

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»

Факультет електроенерготехніки та автоматики

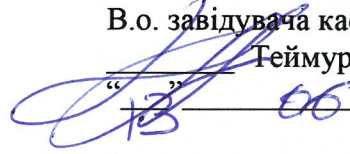
Кафедра електричних мереж та систем

«До захисту допущено»

В.о. завідувача кафедри

Геймураз КАЦАДЗЕ

“ 13 ” 06 2024 р.



ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ

на здобуття ступеня бакалавра

за освітньо-професійною програмою «Електричні системи і мережі»
зі спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

на тему: «Обґрунтування підключення вітрової електростанції до регіональних електричних мереж»

Виконав:

студент III курсу, групи ЕС-п11
Луговий Ярослав Олексійович



Науковий керівник:

асистент кафедри електричних мереж та систем,
Моссаковський Вадим Ігорович



Рецензент:

старший викладач к.т.н.

Балатний Микола Петрович



Засвідчую, що у цьому дипломному проєкті немає
запозичень з праць інших авторів без відповідних посилань.

Студент 

Київ – 2024 року

**Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»**

Інститут/факультет: факультет електроенерготехніки та автоматики

Кафедра: електричних мереж та систем

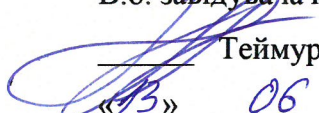
Рівень вищої освіти: перший (бакалаврський)

Спеціальність: 141 – «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

Освітньо-професійна програма: «Електричні системи і мережі»

ЗАТВЕРДЖУЮ

В.о. завідувача кафедри

 Теймураз КАЦАДЗЕ
«13» 06 2023 р.

ЗАВДАННЯ

на дипломний проєкт (роботу) студенту

Луговому Ярославу Олексійовичу

1. Тема дипломного проєкту (роботи): «Обґрунтування підключення вітрової електростанції до регіональних електричних мереж», науковий керівник дисертації Моссаковський Вадим Ігорович, асистент, затверджені наказом по університету від «28» травня 2024 р. №2128-с.
2. Термін подання студентом проєкту (роботи): 12 червня 2024 р.
3. Вихідні дані до проєкту (роботи): технічні умови щодо побудови та підключення вітрової електричної станції до електричних мереж північної області України.
4. Зміст пояснювальної записки дипломного проєкту (роботи) (перелік завдань, які необхідно розробити):
 - 1) Розрахунки та аналіз поточкорозподілу потужності і рівнів напруги в розподільній та магістральній електричній мережі;
 - 2) Визначення регулювальних діапазонів реактивної потужності ВЕС, необхідного обсягу засобів компенсації реактивної потужності;
 - 3) Розрахунки аварійних нормативних збурень та дослідження відповідності ВЕС вимогам КСП;
 - 4) Оцінка впливу на довкілля;
5. Перелік графічного (ілюстративного) матеріалу:
 - 1) Схема електричних з'єднань мережі 110 кВ району розміщення ВЕС;

- 2) Схема нормального режиму з урахуванням ПС ВЕС (Зима 2021 рік);
- 3) Схема нормального режиму з урахуванням ПС ВЕС (Зима 2026 рік);

6. Консультанти розділів проєкту (роботи): Консультантів немає

7. Дата видачі завдання: 15 квітня 2024 року.

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проєкту	Термін виконання етапів дипломного проєкту	Примітка
1	Огляд існуючих мереж та схеми приєднання ВЕС	15.04-22.04	
2	Розрахунок нормальних режимів роботи мережі	22.04-29.04	
3	Оцінювання зміни втрат активної потужності	29.04-05.05	
4	Визначення регульовальних діапазонів та обсягу засобів компенсації	05.05-15.05	
5	Розрахунки аварійних нормативних збурень	15.05-23.05	
6	Аналіз оцінки впливу на довкілля	23.05-02.06	
7	Оформлення пояснювальної записки та графічної частини	02.06-12.06	

Студент



Ярослав ЛУГОВИЙ

Керівник проєкту







Вадим МОССАКОВСЬКИЙ

Пояснювальна записка до дипломного проєкту

на тему: Обґрунтування підключення вітрової електростанції до регіональних
електричних мереж

ВІДОМІСТЬ ДИПЛОМНОГО ПРОЄКТУ

№ з/п	Формат	Позначення	Найменування	Кількість листів	Примітка
1	A4	ДП1104.141.004.ПЗ	Пояснювальна записка	55	
2	A1	ДП1104.141.004.001.ТК	Схема електричних з'єднань мережі 110 кВ району розміщення ВЕС	1	
3	A1	ДП1104.141.004.002.ТК	Схема нормального режиму з урахуванням ПС ВЕС (Зима 2021 рік)	1	
4	A1	ДП1104.141.004.003.ТК	Схема нормального режиму з урахуванням ПС ВЕС (Зима 2026 рік)	1	

					ДП1104.141.004.ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Обґрунтування підключення вітрової електростанції до регіональних електричних мереж	Літ.	Арк.	Акрушіє
Розроб.		Луговий Я. О.					5	55
Перевір.		Моссаковський В. І.				НТУУ «КПІ ім.Сікорського»		
Н. Контр.		Моссаковський В. І.						
Затверд.		Кацадзе Т. Л.						

РЕФЕРАТ

Дипломний проєкт складається з пояснювальної записки та графічної частини. Пояснювальна записка виконана на 55 сторінках формату А4. До записки увійшло 10 рисунків, 10 таблиць та 20 джерел використаної літератури. Графічна частина складається з 3 технічних креслень формату А1.

Метою даного дипломного проєкту було обґрунтування необхідності підключення ВЕС до регіональних мереж північних областей України.

Були проведені розрахунки режиму роботи мереж. Проведено співставлення отриманих режимних параметрів до та після підключення ВЕС. Також був проведений аналіз чинної нормативної документації згідно впливу вітрових електростанцій на довкілля.

ВІТРОВА ЕЛЕКТРОСТАНЦІЯ, ВІДНОВЛЮВАЛЬНІ ДЖЕРЕЛА ЕНЕРГІЇ, ЕКОЛОГІЧНИЙ ВПЛИВ, ВПЛИВ НА МЕРЕЖУ, РЕГУЛЮВАННЯ НАПРУГИ, НОРМАТИВНА БАЗА.

					ДП1104.141.004.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		6

ABSTRACT

The diploma project consists of an explanatory note and a graphical part. The explanatory note is executed on 55 pages of A4 format. The note includes 10 figures, 10 tables, and 20 sources of literature used. The graphical part consists of 3 technical drawings in A1 format.

The purpose of this diploma project was to justify the need to connect wind power plants to the regional networks of the northern regions of Ukraine.

Calculations of the network operation mode were carried out. A comparison of the obtained mode parameters before and after the connection of wind power plants was made. An analysis of the current regulatory documentation was also carried out regarding the impact of wind power plants on the environment.

WIND POWER PLANT, RENEWABLE ENERGY SOURCES, ENVIRONMENTAL IMPACT, NETWORK IMPACT, VOLTAGE REGULATION, REGULATORY FRAMEWORK.

					ДП1104.141.004.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		7

ЗМІСТ

Перелік умовних скорочень.....	10
Вступ	11
1 Розрахунки та аналіз поточкорозподілу потужності і рівнів напруги в розподільній та магістральній електричній мережі	12
1.1 Огляд існуючих мереж та схеми приєднання ВЕС	12
1.2 Умови проведення розрахунків.....	14
1.3 Розрахунок нормальних режимів роботи електричної мережі району розміщення ВЕС на 2021, 2026 роки	17
1.4 Оцінювання зміни втрат активної потужності в мережі	21
Висновки по розділу 1	19
2 Визначення регульовальних діапазонів реактивної потужності ВЕС, необхідного обсягу засобів компенсації реактивної потужності	25
Висновки по розділу 2	30
3 Розрахунки аварійних нормативних збурень та дослідження відповідності ВЕС вимогам КСП.....	31
3.1 Мережа ВЕС для збору та видачі потужності	31
3.2 Моделювання нормативних збурень та несправності системи у ТЗП ВЕС	36
Висновки по розділу 3	38
4 Оцінка впливу на довкілля	39
4.1 Загальні відомості щодо роботи ВЕС	39
4.2 Оцінка можливості організації СЗЗ	39
4.3 Оцінка акустичного впливу ВЕС	42
4.4 Визначення шумових характеристик ВЕУ	43
4.5 Оцінка електромагнітного випромінення	45
4.6 Вплив на рослинний та тваринний світ	46
4.7 Оцінка впливу на людину	47

					ДП1104.141.004.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

4.8 Оцінка впливу відходів на навколишнє середовище, які будуть утворюватися на етапі будівництва та експлуатації ВЕС	48
Висновки по розділу 4.....	50
Загальні висновки.....	51
Список використаних джерел.....	53
Додаток А Результат перевірки дипломного проекту на плагіат	55

					ДП1104.141.004.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		9

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

АПВ	–	автоматичне повторне ввімкнення
КЗ	–	коротке замикання
КЛ	–	кабельна лінія
ЛЕП	–	лінія електропередавання
ПЛ	–	повітряна лінія електропередач
ПРВВ	–	пристрій резервування відмови вимикача
ПС	–	підстанція
ПУЕ	–	правила улаштування електроустановок
РУ	–	розподільча установка
ВЕС	–	вітрова електростанція
ВЕУ	–	вітрова електроустановка
СЕС	–	сонячна електрична станція
ТЗП	–	точка загального приєднання
FRT	–	режим проходження збурення (КЗ)
СШ	–	система шин
КТП	–	комплектна транспортна підстанція
КРПЗ	–	комплектний розподільчий пристрій закритого типу
КСП	–	кодекс системи передачі
ВДЕ	–	відновлювані джерела енергії
ГКД	–	галузевий керівний документ
ДБН	–	Державні будівельні норми України
ДСТУ	–	Державний стандарт України
ОЕС	–	об'єднана енергосистема
СЗЗ	–	санітарно-захисна зона
ПТЕ	–	правила технічної експлуатації
в.о.	–	відносні одиниці

ВСТУП

Головною метою розрахунку даного дипломного проекту є електричні розрахунки роботи мережі та їх аналіз з метою визначення технічних можливостей приєднання і видачі потужності вітрової електричної станції піковою потужністю 11,1 МВт та 7,5 МВт (18,6 МВт) будівництво якої здійснюється в північній області України. На підставі розрахунків виконується перевірка відповідності схеми вимогам надійності електропостачання, визначення поточкорозподілу потужності, термічного завантаження елементів мережі і обладнання та рівнів напруг при введенні ВЕС в роботу, визначаються технічні характеристики нового обладнання.

Згідно з завданням було виконано наступне:

- розрахунки перспективних установлених електричних режимів, для нормальної схеми основної мережі 110 кВ і вище регіону розміщення ВЕС для характерних періодів;

- розрахунки роботи мережі з метою визначення достатності власних регульовальних можливостей ВЕС для підтримання рівнів напруги в точці приєднання, визначення необхідності встановлення додаткових засобів компенсації реактивної потужності;

- розрахунки аварійних нормативних збурень відповідно до СОУ-Н МЕН 40.1-001100227-68:2012 «Стійкість енергосистем. Керівні вказівки».

					ДП1104.141.004.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

1 РОЗРАХУНКИ ТА АНАЛІЗ ПОТОКОРОЗПОДІЛУ ПОТУЖНОСТІ І РІВНІВ НАПРУГИ В РОЗПОДІЛЬНІЙ ТА МАГІСТРАЛЬНІЙ ЕЛЕКТРИЧНІЙ МЕРЕЖІ

У даному розділі проведено розрахунки та аналіз нормальних режимів роботи електричної мережі регіону приєднання ВЕС піковою потужністю 18,6 МВт відповідно до вимог та згідно зі схемою приєднання станцій до мереж. Розрахунки виконано на рік введення станцій у роботу – 2021 р., та на п'ятирічну перспективу – 2026 р.

