінця приставної драбини. Також заборонено встановлювати драбину на додаткові опори (ящики, столи і таке інше) у разі її недостатньої довжини. Знаходитися на щаблях приставної драбини дозволяється тільки одному працівникові. Не дозволяється виконувати роботи із застосуванням електричного та пневматичного інструменту, залишати на драбині інструмент, піднімати або опускати по ній вантаж.

Перед початком робіт з приставної драбини необхідно забезпечити її стійкість, закріпити верхній кінець за надійні нерухомі конструкції для виключення можливих зміщень.

Ланки розсувних приставних драбин повинні плавно без заїдань висовуватися і засовуватися та надійно стопоритися на будь-якій висоті. Зусилля, необхідне для висування ланок, не повинно перевищувати 500 Н (50 кгс). Ланки драбин не повинні допускати довільного складання, а упори щільно фіксуватись і не мати люфту. Якщо гумові башмаки на них зносилися, то необхідна їх заміна, а затуплені металеві слід заточити.

Перш ніж приступити до роботи на висоті, слід чітко визначити тип роботи та її об'єм, необхідне обладнання та потенційні небезпеки, що можуть виникнути під час роботи.

Працівники, які будуть виконувати роботи з монтажу, повинні мати належну підготовку, пройти відповідний інструктаж та отримати дозвіл на виконання робіт.

Сонячні панелі піднімати на покрівлю найкраще за допомогою підйомника, але оскільки вони мають розмір 1640x992 мм та вагу 17,6 кг їх підйом планується за допомогою канатів двома працівниками, які знаходяться на даху, та одним працівником, який знаходиться на землі. За характеристиками небезпеки під час розвантаження, транспортування та монтажу панелі є мало небезпечними і відносяться до першої групи, а за масою – до першої категорії, тобто менше 80 кг [16].

До початку монтажу безпосередньо панелей необхідно змонтувати системи їх кріплення, які є різноманітними за конструкцією і, найчастіше це спеціальні металеві рами або кронштейни, закріплені до структури даху. При їх збиранні слід керуватися інструкцією виробника систем кріплення.

Розпаковані сонячні панелі в сонячні дні бажано обгорнути непрозорим матеріалом, щоб запобігти їх нагріванню та отримання опіків працівниками.

Після перевірки фіксації та вирівнювання системи кріплення, приступають до укладання. Починати слід з верхнього ряду, відразу з'єднуючи панелі між собою в міру монтажу, інакше наступний ряд може перекрити доступ до проводів першого ряду.

Слід чітко пам'ятати, що панелі під променями сонці, є такими, що знаходяться під напругою. При замиканні їх виводів можливе отримання опіків. Після повного встановлення та з'єднання всіх панелей здійснюється їх підключення до інвертора. Кріпильні конструкції обов'язково слід заземлити.

5.5 Модернізація мережі 0,4 кВ АЗС з метою підвищення безпеки людей

За первісною схемою живлення автозаправна станція була приєднана до мережі повітряною з трьома фазними та нульовим проводом. Згідно з ПУЕ [19] такі мережі виконуються з глухозаземленою нейтраллю, тобто нейтраль трансформатора безпосередньо з'єднана з землею. Взагалі систем заземлення

існує декілька різновидів. Розглянемо систему TN, яка стосується глухозаземленої нейтралі. Така система, як правило, застосовується в електроустановках напругою до 1 кВ житлових, суспільних і промислових будівель та зовнішніх установок. Вона об'єднує три підсистеми, що мають позначення TN-C (рис. 5.3), TN-S (рис. 5.4), TN-C-S (рис. 5.5). В цих позначеннях перша буква вказує на стан нейтралі відносно землі: T (terra – земля) – заземлена нейтраль; друга – на стан відкритих провідних частин стосовно землі N (neutral – нейтральний) – відкриті струмопровідні частини приєднані до глухозаземленої нейтралі джерела живлення.

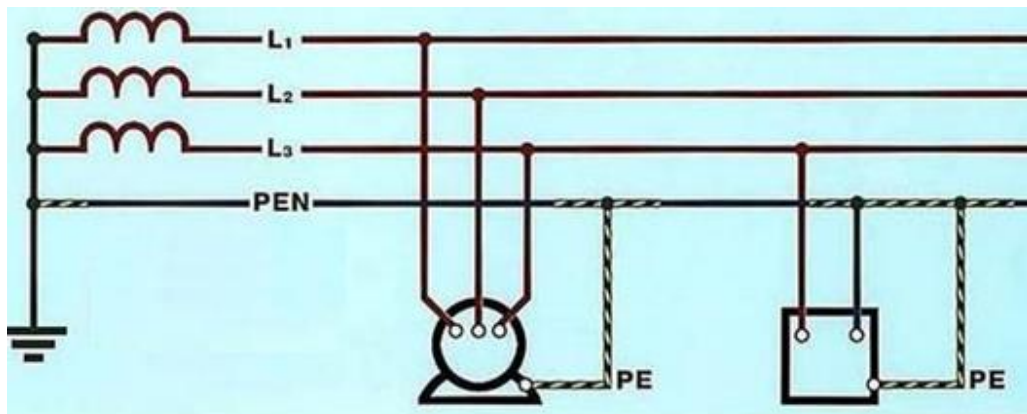


Рисунок 5.3 – Підсистема TN-C в якій нульовий захисний та нульовий робочий провідники об'єднані в одному (PEN)

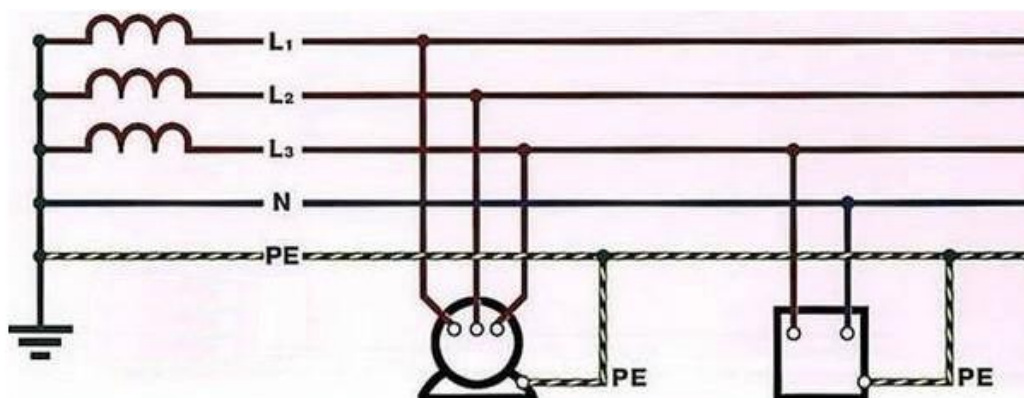


Рисунок 5.4 – Підсистема TN-S в якій нульовий захисний та нульовий робочий провідники розділені по всій мережі починаючи від джерела живлення

