

Міністерство освіти і науки України

Український державний університет науки і технологій

Факультет Управління енергетичними та економічними процесами
Кафедра Інтелектуальні системи енергопостачання

Пояснювальна записка

до кваліфікаційної роботи
магістра

на тему: «Розробка основ розподіленого живлення об'єктів бюджетної сфери»
за освітньою програмою Енергетичні та електромеханічні системи на
транспорті
зі спеціальності: 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

Виконав: студент групи ЕЕ2226:

 / Олександр ДІДОВИЧ /

Керівник:

 / доцент Андрій АНТОНОВ /

Нормоконтролер:

 / доцент Ірина ПОТАПЧУК /

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

Студент

Дніпро – 2023 рік

Ministry of Education and Science of Ukraine
Ukrainian State University of Science and Technologies
Energy and economic process management
Intellectual power supply systems

Explanatory Note
to Master's Thesis

on the topic: «Development of the basics of distributed power supply of
budgetary objects»
according to educational curriculum **Energy and electromechanical systems in
transport**
in the Speciality: **141** Power engineering, electrical engineering and electromechanics

Done by the student of the group EE2226:  / Oleksandr Didovych /

Scientific Supervisor:  / Ass. Prof. Andrii Antonov /

Normative controller:  / Ass. Prof. Iryna Potapchuk /

Міністерство освіти і науки України
Український державний університет науки і технологій

Факультет: Управління енергетичними та економічними процесами
Кафедра: Інтелектуальні системи енергопостачання
Рівень вищої освіти: Другий (магістерський)
Освітня програма: Енергетичні та електромеханічні системи на транспорті
Спеціальність: 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ICE

Дмитро БОСИЙ

Дата 18.01.23

ЗАВДАННЯ

на кваліфікаційну роботу магістр з електроенергетики, електротехніки та електромеханіки
студенту ДІДОВИЧУ Олександр Сергійовичу

1. Тема роботи: Розробка основ розподіленого живлення об'єктів бюджетної сфери

Керівник роботи: Антонов Андрій Владиславович, к.т.н., доцент

затверджені наказом від

«18» 01 2023 р.

№ 55ст

2. Строк подання студентом роботи: 04.01.2024 р.

3. Вихідні дані до роботи:

Параметри розглядуваного об'єкту

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

4.1 Розглянути поняття «мікромережа» та її принцип роботи

4.2 Визначити напрямки оптимізації мікромереж та розробка принципів оптимізації їх роботи

4.3 Апробація розроблених принципів оптимізації мікромереж

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень): 1. Графік споживання електричної енергії об'єктом. 2. Схемні рішення електричних мереж. 3. Аналіз отриманих результатів

6. Консультанти розділів роботи:

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

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналіз енергоспоживання головного корпусу УДУНТ ДІТ	20.09.2023	
2	Побудова кластерної структури забезпечення живленням частин головного корпусу	10.10.2023	
3	Оцінка енергетичної ефективності об'єкту з розподіленням живленням	07.11.2023	
4	Подання кваліфікаційної роботи до кафедри	02.01.2024	
5	Захист кваліфікаційної роботи на засіданні Екзаменаційної комісії	16.01.204	

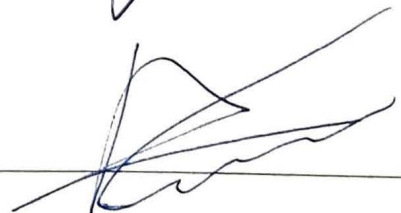
Студент

Олександр ДІДОВИЧ



Керівник роботи

Андрій АНТОНОВ



РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до кваліфікаційної роботи магістра 63 сторінок, 29 рисунків, 4 таблиці, 12 джерел.

Об'єкт дослідження. Розподілене енергопостачання бюджетних об'єктів, з фокусом на навчальні установи.

Предмет дослідження. Основи розподіленого енергопостачання і мікромереж.

Методи дослідження. Робота базується на аналітичних методах, моделюванні систем енергопостачання та аналізі їх ефективності.

Мета дипломної роботи: Розробка ефективних методів розподіленого енергопостачання для бюджетних установ.

Структура роботи: Включає вступ, 3 розділи, висновки, бібліографію. Перший розділ присвячений теоретичним аспектам розподіленого енергопостачання. Другий розділ описує методики та принципи оптимізації. Третій розділ зосереджений на практичному застосуванні в навчальних установах.

Ключові слова: РОЗПОДІЛЕНЕ ЕНЕРГОПОСТАЧАННЯ, МІКРОМЕРЕЖА, БЮДЖЕТНІ УСТАНОВИ, ЕФЕКТИВНІСТЬ, ОПТИМІЗАЦІЯ.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ ТА ТЕРМІНІВ	8
ВСТУП	9
1 АНАЛІЗ ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ ГОЛОВНОГО КОРПУСУ УДУНТ ДІТ	11
1.1 Аналіз даних	11
1.2 Каталізатори розвитку	16
1.3 MARKAL/TIMES, TIMES-Україна	18
1.4 Взаємозв'язок DER, Smart Grid, DMS	23
1.5 Будівлі з відновлювальними джерелами енергії	26
1.6 Поняття мікрогенерація, міні-генерація, системи чистого вимірювання, Feed-in Tariff	31
1.7 Заходи щодо пом'якшення впливу розподільної генеріції у секторі розподілу	32
2 ПОБУДОВА КЛАСТЕРНОЇ СТРУКТУРИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЖИВЛЕННЯМ ЧАСТИН ГОЛОВНОГО КОРПУСА	34
2.1 Кластерна структура енергозабезпечення	34
2.2 Розподілена генерація - Distributed generation	35
2.3 Інтеграція з мережею	37
2.4 Зниження проблем з напругою та частотою при інтеграції DG	40
2.5 Історичний контекст та розвиток DER34	41
2.6 Перегляд основних регуляторних рамок, що впливають на DER34	42
2.7 Аналіз впливу політики на розвиток та інтеграцію DER	44

02.15. EE2226.KPM.2023 – ПЗ

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
Розроб.		Дідович		

Розробка основ

Літ.	Арк.	Аркушів

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до кваліфікаційної роботи магістра 62 с., 29 рис., 4 табл., 12 джерел.

Об'єкт дослідження. Розподілене енергопостачання бюджетних об'єктів, з фокусом на навчальні установи.

Предмет дослідження. Основи розподіленого енергопостачання і мікромереж.

Методи дослідження. Робота базується на аналітичних методах, моделюванні систем енергопостачання та аналізі їх ефективності.

Мета дипломної роботи: Розробка ефективних методів розподіленого енергопостачання для бюджетних установ.

Структура роботи: Включає вступ, 3 розділи, висновки, бібліографію. Перший розділ присвячений теоретичним аспектам розподіленого енергопостачання. Другий розділ описує методики та принципи оптимізації. Третій розділ зосереджений на практичному застосуванні в навчальних установах.

Ключові слова: РОЗПОДІЛЕНЕ ЕНЕРГОПОСТАЧАННЯ, МІКРОМЕРЕЖА, БЮДЖЕТНІ УСТАНОВИ, ЕФЕКТИВНІСТЬ, ОПТИМІЗАЦІЯ.

<u>2.8 Технологічні аспекти DER</u>	45
<u>2.9 Аналіз різних бізнес-моделей, що використовуються в сфері DER</u>	47
<u>2.10 Вплив DER на зменшення викидів та покращення екології</u>	48
<u>2.11 Виклики та можливості для розвитку DER</u>	49
<u>2.12 Побудова кластерної структури забезпечення живленням частин головного корпусу</u>	50
<u>3 ОЦІНКА ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ СБ'ЄКТУ З РОЗПОДІЛЕНИМ ЖИВЛЕННЯМ</u>	Помилка! Закладку не визначено.57
<u>ВИСНОВКИ</u>	6061
<u>СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ</u>	6162

					02.15. EE2226.KPM.2023 – ПЗ		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Дідович			Розробка основ розподіленого живлення об'єктів бюджетної сфери	Літ.	Арк.
Консульт.							7
Керівник		Антонов				МОНУ, УДУНТ, ІСЕ група EE2226.	
Н. Контр.		Потапчук					
Зав.каф.		Босий					
						Аркушів	61

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ
ТА ТЕРМІНІВ

ТЦА – Технологічний ціновий аудит

DER – Розподілені джерела енергії

SG – Смарт грід

PV – Сонячна енергія

ВДЕ – Відновлювані джерела енергії

ЄС – Європейський Союз

ККД – Коефіцієнт корисної дії

ОС – Оптимізація та планування

США – Сполучені Штати Америки

СЕС – Сонячна електростанція

СЧВ - Системи чистого вимірювання

					02.15. EE2226.KPM.2023 – ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВСТУП

Актуальність роботи. Актуальність теми дослідження обумовлена також сучасними політичними та економічними процесами в Україні, зокрема війною, яка призвела до втрати частини території, де розташовані значні енергетичні ресурси, та до погіршення енергетичної безпеки держави. Також важливим фактором є євроінтеграційний курс України, який зобов'язує країну до виконання міжнародних зобов'язань щодо підвищення енергоефективності та декарбонізації економіки відповідно до Угоди про асоціацію з ЄС, Паризької угоди, Договору про заснування Енергетичного Співтовариства, Європейського зеленого курсу, низки директив ЄС. Для імплементації цих документів Україна прийняла ряд законодавчих актів, спрямованих на реформування сфери енергоефективності, зокрема Закон України “Про енергетичну ефективність”, який визначає правові, економічні та організаційні засади діяльності у сфері забезпечення енергетичної ефективності, забезпечення здійснення енергоефективних заходів, які проводитимуться під час виробництва, транспортування, передачі, розподілу, постачання та споживання енергії.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Робота виконана відповідно до пріоритетного напрямку наукових досліджень «Енергетика та енергоефективність» Закону України №2519-VI від 09.09.2010 р. «Про пріоритетні напрями розвитку науки і техніки».

Мета та завдання дослідження. Мета даної роботи полягає у розробці основ розподіленого живлення для об'єктів бюджетної сфери, з метою підвищення енергоефективності та зниження впливу на навколишнє середовище. Основні завдання дослідження включають аналіз сучасних систем енергопостачання, виявлення ключових проблем і недоліків у існуючих системах, розробку нових методів та технологій для оптимізації

					02.15. EE2226.KPM.2023 – ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

енерговикористання, а також оцінку економічної ефективності та екологічної безпеки запропонованих рішень.

Наукова новизна роботи. Наукова новизна цієї роботи полягає у розробці інноваційних методів та технологій для розподіленого живлення об'єктів бюджетної сфери, які сприяють підвищенню енергоефективності та зниженню впливу на довкілля. Це включає розробку нових підходів до управління енергоресурсами, використання передових матеріалів і технологій для енергозбереження, а також інтеграцію відновлюваних джерел енергії. Робота вносить важливий вклад у розвиток енергетичної галузі, забезпечуючи нові рішення для ефективного та екологічно безпечного енергопостачання.

Особистий внесок здобувача. Особистий внесок здобувача у цій роботі полягає у розробці конкретних методів та підходів для оптимізації систем розподіленого живлення об'єктів бюджетної сфери. Це включає проведення досліджень та аналізу існуючих систем, розробку нових технічних рішень для підвищення енергоефективності, а також оцінку впливу цих рішень на економіку та екологію. Такий внесок є важливим для розвитку енергетики та забезпечення сталого розвитку у сфері енергопостачання.

Публікації.

Віцьков В.Р., Босий Д.О. «Застосування систем моніторингу параметрів контактних підвісок» // 14 Міжнародна науково-практична конференція студентів та молодих вчених «Сучасні транспортні технології» (Львів 8 грудня 2022 року)

					02.15. EE2226.KPM.2023 – ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1 АКТУАЛЬНІСТЬ РОЗПОДІЛЕНИХ ЕНЕРГЕТИЧНИХ РЕСУРСІВ

1.1 Аналіз даних

Аналіз даних буде проводитись на основі показників споживання електроенергії, отриманих від енергопостачальної компанії, головного корпусу Українського державного університету науки і технологій за адресою: м. Дніпро, вул. Лазаряна,2,

Графік з річним споживання електроенергії з відображенням по-місяцям:



Рисунок 1.1 – Річний графік споживання електроенергії

З графіка видно, що споживання електроенергії значно відрізняється від місяця до місяця. Споживання електроенергії значно коливається протягом року. Має сезонну виразність. Найбільше споживання електроенергії спостерігається в зимовий і весняний періоди, коли висока потреба в освітленні та опаленні приміщень. Найвище споживання електроенергії було зафіксовано в квітні - 84 826 кВт·год. Найменше споживання електроенергії відбувається в літній період, коли зменшується тривалість робочого дня та збільшується температура повітря. Найнижче споживання електроенергії було зафіксовано за травень - 15 369 кВт·год. За рік корпус спожив – 588 709 кВт·год.

Розглянемо графіки споживана електроенергії за одну добу, по кожній фазі, погодинно для січня, квітня, липня, жовтня.

					02.15. EE2226.KPM.2023 – ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для прикладу, споживання електроенергії за 18.01.2023 становила - 2468,8 кВт*год.

5,5	L1-Voltage	L1-Current	L1-Power	L2-Voltage	L2-Current	L2-Power	L3-Voltage	L3-Current	L3-Power	TOTAL-Current	Average voltage	TOTAL-Power
18.01.2023 00:00	237,95	2,71	0,64	238,01	7,27	1,73	239,12	5,37	1,29	15,35	238,36	3,66
18.01.2023 01:00	238,98	5,50	1,32	241,54	7,58	1,83	241,10	6,01	1,45	19,10	240,54	4,59
18.01.2023 02:00	239,69	1,36	0,33	242,49	6,18	1,50	242,10	5,41	1,31	12,95	241,42	3,13
18.01.2023 03:00	238,40	4,63	1,10	242,65	8,36	2,03	241,74	6,39	1,55	19,39	240,93	4,67
18.01.2023 04:00	238,16	2,39	0,57	242,81	5,12	1,24	242,48	4,37	1,06	11,88	241,15	2,87
18.01.2023 05:00	239,77	0,72	0,17	243,61	4,62	1,12	242,73	2,96	0,72	8,29	242,04	2,01
18.01.2023 06:00	238,82	1,35	0,32	243,17	4,92	1,20	242,26	3,08	0,75	9,35	241,42	2,26
18.01.2023 07:00	239,14	6,36	1,52	241,52	9,43	2,28	241,09	7,56	1,82	23,35	240,58	5,62
18.01.2023 08:00	238,39	233,24	55,60	237,23	242,39	57,50	237,24	248,67	58,99	724,30	237,62	172,11
18.01.2023 09:00	240,15	256,09	61,50	235,26	273,41	64,32	235,21	264,72	62,27	794,22	236,87	188,13
18.01.2023 10:00	238,02	300,82	71,60	234,94	332,08	78,02	234,49	308,95	72,44	941,85	235,81	222,10
18.01.2023 11:00	238,19	317,75	75,69	235,20	326,32	76,75	234,65	367,04	86,12	1 011,11	236,01	238,63
18.01.2023 12:00	239,78	209,72	50,29	235,61	211,37	49,80	235,18	264,45	62,19	685,54	236,86	162,37
18.01.2023 13:00	239,16	297,00	71,03	234,12	319,06	74,70	233,55	348,39	81,37	964,45	235,61	227,23
18.01.2023 14:00	239,11	408,47	97,67	233,74	424,56	99,24	233,53	449,56	104,99	1 282,60	235,46	302,00
18.01.2023 15:00	240,30	352,74	84,76	234,62	374,15	87,78	234,05	399,07	93,40	1 125,96	236,32	266,09
18.01.2023 16:00	239,51	347,45	83,22	235,87	350,56	82,68	235,25	397,98	93,63	1 096,00	236,88	259,61
18.01.2023 17:00	238,27	207,04	49,33	237,62	202,16	48,04	236,81	265,35	62,84	674,56	237,57	160,25
18.01.2023 18:00	240,19	135,88	32,64	238,60	135,02	32,22	238,04	146,57	34,89	417,47	238,94	99,75
18.01.2023 19:00	239,23	145,85	34,89	239,10	136,29	32,59	238,67	149,61	35,71	431,74	239,00	103,19
18.01.2023 20:00	238,16	10,03	2,39	237,86	12,27	2,92	237,44	30,03	7,13	52,32	237,82	12,44
18.01.2023 21:00	238,15	5,83	1,39	238,21	10,24	2,44	237,76	28,29	6,73	44,36	238,04	10,56
18.01.2023 22:00	238,29	7,43	1,77	239,56	11,26	2,70	239,23	18,47	4,42	37,15	239,03	8,88
18.01.2023 23:00	238,64	7,08	1,69	239,73	10,86	2,60	239,70	9,96	2,39	27,89	239,36	6,68

Таблиці 1.1- Погодинне споживання електроенергії за 18.01.2023

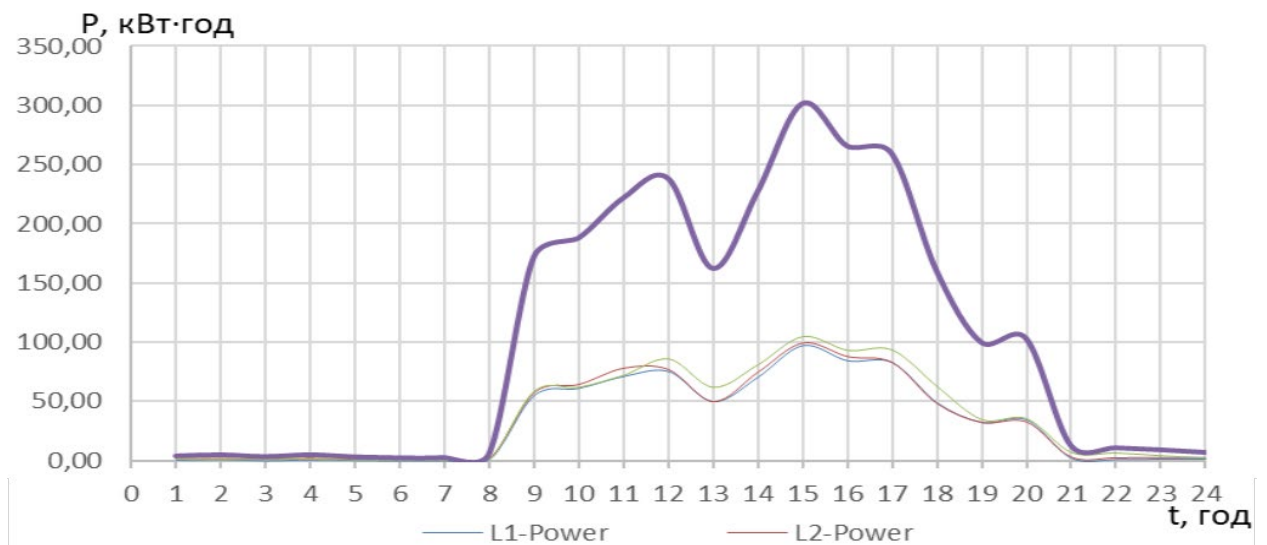


Рисунок 1.2 – Графік добового споживання за 18.01.2023

					02.15. EE2226.KPM.2023 – ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Аналогічним чином приведемо дані щодо одного з днів в квітні:

TIME	L1-Voltage	L1-Current	L1-Power	L2-Voltage	L2-Current	L2-Power	L3-Voltage	L3-Current	L3-Power	TOTAL-Current	Average voltage	TOTAL-Power
13.04.2023 00:00	235,94	2,97	0,70	234,51	7,69	1,80	235,91	5,84	1,38	16,49	235,45	3,88
13.04.2023 01:00	234,20	5,87	1,38	238,75	8,09	1,93	229,08	6,59	1,51	20,55	234,01	4,81
13.04.2023 02:00	229,07	1,47	0,34	232,96	6,55	1,53	233,92	6,06	1,42	14,07	231,98	3,27
13.04.2023 03:00	241,38	4,95	1,20	231,70	9,36	2,17	235,16	7,05	1,66	21,36	236,08	5,04
13.04.2023 04:00	229,11	2,53	0,58	241,89	5,56	1,35	228,92	4,72	1,08	12,82	233,31	2,99
13.04.2023 05:00	236,55	0,77	0,18	234,81	5,03	1,18	232,97	3,16	0,74	8,95	234,78	2,10
13.04.2023 06:00	233,62	1,50	0,35	238,55	5,23	1,25	228,06	3,34	0,76	10,08	233,41	2,35
13.04.2023 07:00	236,67	6,84	1,62	235,50	10,43	2,46	234,02	8,33	1,95	25,61	235,40	6,03
13.04.2023 08:00	241,54	251,03	60,63	230,73	268,75	62,01	233,10	266,85	62,20	786,63	235,12	184,95
13.04.2023 09:00	236,08	270,11	63,77	237,38	290,06	68,85	236,87	285,75	67,68	845,91	236,78	200,29
13.04.2023 10:00	240,93	321,93	77,56	230,04	350,26	80,57	235,13	343,59	80,79	1 015,78	235,37	239,08
13.04.2023 11:00	241,92	338,07	81,79	238,11	354,40	84,39	237,99	397,35	94,57	1 089,82	239,34	260,84
13.04.2023 12:00	236,88	230,51	54,60	237,36	230,18	54,64	241,08	286,30	69,02	746,99	238,44	178,11
13.04.2023 13:00	229,71	331,41	76,13	234,49	338,48	79,37	235,04	379,40	89,18	1 049,29	233,08	244,57
13.04.2023 14:00	235,06	443,52	104,25	228,45	457,02	104,41	235,03	493,98	116,10	1 394,53	232,85	324,71
13.04.2023 15:00	230,30	383,09	88,23	233,11	396,93	92,53	227,68	432,03	98,37	1 212,05	230,36	279,21
13.04.2023 16:00	231,33	367,54	85,02	241,53	379,51	91,66	227,74	424,67	96,71	1 171,72	233,53	273,64
13.04.2023 17:00	238,33	230,32	54,89	242,05	222,81	53,93	240,78	295,10	71,06	748,23	240,39	179,87
13.04.2023 18:00	229,43	148,01	33,96	234,30	142,01	33,27	236,13	163,05	38,50	453,07	233,29	105,70
13.04.2023 19:00	242,10	162,25	39,28	229,88	145,85	33,53	238,63	165,43	39,48	473,53	236,87	112,17
13.04.2023 20:00	236,09	10,76	2,54	238,30	13,69	3,26	241,55	32,70	7,90	57,15	238,65	13,64
13.04.2023 21:00	234,47	6,31	1,48	234,54	10,80	2,53	239,91	31,08	7,46	48,19	236,31	11,39
13.04.2023 22:00	228,76	8,18	1,87	232,83	12,30	2,86	241,11	20,06	4,84	40,54	234,23	9,50
13.04.2023 23:00	237,19	7,47	1,77	239,73	11,93	2,86	230,50	10,50	2,42	29,90	235,81	7,05

Таблиця 1.2 - Погодинне споживання електроенергії за 13.04.2023р.

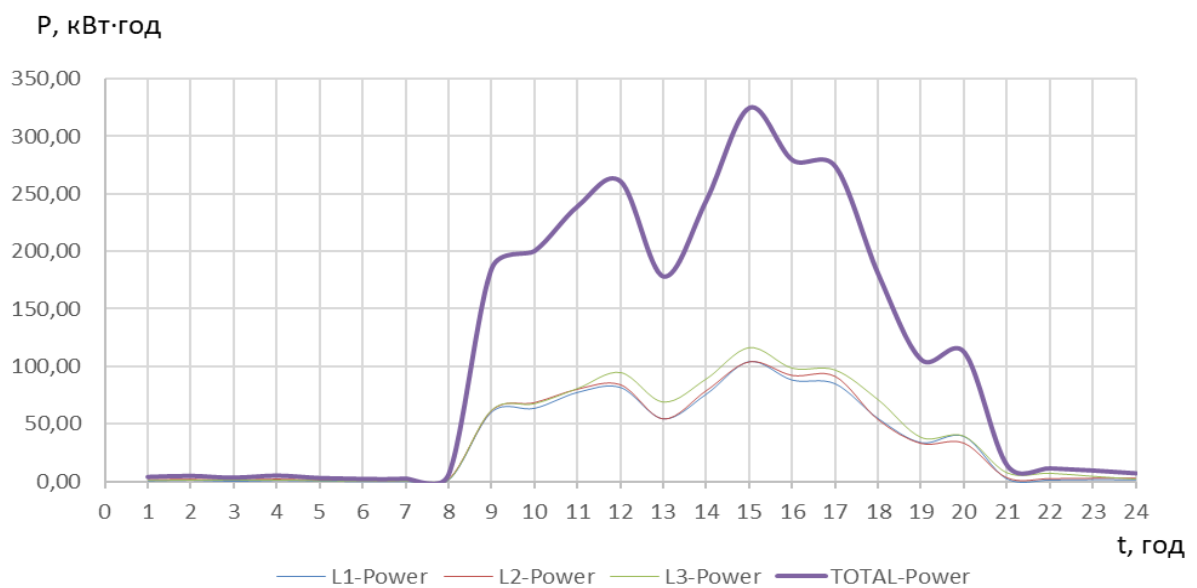


Рисунок 1.3 – Графік добового споживання за 13.04.2023

					02.15. EE2226.KPM.2023 – ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для 25.07.2023р.:

TIME	L1-Voltage	L1-Current	L1-Power	L2-Voltage	L2-Current	L2-Power	L3-Voltage	L3-Current	L3-Power	TOTAL-Current	Average voltage	TOTAL-Power
25.07.2023 00:00	237,58	0,81	0,19244	239,885	2,1	0,503759	239,275	1,59	0,380447	4,5	238,9133	1,07511
25.07.2023 01:00	239,22	1,6	0,382752	241,54	2,21	0,533803	241,095	1,8	0,433971	5,61	240,6183	1,34986885
25.07.2023 02:00	240,26	0,4	0,096104	242,485	1,79	0,434048	242,095	1,65	0,399457	3,84	241,6133	0,9277952
25.07.2023 03:00	240,07	1,35	0,324095	242,65	2,55	0,618758	241,74	1,92	0,464141	5,82	241,4867	1,4054524
25.07.2023 04:00	240,315	0,69	0,165817	242,805	1,52	0,369064	242,475	1,29	0,312793	3,5	241,865	0,8465275
25.07.2023 05:00	241,11	0,21	0,050633	243,605	1,37	0,333739	242,73	0,86	0,208748	2,44	242,4817	0,591655267
25.07.2023 06:00	240,83	0,41	0,09874	243,17	1,43	0,347733	242,255	0,91	0,220452	2,75	242,085	0,66573375
25.07.2023 07:00	239,715	1,87	0,448267	241,515	2,85	0,688318	241,09	2,27	0,547274	6,99	240,7733	1,6830056
25.07.2023 08:00	235,895	68,4	16,13522	237,23	73,23	17,37235	237,235	72,71	17,24936	214,34	236,7867	50,75285413
25.07.2023 09:00	234,115	73,8	17,27769	235,255	79,25	18,64396	235,21	77,86	18,31345	230,91	234,86	54,2315226
25.07.2023 10:00	233,605	87,96	20,5479	234,935	95,7	22,48328	234,485	93,62	21,95249	277,28	234,3417	64,97825733
25.07.2023 11:00	233,52	92,37	21,57024	235,195	96,83	22,77393	234,645	108,27	25,40501	297,47	234,4533	69,74283307
25.07.2023 12:00	233,955	62,98	14,73449	235,61	62,72	14,77746	235,175	78,01	18,346	203,71	234,9133	47,85419513
25.07.2023 13:00	232,785	90,55	21,07868	234,12	92,48	21,65142	233,55	103,38	24,1444	286,41	233,485	66,87243885
25.07.2023 14:00	232,575	120,85	28,10669	233,74	124,87	29,18711	233,53	134,6	31,43314	380,32	233,2817	88,72168347
25.07.2023 15:00	233,21	104,67	24,41009	234,615	108,45	25,444	234,045	117,72	27,55178	330,84	233,9567	77,4022236
25.07.2023 16:00	234,11	100,42	23,50933	235,865	103,41	24,3908	235,25	116,03	27,29606	319,86	235,075	75,1910895
25.07.2023 17:00	235,06	62,93	14,79233	237,615	60,71	14,42561	236,81	80,41	19,04189	204,05	236,495	48,25680475
25.07.2023 18:00	236,25	40,44	9,55395	238,6	38,8	9,25768	238,04	44,55	10,60468	123,79	237,63	29,4162177
25.07.2023 19:00	236,7	44,33	10,49291	239,095	39,85	9,527936	238,67	45,2	10,78788	129,38	238,155	30,8124939
25.07.2023 20:00	235,43	2,94	0,692164	237,855	3,73	0,887199	237,435	8,91	2,115546	15,58	236,9067	3,691005867
25.07.2023 21:00	235,99	1,72	0,405903	238,205	2,95	0,702705	237,76	8,47	2,013827	13,14	237,3183	3,1183629
25.07.2023 22:00	237,38	2,23	0,529357	239,56	3,36	0,804922	239,23	5,48	1,31098	11,07	238,7233	2,6426673
25.07.2023 23:00	237,7	2,04	0,484908	239,725	3,26	0,781504	239,7	2,87	0,687939	8,17	239,0417	1,952970417

Таблиця 1.3 - Погодинне споживання електроенергії за 25.07.2023р

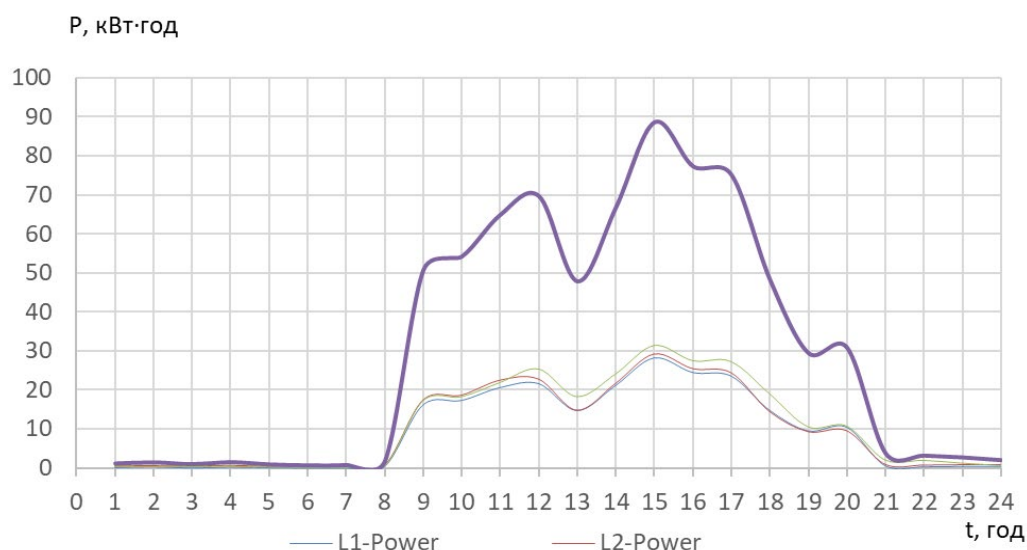


Рисунок 1.4 – Графік добового споживання за 25.07.2023

					02.15. EE2226.KPM.2023 – ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для 23.10.2023р.:

TIME	L1-Voltage	L1-Current	L1-Power	L2-Voltage	L2-Current	L2-Power	L3-Voltage	L3-Current	L3-Power	TOTAL-Current	Average voltage	TOTAL-Power
23.10.2023 00:00	238,37	1,7982	0,428637	241,34	4,62	1,114991	239,05	3,498	0,836197	9,9162	239,5867	2,375789
23.10.2023 01:00	234,53	3,584	0,840556	240,72	4,9062	1,18102	238,54	3,978	0,948912	12,4682	237,93	2,966559
23.10.2023 02:00	238,22	0,892	0,212492	235,25	3,938	0,926415	242	3,6465	0,882453	8,4765	238,49	2,02156
23.10.2023 03:00	236,18	3,024	0,714208	235,01	5,6355	1,324399	234,3	4,2432	0,994182	12,9027	235,1633	3,034242
23.10.2023 04:00	237,73	1,5249	0,362514	235,31	3,3744	0,79403	238,04	2,8767	0,68477	7,776	237,0267	1,843119
23.10.2023 05:00	233,91	0,4662	0,109049	232,38	3,0688	0,713128	237,64	1,9006	0,451659	5,4356	234,6433	1,275427
23.10.2023 06:00	235,97	0,9102	0,21478	237,47	3,146	0,747081	235,94	2,0111	0,474499	6,0673	236,46	1,434674
23.10.2023 07:00	237,08	4,1514	0,984214	238,66	6,384	1,523605	237,1	5,0167	1,18946	15,5521	237,6133	3,695386
23.10.2023 08:00	236,93	150,48	35,65323	234,62	161,8383	37,9705	232,95	159,962	37,26315	472,2803	234,8333	110,9072
23.10.2023 09:00	235,51	164,574	38,75882	237,24	175,1425	41,55081	240,23	174,4064	41,89765	514,1229	237,66	122,1864
23.10.2023 10:00	232,85	197,0304	45,87853	239,01	214,368	51,2361	237,7	209,7088	49,84778	621,1072	236,52	146,9043
23.10.2023 11:00	239,36	206,9088	49,52569	234,41	215,9309	50,61636	237,62	241,4421	57,37147	664,2818	237,13	157,5211
23.10.2023 12:00	238,78	138,556	33,0844	235,09	139,8656	32,881	234,23	174,7424	40,92991	453,164	236,0333	106,9618
23.10.2023 13:00	237,85	202,832	48,24359	242,17	205,3056	49,71886	239,4	227,436	54,44818	635,5736	239,8067	152,4148
23.10.2023 14:00	235,34	265,87	62,56985	237,38	275,9627	65,50803	234,43	298,812	70,0505	840,6447	235,7167	198,154
23.10.2023 15:00	239,8	234,4608	56,2237	236,41	242,928	57,43061	238,58	263,6928	62,91183	741,0816	238,2633	176,5726
23.10.2023 16:00	237,51	223,9366	53,18718	232,29	230,6043	53,56707	232,9	256,4263	59,72169	710,9672	234,2333	166,5322
23.10.2023 17:00	240,9	140,3339	33,80644	240,73	134,7762	32,44467	235,41	176,902	41,6445	452,0121	239,0133	108,0369
23.10.2023 18:00	232,65	89,7768	20,88657	241,63	85,748	20,71929	234,59	98,01	22,99217	273,5348	236,29	64,63354
23.10.2023 19:00	236,86	98,4126	23,31001	242,19	88,0685	21,32931	232,51	100,344	23,33098	286,8251	237,1867	68,03109
23.10.2023 20:00	239,83	6,5856	1,579424	237,2	8,2433	1,955311	236,19	19,9584	4,713974	34,7873	237,74	8,270333
23.10.2023 21:00	241,42	3,8184	0,921838	240,29	6,608	1,587836	236,98	18,634	4,415885	29,0604	239,5633	6,961806
23.10.2023 22:00	238,12	4,9506	1,178837	238,91	7,5264	1,798132	241,16	12,2752	2,960287	24,7522	239,3967	5,925594
23.10.2023 23:00	239,92	4,5084	1,081655	234,6	7,2372	1,697847	237,22	6,314	1,497807	18,0596	237,2467	4,28458

Таблиця 1.4 - Погодинне споживання електроенергії за 25.07.2023р

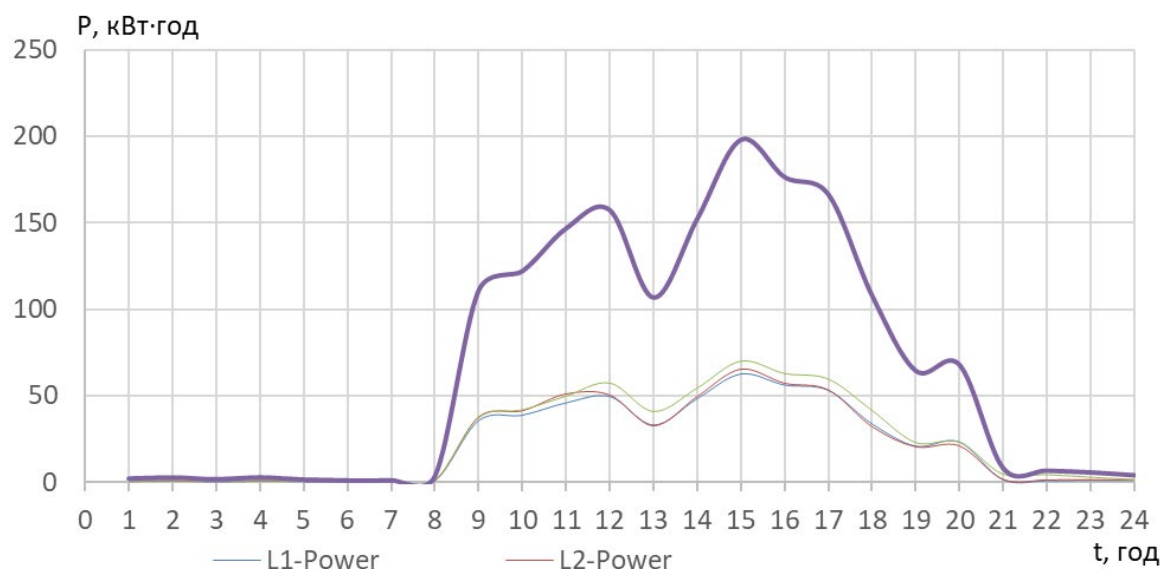


Рисунок 1.5 – Графік добового споживання за 23.10.2023р.