Необхідно дослідити вплив ВЕС на режими роботи діючої електричної мережі, визначити завантаження обладнання та рівнів напруги у вузлах, перевірити пропускну здатність ЛЕП, що приєднуються, визначити обсяги максимального доступного резерву електричної мережі для видачі потужності проєктованих станцій.

1.1 Огляд існуючих мереж та схеми приєднання ВЕС

Район електропостачання має центральну підстанцію надвисокої напруги 330/110/10 кВ "С". Електромережа утворює замкнуте кільцеве транзитне з'єднання 110 кВ "С"- "D"- "В"- "D"- "Е"- "F"- "G"- "H"- "С", виконане проводом перерізом 120 мм² на всю довжину. Існує також розімкнене транзитне з'єднання 110 кВ від підстанції 110 кВ "В" через "I", "J", "K" до вузлової підстанції 110/35/10 кВ "L", із нормальним розривом на підстанції 110 кВ "I" на системі шин 110 кВ.

Згідно з технічними умовами, приєднання вітроелектростанції пікової потужності 18,6 МВт включає будівництво підстанції 110/10 кВ ВЕС паралельно існуючій лінії електропередачі 110 кВ "А"- "В", спорудження двокової лінії електропередачі 110 кВ та створення нових ліній 110 кВ "В" - ПС ВЕС та "А" - ПС ВЕС."

Фрагмент схеми нормального режиму мережі 110-330 кВ району запланованого будівництва ВЕС представлений на схемі ДП1104.141.004.001.ТК «Схема електричних з'єднань мережі 110 кВ району розміщення ВЕС». На схемі

									Арк.
									12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ДП1104.141.004.ПЗ				

також зображено плановане спорудження нової лінії електропередачі на напругу 110 кВ, яка потрібна для приєднання вітрової електростанції до енергосистеми та передачі її потужності.

Згідно з нормами ПУЕ-2017, розділ 2.5.86, для будівництва повітряних ліній електропередачі напругою 110 кВ, рекомендовано використовувати алюмінієві проводи перерізом 240 мм², по одному у фазі. Планується будівництво лінії електропередачі 110 кВ від точки "А" до точки "В" з монтажем проводів перерізом 240 мм² до нової ПС ВЕС 110/10 кВ. Відповідно до вимог СОУ-Н МЕВ 40.1-001100227-68:2012, п.11.2, щодо забезпечення критерію з надійності «N-1» від точки загального приєднання та технічних умов приєднання станцій до електричних мереж, на цій підстанції передбачається встановлення двох силових двохобмоткових трансформаторів 110/10 кВ номінальною потужністю по 16 МВА кожен. Це дозволить при аварійному вимкненні одного трансформатора передавати повну проектну потужність електростанції через інший трансформатор без обмежень. Схема електричних з'єднань РУ 110 кВ, РУ 10 кВ ВЕС визначена технічними умовами приєднання та зображена на рис. 1.

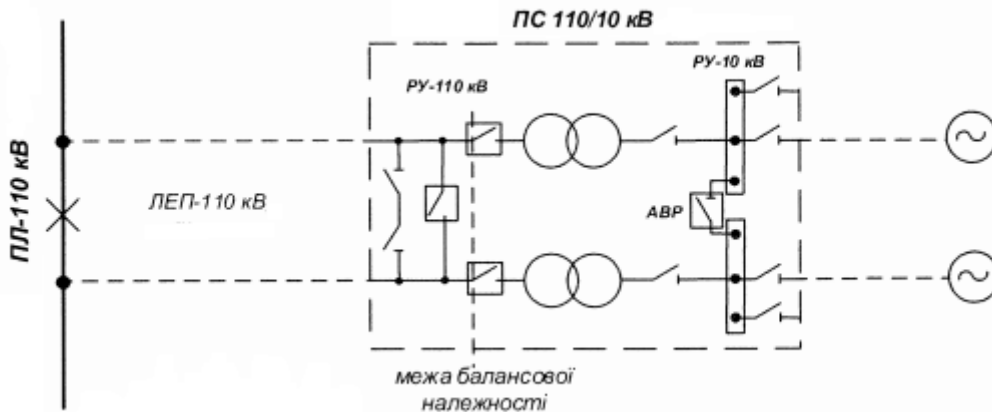


Рис. 1 – Схема «Місток з вимикачами в колах трансформаторів і ремонтною перемичкою з боку ліній електропередавання»

									Арк.
									13
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ДП1104.141.004.ПЗ				

1.2 Умови проведення розрахунків

Для дослідження впливу приєднання ВЕС на електричну мережу використовувалась електрична мережа 110 кВ досліджуваного регіону з урахуванням усіх підстанцій і ліній електропередавання.

В розділі проведені розрахунки для перспективних навантажень на рік введення ВЕС в роботу – 2021 рік, та на п'ятирічну перспективу – 2026 рік.

Генерація електростанцій регіону ОЕС України прийнята згідно з балансами потужності за режимні дні зимового, літнього максимумів та денного зниження 2018-2019 рр. та 2020 років, табл. 1.1.

Для розрахунків ustalених режимів зимового максимуму навантажень за звітний прийнято 2018 рік у зв'язку з тим, що зима 2019 року є нехарактерним періодом, з підвищеною у порівнянні з попередніми роками температурою навколишнього середовища та зниженим рівнем електроспоживання. Для періоду літніх навантажень у якості звітних прийнято дані 2020 року.

Таблиця 1.1 – Баланс активної потужності регіональної енергосистеми за дні режимних вимірів зими та літа 2018, 2019 та 2020 років

Найменування	Літо 2020			Зима 2019			Зима 2018		
	максимум	денне зниження	мінімум	максимум	денне зниження	мінімум	максимум	денне зниження	мінімум
Споживання, МВт									
	3196	3295	2003	4203	3856	3047	4905	4737	3270
Генерація, МВт									
Станція 1	232	196	191	478	442	309	214	241	214
Станція 2	357	216	215	603	602	351	344	345	348
Станція 3	0	0	0	480	482	280	437	439	446
Станція 4	91	89	71	99	100	98	156	154	166
Станція 5	94	91	91	130	127	86	133	133	132
Станція 6	80	77	77	122	124	86	113	118	112
Станція 7	114	60	0	222	0	0	92	134	0
Станція 8	86	52	0	180	0	0	40	39	0
Станція 9	0	0	0	195	0	-133	195	0	-133
Блок станції, ВЕС та інші	44	306	43	72	78	46	117	118	119
Станція 10	0	0	0	52	51	22	117	118	119
Баланс потужності	-2098	-2320	-1315	-1619	-1901	-1791	-3064	-3016	-1733

Максимальні робочі напруги прийняті відповідно до ПТЕ. Мінімальні допустимі напруги для вузлів навантаження визначені згідно СОУ-Н МЕВ 40.1 00100227 - 68:2012 «Стійкість енергосистем. Керівні вказівки» для нормальних і ремонтних режимів. Максимальне струмове навантаження електрообладнання на літній період прийняте згідно з ПУЕ для максимальної літньої температури для регіону України +40 °С. Для зимових режимів максимальне струмове навантаження розраховувалось для температури - 5°С. Максимальне тривале допустиме струмове навантаження ПЛ 110 кВ прийняте згідно з даними оператора системи розподілу, з урахуванням обмежень по встановленому на ПС обладнанню та коригувального коефіцієнту на терміни експлуатації ЛЕП.

Навантаження ВЕС в розрахунках прийнято у відповідності до їх усереднених показників роботи. Рівень генерації ВЕС суттєво залежить від швидкості вітру, яка в свою чергу пов'язана із порою року та часом доби. Виходячи з досвіду використання ВДЕ в Україні, турбіни ВЕС найбільш ефективно працюють у денне зниження навантажень, тобто в проміжок часу з 9:00 по 17:00 влітку та з 11:00 по 15:00 взимку.

Для визначення коефіцієнтів нерівномірності проаналізовано форми добового графіку споживання активної потужності північних областей України для доби максимального попиту в режимний день зими та літа Рис.1.2.

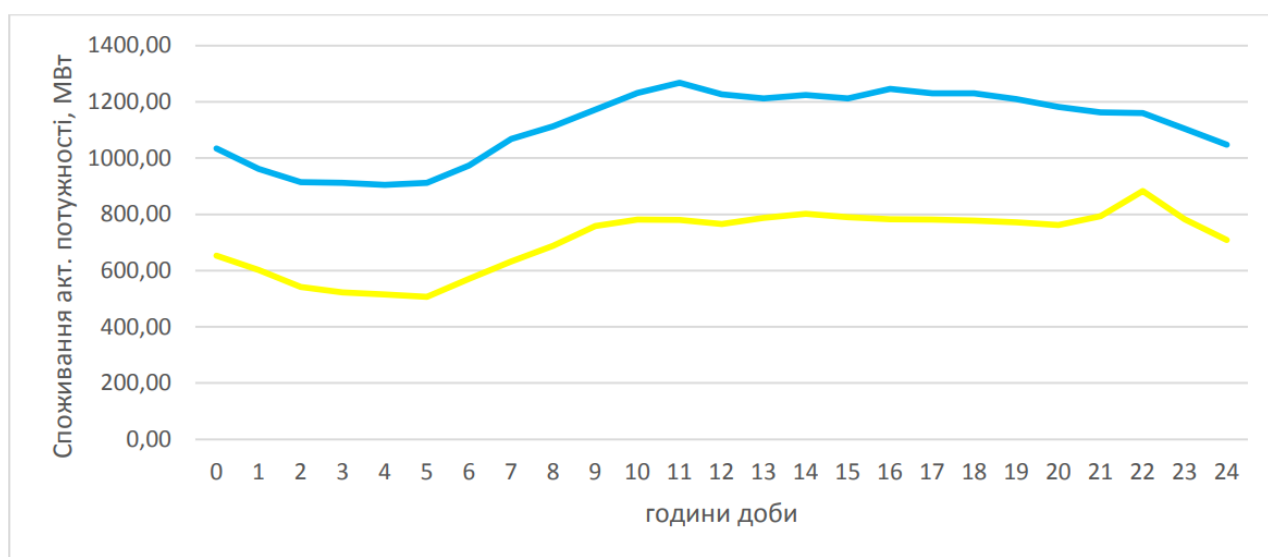


Рисунок 1.2 – Добовий графік споживання за добу режимних вимірів літа та зими 2018 року

Дані щодо денного зниження навантажень знайдено шляхом суміщення значень навантаження добових графіків споживання для літа та зими та знаходження коефіцієнтів денного провалу. Результати розрахунків наведено у Таблиці 1.2 та на Рисунку 1.3.