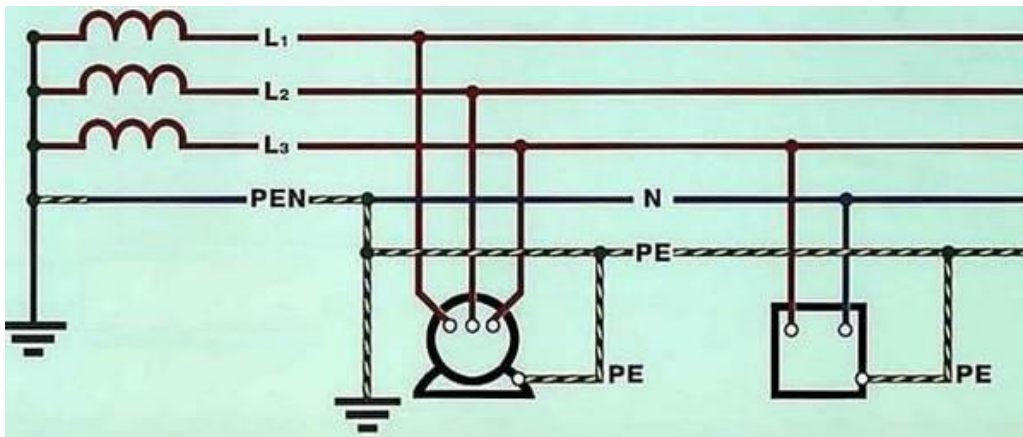


Рисунок 5.5 – Підсистема TN-C-S в якій функції нульового захисного та нульового робочого провідників суміщені в одному провіднику в якійсь частині мережі, починаючи від джерела живлення

Наступні букви після N позначають суміщення в одному провіднику чи розділення функцій нульового та захисного провідників: C (complete – загальний) – функції нульового захисного та нульового робочого провідників об'єднані в одному (PEN провідник); S (selective – розділений) – нульовий робочий (N) та нульовий захисний (PE) провідники розділені.

Схема TN-C (рис. 5.3) є досить економічною, простою та на сьогодні ще досить широко використовується в будівлях старої забудови та у вуличному освітленні, де ймовірність ураження електричним струмом дуже низька. За такою схемою виконана і мережа АЗС. Тобто це звична схема яка має чотири фазних проводи та нульовий. Крім робочих нулів обладнання відкриті провідні деталі заземлюються додатковими нульовими провідниками.

Значним недоліком цієї системи є те, що при погіршенні контактів в колі нульового проводу чи його обриву захисні функції нульового проводу зникають. На провідних поверхнях обладнання з'являється напруга, яка може становити загрозу для людей. Заземлення знижує напругу доторкування, але ефективність такого захисту визначається якістю заземлення. Для відключення пошкодженої ділянки крім заземлення обладнання передбачають його занулення. У разі пошкодження ізоляції та потрапляння фазної напруги на

корпус виникає коротке замикання і захисна апаратура відключає ділянку мережі чи всю мережу від джерела живлення.

Занулення є менш ефективним захистом від ураження струмом, оскільки ймовірність розривання кола нульового провідника досить значна.

При монтажі СЕС пропонується змінити схему заземлення нейтралі наступним чином: на ділянці від інвертора до ввідного щита АЗС застосувати систему TN-C, а після щита TN-S. Таким чином в цілому мережа буде мати систему заземлення TN-C-S (рис. 5.5) в якій функції нульового захисного та нульового робочого провідників розділені в тій частині мережі, де більш ймовірний контакт людей з обладнанням. Захисний провідник виконуватиме свої функції навіть при обриві нульового. Зберігається також і відключення мережі (аналогічно зануленню) при замиканні фази на корпус, тому що при короткому замиканні інвертор миттєво відключається електронним захистом.

5.6 Розрахунок додаткового пристрою заземлення вітрової установки

На АЗС існує пристрій заземлення, опір якого за даними контрольних замірів, становить 3,5 Ом, що відповідає нормі для мережі 400 В. Сонячні панелі встановлюються на покрівлі будівлі АЗС і заземлюються на нього. Захист від блискавки (стрижневі блискавковідводи) також приєднані до цього пристрою. Створення додаткового пристрою необхідне для заземлення вітрової установки, яка вища ніж існуючі блискавковідводи. Вітроколесо ВЕУ обладнане приймачами блискавки, розміщеними на лопатях, вежа металева, між вітроколесом і вежею існує ковзний контакт розрахований на протікання струму блискавки. Для його відведення в землю навколо вежі ВЕУ передбачаємо контур у вигляді квадрату зі стороною 5 м. Ґрунт чорнозем з питомим опором $\rho = 60 \text{ Ом} \times \text{м}$. Протягом року, залежно від сезону, цей опір коливається, що враховується коефіцієнтами сезонності $k_c = 1,3$ та вологості $k_v = 1$. [22].

Таким чином, розрахунковий питомий опір ґрунту визначається формулою:

$$\rho_{\text{розр}} = k_c \times k_b \times \rho; \quad (5.1)$$

$$\rho_{\text{розр}} = 1,3 \times 1 \times 60 = 78 \text{ Ом} \times \text{м}.$$

Схема компонування пристрою заземлення вежі ВЕУ показана на рис. 5.6. Довжина горизонтальних заземлювачів, розташованих по периметру вежі, становить: $L_{\text{гор}} = L_1 + L_2 + L_3 + L_4 = 20 \text{ м}$ з розміщенням на глибині 0,8 м.

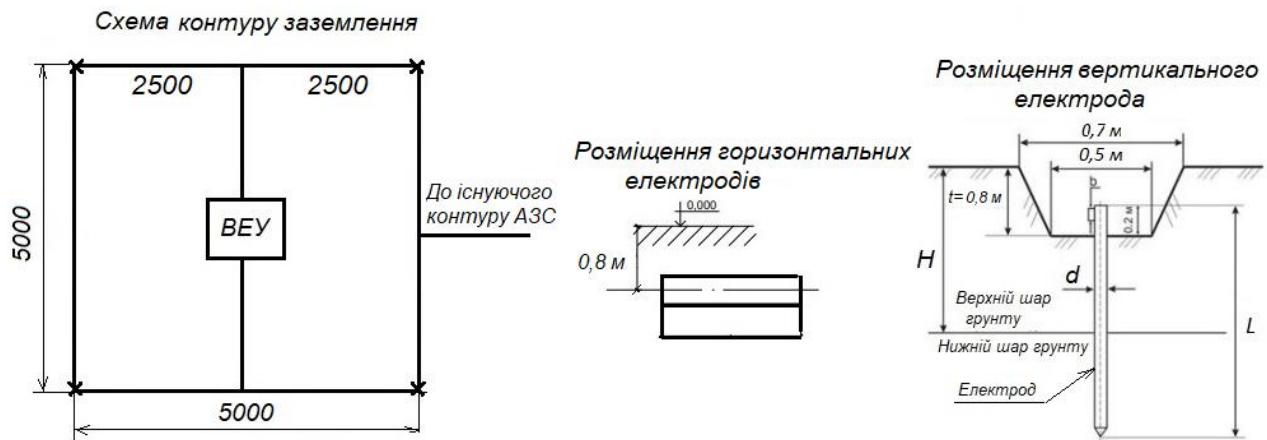


Рисунок 5.6 – Схема контуру заземлення ВЕУ та розташування електродів

Опір одного вертикального електрода розраховується за формулою:

$$R_{\text{верт}} = 0,366 \times \frac{\rho_{\text{розр}}}{L_b} \left(\lg \left(\frac{k_{\text{вик}} \times L_b}{d} \right) + 0,5 \lg \left(\frac{4T + L_b}{4T - L_b} \right) \right), \quad (5.2)$$

де $\rho_{\text{розр}} = 78 \text{ Ом} \times \text{м}$ – розрахунковий питомий опір ґрунту;

$L_b = 3 \text{ м}$ – довжина вертикального електрода;

$k_{\text{вик}} = 2$ – коефіцієнт використання вертикального електрода;

$d = 0,025 \text{ м}$ – діаметр вертикального електрода;

$T = 2,3 \text{ м}$ – розрахункова довжина вертикального електрода, або відстань від поверхні землі до його середини.

$$R_{\text{верт}} = 0,366 \times \frac{78}{3} \left(\lg \left(\frac{2 \times 3}{0,025} \right) + 0,5 \lg \left(\frac{4 \times 2,3 + 3}{4 \times 2,3 - 3} \right) \right) \approx 24 \text{ Ом}$$

Сумарний опір вертикальних електродів $R_{\text{верт сум}} = \frac{24}{4} = 6 \text{ Ом}$, що є меншим від нормованого значення, тому опір горизонтальних заземлювачів не розраховуємо.

Опір горизонтальних заземлювачів R_r визначається за формулою:

$$R_r = \frac{\rho}{2 \cdot \pi \cdot L} \cdot \ln \times \left(\frac{L^2}{k \cdot h \cdot d} \right), \quad (5.3)$$

де $L = 10 \text{ м}$ – довжина горизонтальних заземлювачів;

$k = 0,813$ – коефіцієнт, що враховує круглу форму провідника;

$h = 0,8 \text{ м}$ – глибина розміщення горизонтальних провідників;

$d = 0,01 \text{ м}$ – діаметр горизонтального провідника.

$$R_{1r} = \frac{78}{2 \cdot 3,14 \cdot 10} \cdot \ln \left(\frac{10^2}{0,813 \cdot 0,8 \cdot 0,01} \right) = 9,1 \text{ Ом.}$$

Загальний опір пристрою заземлення: $R_{\text{заг}} = \frac{6,0 \times 9,1}{6,0 + 9,1} = 3,6 < 4,0 \text{ Ом}$.

Опір пристрою заземлення відповідає нормі, але для запобігання занесенню високого потенціалу на обладнання АЗС, в разі потрапляння блискавки в вежу, контур приєднується до існуючого.

5.7 Пожежна безпека на АЗС з гібридною електростанцією

Забезпечення пожежної безпеки є одним із найважливіших напрямків охорони життя людей, їхнього здоров'я, приватного та суспільного майна, а також довкілля. На першому місці серед причин пожеж в Україні знаходиться необережне поводження з вогнем (58 – 60%), далі – порушення правил монтажу та експлуатації електричного обладнання, особливо в побуті (18 – 20%), це ж

стосується і приладів опалення (11 – 12%), дитячі пустоші з вогнем та підпали становлять близько 9 – 10%. Стосовно сфери виробництва показники та причини пожеж майже не змінюються. Головною залишається необережне поводження з вогнем. Це може бути в разі куріння в недозволених місцях або при виконанні робіт, пов'язаних з застосуванням вогню (вогневими роботами). Згідно з ДСТУ Б В.1.1-36:2016 [20] зовнішні установки АЗС в яких знаходяться легкозаймисті, горючі рідини відносяться до категорії В₃.

Пожежна безпека під час будівельно-монтажних робіт та в період експлуатації автономного джерела живлення забезпечується:

- призначенням відповідальної за пожежну безпеку особи від монтажною організації під час установки панелей та обладнання;
- своєчасним та чітким виконання протипожежних заходів;
- забезпеченням робочих місць засобами пожежогасіння;
- своєчасним проведенням інструктажів та перевіркою знань з питань пожежної безпеки при монтажних роботах;
- здійсненням авторського нагляду проектною організацією за дотриманням проектних рішень з пожежної безпеки під час монтажу.

Зварювальні роботи та інші з відкритим вогнем при спорудженні СЕС не плануються. На час підйому та установки панелей СЕС робота АЗС повинна призупинятися. До роботи з монтажу не можна залучати працівників АЗС.

Автозаправні станції з погляду пожежної безпеки є об'єктами підвищеної небезпеки, тому стосовно їхніх працівників вимагається строге дотримання вимог пожежної безпеки.

Всі працівники автозаправної станції повинні проходити інструктаж з охорони праці на АЗС, протипожежної безпеки та виробничої санітарії. Працівники автозаправної станції повинні працювати у спецодязі та спеціальному взутті, яке виготовлене з матеріалу, що не створює електростатичного заряду. Перед заступанням на зміну працівники АЗС повинні перевірити справність усього технологічного обладнання, а також наявність первинних засобів пожежогасіння. При необхідності зливання палива

в резервуари працівники АЗС повинні звільнити виїзд автотранспорту та припинити заправку автотранспорту. Особливу увагу слід звертати на герметичність з'єднань у колонках, трубопроводах та іншій арматурі з метою запобігання протікань горючого.

При заправці транспортних засобів відстань між ними повинна бути не меншою 3м. Всі інші машини в черзі повинні розміщуватися не ближче одного метра одна від одної. Транспортні засоби на заправку подаються тільки своїм ходом після чого двигун глушиться до початку заправки. Якщо під час заправки допущене розливання чи розбризкування палива на землю, то його необхідно засипати піском, який потім збирається в спеціальні металеві ящики з кришкою. Якщо облиті паливом машини, то їх належить водіями насухо витерти, а обтиральні матеріали також помістити в ящик. Після закінчення зміни оператор повинен вивезти цей ящик з території АЗС.