					02.15. ЕЕ2226.КРМ.2023 – ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Добовий розподіл споживання електроенергії також має деякі особливості. Максимальне споживання електроенергії спостерігається в денний час, коли в університеті проводяться навчальні заняття та інші заходи. Мінімальне споживання електроенергії спостерігається вночі, коли в університеті працює лише невелика кількість персоналу.

Таким чином, можна зробити висновок, що споживання електроенергії дослідного об'єкта залежить від сезонних факторів, таких як температура повітря, тривалість світлового дня, режим роботи університету. Ці фактори необхідно враховувати при розробці основ розподіленого живлення об'єктів бюджетної сфери.

1.2 Каталізатори розвитку

Всі фінансисти світу зайняті вивченням можливостей нової енергетики (розподіленої енергії). Все більше професійних організацій звертають увагу на методи проведення технологічного цінового аудиту (ТЦА) та фінансового контролю за рухом інвестицій в енергетичному секторі. Серед завдань, які вирішуються за допомогою ТЦА, можна виділити наступні:

1. Контроль обсягу капітальних витрат на будівництво (реконструкцію) об'єктів енергетики;
2. Контроль за наявністю джерел фінансування відповідного проекту;
3. Контроль окупності проекту;
4. Контроль необхідності реалізації проекту з розвитку або підвищення надійності енергосистеми.

Все залежить від того, якими енергетичними ресурсами володіє держава, в якій кліматичній зоні вона розташована, якими технологіями і фінансовими ресурсами володіє, наскільки

					02.15. EE2226.KPM.2023 – ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

традиційною є енергетика регіону, скільки вона коштує і наскільки політика держави спрямована на декарбонізацію, зменшення вуглецевого сліду.

Зростання обсягів державних і приватних цільових інвестицій в енергетичний сектор та відсутність контролю за ефективністю інвестиційних проектів (адже кожна програма містить кілька тисяч переліків проектів) зумовили необхідність запровадження додаткового регулювання бюджетних витрат.

У зв'язку із загостренням екологічних проблем через глобальну зміну клімату, а також прагненням багатьох країн до енергетичної незалежності, з'явилися відновлювані джерела енергії (ВДЕ). Поштовхом також стало те, що у 2015 році на Паризькій конференції зі зміни клімату COP21 керівництво 196 країн світу дійшло згоди "щодо вжиття заходів для запобігання руйнівним змінам клімату".

Основний акцент зараз робиться на забезпеченні всіх потреб в енергоресурсах на основі інноваційних технологій. Вимоги до обладнання та технологій містять стандарти "зеленої економіки". Ці вимоги є гарантом інвестицій в Україну. Наразі реалізуються численні державні та міждержавні програми з переходу від централізовано керованої великої високотехнологічної генерації до інтегрованої, від високовольтних мереж до генерації на місці споживання, до "розумних" розподільчих мереж з локальними "системними операторами", проактивного споживання, зміни конфігурації енергопостачання для вантажного та громадського транспорту та інших, що пропонують "розподільчі" рішення та технології.

Зокрема, слід зазначити, що під час пандемії COVID-19 населення та багато компаній мігрували з великих міст на

					02.15. EE2226.KPM.2023 – ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

периферію, що сприяло використанню альтернативних джерел енергії. Після пандемії спостерігався зворотний процес, але економічна ситуація дуже змінилася. Кардинально змінилася структура і вартість оренди та енергоресурсів.

Основними критеріями вибору інвестиційної програми є енергетична безпека, завантаження потужностей та ефективність використання енергоресурсів. Наприклад, Платформа Європейського Союзу (EU-DEEP) запропонувала рекомендації майже для кожної країни, яких необхідно досягти, щоб забезпечити програму підвищення технологічної безпеки на кілька років.

На думку авторів, для розробки плану забезпечення місцевих суб'єктів господарювання енергоресурсами слід використовувати теорію виробничих функцій та математичної оптимізації.

Формування енергетичної політики генеруючої компанії є досить складним завданням, особливо для суб'єктів господарювання, розташованих у регіонах з різним рівнем енергозабезпечення та різними потребами населення. Наразі генеруючі компанії оновлюють свій парк обладнання. У всіх країнах світу цей процес відбувається за підтримки держави.

Тому виникає потреба в державному аудиторському контролі, технологічному ціновому аудиті. Для ефективного АТП «Аналіз технологічного процесу» постійно розробляються та вдосконалюються стандарти аудиту як на національному, так і на міжнародному рівнях для об'єктів, що відповідають критеріям обов'язкового аудиту.

Перетин питань математичного моделювання потоків інвестицій, розподілу енергоресурсів та оптимізації їх структури, інновацій в енергетиці та енергетичного сектору та аудиту є інноваційною сферою досліджень.

					02.15. EE2226.KPM.2023 – ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.3 MARKAL/TIMES, TIMES-Україна

MARKAL/TIMES - це сімейство енергетичних/економічних/екологічних моделей, які підтримують детальний технологічний опис. MARKAL/TIMES були розроблені в рамках спільних зусиль під егідою Програми аналізу систем енергетичних технологій Міжнародного енергетичного агентства, яка розпочалася в 1978 році.

MARKAL/TIMES - це універсальні моделі-генератори, які підбираються за допомогою вхідних даних для представлення еволюції протягом періоду, як правило, від 20 до 50 або 100 років, конкретного енергоекологічного системи на глобальному, багаторегіональному, національному, державному/провінційному або громадному рівні.

Моделі MARKAL/TIMES використовуються для дослідження широкого кола енергетичних, економічних та екологічних питань, включаючи:

- Прогнозування розвитку енергосистеми
- Оцінка впливу енергетичної політики
- Аналіз екологічних наслідків енергетичного виробництва
- Розробка нових енергетичних технологій

Моделі MARKAL/TIMES є потужним інструментом для аналізу енергетичних систем. Вони дозволяють політикам, дослідникам та іншим зацікавленим сторонам оцінити наслідки різних сценаріїв розвитку енергосистеми.

Моделі MARKAL/TIMES розробляються та підтримуються компанією DecisionWare Group LLC.

У США, Євросоюзі та Китаї моделі MARKAL/TIMES використовуються широким спектром організацій, включаючи:

- Уряд, зокрема Міністерство енергетики США та Агентство з охорони навколишнього середовища США, Національне енергетичне управління Китаю та Національна комісія з розвитку та реформ Китаю, Європейська комісія, зокрема Генеральний директорат з енергетики)

					02.15. EE2226.KPM.2023 – ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- Корпорації, такі як General Electric, ExxonMobil та Shell, Китайська національна нафтакорпорація (CNPC) і Китайська національна електроенергетична компанія (CNEEC), EDF і ENEL

- Академічні установи, такі як Массачусетський технологічний інститут та Стенфордський університет, Китайська академія наук і Пекінський університет, Технічний університет Берліна та Університет Стокгольма.

Моделі MARKAL/TIMES використовуються для широкого кола енергетичних питань, включаючи:

- Прогнозування розвитку енергосистеми
- Оцінка впливу енергетичної політики
- Аналіз екологічних наслідків енергетичного виробництва
- Розробка нових енергетичних технологій

Приклад того, як моделі MARKAL/TIMES використовувалися в США, Китаї, Європейському Союзі:

У 2019 році Міністерство енергетики США використало моделі MARKAL/TIMES для прогнозування розвитку енергосистеми США до 2050 року. Прогноз припускав, що частка відновлюваних джерел енергії в енергобалансі США зросте з 17% у 2019 році до 40% у 2050 році. Цей прогноз був використаний для розробки політики Міністерства енергетики США, спрямованої на підвищення частки відновлюваних джерел енергії в енергобалансі США.

У 2020 році Національне енергетичне управління Китаю використало моделі MARKAL/TIMES для оцінки впливу енергетичної політики Китаю на викиди парникових газів. Аналіз показав, що Китай може досягти своєї мети з нейтралізації вуглецю до 2060 року, якщо буде продовжувати інвестувати в відновлювані джерела енергії та енергоефективність.

У 2021 році Європейська комісія використала моделі MARKAL/TIMES для розробки плану дій щодо досягнення кліматичної нейтральності до 2050 року. План дій передбачає, що Європейський Союз повинен збільшити

					02.15. EE2226.KPM.2023 – ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

частку відновлюваних джерел енергії в енергобалансі з 20% у 2020 році до 55% у 2030 році та 80% у 2050 році.

В Україні модель MARKAL/TIMES використовується для аналізу енергетичної системи. Модель була розроблена в Інституті економіки та прогнозування НАН України у 2006 році. Модель називається TIMES-Україна і включає широкий спектр енергетичних технологій, що використовуються в Україні, включаючи традиційні джерела енергії, такі як вугілля та природний газ, а також відновлювані джерела енергії, такі як сонячна та вітряна енергія.

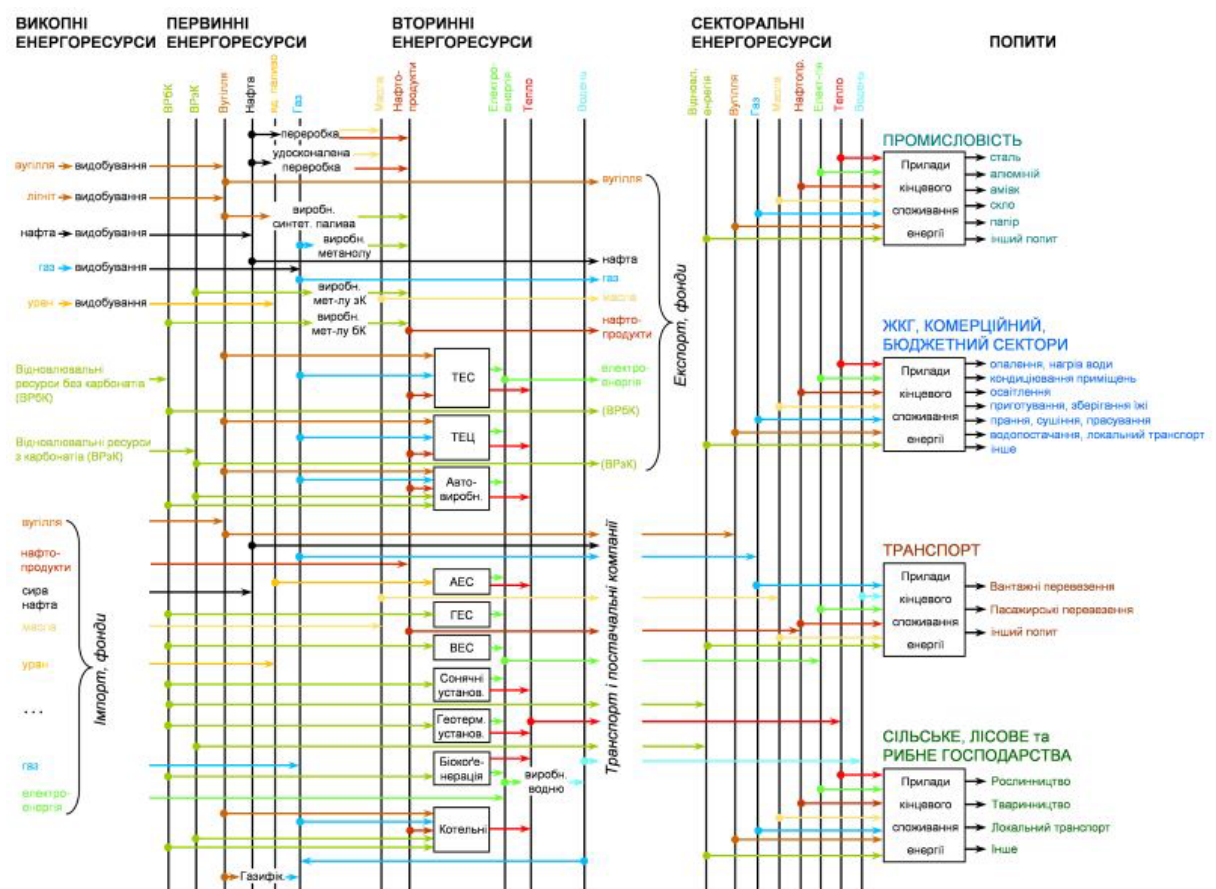


Рисунок 1.6 – Українська енергетична система TIMES-Україна у моделі MARKAL/TIMES

TIMES-Україна використовується для різних цілей, включаючи:

- Планування енергетичної політики: TIMES-Україна використовується Міністерством енергетики та вугільної промисловості України для

оцінки варіантів енергетичної політики, таких як впровадження нових технологій або зміна цін на енергію.

- Аналіз сценаріїв: TIMES-Україна використовується для моделювання майбутнього розвитку енергетичної системи України в різних сценаріях, таких як зміна клімату чи зростання населення.
- Оцінка впливу: TIMES-Україна використовується для оцінки впливу енергетичних технологій на навколишнє середовище, такі як викиди парникових газів або забруднення повітря.

TIMES Україна є важливим інструментом для аналізу енергетичної системи України. Модель дозволяє українській владі приймати обґрунтовані рішення у галузі енергетичної політики.

Приклади конкретного використання TIMES-Україна в Україні:

- Модель використовувалася для оцінки впливу впровадження відновлюваних джерел енергії на енергетичну систему України.
- Модель використовувалася для оцінки впливу зміни клімату на попит на енергію в Україні.
- Модель використовувалася для оцінки впливу різних сценаріїв енергетичної політики на довкілля України.
- У 2022 році Міністерство енергетики та вугільної промисловості України використало модель TIMES-Україна для розробки сценарію розвитку української енергосистеми до 2050 року. Сценарій передбачає, що частка відновлюваних джерел енергії в енергобалансі України зростає з 17% у 2022 році до 70% у 2050 році. Цей сценарій був використаний для розробки політики Міністерства енергетики та вугільної промисловості України, спрямованої на підвищення частки відновлюваних джерел енергії в енергобалансі України.

TIMES-Україна є моделлю, що постійно розвивається. Інститут економіки та прогнозування НАН України регулярно оновлює модель, щоб увімкнути нові технології та дані. Це дозволяє користувачам TIMES-Україна

					02.15. EE2226.KPM.2023 – ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

отримувати точніші та актуальніші оцінки енергетичного майбутнього України. Моделі MARKAL/TIMES є потужним інструментом для аналізу енергетичних систем. Вони дозволяють політикам, дослідникам та іншим зацікавленим сторонам оцінити наслідки різних сценаріїв розвитку енергосистеми. В Україні моделі MARKAL/TIMES все частіше використовуються для розробки енергетичної політики та прийняття рішень щодо розвитку енергосистеми.

Необхідно враховувати особливості ресурсного потенціалу, вартість транспортування та виробництва, неоднорідність інвесторів, у тому числі інституційних. **Розвиток енергетики зараз орієнтується на розподілену генерацію, через те, що сьогодні децентралізація є мегатрендом у світі.** Припустимо, у вас є будинок у селі з піковим навантаженням 50 кіловат. Село дає лише 20 кіловат. Де взяти решту 30 кіловат? Ми ставимо сонячні панелі на даху, а в підвалі - свинцево-кислотний акумулятор, який виробляє 30 кіловат енергії. Це найкраща світова практика. Загалом, у низці країн інтегроване енергетичне планування є регулярним процесом, заснованим на постійному перегляді розрахункових значень тарифів відповідно до фактичних даних про економічну ситуацію в масштабах країни, регіону.

В рамках завдання розвитку енергетики актуальними є наступні питання:

- (1) Визначення пріоритетів у виробництві, обсягах або ефективності;
- (2) Регулювання залежностей між темпами введення в експлуатацію генеруючих потужностей та зростанням ризику підвищення тарифів;
- (3) Ризику надлишкових потужностей;
- (4) Складання довгострокових прогнозів для паливно-енергетичного комплексу: асортимент, зміна структури активів,

					02.15. EE2226.KPM.2023 – ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

прогноз витрат, оцінка волотильності потреби в інвестиціях.

1.4 Взаємозв'язок DER, Smart Grid, DMS.

Distributed Energy Resources (DERs), Smart Grid і Distribution Management System (DMS) тісно пов'язані між собою і відіграють ключову роль у сучасній енергетиці.

Distributed Energy Resources (DERs) - це розподілені джерела енергії, які включають в себе різноманітні технології, розміщені по всій енергетичній мережі, і вони можуть допомогти оптимізувати попит на енергію. DERs можуть включати в себе сонячні панелі, вітрові турбіни, мікроелектростанції, акумулятори енергії та інші технології.



Рисунок 1.7 – Спрощене представлення DER

Smart Grid (SG) - це інтелектуальна енергетична мережа, яка використовує інформаційні та комунікаційні технології для збору інформації про поведінку споживачів та постачальників енергії, щоб створити ефективну, стійку та надійну поставку електроенергії.