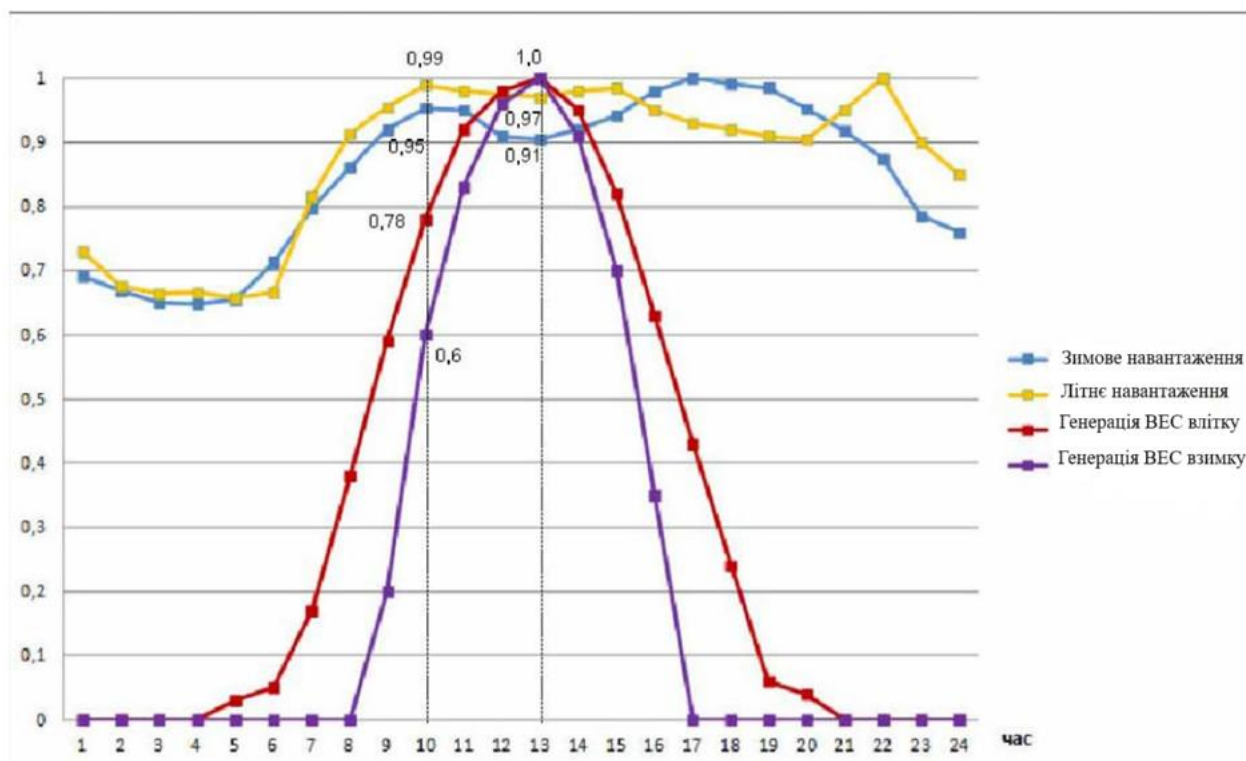


Рисунок 1.3 – Розрахунок коефіцієнту денного зниження навантаження для періоду зими та літа 2018 року

Таблиця 1.2 - Коефіцієнти для визначення навантажень підстанцій в режимний день

Сезон	Година режимного дня 2018 року	
	9:00 – 10:00, ранковий максимум	13:00, денне зниження
	Коефіцієнт навантаження в режимний день	
Літо	0,99	0,97
Зима	0,95	0,9
	Коефіцієнт активності	
Літо	0,78	1,0
Зима	0,6	1,0

Загалом обидва графіка характеризуються рівномірним денним навантаженням, без вираженого денного провалу.

Таким чином, є підстави вважати, що найважчим режимом роботи електричної мережі є літній денний провал навантажень при максимальній

генерації ВЕС. Діючі та перспективні ВДЕ в розрахункових схемах задано із нульовою реактивною потужністю. Розрахункова потужність власних потреб ВЕС та втрати потужності у внутрішній мережі електростанцій сумарно приймалися в обсязі 3,5% від встановленої потужності, а потужність власних потреб ВЕС і втрати потужності у внутрішній мережі - у обсязі 8%

Для прогнозування рівнів споживання електроенергії споживачами був прийнятий коефіцієнт приросту споживання згідно з даними Плану розвитку системи розподілу на 2020 - 2024 роки.

1.3 Розрахунок нормальних режимів роботи електричної мережі району розміщення ВЕС на 2021, 2026 роки

У розділі розраховані нормальний режим роботи мережі для зимового періоду для схеми приєднання ВЕС, визначеної ТУ, на рік введення станції в роботу (2021 рік) та на п'ятирічну перспективу (2026 рік).

Розрахунковий період: зима 2021 рік.

Виконано розрахунки нормального режиму роботи мережі 110-330 кВ району дії ВЕС потужністю 11,1 МВт та 7,5 МВт сумарно на період до 2021 року в умовах введення ВЕС в роботу, а також до її включення в мережу.

Результати розрахунків нормального режиму на зимовий період 2021 року вказують на завантаження мереж 110 кВ в межах нормативних.

В зимовий ранковий максимум навантажень найбільш завантаженими в кільці 110 кВ «С»-«А»-«В»-«D»-«Е»-«F»-«G»-«Н»-«С» є ПЛ 110 кВ «В»-«D», «С»-«Н» та «В»-ПС ВЕС, з навантаженням 64-81 А або 13-18% від максимального тривало допустимого струму ЛЕП за температури повітря -5°C, у той час як в денне зниження зимових навантажень о 13:00 год. найбільше завантаження припадає на ПЛ 110 кВ «В»-«D» та «D»-«Е» (79-85 А або 17-18 %), що зумовлене видачею генерованої потужності ВДЕ, приєднання яких очікується у вузлі ПС 110 кВ «В», а також ВЕС.

					ДП1104.141.004.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

Автотрансформатори 330/110 кВ АТ- 2, 3 ПС «С» завантажені у межах 40-50 МВА або 20-25%, АТ-1 - до 28-32 МВА, що відповідає 23-26% від номінальної потужності АТ-1 125 МВА.

Рівні напруги у вузлах в нормальному режимі змінюються в межах нормативних. Включення ПС ВЕС при підключенні в розріз ПЛ 110 кВ В-А в цілому призводить до зниження рівнів напруги на шинах 110 кВ ПС В, І (1с.ш.) на 0,3 - 0,4 кВ за рахунок включення ділянок ЛЕП і збільшення навантаження вузла через споживання власних потреб ВЕС. У той же час, введення в роботу ВЕС чинить позитивний вплив на рівні напруги у мережі досліджуваного району і забезпечує їх підтримання на рівні 114 - 117 кВ а взимку, ранковий максимум, на рівні 114,2 - 117,6 кВ.

Розрахунковий період: зима 2026 рік.

Розрахунки нормального режиму роботи мережі 110-330 кВ району дії ВЕС потужністю 11,1 МВт та 7,5 МВт сумарно на період до 2026 року в умовах введення ВЕС в роботу, а також до її включення в мережу, вказують на завантаження мереж 110 кВ в межах нормативних.

В зимовий ранковий максимум навантажень найбільш завантаженими в кільці 110 кВ «С»-«А»-«В»-«D»-«Е»-«F»-«G»-«Н»-«С» є ПЛ 110 кВ «В»-«D», «С»-«Н» та «В»-ПС ВЕС, з навантаженням 71-100 А або 14-24% від максимального тривало допустимого струму ЛЕП за температури повітря -5°С, у той час як в денне зниження зимових навантажень (13-00) найбільше завантаження припадає на ПЛ 110 кВ «Е»-«D», «В»-«D», «С»-«Н» та «В»-ПС ВЕС. Струм при цьому в межах 77-90 А або 18-19% від номінального завантаження, що зумовлене видачею генерованої потужності ВДЕ, приєднання яких очікується у вузлі ПС 110 кВ В, а також ВЕС.

Автотрансформатори 330/110 кВ АТ- 2, 3 ПС «С» завантажені у межах 55,5-61,5 МВА або 28-31%, АТ-1 - до 36,9-39,5 МВА, що відповідає завантаженню 30 - 32 % від номінальної потужності.

В усіх розрахованих режимах напруга у вузлах енергорайону спорудження ВЕС змінюється в допустимих межах, транзитні ЛЕП 110 кВ працюють із

					ДП1104.141.004.ПЗ	Арк.
						18
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

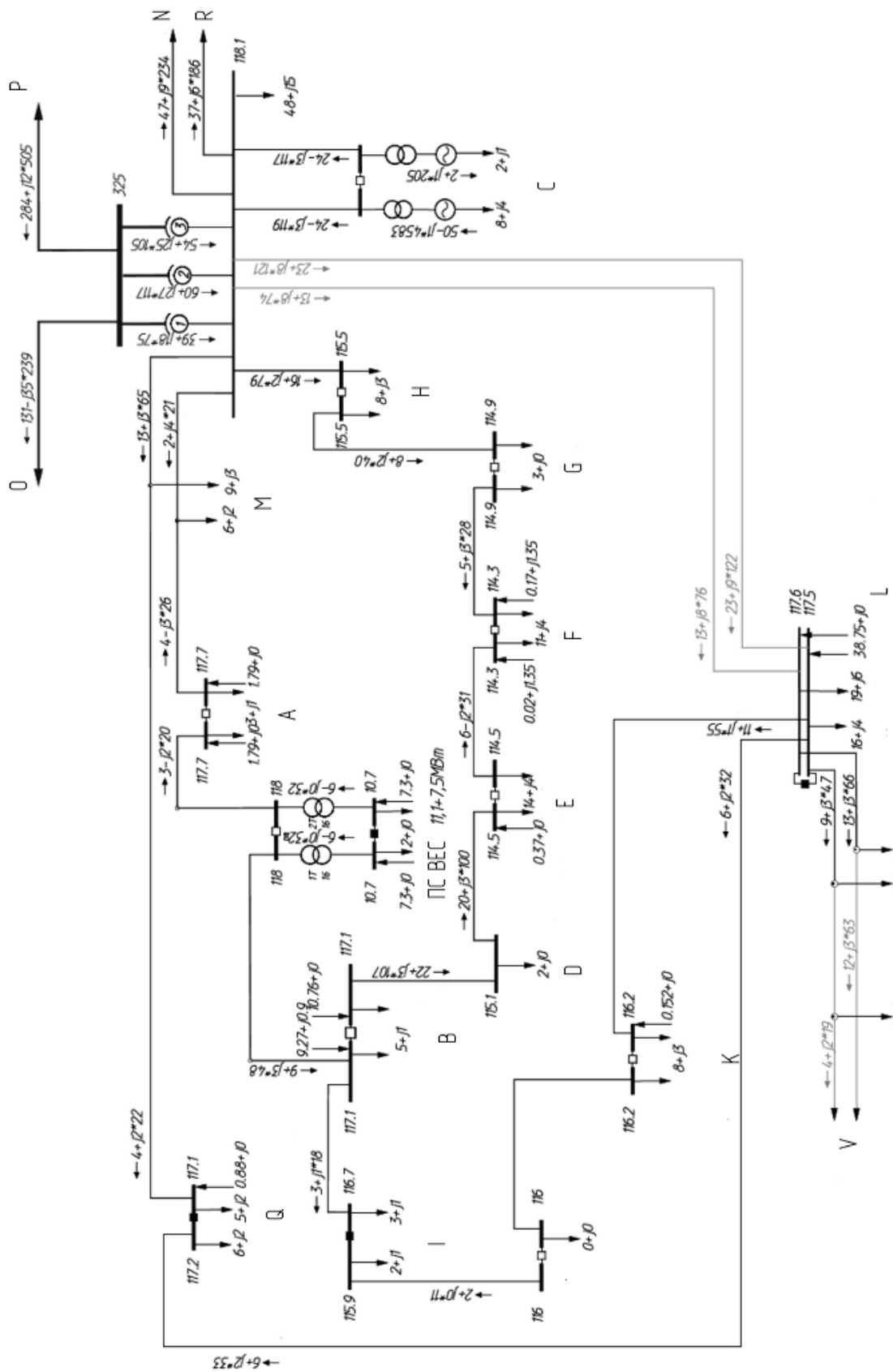


Рисунок 1.5 – Нормальний режим з урахуванням ПС ВЕС 2026 рік

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

нормальними перетоками по навантажувальній здатності. Регулювальні властивості електростанції у повній мірі стабілізують рівні напруги у прилеглий мережі. Аналіз розглянутих режимів роботи показує, що видача потужності ВЕС в мережу району в цілому несе позитивний характер.

1.4 Оцінювання зміни втрат активної потужності в мережі

З метою визначення впливу ВЕС проектною піковою потужністю 11,1 МВт та 7,5 МВт сумарно на рівень втрат потужності в прилеглий мережі у даному розділі наведено розрахунки та оцінку зміни втрат активної потужності до введення ВЕС в експлуатацію, а також у разі підключення її до електромережі за схемою.