Заправлення автомобілів, завантажених небезпечними вантажами (вибухові речовини, стиснені та зріджені горючі гази і таке інше) забороняється.

Також забороняється експлуатація та ремонт вибухозахищеного електрообладнання зі знятими деталями оболонки, а також кріплень.

У разі виникнення аварійної ситуації, якою може бути загоряння автотранспорту чи АЗС; несправність електрообладнання; витікання палива з паливної колонки; розливу палива при прийманні необхідно негайно вимкнути електричне живлення та припинити заправку. Далі викликати пожежну команду та приступити до гасіння наявними засобами. Про подію слід повідомити керівництво.

Для гасіння пожежі на АЗС повинен бути пожежний щит з первинними засобами гасіння такими як пісок (не менше 0,5 м³), лопати, багор, сокира, лом порошковий чи вуглекислотний вогнегасник об'ємом понад 6 кг та протипожежне полотно/кошма. Обов'язковим є наявність одного пересувного вогнегасника (з розрахунку один вогнегасник сто кілограмів на 100 автомобілів). Для гасіння нафтопродуктів (бензин, дизельне паливо) на

відкритих майданчиках оптимальними є повітряно-пінні вогнегасники ВВП (Вогнегасник Водно-Пінний) або ВВПА (Водно-Пінний Аерозольний). Поширені моделі ВВП-6, ВВП-9, ВВП-12 (цифра вказує об'єм у літрах). Вогнегасники з буквою (А) в позначенні призначаються для гасіння твердих, а з буквою (В) рідких речовин.

В цілому згідно до Закону України «Про пожежну безпеку» [21] забезпечення пожежної безпеки покладається на власників чи керівників та уповноважених ними осіб.

5.8 Надання першої долікарської допомоги при нещасних випадках

На здоров'я та життя людини можуть виявляти негативний вплив цілий ряд чинників. Нещасні випадки виникають несподівано, можливо в місцях віддалених від медичних закладів, а невідкладна допомога необхідна в перші декілька (4 – 5) хвилин до настання необоротних змін в організмі постраждалого. Поняття першої долікарської допомоги вказує на те, що це є комплекс простих термінових, невідкладних дій, які спрямовані на збереження здоров'я чи навіть життя потерпілого.

Найголовнішим правилом у наданні першої допомоги є її обов'язковість без оправдання розгубленістю, страхом чи невмінням. Слід пам'ятати, що потерпіла людина можливо в першу чергу потребує психологічної підтримки та заспокійливої реакції оточуючих.

В першу чергу при наданні допомоги слід усунути дію на людину факторів, які викликали нещасний випадок. Це може бути звільнення від дії електричного струму, переміщення на свіже повітря, гасіння одягу на потерпілому і таке інше.

Далі необхідно визначитися зі станом потерпілого, характером і тяжкістю найсерйозніших травм та послідовністю надання допомоги. В будь-якому разі належить починати з відновлення важливих життєвих функцій таких як відновлення прохідності дихальних шляхів, здійснення штучного дихання, за

необхідності проведення закритого масажу серця, зупинку кровотечі, фіксації місця перелому, накладення пов'язки і т. д.

Обов'язково необхідно викликати лікаря чи швидку допомогу, можливо транспортувати потерпілого до найближчого медичного закладу. До прибуття медичного працівника проводити заходи для підтримання життєвих функцій.

Ознаками життя є наявність таких функцій організму, як:

- серцебиття (встановлюється прикладанням вуха до грудної клітини);
- дихання (піднімання та опускання грудної клітки та живота);
- пульсу (визначається на сонній або стегновій артерії);
- реакції зіниць (при освітленні ока спостерігається їх звуження).

5.8.1 Надання допомоги при механічній травмі [22]

Об'єм та характер заходів першої допомоги визначається видом травми. Під час монтажу сонячних панелей найбільш ймовірними є поранення рук, чи ніг, порізи, можливі забиття.

Для надання допомоги при пораненні необхідно перев'язати рану за допомогою перев'язувального бинта. При його накладанні не слід торкатися руками тієї частини яка буде накладатися безпосередньо на рану. При відсутності перев'язувального пакета можна використати чисту тканину, хустку і таке інше. Перед накладанням тканини на неї слід накапати декілька крапель йоду. Торкатися рани руками не слід.

Зовнішню кровотечу можливо зупинити шляхом накладання на рану тугої пов'язки з перев'язувального матеріалу для чого спочатку на рану накладають декілька шарів матеріалу і щільно прибинтовують. Можливо знадобиться накладення ще декількох шарів. При сильній кровотечі слід притиснути судину вище рани. У разі кровотечі з судин кінцівки її можна зупинити згинанням кінцівки в суглобі (за відсутності перелому).

Сильну кровотечу з кінцівки можна зупинити накладанням джгута вище рани. За відсутності джгута можна скористатися гумовою трубкою чи чимось схожим. Для зменшення болю та можливого защемлення шкіри під джгут

необхідно помістити м'яку підкладку. Затягувати джгут необхідно до повного припинення кровотечі. Нижче місця накладення джгута не повинна відчуватися пульсація судини. Залежно від пори року джгут накладається не більше ніж на дві години (влітку) або на одну годину (взимку). Після цього часу джгут необхідно послабити для припливу крові, а потім (через 10 – 15 хвилин) накласти знову вище попереднього місця накладання. Обов'язковою є доставка постраждалого якомога швидше до лікарняного закладу.

Забиття – це травма поверхні тіла без порушення цілісності шкіри. Отримання такої травми можливе при падінні, ударі об твердий предмет чи тупим предметом. Місце удару набрякає, з'являється синець та виникає біль і можливе обмеження руху. Велику небезпеку становлять забиття внутрішніх органів які можуть мати набагато гірші наслідки.

У разі забиття слід накласти на це місце тугу пов'язку та з метою зменшення болю прикласти холод. За наявності на місці забиття подряпин його необхідно дезінфікувати. При забоях внутрішніх органів обов'язкове термінове звернення до лікаря.

Висновки за розділом 5

Розглянуті складові охорони праці, як системи та управління нею. На основі характеристики автозаправної станції та застосованих джерел живлення визначені небезпечні та шкідливі фактори, які мають можуть мати місце на АЗС. Детально аналізуються заходи безпеки при монтажі сонячних батарей на даху АЗС. Запропонована модернізація схеми мережі 0,4 кВ з метою підвищення її безпеки, яка полягає в прокладенні додаткового захисного провідника з розділенням нульового та захисного. Розрахований додатковий до наявного пристрій заземлення, що викликане встановлення вежі ВЕУ.

Також розглянуті питання пожежної безпеки та надання першої невідкладної допомоги, зокрема при механічних травмах.