					02.15. EE2226.KPM.2023 – ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

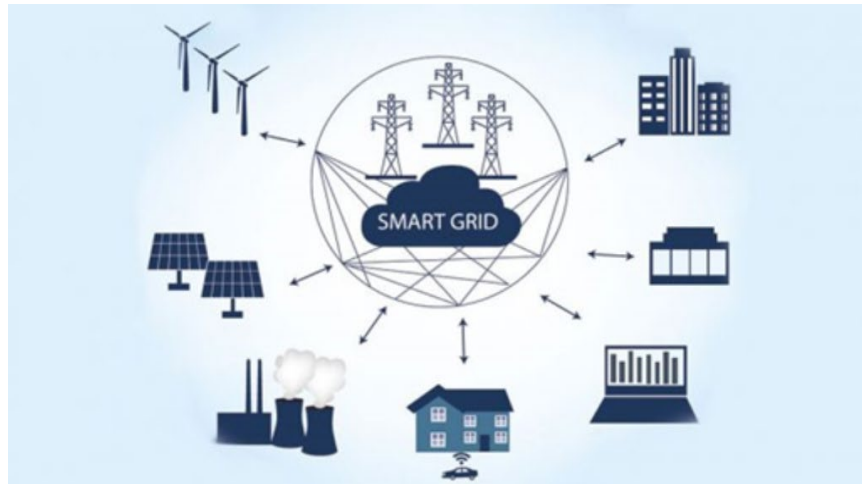


Рисунок 1.8 – Спрощене представлення SG

Distribution Management System (DMS) - це система, яка дозволяє операторам керувати і моніторити DERs та інші активи в мережі. DMS може включати в себе різні функції, такі як керування напругою, оптимізація розподілу енергії, автоматизація мережі та інше.

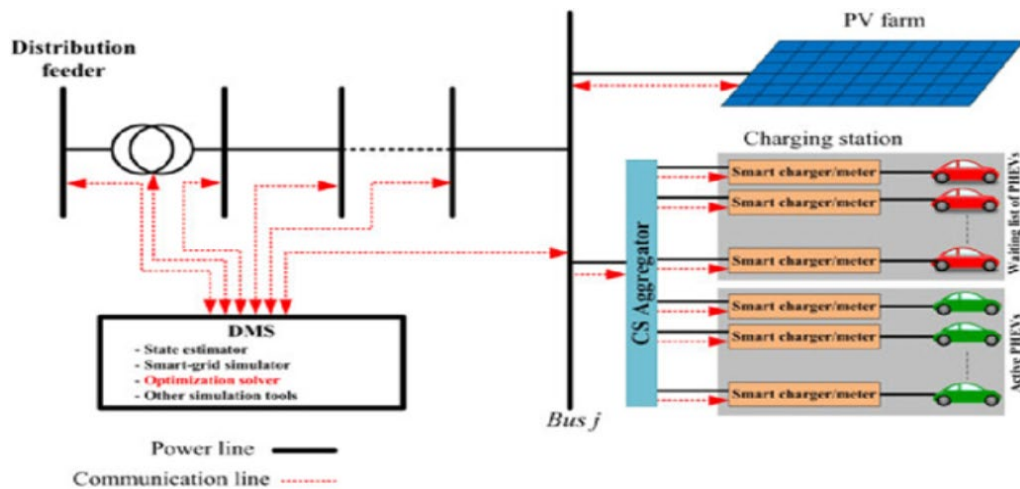


Рисунок 1.9 – Спрощене представлення DMS

Отже, DERs, SG і DMS працюють разом, щоб забезпечити ефективне, гнучке та надійне постачання електроенергії. DERs генерують енергію, SG забезпечує інтелектуальне керування та моніторинг, а DMS дозволяє операторам керувати та оптимізувати використання DERs.

1.5 Будівлі з відновлювальними джерелами енергії

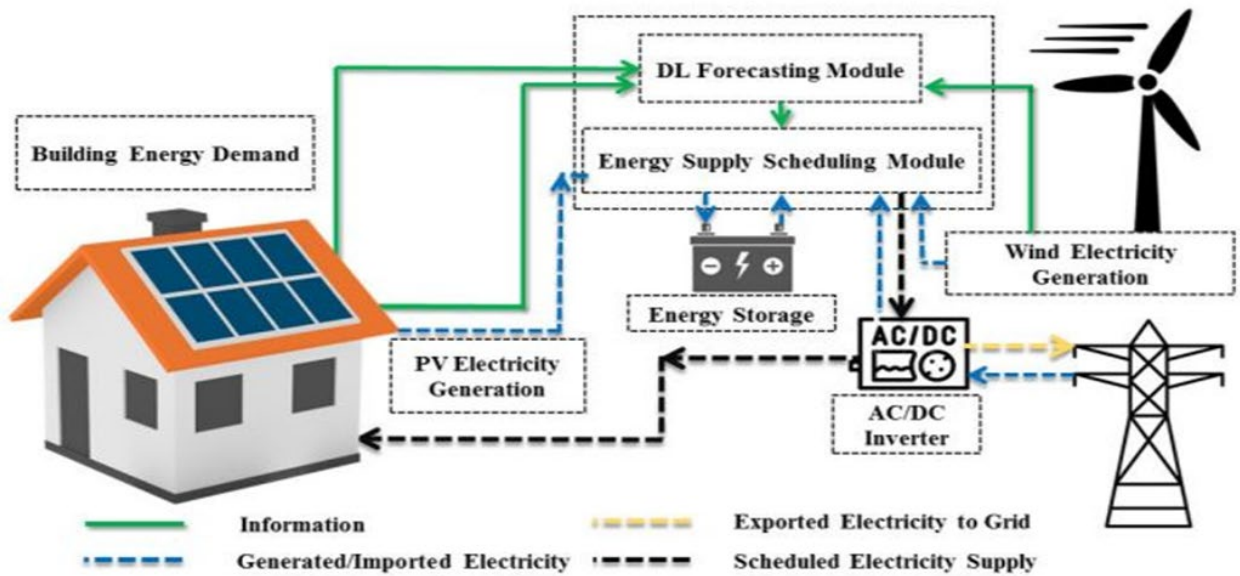


Рисунок 1.10 – Схема будівлі з використанням ВДЕ

Схема інтегрованої активної будівлі з використанням відновлюваних джерел енергії.

1. Building Energy Demand - Попит на енергію будівлі
2. PV Electricity Generation - Генерація електроенергії з фотовольтаїчних панелей
3. Information - Інформація
4. Generated/Imported Electricity - Створена/Імпортована електроенергія
5. Energy Storage - Зберігання енергії
6. DL Forecasting Module - Модуль прогнозування DL
7. Energy Supply Scheduling Module - Модуль планування постачання енергії
8. Wind Electricity Generation - Генерація вітрової енергії
9. AC/DC Inverter - Інвертор AC/DC
10. Exported Electricity to Grid - Експортована електроенергія в мережу
11. Scheduled Electricity Supply - Заплановане постачання електроенергії

Зростання споживання енергії в житлових і комерційних будівлях призводить до значних викидів парникових газів (ПГ). Будівельна енергія становить 33% світового споживання енергії та 40% світового прямого та непрямі викиди. Забезпечення надійного та екологічного джерел енергії покращує енергозабезпечення будівлі, що підвищує якість життя. Наприклад, інтелектуальні активні будівлі та будівлі з нульовим енергоспоживанням спрямовані на збереження внутрішньої теплової зручності та мінімізацію споживання енергії, щоб зменшити залежність від мережі та пом'якшити викиди парникових газів. Дійсно, інтелектуальне моделювання активних будівель відіграє значну роль у підвищенні енергоефективності. Заходи зі зберігання енергії (energy storage або ES) і розвиток відновлюваних спроможні енергетичні системи в будівлях. Відповідна модель управління та планування розумних будівель дозволяє ефективно використовувати відновлювані джерела енергії (ВДЕ). Проте, щоб забезпечити розумні активні будівлі, застосовують моделювання та прогнозування енергії будівлі. Системи енергетичного моделювання розумних будівель включають моделі на стороні попиту, моделі на стороні пропозиції та гібридизацію моделей попиту та пропозиції для управління енергією в будівлях. Оскільки це багатокритеріальна проблема, енергетичне моделювання будівлі вимагає одночасного розгляду як споживання енергії, так і генерації. Моделювання залежить від широкого діапазону змінних, включаючи моделі споживання, температуру, вологість, хмарність, швидкість вітру, тиск повітря та потужність ES. Крім того, попит і пропозиція енергії в будівлях залежать від часу і змінюються щогодини, щотижня та сезонно.

З метою покращення енергетичної безпеки, зменшення витрат і викидів за останні десятиліття зросло використання відновлюваних джерел енергії. Наприклад, потужність фотоелектричної (PV) генерації енергії як перспективної технології відновлюваної енергії (ВДЕ) зросла з 7 ГВт у 2017 році до 17 ГВт у 2019 році. Проте на практиці впровадження відновлюваних

					02.15. EE2226.KPM.2023 – ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

технологій є складним. Наприклад, фотоелектрична потужність коливається через зміну сонячного випромінювання та температури. Енергія вітру також є ще одним відновлюваним джерелом енергії (ВДЕ), в якому проблема стосується непередбачуваної швидкості та напрямку вітру. Крім того, існують гібридні ВДЕ, які поєднують різні джерела виробництва енергії, такі як гібриди вітру та сонця, сонця та гідроелектростанції та вітру й гідро, які пропонують переваги. Наприклад, інтеграція вітрової енергії з сонячною фотоелектричною енергією може значною мірою підвищити стійкість системи постачання відновлюваної енергії, оскільки енергія вітру доступна в хмарні години та вночі, на відміну від сонячної фотоелектричної енергії.

У той час як головні рушійні сили розвитку розумних активних будівель включають енергоефективність, ціну на енергію та екологічні проблеми; головними проблемами є ефективна інтеграція ВДЕ та усунення втрат від перетворення енергії. Щоб подолати виклики, необхідна інтелектуальна інтегрована енергетична система (intelligent integrated energy system або SIES), яка враховує як системи виробництва, так і споживання енергії. SIES постійно порівнює попит на енергію та рівні пропозиції, щоб мінімізувати енергопостачання з невідновлюваних джерел енергії. Щоб увімкнути SIES, інтелектуальне активне управління енергією в будівлях потребує високої деталізації наборів даних про споживання енергії та генерування енергії, таких як погодинні або півгодинні набори даних. Крім того, енергетичне моделювання розумної будівлі, обладнаної джерелами ВДЕ, передбачає високий рівень складності та нелінійності. Через те, що RE передбачає переривчастість метеорологічної інформації та невизначеність у моделях генерації енергії протягом дня та в різні сезони.

Ефективне енергоменеджмент будівлі вимагає точного прогнозування попиту та пропозиції енергії. Це пов'язано з його важливістю в енергетичному плануванні та виробленні політики, оскільки він дозволяє політикам приймати важливі рішення. Ефективна система управління

					02.15. EE2226.KPM.2023 – ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

енергією будівлі потребує точного прогнозування розподілених джерел енергії, таких як вітер або сонячна фотоелектрична енергія. На цій основі було розроблено численні методології, що включають фізичні моделі, методи статистики та штучного інтелекту, а також гібридні моделі для підвищення точності прогнозування.

В останнє десятиліття було проведено значні дослідження з прогнозування енергії в будівництві через його потенціал для управління попитом і проникнення розумних електромереж. В енергоменеджменті житлових будинків двома основними факторами зручності будівлі є профіль попиту на енергію та виробництво відновлюваної енергії. Відповідне виробництво відновлюваної енергії дозволяє ефективно використовувати накопичення енергії та менше покладатися на обмін енергією з мережею.

Згідно з останніми дослідженнями, 20–30% споживання енергії будівлею можна заощадити завдяки оптимізованій експлуатації та управлінню без зміни конструкції будівлі та апаратної конфігурації системи енергопостачання. Таким чином, існує значний потенціал для підвищення енергоефективності будівель за допомогою ефективних процесів і прогнозів.

Дійсно, моделювання попиту на енергію в будівлях має важливе значення для прийняття рішень щодо зменшення споживання енергії та викидів CO₂, оскільки воно допомагає підвищити енергоефективність будівлі та покращити управління попитом і пропозицією. Однак прогнозування потреби в енергії в будівлі (BED) все ще є складним завданням через різноманітність факторів, які впливають на споживання, таких як фізичні характеристики будівлі, встановлене обладнання, погодні умови, такі як температура та денне світло та моделі споживання енергії мешканцями будинку.

З іншого боку, у зв'язку зі зростанням населення планети та швидким економічним розвитком, енергопостачання стало важливою проблемою людини. Внаслідок обмеженості традиційних джерел енергії та їх

					02.15. EE2226.KPM.2023 – ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

шкідливого впливу на навколишнє середовище ВДЕ, такі як вітер і сонце, стали важливими для розвитку енергетичної системи.

Крім того, однією з найбільш критичних проблем у прогнозуванні відновлюваної енергії є невизначеність відновлюваних джерел енергії та енергетичного навантаження будівлі. На практиці переривчаста природа вітрової та сонячної фотоелектричної енергії робить точні та надійні прогнози дуже складними. Коливання вихідної потужності ВДЕ можуть суттєво обмежити здатність покривати навантаження споживання, тим самим знижуючи надійність системи та, як наслідок, призводячи до фінансових втрат.

Прогнозування енергоспоживання та виробництва енергії в будівлях за допомогою методів прогнозування значно підвищує ефективність активних систем управління будівлями. Однак для досягнення такої ефективності, по-перше, необхідно зменшити коливання та запланувати піки електроенергії та постачання ВДЕ в будівлях; по-друге, важливо зменшити енергообмін з мережею. Однак деякі дослідження повідомляють, що підхід до планування та прогнозування енергопостачання, а також до оцінки впливу проникнення розподілених відновлюваних джерел енергії на енергоменеджмент будівлі є складною проблемою, яка вимагає нових рішень.

Оптимізація та планування (ОС) — це підкатегорія методів енергоменеджменту в будівлях, які спрямовані на оптимізацію споживання та генерації енергії з використанням моделей споживання енергії, моделей виробництва ВДЕ, ємності зберігання енергії та вартості енергії.

Методи енергетичної ОС і відновлювані джерела відіграють вирішальну роль у просуванні до незалежної та недорогої розумної будівлі. Ефективність інтеграції джерел ВДЕ та накопичення енергії в розумну активну будівлю також можна значно підвищити за допомогою підходу до ОС.

					02.15. EE2226.KPM.2023 – ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Методи ОС в основному зводяться до мінімізації загальних витрат на енергію (фінансову та екологічну) і залежність від мережі шляхом виробництва якомога більшої кількості відновлюваних джерел енергії.

Методи енергетичної ОС і відновлювані джерела відіграють вирішальну роль у просуванні до незалежної та недорогої розумної будівлі. Ефективність інтеграції джерел ВДЕ та накопичення енергії в розумну активну будівлю також можна значно підвищити за допомогою підходу до ОС.

Для подальшого поглиблення в тему потрібно прояснити деякі поняття.

1.6 Поняття мікрогенерація, міні-генерація, системи чистого вимірювання, Feed-in Tariff

Мікрогенерація - це електростанція з потужністю до 50 кВт. Вона може використовувати різні джерела енергії, такі як сонячна, вітрова, гідроелектрична, біопаливо, геотермальна енергія тощо. Мікрогенерація може бути встановлена на приватній території, наприклад, на даху будинку або в саду. Вона може використовуватися для забезпечення електроенергією приватного будинку, підприємства або навіть цілої мікрогради.

Міні-генерація - це електростанція з потужністю від 50 до 1 МВт. Вона може використовувати ті ж джерела енергії, що й мікрогенерація. Міні-генерація зазвичай встановлюється на промислових підприємствах або в сільській місцевості. Вона може використовуватися для забезпечення електроенергією підприємства, а також для продажу надлишкової електроенергії в загальну мережу.

Системи чистого вимірювання (СЧВ) - це політика в галузі електропостачання, яка передбачає, що споживачі, які мають власні відновлювані джерела енергії (ВДЕ), отримують кредит на електроенергію, яку вони виробляють і передають в мережу. Цей кредит можна використовувати для компенсації електроенергії, яку споживач купує у постачальника.

					02.15. EE2226.KPM.2023 – ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

СЧВ є одним із стимулів для споживачів використовувати ВДЕ. Вони дозволяють споживачам економити гроші на електроенергії та зменшувати свій вплив на навколишнє середовище.

У системі СЧВ споживач має два лічильники електроенергії: один для обліку електроенергії, яку споживач отримує з мережі, а інший - для обліку електроенергії, яку споживач виробляє і передає в мережу.

Наприкінці розрахункового періоду, як правило, місяця, оператор мережі підсумовує показники обох лічильників. Якщо споживач виробив більше електроенергії, ніж спожив, то він отримує кредит на різницю. Цей кредит можна використати для компенсації електроенергії, яку споживач купує у постачальника.

Якщо споживач спожив більше електроенергії, ніж виробив, то він повинен сплатити постачальнику за різницю.

Feed-in Tariff (FIT) - це економічний механізм, який гарантує виробникам електроенергії з відновлюваних джерел (ВДЕ) фіксовану ціну на свою продукцію протягом певного періоду часу. Ця ціна зазвичай вища за ринкову ціну на електроенергію, що створює стимули для інвестування у ВДЕ.

1.7 Заходи щодо пом'якшення впливу розподільної генерації у секторі розподілу

Раніше ми показали, що впливом поширення розподіленої генерації в сектор розподілу не можна нехтувати. Дослідження розгортання розподіленої генерації в усьому світі показує, що в регіонах, де цей процес знаходиться на більш просунутій стадії, ці наслідки вже відчутні. Тому вже приймаються зміни до нормативних документів.

Крім впливу на прибутковість розподільних компаній, рівень тарифів також впливає. Оскільки лише частина споживачів використовує системи мікро- та міні-генерації, підвищення тарифів по-різному впливає на класи

					02.15. EE2226.KPM.2023 – ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

споживачів. Таким чином, це збільшення призводить до викривлень у розподілі витрат дистриб'юторів між різними споживачами. Оскільки споживачі з нижчим рівнем доходу є саме тими, хто, як правило, не має можливості встановити системи розподіленої генерації, можна стверджувати про існування соціально несприятливого перехресного субсидування, коли нижчі класи доходу починають мати більші витрати зі споживанням енергії.