Зміна втрат активної потужності в електричній мережі загального призначення є одним з критеріїв визначення доцільності приєднання ВЕС до мережі, оскільки рівень втрат - впливовий чинник ефективності та економічності роботи мережі. Зменшення втрат в мережі через розвантаження ЛЕП та трансформаторів досягається приєднанням джерел генерації електричної потужності.

Для обчислення збільшення втрат активної потужності в існуючій електричній мережі при під'єднанні нового об'єкта порівняно з втратами в нормальній схемі без цього об'єкта використовується наступна формула (1.1):

$$\Delta P_{\Sigma} = \Delta P_{var} - \Delta P_{norm} \quad (1.1)$$

де ΔP_{var} - втрати потужності в мережі з врахуванням приєднання об'єкта,

ΔP_{norm} - втрати потужності в мережі без врахування приєднання об'єкта.

Для розрахунків та аналізу втрат активної потужності в мережі загального призначення використовувалися математичні моделі електричної мережі без підключення ВЕС, а також з урахуванням її приєднання до мережі, на рік введення станції в роботу в 2021 р., та на п'ятирічну перспективу, до 2026 року.

					ДП1104.141.004.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

Результати розрахунків втрат активної потужності та оцінювання зміни втрат у електричній мережі 110 кВ району приєднання ВЕС на 2021 р. та 2026 р. наведено у Таблиці 1.3.

Таблиця 1.3 – Результати розрахунків та аналіз зміни втрат активної потужності в електричній мережі 110 кВ району приєднання ВЕС, 2021 та 2026 рр.

Зима 2021 р.				Зима 2026 р.			
13:00		09:00		13:00		09:00	
Без ВЕС	З ВЕС	Без ВЕС	З ВЕС	Без ВЕС	З ВЕС	Без ВЕС	З ВЕС
1,5	1,5	1,5	1,5	1,6	1,6	1,8	1,8

Як видно з даної таблиці, в режимі максимальної генерації станції в зимовий період денного зниження навантажень, 13:00 год, при включенні в мережу ВЕС втрати залишаються без змін. В режимах ранкового максимуму навантажень в зимній період (9-00) втрати в мережі у разі включення ВЕС є незмінними.

Як показали розрахунки режимів роботи мережі, приєднання ВЕС максимальною потужністю 18,6 МВт загалом не призводить до суттєвих змін активних втрат і не чинить негативний вплив на роботу мережі.

Висновки по розділу 1

Згідно з нормами ПУЕ-2017, для будівництва ЛЕП 110 кВ «А» - «В» до нової ПС ВЕС 110/10 кВ було вирішено використовувати алюмінієві проводи перерізом 240 мм². Відповідно до вимог СОУ-Н МЕВ 40.1-001100227-68:2012, п.11.2, було прийняте рішення у використанні двох силових двохобмоткових трансформаторів 110/10 кВ, кожен з яких має номінальну потужність в 16 МВА. Що в свою чергу дозволило передавати повну проектну потужність електростанції через інший трансформатор без обмежень при аварійному відключенні одного з них.

Для дослідження впливу ВЕС на електричну мережу, були проведені розрахунки для перспективних навантажень на рік введення ВЕС в роботу та на п'ятирічну перспективу. Для розрахунків усталених режимів зимового

									Арк.
									22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ДП1104.141.004.ПЗ				

максимуму навантажень було прийнято 2018 та 2019 р.р, оскільки зима 2019 року є нехарактерним періодом з підвищеною температурою та зниженим рівнем електроспоживання. Для періоду літніх навантажень було прийнято дані 2020 року.

Показано, що генерація ВЕС моделюється за усередненими показниками з урахуванням добового та сезонного профілів вітру. Встановлено, що Найбільша ефективність ВЕС спостерігається в денні години - влітку з 9:00 до 17:00, взимку - з 11:00 до 15:00, коли навантаження електромережі зазвичай знижується. Це пояснює доцільність включення ВЕС.

Встановлено, що графіки навантаження характеризуються рівномірним денним навантаженням без вираженого денного провалу. Найважчим режимом роботи електричної мережі є літній денний провал навантажень при максимальній генерації ВЕС. Розрахункова потужність власних потреб ВЕС та втрати потужності у внутрішній мережі електростанцій становлять 3,5% від встановленої потужності, а потужність власних потреб ВЕС і втрати потужності у внутрішній мережі - 8%.

Виконано розрахунки нормального режиму роботи мережі 110-330 кВ з урахуванням введення в експлуатацію вітрових електростанцій (ВЕС) сумарною потужністю 18,6 МВт до 2021 року. Результати розрахунків показують, що завантаження мереж 110 кВ знаходиться в межах нормативних значень. Найбільш завантаженими є певні лінії електропередачі 110 кВ, проте їх навантаження не перевищує 18% від максимально допустимого струму. Автотрансформатори 330/110 кВ завантажені на 20-26% від номінальної потужності. Рівні напруги у вузлах мережі змінюються в межах нормативних значень. Підключення ВЕС призводить до незначного зниження напруги на окремих підстанціях, але в цілому позитивно впливає на рівні напруги у мережі та забезпечує їх утримання в допустимих межах 114-117 кВ у зимовий період максимальних навантажень.

Показано, що для зими 2026 року, після введення в експлуатацію ВЕС сумарною потужністю 18,6 МВт завантаження мереж 110 кВ району буде в межах нормативних значень. Найбільш завантаженими будуть деякі лінії

					ДП1104.141.004.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23

електропередачі, проте їх навантаження не перевищуватиме 24% від максимального тривало допустимого струму. Автотрансформатори 330/110 кВ на підстанції С будуть завантажені на 28-32% від номінальної потужності. Рівні напруги у вузлах енергорайону залишатимуться в допустимих межах, а регулювальні властивості електростанції забезпечуватимуть стабілізацію напруги в прилеглий мережі. В цілому, видача потужності від ВЕС в мережу району матиме позитивний вплив.

Встановлено, що приєднання ВЕС до електричної мережі загального призначення не призводить до суттєвих змін у втратах активної потужності в мережі. Аналіз режимів роботи мережі з врахуванням підключення ВЕС потужністю 18,6 МВт показав, що в більшості випадків втрати залишаються незмінними або незначно змінюються. Це означає, що включення ВЕС не чинить негативного впливу на ефективність та економічність роботи мережі з точки зору втрат активної потужності. Звідси випливає, що зміна втрат активної потужності не є критичним фактором при визначенні доцільності приєднання ВЕС до даної електричної мережі. Загалом, приєднання джерел генерації електричної потужності, таких як ВЕС, призводить до зменшення навантаження на лінії електропередачі та трансформатори, що може сприяти зниженню втрат в мережі.

					ДП1104.141.004.ПЗ	Арк.
						24
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2 ВИЗНАЧЕННЯ РЕГУЛЮВАЛЬНИХ ДІАПАЗОНІВ РЕАКТИВНОЇ ПОТУЖНОСТІ ВЕС, НЕОБХІДНОГО ОБСЯГУ ЗАСОБІВ КОМПЕНСАЦІЇ РЕАКТИВНОЇ ПОТУЖНОСТІ

Необхідно виконати розрахунки рівнів напруги в прилеглій мережі для різних режимів роботи ВЕС потужністю 11,1 МВт та 7,5 МВт сумарно та дослідити можливості регулювання реактивної потужності і рівнів напруги за рахунок використання регулювальних можливостей власних інверторних станцій.

Відповідно до вимог Кодексу системи передачі, затвердженого постановою НКРЕКП №309 від 14.03.2018, зі змінами, до генеруючих електроустановок типу «D» в точках приєднання з напругою 110 кВ або вище, та СОУ НЕК 341.001:2019 «Вимоги до вітрових та сонячних електростанцій при їх роботі паралельно з об'єднаною енергетичною системою України», ВЕС та СЕС потужністю від 1 до 20 МВт, окрім дотримання загальних вимог та вимог до нормального режиму роботи, повинні:

- бути оснащеними функціями управління відповідно до таблиці 2.1, з можливістю отримання через термінал або команди зовнішніх «старт-» та «стоп-сигналів» для активації або деактивації функцій;

- мати можливість постійного низхідного управління активною потужністю генерації електростанції від 100% до 40% номінальної потужності, з можливістю подальшого відключення окремих генеруючих модулів СЕС або ВЕС при досягненні мінімальної потужності.

Таблиця 2.1 – Функції управління для ВЕС та СЕС

Функції управління	1 МВт<P _н <20 0.
Регулювання частоти	-
Абсолютне обмеження генерації	X
Дельта-обмеження генерації	-
Обмеження градієнта потужності	X
Системний захист	X
Регулювання реактивної потужності	X
Регулювання коефіцієнта потужності	X
Регулювання напруги	X

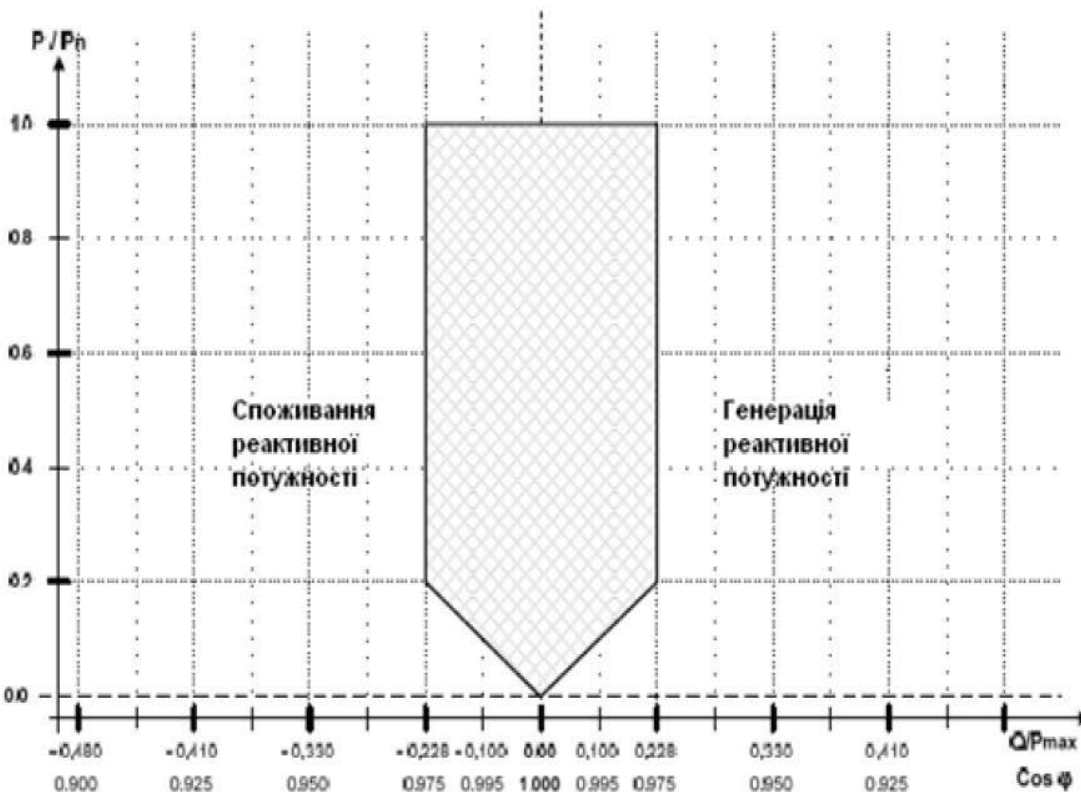


Рисунок 2.1 – Вимоги щодо регулювання реактивної потужності електростанцій потужністю від 1 МВт до 20 МВт

Регулювальні можливості ВЕС представлені активним навантаженням та зміною коефіцієнту потужності. Розрахунки проведені при генерації ВЕС 20%, 50%, 100% від встановленої потужності для значень коефіцієнту потужності $\cos(\phi) = -0,975; -0,995; 1; +0,995; +0,975$. У розрахунках всі інші джерела відновлюваної енергії регіону не приймають участі в регулюванні напруги, представлені активною складовою генерованої потужності і працюють з нульовою реактивною потужністю.