ВИСНОВКИ

Погіршення ситуації з електропостачанням ускладнила можливості нормальної роботи автозаправної станції, тому з'явилась необхідність застосування автономного джерела живлення. Аналіз кліматичних умов місця розташування АЗС показав, що таким джерелом може бути гібридна вітро-сонячна установка. В весняно-літній період (квітень – вересень) живлення забезпечуватиме головним чином сонячна електростанція, а в осіннє-зимовий – вітрова.

Загальна встановлена потужність електричного обладнання становить близько 12 кВт. За даними помісячного споживання електроенергії за 2019 – 2021 роки визначене середньодобове споживання електроенергії та середнє годинне навантаження АЗС. За розрахункове прийняте навантаження 5,0 кВт. Потужність обох установок розрахована на забезпечення такого навантаження. Вітрова установка прийнята трилопатева з горизонтальною віссю обертання встановлена на вежі висотою 20 м. Необхідна аеродинамічна потужність ВЕУ становить 13 кВт.

Розрахована вітрова установка яка забезпечує таку потужність при номінальній швидкості вітру 7,1 м/с. Діаметр вітрового колеса – 9,0 м. Для нього запропоновані лопаті профілю GOE-225 з відносною товщиною профілю кореневого перерізу 0,2.

Визначені коефіцієнти втрат та кути встановлення лопатей і розраховані координати кореневого перерізу лопаті, побудований її профіль. Швидкість обертання – 75 об./хв.

Отримання електричної енергії передбачається від генератора із збудженням від постійних магнітів R & X моделі RX-5000PMG виробництва КНР. Номінальна потужність генератора 5 кВт, а номінальна напруга – 96 В. Номінальні оберти – 300 об./хв в зв'язку з чим необхідна установка між вітротурбіною та генератором підвищувального редуктора.

Для сонячної електростанції, з урахуванням широти місця розташування СЕС, визначені оптимальні кути нахилу фотопанелей. Вибрані панелі типу LogicPower LP-270P потужністю 270 Вт. Необхідна кількість панелей 20 штук. Для їх установки необхідна площа близько 33 м². Панелі розміщуються на даху АЗС з невеликим напуском.

Сумісна робота ВЕУ та СЕС забезпечується гібридним контролером вітер/сонце типу MPPT6048.

Накопичення електроенергії виконують літєві залізо фосфатні акумулятори номінальною напругою 48,6 В, ємністю 280 А·год у кількості 16 шт.

Перетворення постійного струму в змінний передбачене за допомогою інвертора Deye SUN-12K-SG05LP3-EU-SM2 номінальною потужністю 12 кВт. Пікова потужність інвертора 13,2 кВт.

В розділі охорони праці розглянуті окремі питання системи управління охороною праці в Україні. На основі характеристики автозаправної станції та джерела її живлення виявлені шкідливі та небезпечні фактори при монтажу СЕС і розроблені пропозиції для забезпечення безпеки персоналу під час монтажу та експлуатації сонячних панелей.

Для підвищення електробезпеки мережі 0,4 кВ запропонована її модернізація яка передбачає розділення нульового та захисного провідників.

Розрахований пристрій заземлення ВЕУ.

Аналізуються питання пожежної безпеки та надання першої долікарської допомоги при нещасних випадках.

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ ІНФОРМАЦІЇ

1. <https://chery-club.com.ua/ua/driver-tips/fuel/u-chomu-riznicya-mizh-azs-ta-azk/>
2. ДСТУ-Н Б В.1.1 – 27:2010 Захист від небезпечних геологічних процесів, шкідливих експлуатаційних впливів, від пожежі. Будівельна кліматологія. Національний стандарт України
3. <https://enersun.com.ua/ua/sonyachna-vitrova-elektrostantsiya-5-kvt-pid-klyuch-z-montazhem/>
4. Відрновлювані джерела енергії / За заг. ред. С.О. Кудрі. – Київ: Інститут відрновлюваної енергетики НАНУ, 2020. – 392 с
5. Немикіна О.В. Поновлювальні та альтернативні джерела енергії. Для студентів спеціальності 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка: навч. посібник / О.В. Немикіна – Запоріжжя: НУ «Запорізька політехніка», 2020. – 188 с.
6. Основи вітроенергетики: підручник / Г. Півняк, Ф. Шкрабець, Н. Нойбергер, Д. Ципленков ; М-во освіти і науки України, Нац. гірн. ун-т. – Д.: НГУ, 2015. – 335 с.
7. Вітроенергетика [Електронний ресурс]: навч. посіб. для студ. спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка, електромеханіка» / Головка В. М.; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 5,5 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. – 88 с.
8. Методичні рекомендації до виконання курсового проекту «Проектування вітроенергетичної установки» із навчальної дисципліни «Вітроенергетика» (для студентів усіх форм навчання освітнього рівня «бакалавр» галузей знань 14 – Електрична інженерія спеціальність 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка, освітня програма «Нетрадиційні та відрновлювальні джерела енергії») / Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова ; уклад.: М. Л. Глебова, О. Б. Єгоров, С. І. Корнелюк. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2020. – 97 с.

9. Вітроенергетика. Курсовий проєкт. [Електронний ресурс]: навч. посіб. студ. спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та для електромеханіка» / КПІ ім. Ігоря Сікорського; Укладачі: Головка В.М., Коваленко І.Я., - Електронні текстові дані (1 файл: 1,8 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2023. – 27с.

10. <https://ua.rx-generators.com/permanent-magnet-generator/radial-flux-permanent-magnet-generator/neodymium-permanent-magnet-generator.html>

11. https://energy-dreams.com.ua/product/elektrostanziya-5-5kw-paneli/?gad_source=1&gad_campaignid=20302994327&gclid=EAIaIQobChMIqrGg1O6ykwMV7pGDBx2uMQHzEAQYBSABEGJeZfD_BwE

12. https://bigl.ua/ua/p2533684063-gibridnyj-mppt-kontroller?utm_source=pmax&utm_medium=cpa&utm_content=ru&utm_campaign=top_sell_ru_low_mode&gad_source=1&gad_campaignid=21495226471&gclid=EAIaIQobChMIitemUsI_NkwMV1VqRBR0nDzbMEAQYFCABEGJYmfD_BwE

13. <https://www.masterps.com.ua/akumulatorna-batarea-litij-zalizo-fosfatna-lifepo4-280a-god-51-2v-14336vt-god-lithium-valley-w15-5a-nastinnij-pidlogovij-montaz>

14. https://www.nkon.nl/ua/ess/hybride-omvormers/deye/deye-sun-12k-sg05lp3-eu-sm2-3-fase-hybride-lv-omvormer.html?gad_source=1&gad_campaignid=23443180956&gclid=EAIaIQobChMIg-KAlvPkkwMVMBeiAx1-BDj8EAQYASABEGIb-PD_BwE

15. Охорона праці в галузі [текст] : навчальний посібник / П. С. Атаманчук, В. В. Мендерецький, О. П. Панчук, Р. М. Білий - К. : «Центр учбової літератури», 2017. - 322 с.