Це вже можна побачити на міжнародному рівні. Звіт NREL (2016) показує, що побутові споживачі систем розподіленої генерації в штаті Луїзіана сплачують у середньому лише 70% витрат, які вони стягують з мережі, тоді як ті, хто не використовує систему, сплачують у середньому 158% цих витрат. У тому ж дослідженні вказується, що в штаті Каліфорнія користувачі, які використовують фотоелектричні системи в житлових будинках, сплачують від 54% до 84% витрат, які вони стягують з мережі.

Регуляторні зміни вимагають від політиків враховувати особливості кожної програми заохочення для розподіленої генерації. Зокрема, слід підкреслити, що тип використовуваної системи компенсації допомагає визначити характеристики проблеми.

У схемах «Feed in Tariff» (FiT) втрата ринку відбувається лише тоді, коли виробництво фотоелектричної енергії збігається зі споживанням. Таким чином, вплив програм FiT на сектор розподілу обмежений і історично склалося так, що обговорення цих програм набагато більше пов'язане з тим, скільки вони коштують і чи входять вони в бюджет.

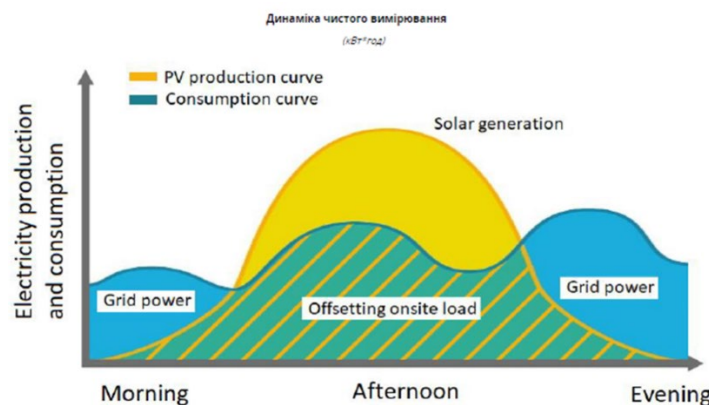


Рисунок 1.11 - логіка компенсації системи чистого вимірювання

					02.15. EE2226.KPM.2023 – ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

З іншого боку, можливість використання генерованих енергетичних кредитів у періоди, коли немає виробництва енергії, ускладнює це питання в системі вимірювання чистої енергії. У цьому випадку вся енергія, вироблена на місцевому рівні, означає втрату ринку для розподільчої компанії, і немає відповідної плати за використання мережі як «віртуального акумулятора» споживачем. Цю проблему вже бачили в багатьох штатах США. Зображення вище ілюструє логіку компенсації системи чистого вимірювання.

					02.15. EE2226.KPM.2023 – ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2 ПОБУДОВА КЛАСТЕРНОЇ СТРУКТУРИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯМ ЖИВЛЕННЯМ ЧАСТИН ГОЛОВНОГО КОРПУСА

2.1 Кластерна структура енергозабезпечення

Кластерна структура енергозабезпечення - це спосіб організації енергетичної системи, в якому невеликі, локальні енергетичні системи об'єднуються в більші кластери. Ці кластери можуть бути фізично розташовані поруч або можуть бути розподілені по всій території.

Одним із прикладів кластерної структури енергозабезпечення є система розподіленої енергії. Система розподіленої енергії - це система, в якій енергія виробляється, розподіляється та споживається в межах одного району або громади. Система розподіленої енергії може включати в себе комбінацію централізованих і децентралізованих джерел енергії, таких як електростанції, сонячні батареї, вітряні турбіни та електростанції на біопаливі.

Кластерна структура енергозабезпечення може бути реалізована різними способами. Один із можливих підходів полягає в тому, щоб об'єднати кілька населених пунктів або районів в один кластер. У цьому випадку кластер може мати власну мережу електропостачання, яка буде забезпечувати енергією всі населені пункти або райони, що входять до нього.

Інший можливий підхід полягає в тому, щоб об'єднати кілька підприємств або організацій в один кластер. У цьому випадку кластер може мати власну систему виробництва енергії, яка буде забезпечувати енергією всі підприємства або організації, що входять до нього.

Кластерна структура енергозабезпечення є перспективним напрямком розвитку енергетичної системи. Вона має ряд переваг порівняно з традиційними централізованими системами енергозабезпечення, і може допомогти підвищити надійність, безперебійність та ефективність енергозабезпечення.

					02.15. EE2226.KPM.2023 – ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.2 Розподілена генерація - Distributed generation

Розподілена генерація, також відома як розподілена енергія, генерація на місці (on-site generation, OSG) або районна/децентралізована енергетика, являє собою електричну генерацію та накопичення, що здійснюється різноманітними невеликими, мережевими або підключеними до розподільчої системи пристроями, які називаються розподіленими енергоресурсами (distributed energy resources , DER).



Рисунок 2.1 – Спрощена картина розподільної генерації

Традиційні електростанції, такі як вугільні, газові та атомні станції, є централізованими і часто потребують передачі електроенергії на значні відстані. На противагу цьому, системи DER представляють собою децентралізовані, модульні та більш гнучкі технології, розташовані поруч з обслуговуваною ними навантаженням, хоча і мають потужність усього 10 мегават (МВт) або менше. Ці системи можуть включати в себе декілька компонентів генерації та зберігання енергії.



Рисунок 2.2 – Укрупнена схема DER

У системах DER зазвичай використовуються відновлювані джерела енергії, включаючи малі гідроелектростанції, біомасу, біогаз, сонячну енергію, вітроенергетику та геотермальну енергію, і все більше та більше відіграють важливу роль для системи розподілу електроенергії. Підключене до мережі пристрій для зберігання електроенергії також може бути класифіковане як система DER і часто називається розподіленою системою зберігання енергії (DESS). За допомогою інтерфейсу системами DER можна управляти та координувати їх діяльність в рамках інтелектуальної мережі. Розподілена генерація та зберігання дозволяє збирати енергію з багатьох джерел та може знизити вплив на довкілля та підвищити надійність енергопостачання.

Однією з основних проблем інтеграції DER, таких як сонячна енергія, вітроенергія тощо, є невизначеність природи таких джерел електроенергії. Ця невизначеність може спричинити кілька проблем у системі розподілу:

- вона робить відносини попиту та пропозиції надзвичайно складними та вимагає складних інструментів оптимізації для балансування мережі;
- вона чинить більший тиск на передавальну мережу;
- це може викликати зворотний потік потужності з розподільчої системи в систему передачі.

Мікромережі - це сучасні локалізовані маломасштабні мережі, на відміну від традиційної централізованої електричної мережі (макромережі). Мікромережі можуть відключатися від централізованої мережі та працювати автономно, підвищуючи стійкість мережі та допомагаючи пом'якшити порушення в мережі. Зазвичай це низьковольтні мережі змінного струму, які часто використовують дизельні генератори та встановлюються місцевим населенням, якому вони служать. Мікромережі все частіше використовують суміш різних розподілених енергетичних ресурсів, таких як гібридні сонячні енергетичні системи, які значно скорочують кількість викидів вуглецю.

На цьому постають одне з головних питань – інтеграцію з мережею, проблеми з напругою та частотою при інтеграції DG.

2.3 Інтеграція з мережею

З міркувань надійності ресурси розподіленої генерації будуть підключені до тієї ж мережі передачі, що й центральні станції. При інтеграції цих ресурсів у мережу виникають різні технічні та економічні проблеми.

Технічні проблеми виникають у сферах:

- Якість електроенергії: розподілена генерація може призводити до зниження якості електроенергії, наприклад, до виникнення гармонік.
- Стабільність напруги: розподілена генерація може призводити до коливань напруги в мережі.
- Надійність: розподілена генерація може призводити до зниження надійності мережі, наприклад, до збільшення кількості відключень.
- Захист: розподілена генерація може впливати на роботу систем захисту мережі.
- Управління: розподілена генерація вимагає нових методів управління мережею.

Поводження захисних пристроїв у мережі має бути перевірено для всіх комбінацій генерації розподіленої та центральної станції. Широкомасштабне

					02.15. EE2226.KPM.2023 – ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

розгортання розподіленої генерації може вплинути на функції всієї мережі, такі як контроль частоти та розподіл резервів. В результаті в мережу додаються функції інтелектуальної мережі, віртуальних електростанцій та мережевих накопичувачів енергії, таких як газові станції.

Між операторами мереж та організаціями, що управляють ресурсами розподіленої генерації, можуть виникати конфлікти.

Кожен ресурс розподіленої генерації має свої власні проблеми інтеграції.

- Сонячна енергія: сонячна енергія має переривчасту та непередбачувану генерацію, тому вона створює багато проблем зі стабільністю напруги та частоти. Ці проблеми з напругою впливають на механічне мережеве обладнання, наприклад, на перемикачі відгалужень навантаження, які реагують надто часто і зношуються набагато швидше, ніж передбачалося операторами мереж. Крім того, без будь-якої форми зберігання енергії в періоди високої сонячної генерації компанії повинні швидко збільшувати виробництво під час заходу сонця, щоб компенсувати втрату сонячної генерації. Така висока швидкість наростання призводить до того, що в галузі називають «кривою утки» (приклад), що є серйозною проблемою для операторів мереж у майбутньому.
- Вітряна енергія: вітрова енергія також має переривчасту та непередбачувану генерацію, тому вона створює багато проблем зі стабільністю напруги та частоти.

Сховище енергії може вирішити ці проблеми, якщо воно буде реалізовано.

- Маховики: маховики показали відмінну можливість регулювання частоти. Крім того, маховики мають високу циклічність по сравнению з батареями, що означає, що вони зберігають ту ж енергію і потужність після значної кількості циклів (порядку 10 000 циклів).

					02.15. EE2226.KPM.2023 – ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- Батареї: батареї короткострокового використання при достатньо великому масштабі використання можуть допомогти згладити криву утки і запобігти коливанням використання генератора, а також можуть допомогти зберегти профіль напруги.

Однак вартість є основним обмежувальним фактором для зберігання енергії, оскільки кожен метод є надмірно дорогим для виробництва в масштабі і порівняно не енергоефективним по сравнению з рідким викопним паливом.

- Інтелектуальні гібридні інвертори: ще один необхідний метод допомоги в інтеграції фотоелектричних елементів для належної розподіленої генерації - це використання інтелектуальних гібридних інверторів. Інтелектуальні гібридні інвертори накопичують енергію, коли її виробництво перевищує споживання. При високому споживанні ці інвертори забезпечують розвантаження системи розподілу електроенергії.

Інший підхід не вимагає інтеграції в мережу: автономні гібридні системи.

Інтеграція розподіленої генерації в мережу є складним завданням, яке вимагає вирішення технічних та економічних проблем. Сховище енергії може допомогти вирішити деякі з цих проблем.

2.4 Зниження проблем з напругою та частотою при інтеграції DG

Були зроблені деякі зусилля щодо зменшення проблем з напругою і частотою через ширше впровадження DG. Зокрема, IEEE 1547 встановлює стандарт для взаємозв'язку та взаємодії розподілених енергетичних ресурсів. IEEE 1547 встановлює конкретні криві, що сигналізують про те, коли усунути несправність, залежно від часу після порушення та величини нерівномірності напруги або нерівномірності частоти. Проблеми з напругою також дають можливість застарілому обладнанню виконувати нові операції. Примітно, що інвертори можуть регулювати вихідну напругу ДГ. Зміна імпедансу

					02.15. EE2226.KPM.2023 – ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

інвертора може змінити коливання напруги ДГ, що означає, що інвертори можуть управляти вихідною напругою ДГ. Щоб зменшити вплив інтеграції DG на механічне мережеве обладнання, трансформатори та перемикачі відгалужень можуть реалізувати певні криві залежності режиму відведення від напруги, зменшуючи вплив стрибків напруги через DG. Тобто перемикачі відгалужень під навантаженням реагують на коливання напруги, що тривають довше, ніж коливання напруги, створювані обладнанням DG.

2.5 Історичний контекст та розвиток DER

Розподілена генерація енергії не є новим явищем, адже вона існувала ще до створення централізованих енергосистем. Наприклад, в XIX столітті багато фабрик та будинків використовували власні парові двигуни та генератори для виробництва електричної енергії.

Основні етапи розвитку DER

- 1839 рік: винайдення фотоелектричного ефекту
- 1887 рік: винайдення вітряної турбіни
- 1950-ті роки: розвиток напівпровідникових технологій, що дозволило зробити фотоелектричні модулі більш ефективними та доступними
- 1970-ті роки: зростання цін на енергоносії, що призвело до зростання інтересу до відновлюваних джерел енергії
- 1980-ті роки: розвиток технологій виробництва вітрових турбін, що зробило їх більш ефективними та доступними
- 1990-ті роки: розвиток технологій виробництва фотоелектричних модулів, що зробило їх ще більш ефективними та доступними
- 2000-ні роки: стрімкий розвиток DER, пов'язаний з рядом факторів, зокрема зростанням цін на енергоносії, розвитком відновлюваних джерел енергії та покращенням технологій виробництва та експлуатації DER

					02.15. EE2226.KPM.2023 – ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Однак, з розвитком технологій та економіки, централізована генерація енергії на великих електростанціях стала домінуючою формою енергетики, оскільки вона забезпечувала більшу ефективність, низьку вартість та високу надійність енергопостачання.

Проте, у другій половині XX століття стали з'являтися нові виклики та можливості для енергетики, такі як зростання попиту на енергію, екологічні проблеми, нестабільність цін на енергоносії, глобалізація ринків, технологічний прогрес, соціальні та політичні зміни. Ці фактори сприяли появі та поширенню DER, які стали альтернативою або доповненням до централізованої генерації енергії. Особливо активний розвиток DER відбувся у країнах Європейського Союзу, де було прийнято ряд законодавчих та регуляторних заходів для стимулювання використання відновлюваних джерел енергії, енергоефективності, конкуренції та лібералізації ринку енергії.

2.6 Перегляд основних регуляторних рамок, що впливають на DER

Регуляторне оточення для DER в Україні складається з різних нормативно-правових актів, які визначають правовий статус, технічні вимоги, тарифи, умови підключення та інші аспекти діяльності DER. Основними документами, які регулюють DER в Україні, є:

- Закон України «Про ринок електричної енергії» від 13.04.2017 № 2019-VIII, який встановлює загальні засади функціонування ринку електричної енергії, права та обов'язки суб'єктів ринку, механізми стимулювання використання відновлюваних джерел енергії, а також передбачає можливість створення мікромереж на базі DER.
- Закон України «Про альтернативні джерела енергії» від 20.02.2003 № 555-IV, який визначає правові, економічні та організаційні засади використання альтернативних джерел енергії, в тому числі DER,

					02.15. EE2226.KPM.2023 – ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

класифікацію альтернативних джерел енергії, порядок надання державної підтримки та контролю за їх використанням.

- Закон України «Про енергоефективність будівель» від 22.06.2017 № 2118-VIII³, який встановлює вимоги до енергоефективності будівель, в тому числі щодо використання DER для забезпечення їх енергопостачання, порядок видачі енергетичних сертифікатів, механізми фінансування та стимулювання енергоефективних заходів.

- Постанова Національної комісії, що здійснює державне регулювання у сферах енергетики та комунальних послуг, «Про затвердження Правил ринку електричної енергії України» від 14.03.2018 № 307, яка регламентує детальні умови та процедури функціонування ринку електричної енергії, ролі та відповідальність суб'єктів ринку, в тому числі DER, а також визначає правила підключення до системи розподілу електричної енергії.

- Постанова Національної комісії, що здійснює державне регулювання у сферах енергетики та комунальних послуг, «Про затвердження Методики визначення тарифів на розподіл електричної енергії» від 30.11.2015 № 3098, яка встановлює методологію розрахунку тарифів на розподіл електричної енергії, в тому числі для DER, що підключені до системи розподілу електричної енергії, а також передбачає можливість застосування диференційованих тарифів залежно від напруги, часу доби, сезону тощо.

2.7 Аналіз впливу політики на розвиток та інтеграцію DER

Політика щодо DER в Україні має як позитивні, так і негативні аспекти, які впливають на їх розвиток та інтеграцію. До позитивних аспектів можна віднести:

- Прийняття Закону «Про ринок електричної енергії», який створив нові можливості для DER, такі як участь у ринку балансування, ринку допоміжних послуг, ринку врегулювання частоти та потужності, ринку

					02.15. EE2226.KPM.2023 – ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

резервів, ринку розподілу електричної енергії, а також надав їм право на «зелений» тариф та гарантований доступ до мережі.

- Прийняття Закону «Про енергоефективність будівель», який сприяв поширенню DER в секторі будівництва, зокрема за допомогою введення енергетичних сертифікатів, які вимагають від будівельників та власників будівель забезпечувати енергоефективність та використання DER.

- Прийняття Постанови НКРЕКП «Про затвердження Правил ринку електричної енергії України», яка визначила детальні процедури та вимоги до DER, що бажають підключитися до системи розподілу електричної енергії, а також встановила принципи недискримінації, прозорості та відкритості.

До негативних аспектів можна віднести:

- Недостатність та нестабільність державної підтримки DER, яка проявляється у частій зміні нормативно-правової бази, низькому рівні «зеленого» тарифу, відсутності довгострокових гарантій та інструментів фінансування⁴⁵.

- Низька готовність та інтерес до DER з боку споживачів, які стикаються з високими витратами на придбання, встановлення та обслуговування DER, складністю процедур підключення та адміністративних бар'єрів, недостатнім рівнем інформування та освіти про переваги та можливості DER .

- Низька гнучкість та адаптивність системи розподілу електричної енергії, яка не відповідає сучасним вимогам та стандартам smart grid, а також має обмежену мережеву ємність, недостатню якість та надійність енергопостачання, високий рівень втрат та технічних проблем .