Результати розрахунків рівнів напруги в прилеглий мережі 110 кВ при різних режимах роботи ВЕС наведені в таб. 2.3, 2.4.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Таблиця 2.3 – Результати розрахунків рівнів напруги в прилеглий мережі при різних режимах генерації ВЕС на 2021 р.

Генерація ВЕС 20%						
Об'єкт мережі	Шини ПС	Cos f = 0,975 Q/P _{max} = -0,228	Cos f = 0,995 Q/P _{max} = -0,1	Cos f = 1 Q/P _{max} =0	Cos f = 0,995 Q/P _{max} =0,1	Cos f = 0,975 Q/P _{max} =0,228
ПС 110 кВ ВЕС	с. ш. 110 кВ	118/118	118,4/118,4	118,4/118,4	118,5/118,5	118,6/118,6
	с. ш. 10 кВ	10,7/10,7	10,7/10,7	10,7/10,7	10,7/10,7	10,8/10,8
ПС 110 «А»	с. ш. 110 кВ	118,3/118,3	118,4/118,4	118,4/118,4	118,5/118,5	118,6/118,6
ПС 110 кВ «В»	с. ш. 110 кВ	118,1/118,1	118,1/118,1	118,2/118,2	118,3/118,3	118,3/118,3
Генерація ВЕС 50%						
Об'єкт мережі	Шини ПС	Cos f = 0,975 Q/P _{max} = -0,228	Cos f = 0,995 Q/P _{max} = -0,1	Cos f = 1 Q/P _{max} =0	Cos f = 0,995 Q/P _{max} =0,1	Cos f = 0,975 Q/P _{max} =0,228
ПС 110 кВ ВЕС	с. ш. 110 кВ	118,5/118,5	118,7/118,7	118,8/118,8	119/119	119,2/119,2
	с. ш. 10 кВ	10,7/10,7	10,7/10,7	10,8/10,8	10,8/10,8	10,9/10,9
ПС 110 «А»	с. ш. 110 кВ	118,5/118,5	118,7/118,7	118,8/118,8	118,9/118,9	119,1/119,1
ПС 110 кВ «В»	с. ш. 110 кВ	118,2/118,2	118,4/118,4	118,6/118,6	118,7/118,7	118,9/118,9
Генерація ВЕС 100%						
Об'єкт мережі	Шини ПС	Cos f = 0,975 Q/P _{max} = -0,228	Cos f = 0,995 Q/P _{max} = -0,1	Cos f = 1 Q/P _{max} =0	Cos f = 0,995 Q/P _{max} =0,1	Cos f = 0,975 Q/P _{max} =0,228
ПС 110 кВ ВЕС	с. ш. 110 кВ	118,7/118,7	119,1/119,1	119,4/119,4	119,7/119,7	120,1/120,1
	с. ш. 10 кВ	10,6/10,6	10,7/10,7	10,8/10,8	10,9/10,9	11/11
ПС 110 «А»	с. ш. 110 кВ	118,7/118,7	119,1/119,1	119,3/119,3	119,6/119,6	119,9/119,9
ПС 110 кВ «В»	с. ш. 110 кВ	118,4/118,4	118,8/118,8	119,1/119,1	119,3/119,3	119,7/119,7

Висновки по розділу 2

Згідно з Кодексом системи передачі та СОУ НЕК 341.001:2019, ВЕС як генеруючі установки типу "D" потужністю від 1 до 20 МВт повинні відповідати певним вимогам:

- мати функції управління активною та реактивною потужністю, можливість низхідного регулювання активної потужності генерації від 100% до 40% номінальної з можливим подальшим відключенням окремих генеруючих модулів;
- повинні бути оснащені функціями отримання зовнішніх команд для активації/деактивації зазначених функцій;
- ВЕС повинна бути в змозі автоматично регулювати напругу в точці загального приєднання до електричної мережі загального призначення.

Показано важливість враховування зазначених вимог та перевірки на відповідність технічних характеристик вітроелектростанцій для забезпечення необхідного регулювання напруги та потужності. Аналіз проведених розрахунків показав, що зміна генерації ВЕС не призводить до істотних коливань напруги у прилеглий мережі, рівні напруги на шинах 110 кВ підстанцій району видачі потужності ВЕС знаходяться в межах, що встановлюють нормативні вимоги та відповідають ДСТУ ГОСТ 13109-97 «Електрична енергія. Сумісність технічних засобів. Норми якості електричної енергії в системах електропостачання загального призначення», СОУ НЕК 341.001:2019 «Вимоги до вітрових та сонячних електростанцій при їх роботі паралельно з об'єднаною енергетичною системою України», ДСТУ EN 50160:2014 «Характеристики напруги електропостачання в електричних мережах загальної призначеності».

Показано, що регулювальні можливості ВЕС дозволяють змінювати напругу в прилеглий мережі у достатніх межах для виконання регулювання напруги та компенсації її підвищення під час роботи ВЕС. Відповідно, при використанні регулювальних можливостей проектної ВЕС, у встановленні додаткових пристроїв компенсації реактивної потужності немає необхідності.

					ДП1104.141.004.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		30

3 РОЗРАХУНКИ АВАРІЙНИХ НОРМАТИВНИХ ЗБУРЕНЬ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ ВІДПОВІДНОСТІ ВЕС ВИМОГАМ КСП

Власник електростанції ВДЕ несе відповідальність за забезпечення відповідності ВЕС вимогам кодексу мережі. Оскільки ВЕС підключаються до розподільчих мереж і класифікуються як генеруючі одиниці типу «D» відповідно до КСП, вони мають забезпечувати відповідність технічним вимогам розділу 2 Кодексу системи передачі.

Моделювання підтверджує відповідність ВЕС вимогам КСП в частині підтримання стабільності частоти та режимів проходження збурень (КЗ) в зовнішній мережі. В якості збурень розглядаються трифазні, двофазні та однофазні КЗ на землю в магістральній та розподільчій мережі. Необхідно відзначити, що проведене моделювання виконувалось при повній потужності ВЕС і не враховує роботу при зменшеній потужності.

3.1 Мережа ВЕС для збору та видачі потужності

Відповідно до технічних умов приєднання ВЕС загальною потужністю 18,6 МВт передбачається шляхом будівництва заходів ПЛ 110 кВ В-А на ПС ВЕС. На ПС 110/10 кВ встановлюється два трансформатори номінальною потужністю 16 МВА кожний. Транзит 110 кВ «Н»-«G»-«F»-«E»-«D»-«B»-«A» в нормальному режимі замкнений.

Для дослідження впливу приєднання ВЕС на електричну мережу використовувалась імітаційна модель ОЕС України. Ця модель включає в себе магістральну мережу 220-750 кВ та частину розподільчої мережі 110 кВ.

На рисунку 3.1 представлений фрагмент однолінійної схеми району приєднання ВЕС.

					ДП1104.141.004.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		31

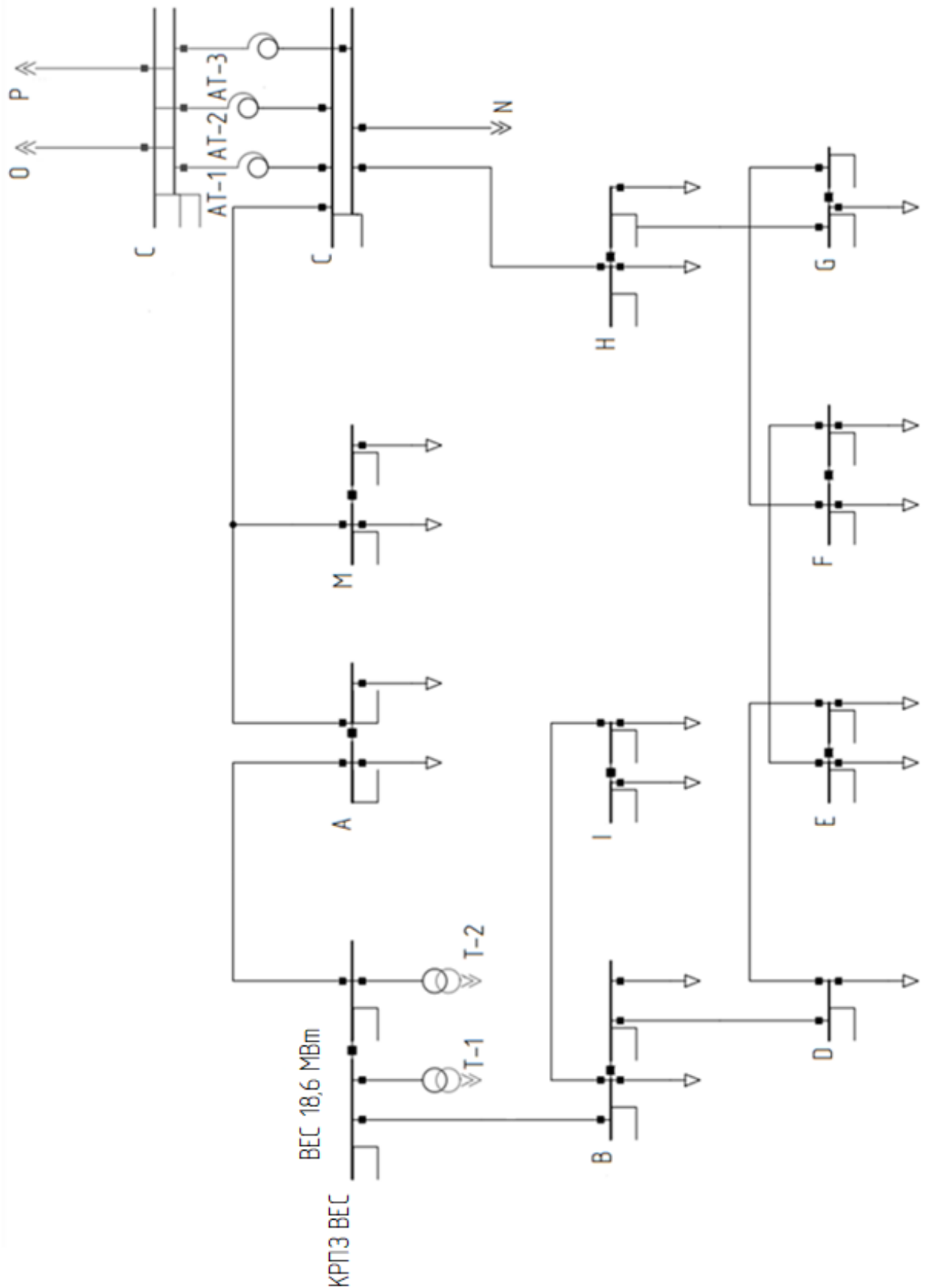


Рисунок 3.1 - Фрагмент однолінійної схеми району приєднання ВЕС

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДП1104.141.004.ПЗ

Арк.