16 Основи охорони праці: підручник / В. Ц. Жидецький; Львів, Афіша, 2005. – 349 с.

17. Конституція України в практиці Конституційного Суду: офіційне тлумачення та юридичні позиції. 1997–2023 /вступ. слово С. П. Головатого; упоряд.: С. П. Головатий, В.М. Бесчастний, Л.І. Бірюк, Н.І. Адамчик, Ю.М. Михеєнко. Київ : ВАІТЕ, 2024. 450 с.

18. НПАОП 0.00-1.71-13 «Правила охорони праці під час роботи з інструментом та пристроями», які затверджено наказом Міністерства енергетики та вугільної промисловості України 19.12.2013 № 966

<https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0327-14#Text>

19. Правила улаштування електроустановок. - Видання офіційне. Міненерговугілля України. - Х. : Видавництво «Форт», 2017. - 760 с.

20. ДСТУ Б В.1.1-36:2016 Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою

<https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?>

21. Про пожежну безпеку : Закон України від 17 грудня 1993 року № 3745-XII // Голос України. – 1994. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/3745-12/ed19931217>

22. <https://moz.gov.ua/uk/jak-nadati-pershu-dopomogu-zagalni-pravila>

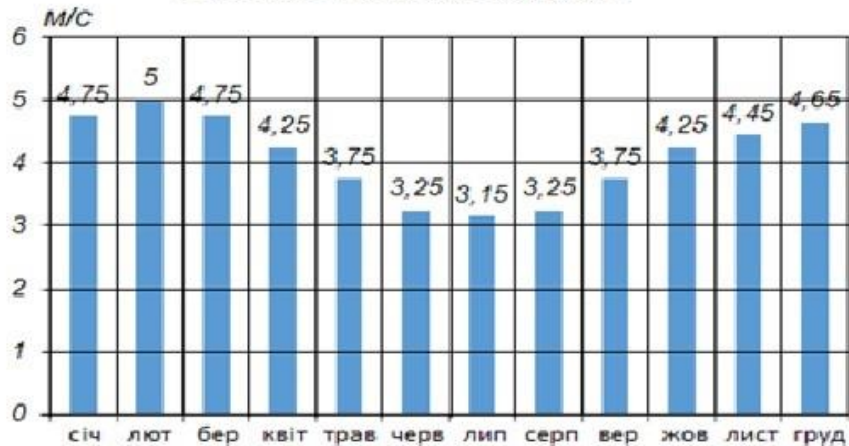
ГРАФІЧНІ МАТЕРІАЛИ

Характеристики АЗС та місця розташування

Зовнішній вигляд АЗС



Середня швидкість вітру, м/с



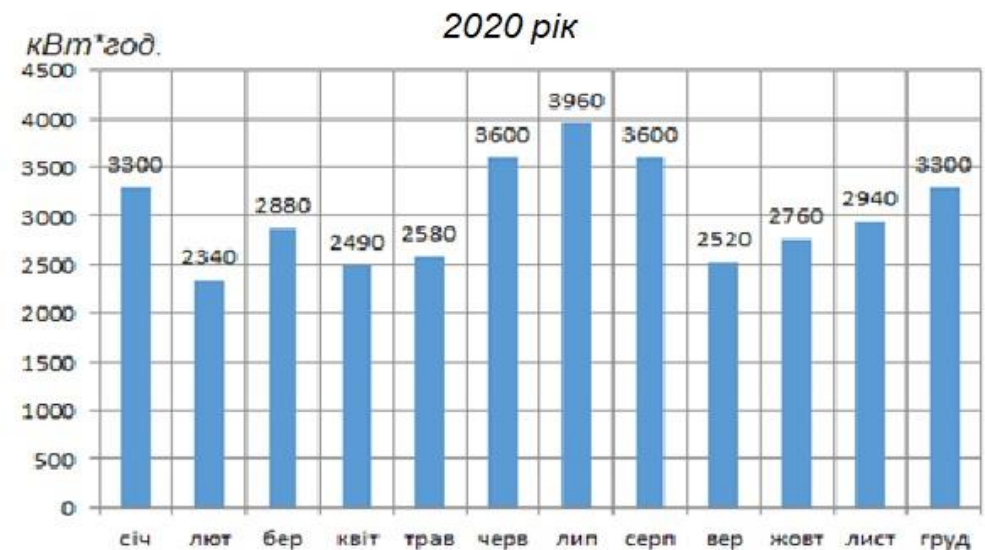
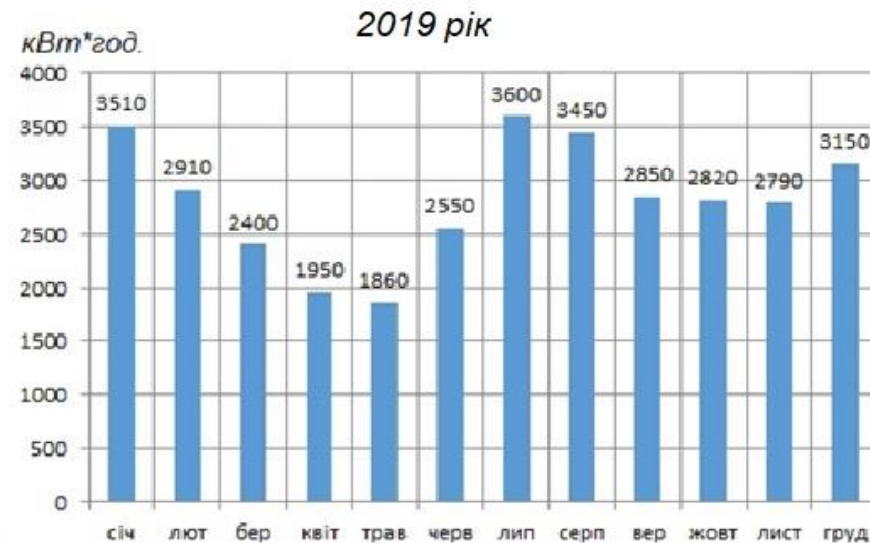
Встановлені приймачі електроенергії