Таким чином, політика щодо DER в Україні має як сильні, так і слабкі сторони, які визначають перспективи та виклики для їх розвитку та інтеграції. Для подальшого підвищення ролі та значення DER в енергетиці України необхідно забезпечити стабільність та прогнозованість державної політики, підвищити зацікавленість та свідомість споживачів, модернізувати

					02.15. EE2226.KPM.2023 – ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

та оптимізувати систему розподілу електричної енергії, а також сприяти міжнародній співпраці та обміну досвідом у сфері DER.

2.8 Технологічні аспекти DER

Технологічні аспекти DER пов'язані з використанням різних технологій, які дозволяють виробляти, накопичувати, зберігати та керувати електричною енергією на локальному рівні. Ось деякі з ключових технологій, що лежать в основі DER:

- Фотовольтаїчні панелі (PV) — це пристрої, які перетворюють сонячне світло на електричну енергію за допомогою фотоефекту. PV панелі можуть бути встановлені на дахах, фасадах, землі або інших поверхнях, що отримують достатньо сонячного випромінювання. PV панелі мають переваги, такі як відсутність шкідливих викидів, низькі витрати на обслуговування, довгий термін служби, гнучкість у розміщенні та інтеграції.

- Системи зберігання енергії (ESS) — це пристрої, які дозволяють накопичувати електричну енергію в різних формах (наприклад, хімічній, механічній, тепловій) та відпускати її за потребою. ESS можуть бути використані для підвищення якості та надійності енергопостачання, зменшення пікового навантаження, забезпечення резервування та гнучкості, а також для інтеграції відновлюваних джерел енергії, які мають непостійний характер виробництва. До основних типів ESS належать акумуляторні батареї, суперконденсатори, літій-іонні батареї, гідроакумуляуючі електростанції, літій-повітряні батареї, теплові акумулятори та інші.

- Системи керування енергією (EMS) — це програмно-апаратні комплекси, які дозволяють моніторити, аналізувати, оптимізувати та керувати роботою DER та інших енергетичних ресурсів. EMS можуть бути використані для підвищення енергоефективності, зниження витрат на енергію, підвищення якості та безпеки енергопостачання, а також для участі в ринку електричної енергії та надання допоміжних послуг. До основних

					02.15. EE2226.KPM.2023 – ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

функцій EMS належать збір та обробка даних, прогнозування попиту та виробництва, планування та оптимізація режимів роботи, координація та контроль DER, а також взаємодія з зовнішніми суб'єктами.

Технологічні інновації є важливим фактором успішного впровадження DER, оскільки вони дозволяють підвищити ефективність, надійність, безпеку та конкурентоспроможність локальних джерел енергії, а також сприяють інтеграції відновлюваних джерел енергії в енергосистему. Ось деякі приклади технологічних інновацій, які впливають на розвиток та інтеграцію DER:

- Цифрові технології, такі як Інтернет речей (IoT), штучний інтелект (AI), блокчейн, хмарні обчислення, віртуальна та доповнена реальність, які дозволяють збирати, обробляти, аналізувати та передавати великі обсяги даних про стан та роботу DER, а також забезпечувати їх взаємодію та координацію з іншими енергетичними ресурсами та суб'єктами ринку.

- Смарт-грід технології, такі як смарт-лічильники, смарт-прилади, смарт-контракти, смарт-трансформатори, смарт-сенсори, смарт-реле, смарт-острів, які дозволяють підвищити гнучкість, адаптивність, респонсивність та резилієнтність системи розподілу електричної енергії, а також підтримувати баланс між попитом та пропозицією енергії, забезпечувати якість та стабільність напруги та частоти, а також захищати систему від збоїв та атак³⁴.

- Нанотехнології, такі як наноматеріали, наноструктури, нанокомпозити, наночастинки, наносенсори, наноелектроніка, які дозволяють покращити характеристики та функціональність DER, зокрема збільшити ефективність перетворення енергії, зменшити втрати енергії, збільшити ємність та тривалість зберігання енергії, зменшити розміри та вагу DER, а також знизити вартість їх виробництва та обслуговування⁵.

Таким чином, технологічні інновації є необхідною умовою для успішного впровадження DER, оскільки вони дозволяють підвищити їх ефективність, надійність, безпеку та конкурентоспроможність, а також сприяють інтеграції

					02.15. EE2226.KPM.2023 – ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

відновлюваних джерел енергії в енергосистему. Однак, технологічні інновації також потребують відповідного регуляторного оточення, політичної підтримки, фінансових ресурсів, кваліфікованого персоналу, а також громадської свідомості та прийняття.

2.9 Аналіз різних бізнес-моделей, що використовуються в сфері DER

Існує багато різних бізнес-моделей, які можуть бути застосовані в залежності від типу DER, цільового ринку, регуляторного оточення, технологічних можливостей та інших факторів. Ось деякі приклади бізнес-моделей, що використовуються в сфері DER:

- Продаж енергії. Ця бізнес-модель полягає в тому, що власник DER виробляє електричну енергію з відновлюваних джерел (наприклад, сонячних панелей, вітряків, біогазових установок) та продає її на ринку електричної енергії або безпосередньо споживачам за певною ціною. Ця бізнес-модель може бути підтримана державними стимулами, такими як «зелені» тарифи, квоти, сертифікати, субсидії тощо. Прикладом такої бізнес-моделі є компанія DTEK, яка виробляє електричну енергію з вітру та сонця в Україні та продає її за «зеленим» тарифом.

- Зберігання енергії. Ця бізнес-модель полягає в тому, що власник DER використовує системи зберігання енергії (наприклад, акумуляторні батареї, суперконденсатори, літій-іонні батареї) для накопичення електричної енергії в періоди низького попиту та відпуску її в періоди високого попиту або коли ціна на енергію є вигідною. Ця бізнес-модель може допомогти зменшити пікове навантаження, підвищити якість та надійність енергопостачання, а також надавати допоміжні послуги, такі як балансування, регулювання частоти та потужності, резервування тощо. Прикладом такої бізнес-моделі є компанія Tesla, яка пропонує рішення для зберігання енергії, такі як Powerwall, Powerpack та Megapack.

					02.15. EE2226.KPM.2023 – ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- Керування енергією. Ця бізнес-модель полягає в тому, що власник DER використовує системи керування енергією (наприклад, програмно-апаратні комплекси, смарт-грід технології, цифрові платформи) для моніторингу, аналізу, оптимізації та керування роботою DER та інших енергетичних ресурсів. Ця бізнес-модель може допомогти підвищити енергоефективність, знизити витрати на енергію, підвищити якість та безпеку енергопостачання, а також участувати в ринку електричної енергії та надавати допоміжні послуги. Прикладом такої бізнес-моделі є компанія Schneider Electric, яка пропонує рішення для керування енергією, такі як EcoStruxure, Microgrid Advisor, Energy Operation та інші.

2.10 Вплив DER на зменшення викидів та покращення екології

Стратегії зменшення вуглецевого сліду через DER можуть бути різними в залежності від конкретної ситуації, але загалом вони передбачають такі напрями:

- Стимулювання інвестицій у DER за допомогою фінансових механізмів, таких як субсидії, кредити, гранти, податкові пільги, зелені тарифи тощо;
- Розробка та впровадження нормативно-правової бази, яка регулює умови впровадження, підключення, експлуатації та торгівлі DER, а також встановлює вимоги щодо якості, безпеки, надійності та екологічності DER;
- Підвищення обізнаності та зацікавленості громадськості, бізнесу та влади щодо переваг та можливостей DER, а також надання інформаційної, технічної та консультаційної підтримки потенційним учасникам ринку DER;
- Формування та розвиток партнерства між різними зацікавленими сторонами, такими як виробники, споживачі, постачальники, регулятори, науковці, НГО тощо, для спільного планування, реалізації та моніторингу проектів DER;
- Застосування інноваційних технологій та рішень, які покращують ефективність, інтеграцію, управління та взаємодію DER, а також

					02.15. EE2226.KPM.2023 – ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

забезпечують їх сумісність з існуючою інфраструктурою та майбутніми потребами.

2.11 Виклики та можливості для розвитку DER

Інтеграція DER (розподілених енергетичних ресурсів) у енергосистему створює нові виклики та можливості для операторів енергосистем та регуляторів. Деякі з цих викликів є:

- Координація та управління великою кількістю розподілених, малопотужних та непередбачуваних джерел енергії, які можуть впливати на стабільність, надійність, якість та безпеку енергопостачання;
- Адаптація та модернізація існуючої інфраструктури, такої як лінії передачі, підстанції, системи захисту, вимірювання, зв'язку та керування, для забезпечення сумісності та інтеграції з DER;
- Розробка та впровадження нових тарифів, ринків, правил, стандартів, контрактів, інструментів та механізмів, які відображають вартість та вигоду DER для енергосистеми та споживачів, а також стимулюють інвестиції та інновації в секторі DER;
- Залучення та взаємодія з новими та різноманітними учасниками ринку, такими як виробники, споживачі, постачальники, агрегатори, дистриб'ютори, сервісні компанії, які мають різні інтереси, потреби, можливості та очікування від DER;
- Забезпечення соціальної та екологічної відповідальності, справедливості та прийняття DER, а також врахування їх впливу на енергетичну безпеку, енергоефективність, зменшення викидів, розвиток місцевих спільнот та інші аспекти сталого розвитку.

Оцінка потенціалу розвитку DER у майбутньому залежить від багатьох факторів, таких як:

					02.15. EE2226.KPM.2023 – ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- Технологічний прогрес, який впливає на доступність, якість, вартість та продуктивність DER, а також на їх інтеграцію з іншими джерелами енергії, системами зберігання, керування та зв'язку;
- Економічна ситуація, яка впливає на попит та пропозицію енергії, цінову конкурентоспроможність DER, інвестиційну привабливість та рентабельність проектів DER, а також на рівень енергоефективності та енергозбереження;
- Регуляторне середовище, яке впливає на правові, нормативні, технічні, податкові, тарифні та інші умови функціонування та розвитку ринку DER, а також на стимули, субсидії, квоти, сертифікати та інші механізми підтримки DER;
- Соціальні та екологічні аспекти, які впливають на ставлення та зацікавленість громадськості, бізнесу, влади та інших зацікавлених сторін до DER, а також на їх вплив на енергетичну безпеку, зменшення викидів, розвиток місцевих спільнот та інші цілі сталого розвитку.

2.12 Побудова кластерної структури забезпечення живленням частин головного корпусу

В рамках дослідження основ розподіленого живлення об'єктів розробимо сонячну електричну станцію (СЕС), спираючись на аналіз даних попередніх розділів.

Плануючі СЕС будемо використовувати наступні вхідні данні та умови.

Розробку проведемо в програмі PVsyst 7.4.

СЕС повинна бути мережевого типу - це тип сонячної енергетичної системи, яка підключена до загальної електричної мережі. Конструкції з сонячними панелями мають статичний кут нахилу. Сонячні панелі будуть розташовані на даху.

					02.15. EE2226.KPM.2023 – ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

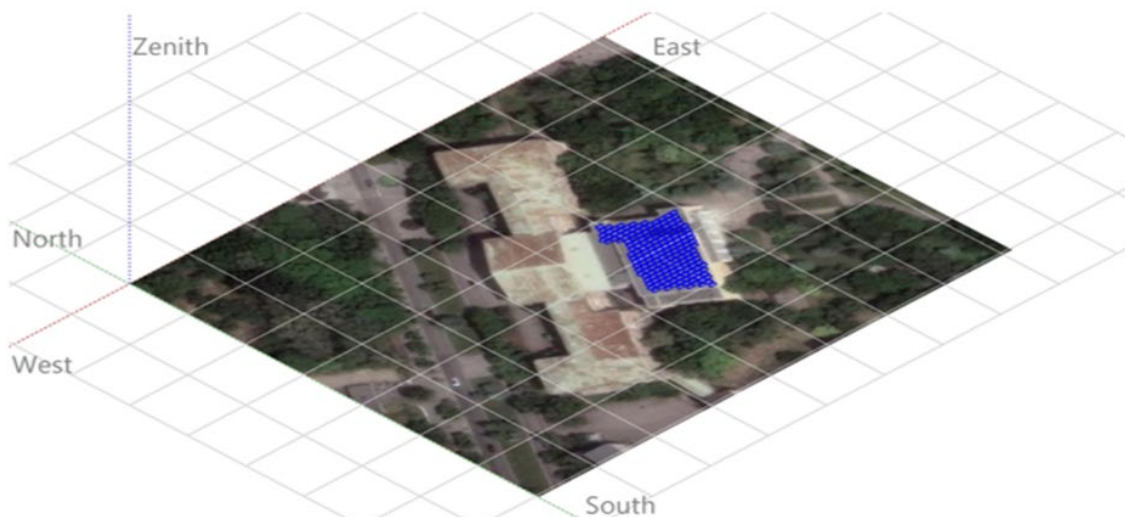


Рисунок 2.3 - Перспектива фотоелектричного поля та навколишнього затінення

Розрахунок буде проводитись, спираючись на Meteonorm 8.1- програмою для моделювання метеорологічних та сонячних даних для будь-якого місця на Землі.

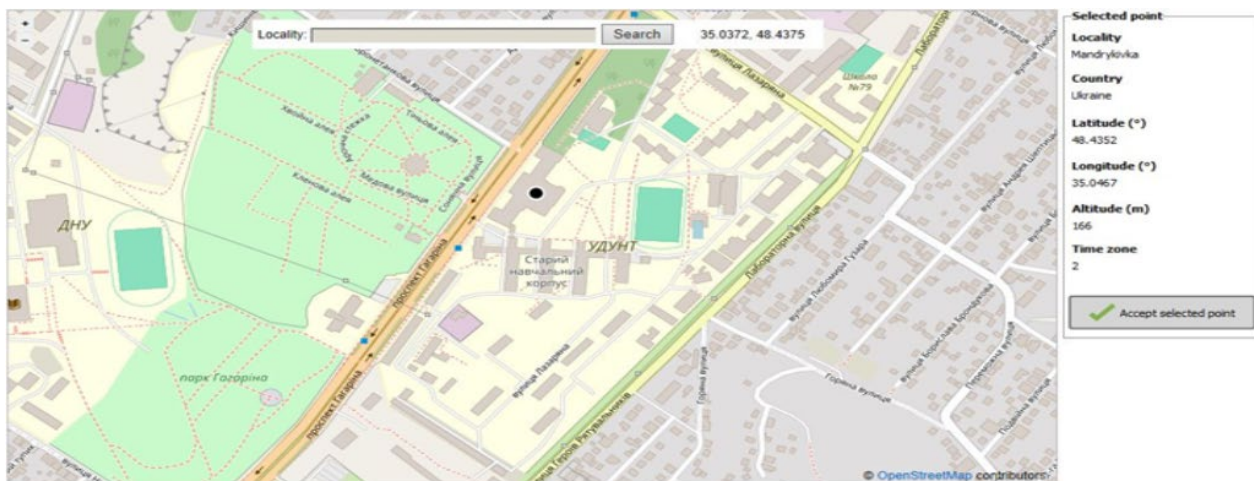


Рисунок 2.4 – Розміщення об'кта на карті

Розрахунок СЕС проведемо на основі сонячних панелей фірми Calypso моделі CPA611HDGDC-700, потужністю 700 Вт.

Також в проєкті задіяний один інвертор фірми Huawei SUN2000-110KTL-MO.

					02.15. EE2226.KPM.2023 – ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рисунок 2.5 – Зовнішній вигляд Huawei SUN2000-110KTL-M0

Основні	
Виробник:	Huawei
Модель:	SUN2000-110KTL-M0
Країна - виробник:	Китай
Тип інвертора:	мережевий
Кількість фаз:	3
Кількість MPPT :	10
ККД, %:	98.6
Інтерфейс:	LED індикатори, Bluetooth + APP, RS485, USB, MBUS
Вхідні характеристики сонячного поля	
Номінальна потужність, Вт:	110000
Максимальна потужність, Вт:	123500
Діапазон вхідної напруги, В:	200-1100
MPPT діапазон напруги, В:	540-800
Максимальна напруга, В:	1100
Максимальний струм MPPT трекера, А:	26

Рисунок 2.6 – Основні та вхідні характеристики інвертора

					02.15. EE2226.KPM.2023 – ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Підбираючи інвертор до сонячних панелей ми стикаємось з поняттям «Стрінг в інвертері» - це ланцюг послідовно сполучених фотоелектричних модулів, в кількості, необхідній для досягнення вихідної напруги, відповідної вхідному діапазону МРРТ інвертора. Зазвичай вхідний діапазон МРРТ інвертора близько декількох сотень (150-720) вольт.

Стрінги використовуються в інверторах для того, щоб зменшити кількість контактів між фотоелектричними модулями та інвертором. Це дозволяє підвищити надійність системи і зменшити втрати енергії.

Стрінги також використовуються для того, щоб забезпечити однакову напругу на вході інвертора. Це важливо для того, щоб інвертор працював з максимальною ефективністю.

За проектом будемо використовувати 10 стрінгів по 18 панелей підключених послідовно в кожному, отримавши СЕС потужністю 126 кВт. Площина СЕС - 559 m².

В системі вибраний розрахунковий накопичувач Generic Cell 26650 3Ah 3.2V. В проекті замінемо його аналогічним на накопичувач фірми XELECTRIX STORAGEES серії XBP-U150_M10. Нижче приведено зовнішній вигляд та характеристики.



Рисунок 2.7 – Зовнішній вигляд XBP-U150_M10

					02.15. EE2226.KPM.2023 – ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

	XPB-U-M10	XPB-U35-M10	XPB-U80-M10	XPB-U150-M10
Unit Details	Dimensions (LxWxH)	2,99 m x 2,44 m x 2,9 m		
	Base Weight	Depending on inverter and battery storage configuration 6400-9400 kg		
Power Electronics	Inverter Power	35 kW	80 kW	150 kW
	AC In- and Output	630 A (AC3), 800 A (AC1)	630 A (AC3), 800 A (AC1)	800 A (AC3), 950 A (AC1)
	Transformer	integrated as standard / 400 V 3P + N + PE		
	Switch Funktion	integrated as standard		
Storage	Battery Type	Lithium Iron Phosphate (LiFePO4)		
	Gross Storage Capacity	141-188 kWh	141-282 kWh	188-282 kWh
	Net Storage Capacity	120 - 160 kWh	120 - 240 kWh	160 - 240 kWh
	Nominal Battery Voltage	Nominal 652 V DC, Range: 585 to 744 V DC		
	Management	xelectrix Power aBMS (active Battery-Management-System)		

Рисунок 2.8 – характеристики ХВР-U150_M10

Нижче наведено скріни з програми PVsyst 7.4 де проводилась безпосередньо розрахунок СЕС.