32

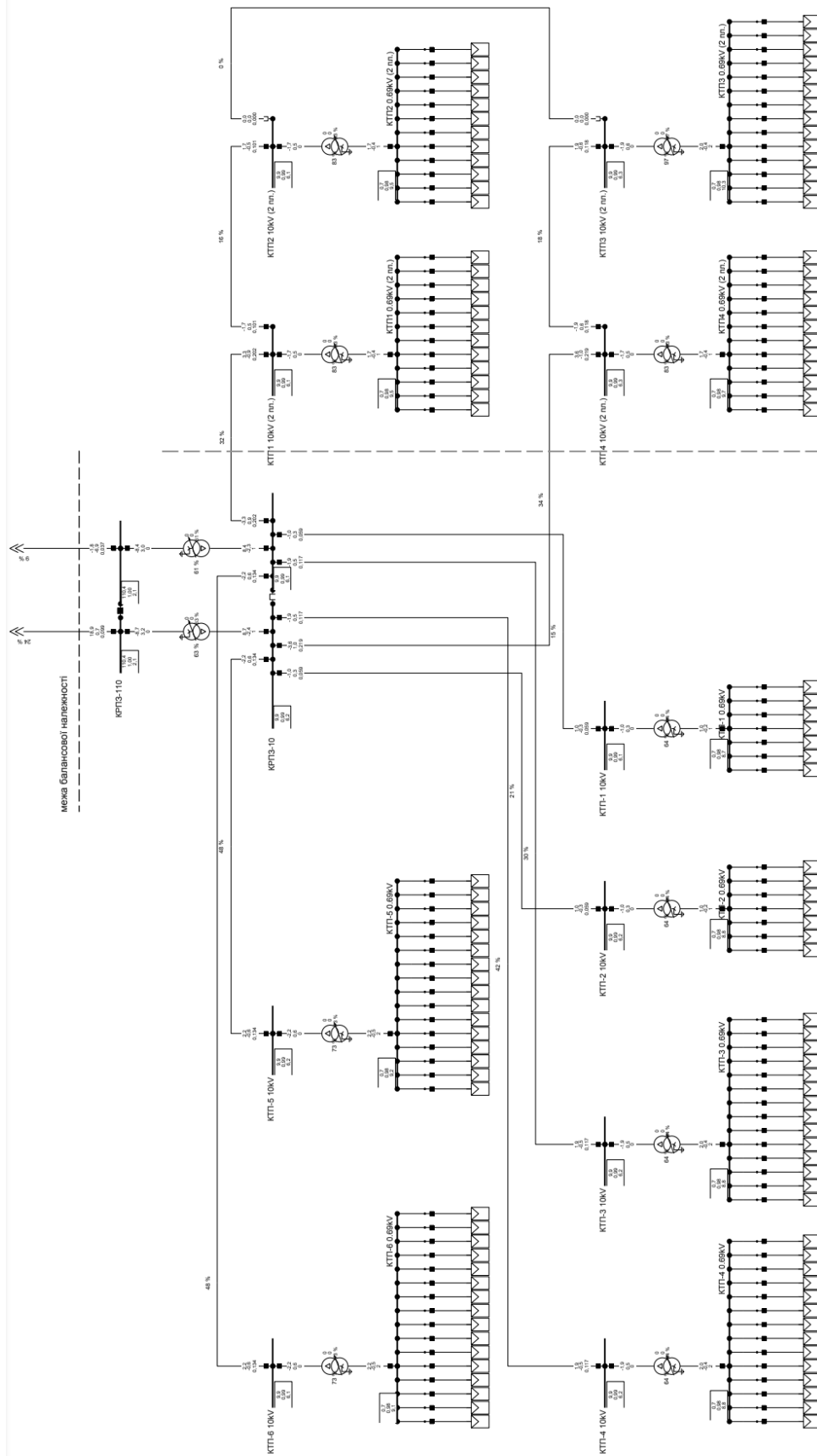


Рисунок 3.2 - Однолінійна схема мережі збору та видачі потужності ВЕС

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДП1104.141.004.ПЗ

Арк.

33

Спроектована мережа збору потужності 10 кВ ВЕС має радіальну топологію та включає в себе 124 інвертори із загальною встановленою потужністю 18,6 МВт. Мережа збору потужності ВЕС включає в себе 10 груп КТП. Групи інверторів через трансформатори 10/0,69 кВ приєднані до розподільних пристроїв 10 кВ. КТП по стороні 10 кВ з'єднані між собою кабельними лініями АПвЭгаПУ-10 3х(1×120/25) та АПвЭгаПУ-10 3х(1х70/16)

На рисунку 3.2 представлена схема збору потужності ВЕС.

Згідно з документом, стійкість до коротких замикань електростанцій ВДЕ, підключених до електромережі на напрузі 110 кВ, повинна визначатися з використанням параметрів, наведених на рисунку 3.3, і в межах діапазонів, зазначених у Таблиці 4.1.

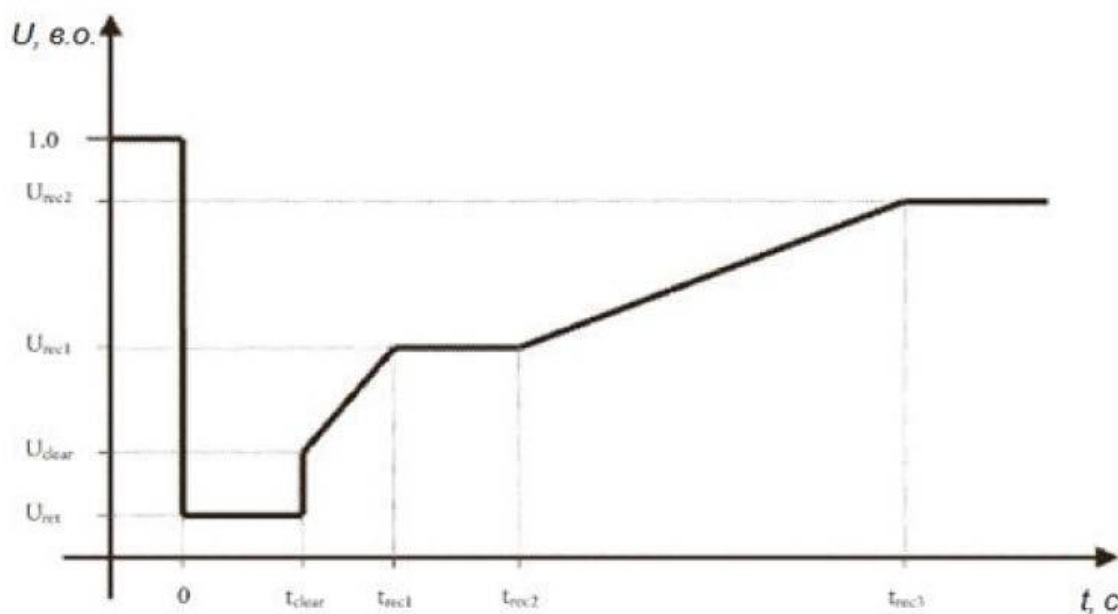


Рисунок 3.3 – Узагальнений профіль стійкості до коротких замикань (FRT) (залежність напруги від часу) для модулів ВЕС, підключених на класі напруги 110 кВ

Таблиця 3.1 – Параметри стійкості до коротких замикань модулів ВЕС, підключених на класі напруги 110 кВ

Параметри напруги, в. о.		Параметри часу, секунд	
U_{ret}	0	t_{clear}	0,14-0,25
U_{clear}	U_{ret}	t_{rec1}	t_{clear}
U_{rec1}	U_{clear}	t_{rec2}	t_{rec}
U_{rec2}	0,85	t_{rec3}	1,5-3,0

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДП1104.141.004.ПЗ

Арк.

34

Зважаючи на найгірші значення в таблиці 4.1, відповідна стійкість модулів ВЕС до коротких замикань має вигляд, показаний на рис. 4.9.

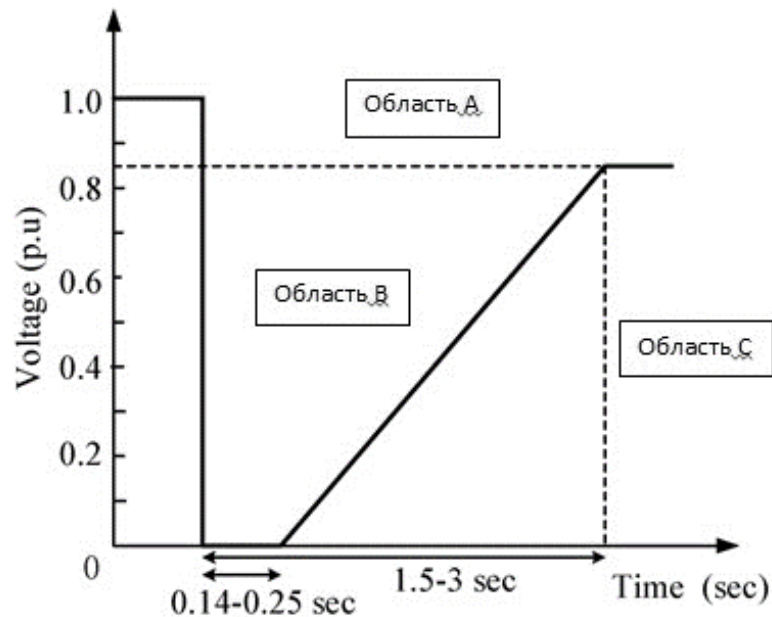


Рисунок 3.4 – Найгірший профіль стійкості до коротких замикань (FRT) (залежність напруги від часу) для модулів ВЕС

Щоб перевірити стійкість вітрової електростанції до коротких замикань (FRT), необхідно виконати моделювання RMS в часовій області. Існує три основні підходи моделювання для перевірки відповідності стійкості до коротких замикань (FRT).

Моделювання нормативних порушень (несправності системи) у ТЗП (або на сусідніх підстанціях у регіоні, який розглядається) для конкретної вітрової електростанції. Наприклад, згідно з нормативним документом СОУ-Н МЕВ 40.1.00100227-68:2012 «Стійкість енергосистеми. Керівні вказівки», енергогенеруючі модулі мають бути здатні залишатися підключеними до мережі під час усіх груп нормативних порушень (симетричних та асиметричних коротких замикань).

Моделювання низки несправностей у ТЗП для імітації необхідної характеристики стійкості до коротких замикань (FRT). У цьому випадку моделюється ряд штучних збурень з різними повними опорами замикання для досягнення необхідної залишкової напруги у ТЗП. Усі порушення

імітують залишкову напругу у ТЗП.

3.2 Моделювання нормативних збурень та несправності системи у ТЗП ВЕС

Як зазначено в Кодексі системи передачі, критерій проходження збурень (FRT) застосовується для пошкоджень, симетричних та несиметричних, в магістральній та розподільчій мережі. Трифазне коротке замикання було застосоване на ПЛ 330 кВ «С»-«О» та ПЛ 330 кВ «С» – «Р». Вказані ПЛ є найближчими до точки загального приєднання ВЕС, щоб викликати якомога сильніше падіння напруги.

Кодекс системи передачі зазначає, що ВЕС повинні витримувати падіння напруги до 0 в.о. в магістральній мережі не менше 250 мс. Завдяки комплексному опору напруга на шинах інвертора буде відрізняться від 0 в.о. та буде дещо вище.

Збурення застосовується в 1 с, з тривалістю 120 мс для мережі 330 кВ і 180 мс для мережі 110 кВ та ліквідується в 1,12 с, після цього моделювання запускається до 5 с, щоб перевірити, чи буде інвертор підтримувати стабільну роботу без значних відхилень.

Крім трифазного КЗ, відповідно до діючих нормативних документів було проведено моделювання:

- однофазного КЗ з відмовою вимикача та дією ПРВВ;
- двофазного КЗ з неуспішним АПВ;
- трифазне КЗ.

При моделюванні різних видів КЗ приймалися наступні значення залишкової напруги:

- однофазне КЗ, $U_{зал}=0,5$ в.о.;
- двофазно КЗ, $U_{зал}=0,2$ в.о.;
- трифазне КЗ, $U_{ост}=0$ в.о.

Результати розрахунків зведені нижче в табл. 3.2.

Як показали проведені розрахунки, динамічна стійкість ВЕС зберігається для всіх розглянутих випадків. Розрахунками підтверджено участь ВЕС у

					ДП1104.141.004.ПЗ	Арк.
						36
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

забезпеченні динамічної підтримки напруги шляхом контрольованої генерації реактивного струму та відновлення генерації активної потужності.