Найменування приймача	Потужність, одного приймача, кВт	Кількість приймачів, шт.	Сумарна потужність, кВт
Насос колонки	0,5	4	2,0
Касовий апарат	0,2	2	0,4
Водяна насосна станція	0,85	1	0,85
Бойлер для нагріву води	1,5	1	1,5
Холодильник	0,2	1	0,2
Мікрохвильова піч	1,5	1	1,5
Кавоварка	0,7	1	0,7
Електричний чайник	1,8	1	1,8
Тостер	0,2	1	0,2
Міксер	0,4	1	0,4
Освітлення території	0,1	12	1,2
Освітлення приміщень	0,06	15	0,9
Роутер	0,02	1	0,02
Загальна встановлена потужність електричного обладнання			11,67

Освітленість поверхні, тисяч люкс

Місяць	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Середня
Середня сумарна денна горизонтальна, тисяч лк	82	163	290	368	580	640	620	540	380	210	85	55	335
Середня розсіяна денна горизонтальна, тисяч лк	58	107	174	232	285	318	295	248	178	110	80	41	175
Тривалість освітленості, годин	10	11	13	15	17	18	18	16	14	12	10	9	14

Споживання електроенергії, кВт*год

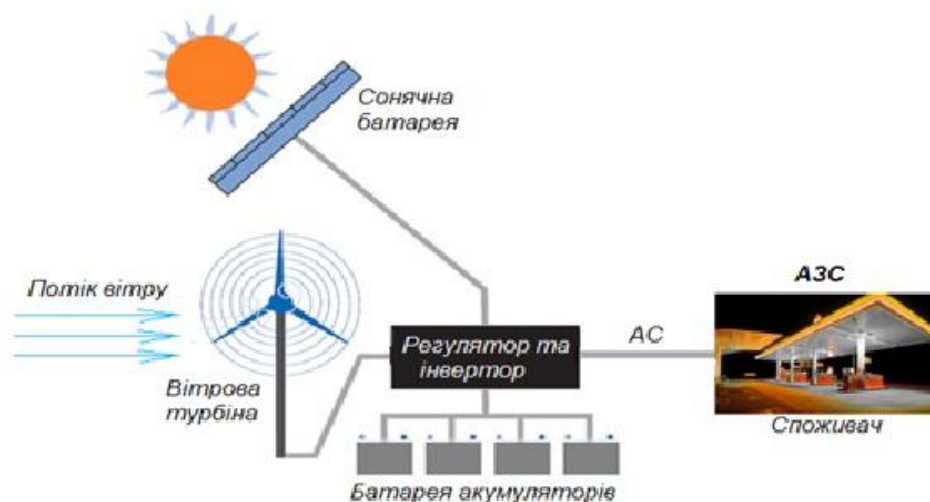


Споживання електроенергії та годинне навантаження

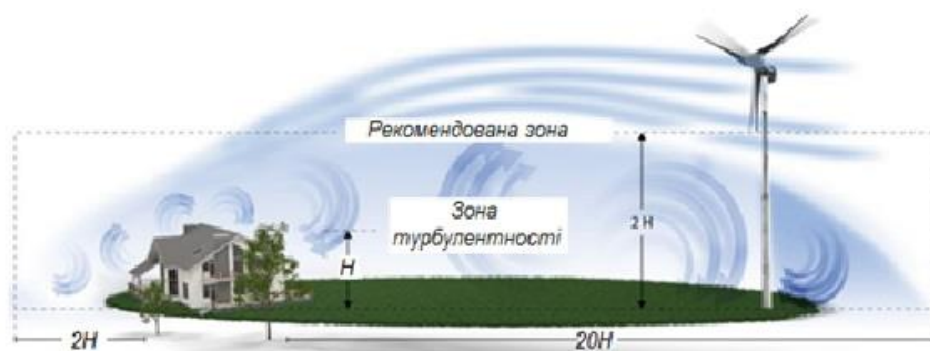
Рік	Споживання за рік, $E_{річ}$, кВт*год.	Середнє споживання за місяць, $E_{міс}$, кВт*год.	Середнє споживання за добу, $E_{доб}$, кВт*год.	Середнє годинне навантаження, $P_{год}$, кВт
2019	35700	2975	97,81	4,1
2020	38850	3237,5	106,2	4,4
2021	37500	3125	102,7	4,3