PVsyst V7.4.5

VCO, Simulation date:
11/01/24 13:47
with v7.4.5

Project: UDUNT_DIIT

Variant: New simulation variant

Geographical Site

Mandrykivka

Ukraine

Meteo data

Mandrykivka

Meteorom 8.1 (1996-2015), Sat=100% - Synthetic

Situation

Latitude48.44 °N

Longitude35.05 °E

Altitude166 m

Time zoneUTC+2

Project settings

Albedo0.20

Grid-Connected System

PV Field Orientation

Fixed plane

Tilt/Azimuth15 / 0 °

System information

PV Array

Nb. of modules180 units

Pnom total126 kWp

Sheds on ground

Near Shadings

Linear shadings : Fast (table)

Inverters

Nb. of units1 unit

Pnom total110 kWac

Pnom ratio1.145

User's needs

Daily profile

Constant over the year

Average718 kWh/Day

Battery pack

Storage strategy: Self-consumption

Nb. of units25000 units

Voltage800 V

Capacity310 Ah

Produced Energy154277 kWh/year

Used Energy261897 kWh/year

Specific production1224 kWh/kWp/year

Perf. Ratio PR86.20 %

Solar Fraction SF56.40 %

Project and results summary

General parameters, PV Array Characteristics, System losses

Near shading definition - Iso-shadings diagram

Detailed User's needs

Main results

Loss diagram

Predef. graphs

Single-line diagram

2

3

5

6

7

8

9

15

Рисунок 2.9 – Загальні параметри СЕС в PVsyst 7.4

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					



PVsyst V7.4.5

VC0, Simulation date:
11/01/24 13:47
with v7.4.5

Project: UDUNT_DIIT

Variant: New simulation variant

General parameters																																																									
Grid-Connected System																																																									
PV Field Orientation																																																									
Orientation																																																									
Fixed plane																																																									
Tilt/Azimuth	15 / 0 °																																																								
Horizon																																																									
Free Horizon																																																									
Storage																																																									
Kind	Self-consumption																																																								
Charging strategy																																																									
When excess solar power is available																																																									
Discharging strategy																																																									
As soon as power is needed																																																									
Sheds on ground																																																									
Sheds configuration																																																									
Nb. of sheds	181 units																																																								
Sizes																																																									
Sheds spacing	2.00 m																																																								
Collector width	1.30 m																																																								
Ground Cov. Ratio (GCR)	65.2 %																																																								
Shading limit angle																																																									
Limit profile angle	24.5 °																																																								
Near Shadings																																																									
Linear shadings : Fast (table)																																																									
Models used																																																									
Transposition	Perez																																																								
Diffuse	Perez, Meteonorm																																																								
Circumsolar	separate																																																								
User's needs																																																									
Daily profile																																																									
Constant over the year																																																									
Average	718 kWh/Day																																																								
<table><tr><td>Hourly load</td><td>0 h</td><td>1 h</td><td>2 h</td><td>3 h</td><td>4 h</td><td>5 h</td><td>6 h</td><td>7 h</td><td>8 h</td><td>9 h</td><td>10 h</td><td>11 h</td><td></td></tr><tr><td></td><td>1.1</td><td>1.4</td><td>0.9</td><td>1.4</td><td>0.8</td><td>0.6</td><td>0.7</td><td>1.7</td><td>50.7</td><td>54.0</td><td>64.0</td><td>69.0</td><td>kW</td></tr><tr><td></td><td>12 h</td><td>13 h</td><td>14 h</td><td>15 h</td><td>16 h</td><td>17 h</td><td>18 h</td><td>19 h</td><td>20 h</td><td>21 h</td><td>22 h</td><td>23 h</td><td></td></tr><tr><td></td><td>47.0</td><td>66.0</td><td>88.0</td><td>77.0</td><td>75.0</td><td>48.0</td><td>29.0</td><td>30.0</td><td>3.7</td><td>3.0</td><td>2.6</td><td>1.9</td><td>kW</td></tr></table>		Hourly load	0 h	1 h	2 h	3 h	4 h	5 h	6 h	7 h	8 h	9 h	10 h	11 h			1.1	1.4	0.9	1.4	0.8	0.6	0.7	1.7	50.7	54.0	64.0	69.0	kW		12 h	13 h	14 h	15 h	16 h	17 h	18 h	19 h	20 h	21 h	22 h	23 h			47.0	66.0	88.0	77.0	75.0	48.0	29.0	30.0	3.7	3.0	2.6	1.9	kW
Hourly load	0 h	1 h	2 h	3 h	4 h	5 h	6 h	7 h	8 h	9 h	10 h	11 h																																													
	1.1	1.4	0.9	1.4	0.8	0.6	0.7	1.7	50.7	54.0	64.0	69.0	kW																																												
	12 h	13 h	14 h	15 h	16 h	17 h	18 h	19 h	20 h	21 h	22 h	23 h																																													
	47.0	66.0	88.0	77.0	75.0	48.0	29.0	30.0	3.7	3.0	2.6	1.9	kW																																												

PV Array Characteristics	
PV module	
Manufacturer	Generic
Model	CPA611HDGDC-700
(Original PVsyst database)	
Unit Nom. Power	700 Wp
Number of PV modules	180 units
Nominal (STC)	126 kWp
Modules	10 string x 18 in series
At operating cond. (50°C)	
Pmpp	118 kWp
U mpp	708 V
I mpp	167 A
Total PV power	
Nominal (STC)	126 kWp
Total	180 modules
Module area	559 m²
Inverter	
Manufacturer	Generic
Model	SUN2000-110KTL-M0
(Original PVsyst database)	
Unit Nom. Power	110 kWac
Number of inverters	1 unit
Total power	110 kWac
Operating voltage	200-1000 V
Max. power (→30°C)	121 kWac
Phom ratio (DC/AC)	1.15
Power sharing within this inverter	
Total inverter power	
Total power	110 kWac
Max. power	121 kWac
Number of inverters	1 unit
Phom ratio	1.15

Рисунок 2.10 – Параметры PV-модулей, инвертора



PVsyst V7.4.5

VC0, Simulation date:
11/01/24 13:47
with v7.4.5

Project: UDUNT_DIIT

Variant: New simulation variant

PV Array Characteristics																			
Battery Storage																			
Battery																			
Manufacturer	Generic																		
Model	Cell 26650 3Ah 3.2V																		
Battery pack																			
Nb. of units	250 in series																		
	x 100 in parallel																		
Discharging min. SOC	20.0 %																		
Stored energy	190.9 kWh																		
Battery input charger																			
Model	Generic																		
Max. charg. power	50.0 kWdc																		
Max./Euro eff.	97.0/95.0 %																		
Battery to Grid inverter																			
Model	Generic																		
Max. disch. power	50.0 kWac																		
Max./Euro eff.	97.0/95.0 %																		
Battery Pack Characteristics																			
Voltage	800 V																		
Nominal Capacity	310 Ah (C10)																		
Temperature	Fixed 20 °C																		
Array losses																			
Thermal Loss factor																			
Module temperature according to irradiance																			
Uc (const)	20.0 W/m²K																		
Uv (wind)	0.0 W/m²K/m/s																		
DC wiring losses																			
Global array res.	68 mΩ																		
Loss Fraction	1.5 % at STC																		
Module Quality Loss																			
Loss Fraction	-0.8 %																		
Module mismatch losses																			
Loss Fraction	2.0 % at MPP																		
Strings Mismatch loss																			
Loss Fraction	0.2 %																		
IAM loss factor																			
Incidence effect (IAM): Fresnel, AR coating, n(glass)=1.526, n(AR)=1.290																			
<table><tr><td>0°</td><td>30°</td><td>50°</td><td>60°</td><td>70°</td><td>75°</td><td>80°</td><td>85°</td><td>90°</td></tr><tr><td>1.000</td><td>0.999</td><td>0.987</td><td>0.962</td><td>0.892</td><td>0.816</td><td>0.681</td><td>0.440</td><td>0.000</td></tr></table>		0°	30°	50°	60°	70°	75°	80°	85°	90°	1.000	0.999	0.987	0.962	0.892	0.816	0.681	0.440	0.000
0°	30°	50°	60°	70°	75°	80°	85°	90°											
1.000	0.999	0.987	0.962	0.892	0.816	0.681	0.440	0.000											

Рисунок 2.11 – Параметры накопичувача



PVsyst V7.4.5

VC0, Simulation date:
11/01/24 13:47
with v7.4.5

Project: UDUNT_DIIT
Variant: New simulation variant

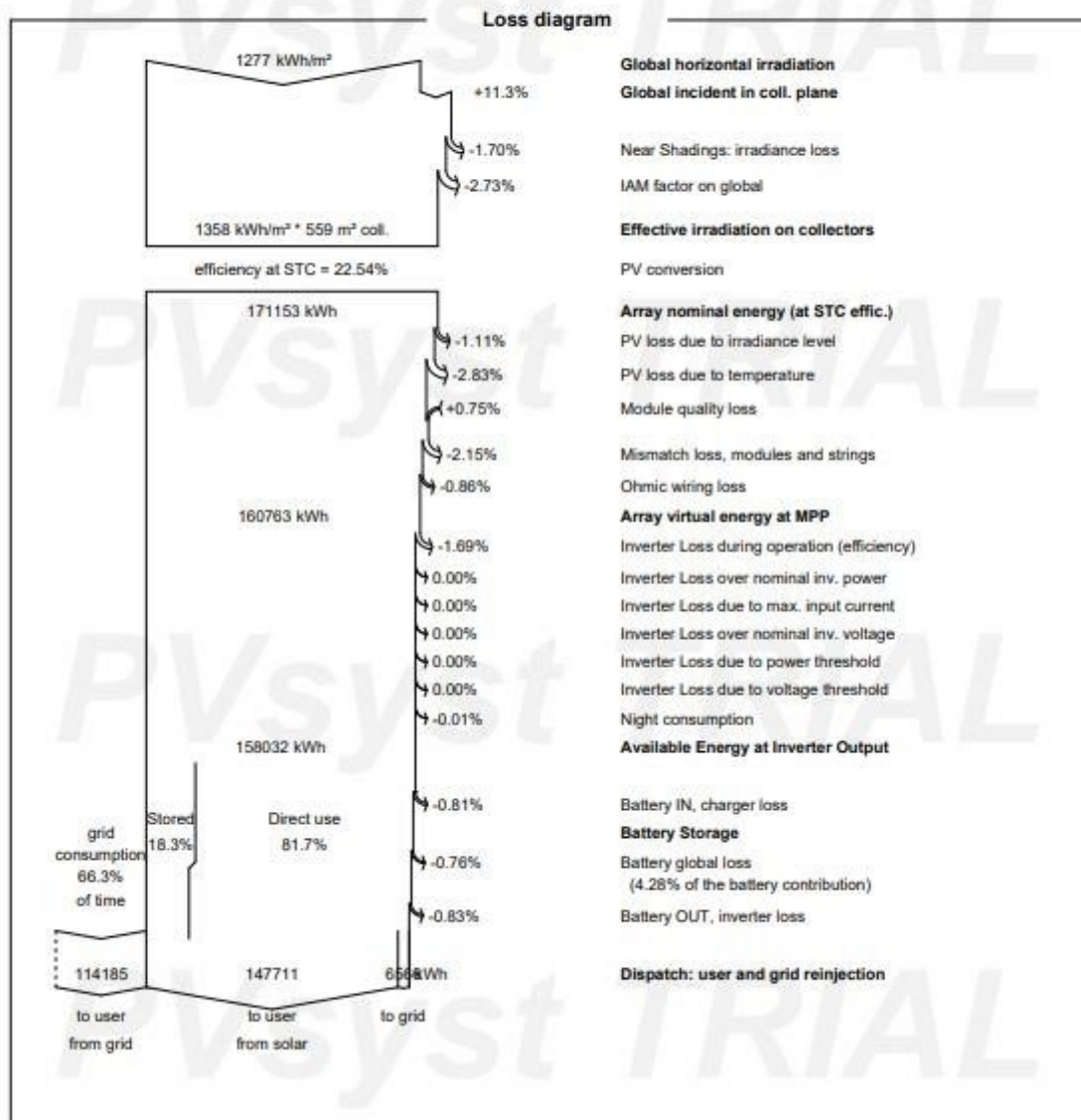


Рисунок 2.12 – Розрахункові параметри СЕС

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

02.15. EE2226.KPM.2023 – ПЗ

Арк.

3 ОЦІНКА ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ СБ'ЄКТУ З РОЗПОДІЛЕНИМ ЖИВЛЕННЯМ

Для наглядності приведемо графік об'єму спожитої електроенергії:

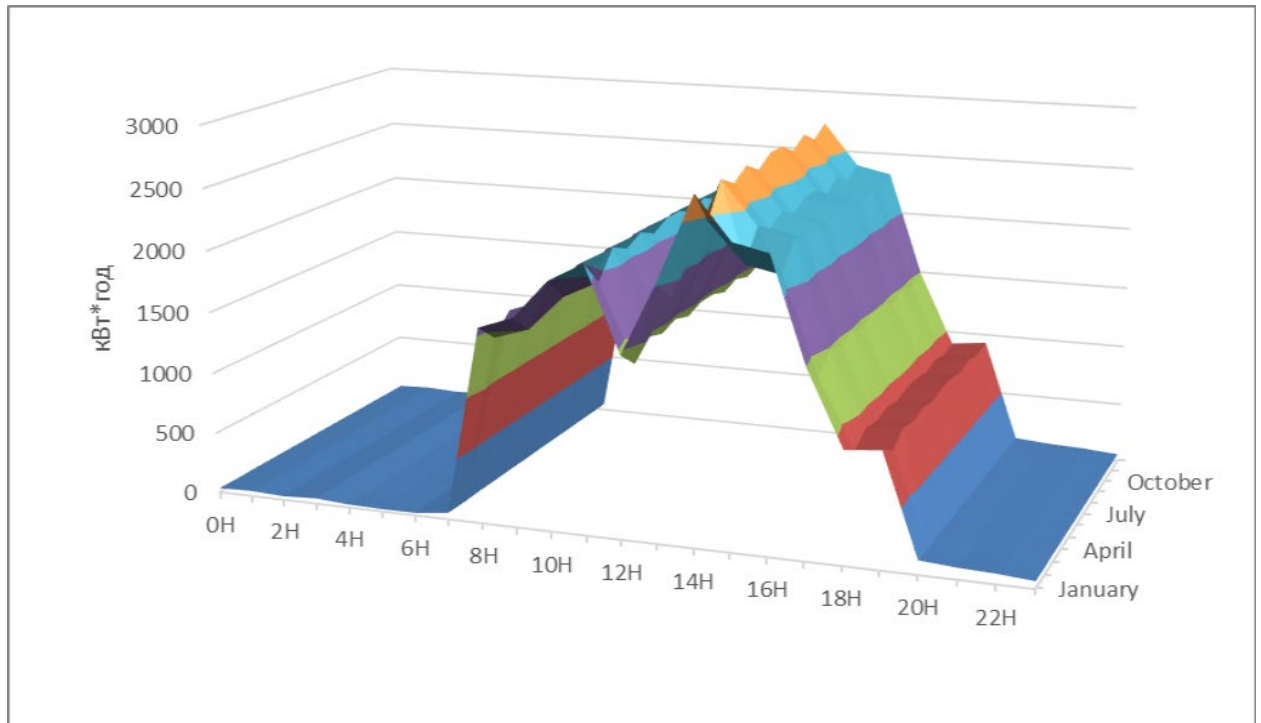


Рисунок 3.1 – Графік спожитого об'єму електроенергії

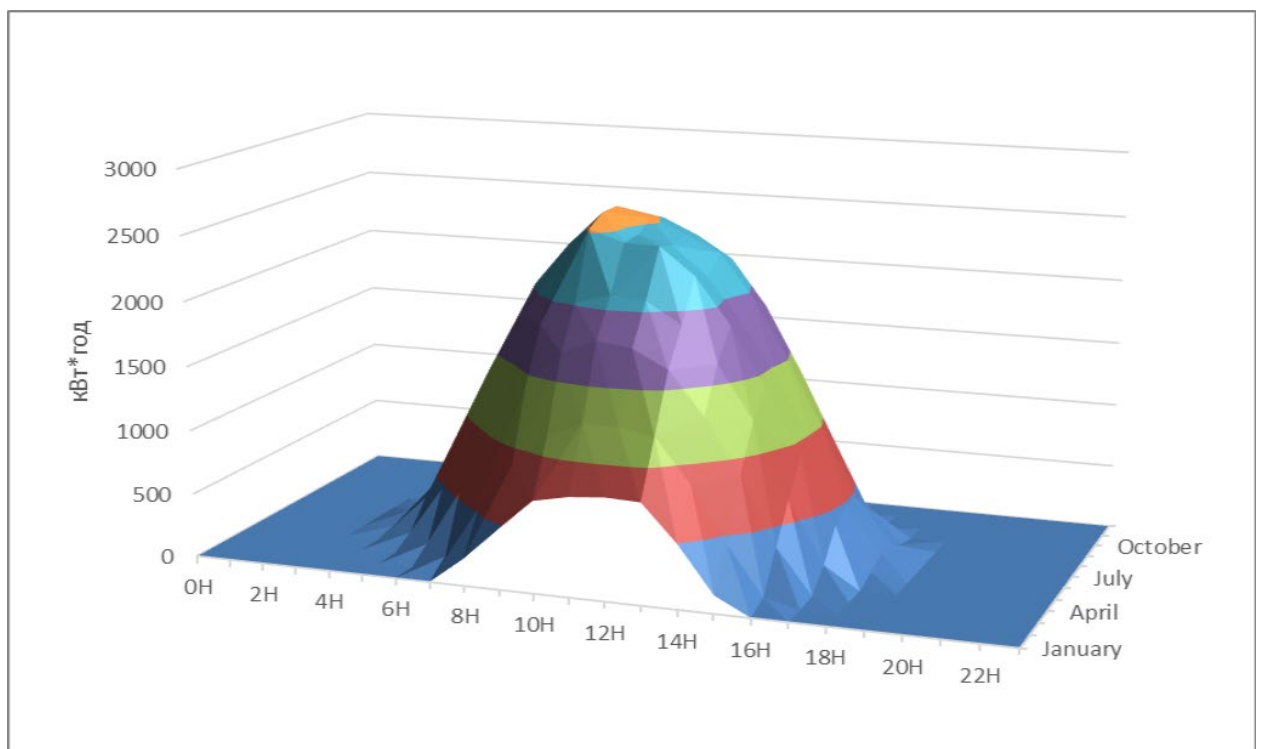


Рисунок 3.2 - Графік згенерованого СЕС об'єму електроенергії

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

02.15. EE2226.KPM.2023 – ПЗ

Арк.