Таблиця 3.2 – Зведені результати розрахунків стійкості електростанції ВДЕ

Місце збурення		Вид збурення	Залишкова напруга в точці КЗ	Час ліквідації КЗ	Забезпечення стійкості ВЕС
Біля шин	Приєднання				
330 кВ ПС 330 кВ «С»	ПЛ 330 кВ «С»– «Р»	Однофазне КЗ з дією ПРВВ	0.5 U _n	0,3	зберігається
		Двофазне КЗ з НАПВ	0.2 U _n	0,12 (тапв=0.5с)	зберігається
330 кВ ПС 330 кВ «С»	ПЛ 330 кВ «С»– «О»	Однофазне КЗ з дією ПРВВ	0.5 U _n	0,3	зберігається
		Двофазне КЗ з НАПВ	0.2 U _n	0,12 (тапв=0.5с)	зберігається
110 кВ ПС ВЕС	ПЛ 110 кВ ПС ВЕС – «А»	Однофазне КЗ з НАПВ	0.5 U _n	0,18 (тапв=2с)	зберігається
		Двофазне КЗ з НАПВ	0.2 U _n	0,18 (тапв=2с)	зберігається
		Трифазне КЗ з НАПВ	0.0 U _n	0,18 (тапв=2с)	зберігається
		Однофазне КЗ з дією ПРВВ	0.5 U _n	0,5	зберігається
		Трифазне КЗ з дією ПРВВ	0.0 U _n	0,5	зберігається
110 кВ ПС ВЕС	ПЛ 110 кВ ПС ВЕС – «В»	Однофазне КЗ з НАПВ	0.2 U _n	0,12 (тапв=0.5с)	зберігається
		Двофазне КЗ з НАПВ	0.5 U _n	0,18 (тапв=2с)	зберігається
		Трифазне КЗ з НАПВ	0.2 U _n	0,18 (тапв=2с)	зберігається
		Однофазне КЗ з дією ПРВВ	0.0 U _n	0,18 (тапв=2с)	зберігається
		Трифазне КЗ з дією ПРВВ	0.5 U _n	0,5	зберігається

Висновки по розділу 3

ВЕС, підключені до розподільчих мереж, класифікуються як генеруючі одиниці типу "D" згідно з КСП і повинні відповідати технічним вимогам розділу 2 Кодексу системи передачі, тому було проведене моделювання, що підтверджує відповідність ВЕС вимогам КСП щодо підтримання стабільності частоти та режимів проходження збурень (коротких замикань) в зовнішній мережі. Було розглянуто випадки трифазних, двофазних та однофазних коротких замикань на землю в магістральній та розподільчій мережі. Моделювання виконувалося при повній потужності ВЕС і не враховувало роботу при зменшеній потужності. Для перевірки стійкості ВЕС до коротких замикань необхідно виконати моделювання RMS (діюче значення) у часовій області.

Визначено, що існує три основні підходи моделювання для перевірки відповідності вимогам стійкості до коротких замикань (FRT):

1) моделювання нормативних порушень (несправностей) в точці загального під'єднання (ТЗП) або на сусідніх підстанціях для конкретної ВЕС. За нормативними документами генеруючі модулі повинні залишатися підключеними під час симетричних та асиметричних коротких замикань.

2) моделювання серії несправностей у ТЗП для імітації необхідної характеристики FRT. Моделюються штучні збурення з різними опорами замикання для досягнення потрібної залишкової напруги у ТЗП.

3) усі порушення імітують залишкову напругу у ТЗП.

Проведені розрахунки показали, що динамічна стійкість вітроелектростанції (ВЕС) зберігається для всіх розглянутих випадків (сценаріїв або збурень).

Розрахунки підтвердили, що ВЕС бере участь у забезпеченні динамічної підтримки напруги у системі двома шляхами: а) Шляхом контрольованої генерації реактивного струму. б) Шляхом відновлення генерації активної потужності після збурення.

					ДП1104.141.004.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		38

4 ОЦІНКА ВПЛИВУ НА ДОВКІЛЛЯ

4.1 Загальні відомості щодо роботи ВЕС

Згідно ДСТУ 3896:2007 «Вітроенергетика. Вітроенергетичні установки та вітроелектричні станції. Терміни та визначення понять», основними об'єктами вітроелектростанцій є вітроелектричні установки (ВЕУ), адміністративно-диспетчерський пункт, центральна трансформаторна підстанція і розподільні пункти на території ВЕС, а також підземні кабельні лінії, повітряні лінії електропередачі і опори.

Під час будівництва та експлуатації вітроелектростанцій може виникати низка різноманітних впливів на складові довкілля.

На етапі зведення відбуваються механічні пошкодження рослинного покриву, ґрунту, ерозійні процеси, забруднення вод і ґрунтів, втрати природних територій та сільгоспугідь, зміна ландшафту, забруднення повітря, унеможливлення археологічних досліджень, фрагментація екосистем.

В процесі експлуатації спостерігається підвищений рівень шуму, електромагнітне випромінювання, блимання тіней від лопатей, візуальний вплив, загибель птахів і кажанів, вібрація, що впливає на фауну та рослинність, приваблення нічних тварин освітленням, погіршення якості вод і ґрунтів через аварійні розливи, поширення адвентивних видів рослин, затінення ділянок, порушення земель після демонтажу.

Хоча самі турбіни займають невелику площу, під час будівництва залучаються значно більші території для під'їзних шляхів, складування матеріалів тощо.

4.2 Оцінка можливості організації СЗЗ

Згідно з Наказом Міністерства охорони здоров'я України від 19.06.1996 р №173 «Про затвердження Державних санітарних правил планування та забудови населених пунктів» для промислових підприємств та інших об'єктів, що є джерелами шкідливого впливу на навколишнє середовище, в залежності від виду

					ДП1104.141.004.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		39

діяльності, встановлюється нормативна санітарно захисна зона на підставі санітарної класифікації.

Санітарно-захисна зона (СЗЗ) - територія, яка прилягає до потенційно небезпечного підприємства, в межах якої проживання людей та ведення господарської діяльності заборонені. Розміри цієї зони визначаються проектною документацією відповідно до державних нормативних актів. Така зона створюється навколо об'єктів, що є джерелами шкідливих речовин, неприємних запахів, підвищеного рівня шуму, вібрації, ультразвукових та електромагнітних хвиль, іонізуючого випромінювання тощо. Її мета – відокремити ці потенційно небезпечні об'єкти від житлових районів для захисту населення.

Санітарно-захисна зона об'єктів енергетики встановлюється для захисту населення від шкідливого впливу електричних полів, спричиненого певною їх напругою [9].

Згідно п. 5.34 ДСП-173-96 розмір СЗЗ для ВЕС встановлюється з урахуванням комплексу несприятливих факторів (рівнів звуку та звукового тиску в октавних смугах частот, електромагнітного випромінювання, напруженості електричного поля промислової частоти), можливої зони ураження при аварійних ситуаціях, а також несприятливого психофізіологічного впливу на населення, але не менше 400 м для ВЕС загальною потужністю до 20 МВт з ВЕУ потужністю 100 кВт. Розмір санітарно-захисної зони для ВЕС необхідно підтверджувати розрахунками акустичного режиму на межі житлової забудови (зони рекреації) та результатами натурних досліджень рівнів шуму на аналогічних ВЕС при максимальній швидкості вітру для вітрового режиму даної території.

Згідно Правил охорони електричних мереж (Постанова КМУ №209 від 4.03.1997р.) уздовж всіх повітряних та кабельних ЛЕП встановлюється охоронна зона у вигляді земельної ділянки та повітряного простору, обмежених вертикальними площинами, що віддалені по обидві сторони лінії від крайніх проводів за умови невідхильного їх положення на відстань:

- 2 м - для повітряних ліній напругою до 1 кВ;

					ДП1104.141.004.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		40

- 10 м - для повітряних ліній напругою до 20 кВ;
- 15 м - для повітряних ліній напругою 35 кВ;
- 20 м - для повітряних ліній напругою 110 кВ;
- 25 м – для повітряних ліній напругою 150, 220 кВ;
- 3 м - від огорожі або споруди за периметром трансформаторних підстанцій;
- 1 м - від підземних кабельних ліній електропередачі.

Негативний вплив від ВЕУ розповсюджується на певну територію, яка визначається згідно стандартів і законодавства, де проявляються такі негативні фактори як шум, вібрація, інфразвук, електромагнітне випромінювання, мерехтіння тіней тощо. У цих зонах люди можуть відчувати дискомфорт, а тривале перебування може зашкодити здоров'ю.

Екологічні та інші обмеження планованої діяльності встановлюються відповідно до природоохоронного законодавства України, а також згідно:

- містобудівних умов та обмежень;
- технічних умов на приєднання до енергомережі;
- аналізу та моделювання акустичного і візуального впливу;
- аналізу впливів електромагнітних випромінювань;
- аналізу впливу на рослинний, тваринний світ;
- аналізу впливу на об'єкти природно-заповідного фонду та природоохоронного призначення;
- аналізу орнітологічних досліджень і впливу на кажанів;
- аналізу впливу на ландшафт;
- аналізу впливу на поверхневі та підземні води;
- аналізу впливу на геологічні процеси та явища.

За вимогами ДСТУ 8339:2015 «Вітроелектростанції. Оцінення впливу вітроелектростанцій на навколишнє середовище», навколо кожної ВЕУ повинна бути СЗЗ радіусом не менше ніж 700 м. Розмір СЗЗ розраховується окремо для кожного типу ВЕУ (п. 9.2.3 ДСТУ) з урахуванням несприятливих чинників: рівнів звуку та звукового тиску в октавних смугах частот електромагнітного

					ДП1104.141.004.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		41

випромінювання, напруженості електричного поля промислової частоти, можливої зони ураження під час аварійних ситуацій, а також несприятливого психофізіологічного впливу на населення, але не менш ніж:

- 400 м для ВЕС загальною потужністю до 20 МВт із ВЕУ потужністю 100 кВт;

- 700 м для ВЕС загальною потужністю понад 20 МВт із ВЕУ потужністю понад 100 кВт;

- 400-800 м для офшорних ВЕС.

Для розрахунку зони ураження під час аварійних ситуацій визначають дальністю польоту частин лопатей ВЕУ, який обчислюють за формулою:

- $r_{\text{відл.}} = H + D$, за швидкості вітру (4 - 25) м/с;

- $r_{\text{відл.}} = H + 9D$, за швидкості вітру понад 25 м/с;

де H — висота вежі;

D — діаметр вітроколеса.

На практиці, за даними розрахунками, СЗЗ можуть мати радіус більше ніж «стандарт» в 700м.

Потрібно зробити окремі розрахунки зони небезпечного розльоту уламків льоду у період обмерзання. Із практики, така зона може складати до 300 м.

СЗЗ розльоту уламків льоду потенційно та польоту частин лопатей ВЕУ можуть перекривати площі по яких проходять промарковані пішохідні туристичні маршрути, тому дуже важливо виявити їх заздалегідь та при наявності встановити попереджувальні знаки.

4.3 Оцінка акустичного впливу ВЕС

Основні джерела акустичного шуму ВЕУ - гондола, маточина вітроколеса, лопаті і башта (щогла). Істотне значення можуть мати резонансні коливання, шуми мультиплікатора і ефективність застосовуваних шумопоглинаючих (шумоізолюючих) елементів [13].

Аеродинамічний шум поділяється на тональний, безперервний широкосмуговий, низькочастотний та низькочастотний імпульсний. Аеродинамічний шум ВЕУ можна описати як такий, що свистить чи шурхотить.

					ДП1104.141.004.ПЗ	Арк.
						42
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Крім того, шум може збільшуватись з підвищенням швидкості обертання лопатей турбіни. Тому турбіни, конструкція яких забезпечує зменшення швидкості обертання при сильному вітрові, є більш «тихими».

При проектуванні треба передбачити застосування вітроагрегатів, конструкція яких зумовлює заходи по зменшенню шумів механічних агрегатів і профілів лопатей вітроагрегатів з високими аеродинамічними властивостями.

Потрібно розрахувати еквівалентний рівень звуку ВЕУ щодо відповідності ДСТУ-Н Б В.1.1-35:2013 «Настанова з розрахунку рівнів шуму в приміщеннях і на територіях».