Можливі схеми живлення та розміщення БЕУ

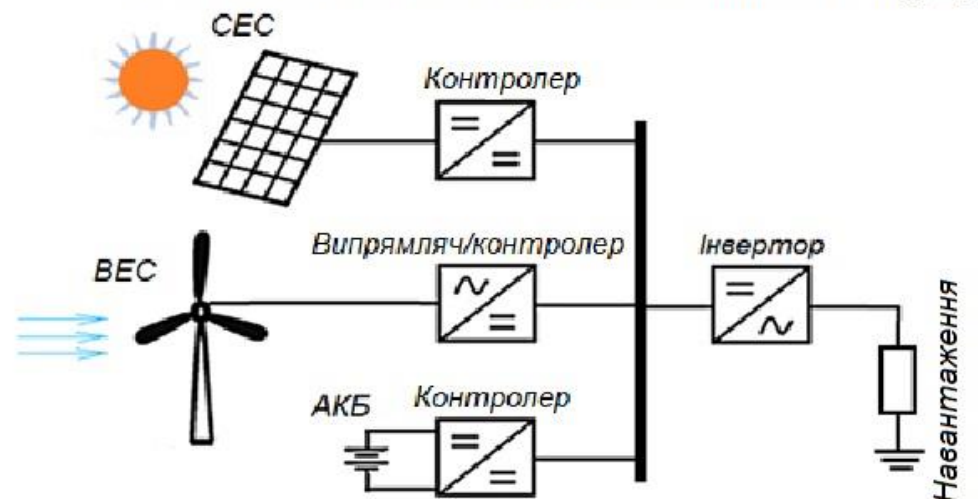
Схема живлення АЗС від двох джерел



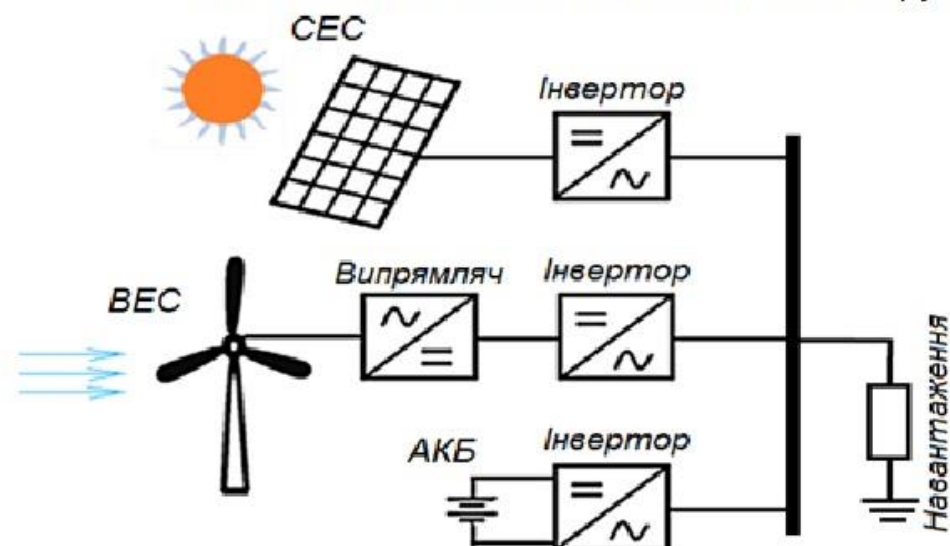
Правильне розміщення вітрової установки



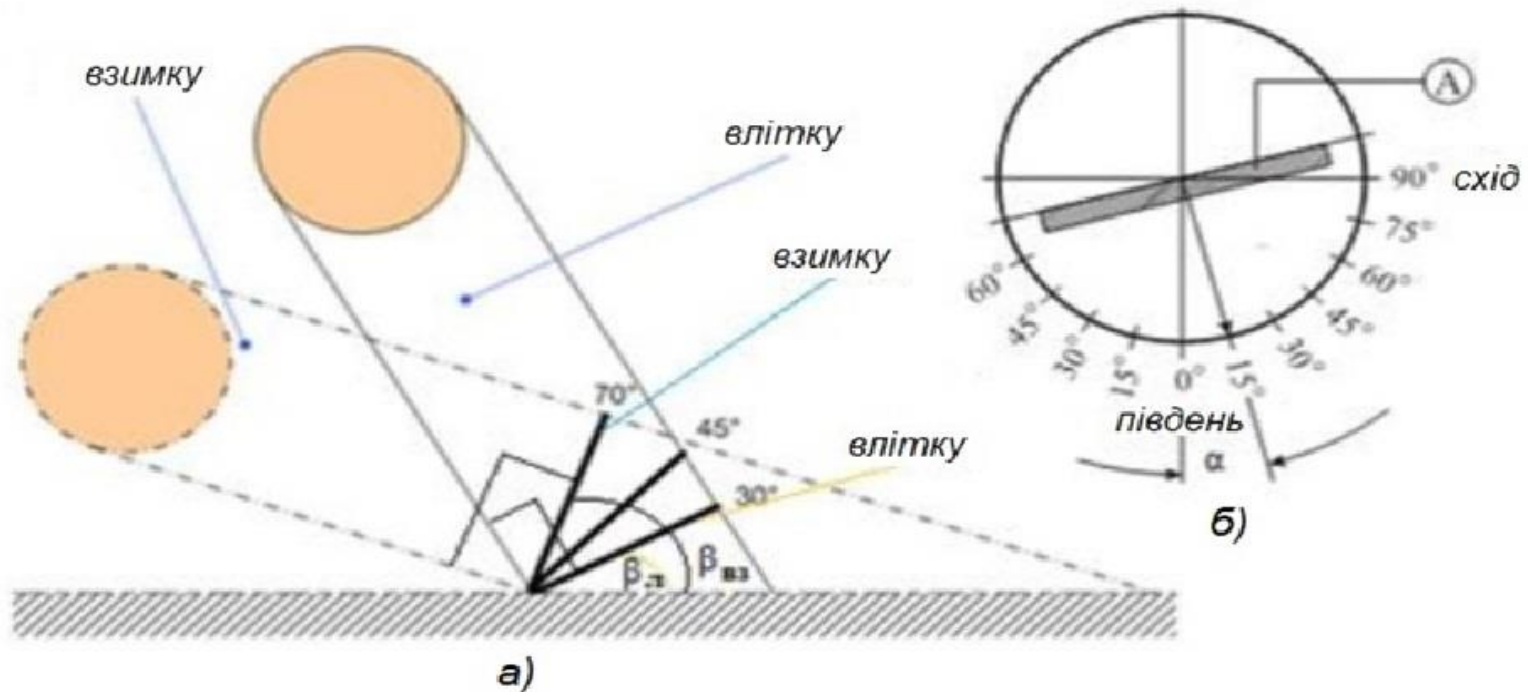
Система з загальною шиною постійного струму



Система з загальною шиною змінного струму



Схилення Сонця та розташування сонячної установки



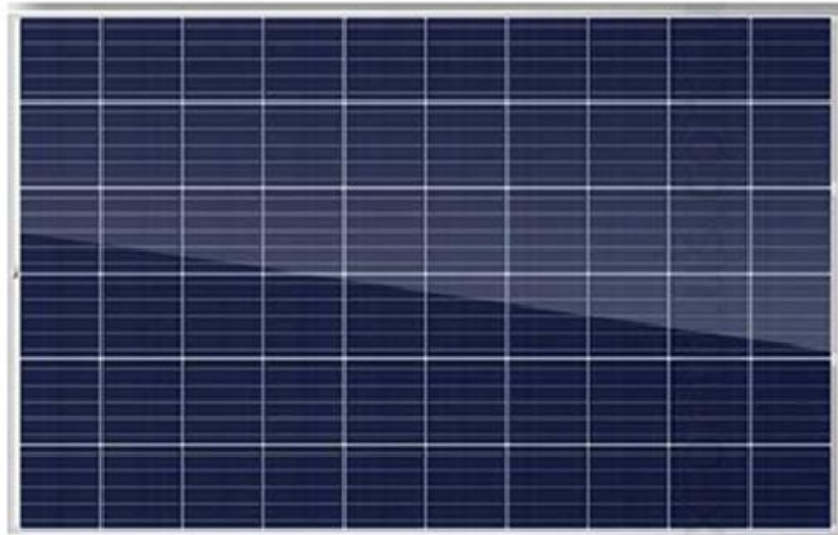
Схилення Сонця (а) та приклад відхилення сонячної установки з південного напрямку (б) в різні пори року

Оптимальні кути нахилу сонячних панелей по місяцях для широти 50°

Місяць	Січ.	Лют.	Бер.	Квіт.	Трав.	Черв.	Лип.	Серп.	Верес.	Жовт.	Лист.	Груд.
Кут, нахилу, град.	71	63	52	41	31	27	29	37	48	60	69	73

Сонячна панель та її характеристики

Зовнішній вигляд



Технічні характеристики

Параметр	Значення
Тип	Стационарна
Максимальна напруга системи, В	1000
Напруга неробочого ходу (UOC), В	37,52
Номинальна напруга (U_{mpp}), В	31,2
Номинальна потужність, Вт	270
Тип кристалу	Полікристалічний кремній
Струм короткого замикання (I_{sc}), А	8,64
Кількість комірок (фотоелементів), шт	60
Площа, м ²	1,626

Габаритні розміри фотопанелі