Також для наглядності привидемо графік накопиченої енергії:

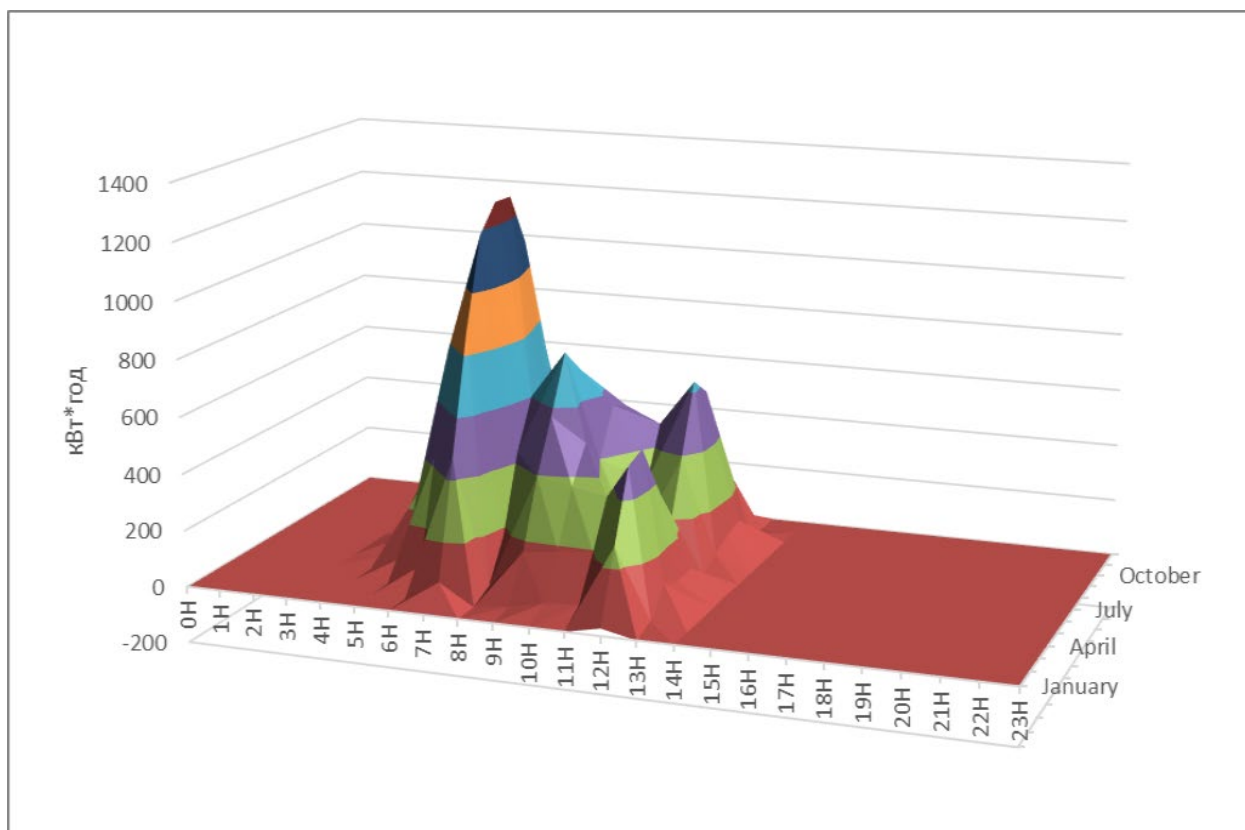


Рисунок 3.3 – Об'єм накопиченої електроенергії СЕС

Графік віддачі електроенергії від накопичувача:

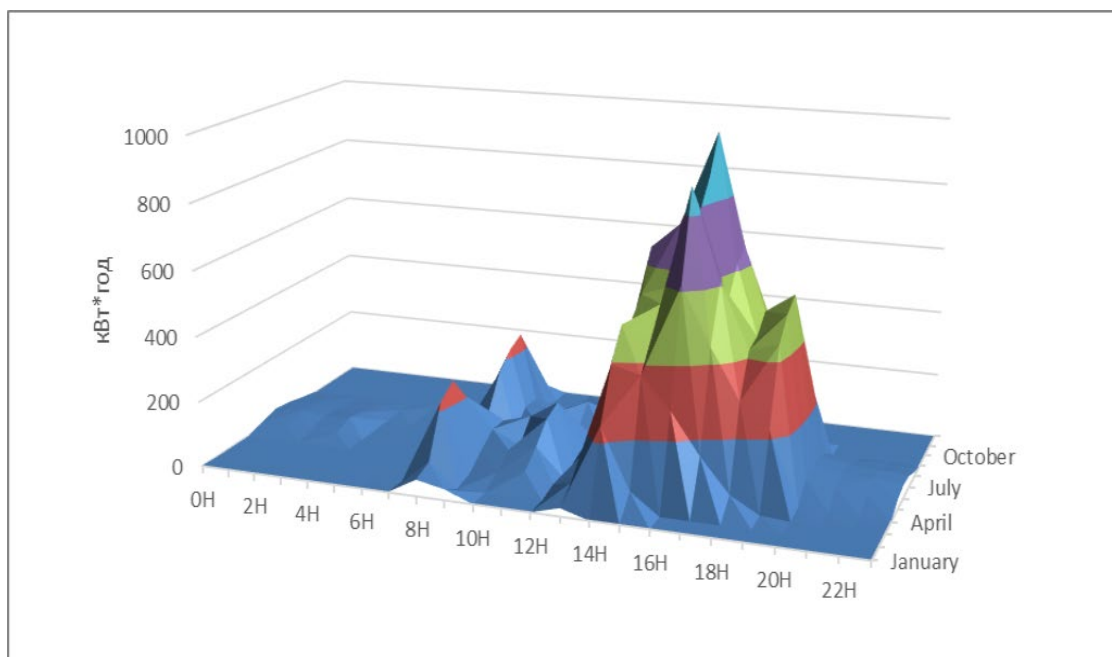


Рисунок 3.4 – Об'єм відданої енергії від накопичувач

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

02.15. ЕЕ2226.КРМ.2023 – ПЗ

Арк.

І на останок – графік віддачі електроенергії СЕС в мережу:

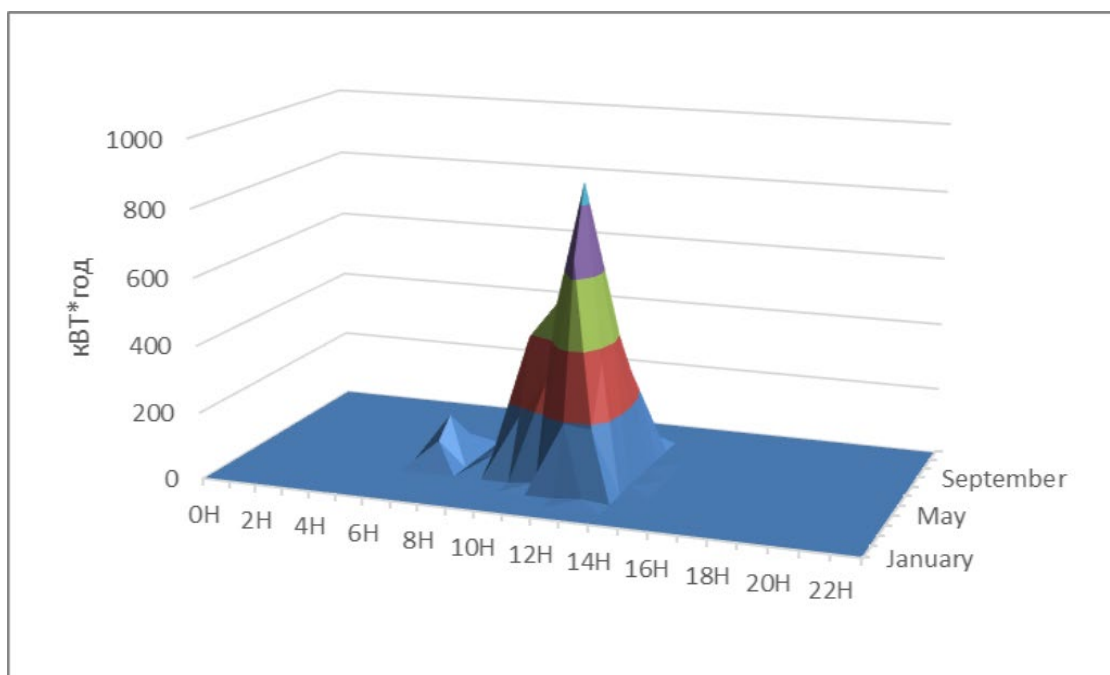


Рисунок 3.5 - графік віддачі електроенергії СЕС в мережу

Поєднаємо на одному графіку залежності від споживання, генерації, накопичення, віддачі від накопичувача та віддачу в мережу:

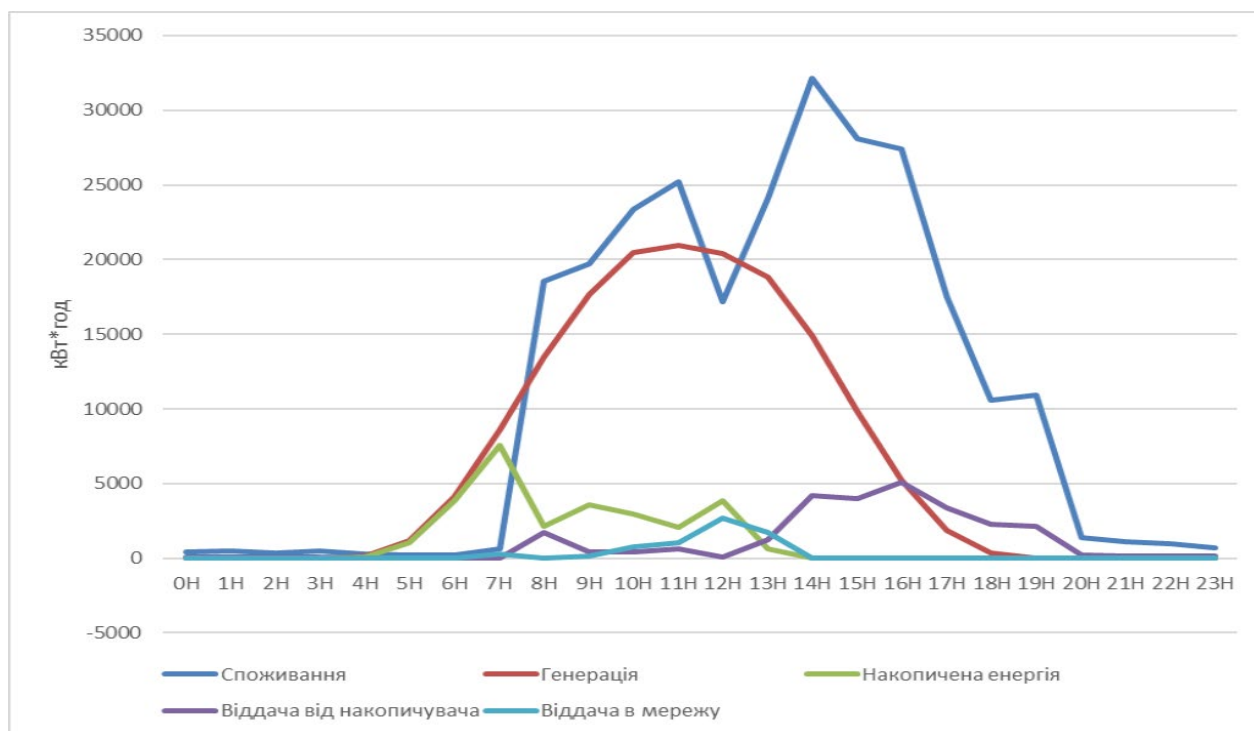


Рисунок 3.6 – Зведений графік

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

02.15. EE2226.KPM.2023 – ПЗ

Арк.

У ході дипломного проекту було проведено розрахунки сонячної електростанції (СЕС) для головного корпусу університету. За результатами розрахунків було встановлено, що СЕС може забезпечити значну частку споживання електроенергії будівлею.

Вартість будівництва СЕС є порівняно невеликою і може бути компенсована за рахунок заощаджень на електроенергії в ході експлуатації СЕС.

Таким чином, будівництво СЕС є економічно виправданим заходом, який дозволить університету зменшити споживання електроенергії від традиційних джерел, що є важливим кроком у напрямку декарбонізації енергетики.

Впровадження СЕС в університеті дозволить:

- Знизити викиди парникових газів.
- Підвищити енергонезалежність університету.
- Створити нові робочі місця.

Розширення СЕС у подальшому до більшої потужності дозволить забезпечити ще більшу частку споживання електроенергії будівлею за рахунок відновлюваних джерел енергії.

					02.15. EE2226.KPM.2023 – ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

Дипломна робота присвячена глибокому дослідженню в області розробки основ розподільного живлення об'єктів бюджетної сфери. З метою досягнення поставлених завдань були проведені розрахунки сонячної електростанції (СЕС) для головного корпусу університету. За результатами розрахунків було встановлено, що СЕС може забезпечити значну частку споживання електроенергії будівлею.

Вартість будівництва СЕС є порівняно невеликою і може бути компенсована за рахунок заощаджень на електроенергії в ході експлуатації СЕС.

Таким чином, будівництво СЕС є економічно виправданим заходом, який дозволить університету зменшити споживання електроенергії від традиційних джерел, що є важливим кроком у напрямку декарбонізації енергетики.

Впровадження СЕС в університеті дозволить:

- Знизити викиди парникових газів.
- Підвищити енергонезалежність університету.
- Створити нові робочі місця.

Розширення СЕС у подальшому до більшої потужності дозволить забезпечити ще більшу частку споживання електроенергії будівлею за рахунок відновлюваних джерел енергії.

					02.15. EE2226.KPM.2023 – ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Alahmed A. S., Tong L. Integrating distributed energy resources. *ACM SIGEnergy Energy Informatics Review*. 2022. Vol. 2, no. 2. P. 13–31.
URL: <https://doi.org/10.1145/3555006.3555008> (date of access: 14.01.2024).
2. Alqurashi A. Economic and Environmental Impacts of Distributed Energy Resources. *Journal of Clean Energy Technologies*. 2021. Vol. 9, no. 2. P. 28–32.
URL: <https://doi.org/10.18178/jocet.2021.9.2.527> (date of access: 14.01.2024).
3. Alqurashi A. Economic and Environmental Impacts of Distributed Energy Resources. *Journal of Clean Energy Technologies*. 2021. Vol. 9, no. 2. P. 28–32.
URL: <https://doi.org/10.18178/jocet.2021.9.2.527> (date of access: 14.01.2024).
4. Alqurashi A. Economic and Environmental Impacts of Distributed Energy Resources. *Journal of Clean Energy Technologies*. 2021. Vol. 9, no. 2. P. 28–32.
URL: <https://doi.org/10.18178/jocet.2021.9.2.527> (date of access: 14.01.2024).
5. Bilan Y., Rabe M., Widera K. Distributed Energy Resources: Operational Benefits. *Energies*. 2022. Vol. 15, no. 23. P. 8864.
URL: <https://doi.org/10.3390/en15238864> (date of access: 14.01.2024).
6. Chowdhury B. H., Tseng C.-L. Distributed Energy Resources: Issues and Challenges. *Journal of Energy Engineering*. 2007. Vol. 133, no. 3. P. 109–110.
URL: [https://doi.org/10.1061/\(asce\)0733-9402\(2007\)133:3\(109\)](https://doi.org/10.1061/(asce)0733-9402(2007)133:3(109)) (date of access: 14.01.2024).
7. Distributed energy resources market diffusion model / K. M. Maribu et al. *Energy Policy*. 2007. Vol. 35, no. 9. P. 4471–4484.
URL: <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2007.03.005> (date of access: 14.01.2024).
8. Eggertson B. Distributed resources. *Refocus*. 2004. Vol. 5, no. 5. P. 56–57.
URL: [https://doi.org/10.1016/s1471-0846\(04\)00227-6](https://doi.org/10.1016/s1471-0846(04)00227-6) (date of access: 14.01.2024).

					02.15. EE2226.KPM.2023 – ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

9. Faria P. Distributed Energy Resources Management. *Energies*. 2019. Vol. 12, no. 3. P. 550. URL: <https://doi.org/10.3390/en12030550> (date of access: 14.01.2024).

10. Faria P., Vale Z. Distributed Energy Resources Management 2018. *Energies*. 2019. Vol. 13, no. 1. P. 164. URL: <https://doi.org/10.3390/en13010164> (date of access: 14.01.2024).

11. Liu Z., Ruan Y. Integration and Application of Distributed Energy Resources and the Distributed Energy System in Japan. *Distributed Energy Resources*. Cham, 2023. P. 25–42. URL: https://doi.org/10.1007/978-3-031-21097-6_2 (date of access: 14.01.2024).

12. Singh P., Kothari D. P., Singh M. Integration of Distributed Energy Resources. *Research Journal of Applied Sciences, Engineering and Technology*. 2014. Vol. 7, no. 1. P. 91–96. URL: <https://doi.org/10.19026/rjaset.7.225> (date of access: 14.01.2024).

					02.15. EE2226.KPM.2023 – ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		