4.4 Визначення шумових характеристик ВЕУ

Шум можна визначити як будь-якої небажаний звук. Те, чи сприймається звук як шум, залежить багато в чому від суб'єктивних чинників, а також від аспектів, що піддаються вимірюванню, наприклад, гучність, тривалість і тон звуку. Шум вимірюється в децибелах (дБ), які є одиницями виміру рівня звукового тиску - величини зміни тиску в повітрі. Зміна в рівні звуку в 1 дБ не доступна сприйняттю, окрім як в лабораторних умовах. Збільшення в 10 дБ звучить приблизно як збільшення гучності вдвічі. Шум навколишнього середовища зазвичай вимірюється в дБ(А), що враховує поправку на чутливість вуха людини [15].

Для визначення шумових обмежень під час будівництва та експлуатації ВЕС треба зробити оцінку допустимих рівнів шуму згідно наказу МОЗ № 463 від 22.02.2019 р. «Про затвердження Державних санітарних норм допустимих рівнів шуму в приміщеннях житлових та громадських будинків і на території житлової забудови».

Сьогодні, при визначенні рівня шуму вітроустановок застосовують тільки обчислювальні методи. Прямий метод вимірювання рівня шуму не дає дані про гучність вітрової установки, тому що неможливо в певний момент розрізнити шум від вітроустановки та від шуму вітру.

					ДП1104.141.004.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

Можливий вплив при експлуатації і техобслуговуванні ВЕС: По мірі розвитку технології, вітрові турбіни стали виробляти менше шуму при роботі, але через зростання розмірів вітрових турбін шум часто підвищується, як і занепокоєння громадськості в процесі планування вітрових ферм. Можна виділити дві категорії шуму, що виробляється вітровими турбінами: механічний і аеродинамічний. Ці категорії пов'язані з видами шуму (тональний, широкосмуговий, низькочастотний або імпульсний). Останні вдосконалення механічних пристроїв великих вітрових турбін привели до значного зниження механічного шуму. В результаті, переважним є аеродинамічний шум сучасних вітрових турбін.

Відповідно до національних стандартів, ДБН В.1.1-31:2013 «Захист територій, будинків і споруд від шуму», захист від шуму повинен розглядатися в технічному завданні проекту з метою відповідності вимогам санітарних норм шуму на прилеглий до об'єкту території. Допустимі рівні звуку та звукового тиску на прилеглих до житлових і громадських будівель територіях не повинні перевищувати показників, зазначених в ДБН В.1.1-31:2013 та ДСП 173-96.

Таблиця 4.1 – Ліміт рівня шуму

Майданчик	Еквівалентний рівень шуму, дБА		Максимальний рівень шуму, дБА	
	з 7:00 до 23:00	з 23:00 до 7:00	з 7:00 до 23:00	з 23:00 до 7:00
Житловий район	55	45	70	60

Заходи зниження негативного впливу:

- проведення шумних будівельних робіт (в тому числі підривних) треба обмежити найменш чутливим до шуму часом доби, виключно між 7.00-22.00, і робочим тижнем;

- при будь-якому доцільному випадку, виконання різних шумових робіт (наприклад, підривних та екскаваторних робіт) треба планувати в один і той самий час, так як додаткові джерела шуму в цілому істотно не збільшують наявний шум. Тобто, менш часті гучні роботи будуть менш дратівливими, ніж більш часті, але менш гучні роботи;

- все обладнання повинно мати пристрої звукового контролю не менш ефективні, ніж на вихідному обладнанні. На всій будівельній техніці, яка буде використовуватися, треба встановлювати відповідні глушники, і техніка повинна проходити необхідне техобслуговування;

- все стаціонарне будівельне обладнання (тобто, компресори та генератори) треба розташовувати на якомога більшій відстані від найближчих населених пунктів;

- мешканців найближчих населених пунктів треба заздалегідь повідомити про проведення гучних робіт на період будівництва;

- вибір вітрових турбін треба робити на підставі технічних характеристик, виробленому шуму та функціями керування звуком [15].

4.5 Оцінка електромагнітного випромінення

Вітрові турбіни, або обладнання всередині, може створювати перешкоди електромагнітним системам зв'язку. Це може бути викликано, в основному, рухом лопатей турбін, які час від часу розсіюють сигнали через своє обертання. Башта також може відображати сигнали, створюючи перешкоди початковому сигналу.

Як і у випадку з будь-якою іншою великою спорудою, вітрові турбіни можуть потенційно створювати перешкоди системам зв'язку, які використовують для передачі електромагнітних хвиль (наприклад, ліній телевізійного, радіо- або мікрохвильового зв'язку). Ефект залежить від конструкції турбіни та її розташування, а також чи стаціонарні ротори вітрової турбіни або знаходяться в русі.

Можливо, що вітрові турбіни будуть створювати перешкоди місцевому телевізійному сигналу через його відображення. У абонентів, розташованих перед вітрової станцією (де антена спрямована крізь турбіни) можуть періодично виникати перешкоди сигналів, що відбувається в результаті «розсіювання» сигналу обертовими лопатями. У абонентів, розташованих збоку від вітрової

					ДП1104.141.004.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		45

станції, можуть виникати періодичні відображення від лопатей, приводячи до запізнювання зображення або слабкому вторинному «примарному» зображенні.

Згідно п.14.7 ДБН Б.2.2-12:2019 «Планування та забудова територій» для електростанцій з використанням енергії сонця та вітру санітарно-захисні зони визначаються розрахунковим методом, але рекомендується визначати не менше 50-400 м відповідно від межі земельної ділянки [11].

4.6 Вплив на рослинний та тваринний світ

Згідно ДСТУ 8339:2015 п 6.6 Оцінення впливу на рослинний світ має визначати площу вирубування лісу, висушування боліт, зону впливу забруднювальних речовин, які викидають у повітря, негативні наслідки, пов'язані з наведеними чинниками.

Оцінення впливу ВЕС на рослинний світ передбачає виявлення змін:

- флористичного різноманіття рослинності;
- кількості основних (переважних), а також рідкісних та зникаючих видів рослинності;
- структури рослинного та ґрунтового покриву на різних ділянках місцевості в зоні впливу;
- співвідношення площ, зайнятих різними видами рослинності;
- меж рослинних угруповань та розмірів ділянок, що піддаються підтопленню, заболочуванню, висушуванню.

Оцінення впливу ВЕС на стан тваринного світу потребує визначення змін:

- у складі тваринного світу й гідрофауни;
- параметрів середовища існування, кількості та розмірів популяцій тваринного світу;
- характеру експлуатування промислових тварин, птиці, риб.

Вплив ВЕС на тваринний світ під час будівництва визначають за такими групами чинників: зміна ареалу перебування, безпосередній вплив на види та чисельність, біологічне забруднення, зміна шумового фону.

					ДП1104.141.004.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

Вплив ВЕС на тваринний світ під час експлуатування визначають за такими групами чинників: фізичний вплив під час зіткнення з турбінами, лопатями та вежами; порушення ареалів перебування; порушення шляхів мігрування птахів.

4.7 Оцінка впливу на людину

Щодо негативного впливу на здоров'я людей відомо, що негативний вплив від ВЕС розповсюджується на певну територію, яка визначається згідно стандартів і законодавства і називається санітарно-захисною зоною (СЗЗ). У межах СЗЗ проявляються такі негативні фактори як шум, вібрація, інфразвук, електромагнітне випромінювання, мерехтіння тіней тощо. У цих зонах люди можуть відчувати дискомфорт, а тривале перебування може зашкодити здоров'ю.

Будівництво ВЕС, як і будь-якої іншої будівлі, може становити потенційну небезпеку для жителів навколишніх населених пунктів. Щоб уникнути нещасних випадків треба застосовувати найбільш безпечні сучасні будівельні технології та огорожувати будівельний майданчик, щоб запобігти проникненню на територію мешканців сусідніх населених пунктів, встановлювати візуальні попереджувальні знаки.

Теоретично існує можливість, що лопаті турбіни можуть відпасти, від чого можуть постраждати люди, що можуть знаходитися поблизу (наприклад, пастухи, т.я. на потенційно небезпечній відстані відповідно до заходів промислової безпеки ВЕС немає населених пунктів).

Більш руйнівний ефект може бути викликаний утворенням льоду на лопатях в холодну пору року, в результаті чого шматки льоду можуть відколюватися і падати під час руху лопаті. При проектуванні турбін і лопатей треба розробити кілька технологій, що дозволять запобігти або зменшити такий ефект, наприклад, диференційну характеристику залежності зсуву ротора, запис коливань, точність приладу для визначення вітрових навантажень, контроль за допомогою датчика обмерзання. [18]

					ДП1104.141.004.ПЗ	Арк.
						47
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Всі технічні рішення щодо проектування та обладнання треба розробити і прийняти відповідно до чинних норм і правил, включаючи вимоги правила вибухо- та пожежної безпеки та державних будівельних стандартів.

4.8 Оцінка впливу відходів на навколишнє середовище, які будуть утворюватися на етапі будівництва та експлуатації ВЕС

Виникнення відходів під час будівництва ВЕС неминуче. Тим не менше, види та кількість вироблених відходів залежать від місцевих умов та етапів будівельних робіт. Основна кількість відходів буде утворюватися на етапі будівництва ВЕС.

Можливими джерелами забруднення можуть стати стоки поверхневих вод з території будівництва, забруднення від паливно-мастильних матеріалів, технічних рідин, що зберігаються неналежним чином, а також забруднення будівельним сміттям. Ризики будуть мінімізовані за рахунок ретельного управління будівельними роботами, безпечного зберігання паливномастильних матеріалів, технічних рідин та інших небезпечних речовин відповідно до кращої міжнародної практики і суворого контролю за відходами та їх утилізацією згідно з чинним законодавством.

Під час оцінювання впливу ВЕС у період будівництва потрібно враховувати такі джерела утворення відходів як: загальнобудівельна техніка, будівельний майданчик, земляні роботи, доставляння та зберігання вантажів, закладання фундаментних основ, прокладання ЛЕП, монтаж ВЕУ. Для оцінювання впливу відходів ВЕС на навколишнє середовище потрібно підготувати їх характеристику, зазначивши місця утворення, спосіб видалення, клас небезпеки, кількість та фізико-хімічні властивості.

При проведенні підготовчих та будівельних робіт планованої діяльності утворюються наступні види відходів: будівельні відходи; побутові відходи (рідкі відходи з біотуалету, тверді побутові відходи).

Будівельні відходи що виникають повинні складуватись в спеціальні контейнери. Треба забезпечити роздільне збирання будівельних відходів для

					ДП1104.141.004.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		48

можливості утилізації ресурсоцінних відходів в складі будівельних відходів. Заповнені контейнери передаються спеціалізованому підприємству що за відповідним договором забезпечує вивезення відходів на найближчі полігони.

Усі небезпечні відходи за ступенем їх шкідливого впливу на навколишнє природне середовище та на життя і здоров'я людини поділяються на чотири класи і підлягають обліку [19].

Загалом відходи сфер виробництва і сфери споживання залежно від фізичних, хімічних і біологічних характеристик усієї маси відходу або окремих його інгредієнтів поділяються на чотири класи небезпеки:

- I-й клас — речовини (відходи) надзвичайно небезпечні;
- II-й клас — речовини (відходи) високо небезпечні;
- III-й клас — речовини (відходи) помірно небезпечні;
- IV-й клас — речовини (відходи) мало небезпечні.

Знищення безпечних відходів (клас 3 і 4) дозволяється на полігонах для твердих побутових відходів з дозволу місцевої санітарно-епідеміологічної та екологічної служб та пожежної інспекції.

Відходи від роботи автотранспорту та будівельної техніки при проведенні підготовчих та будівельних робіт не повинні утворюватися, тому що автотранспорт та будівельна техніка наймані на короткий термін будівництва протягом якого не передбачено проведення технічного обслуговування з заміни оливи, заміни акумуляторів, заміни фільтрів, заміни шин тощо. Технічне обслуговування автотранспорту та будівельної техніки здійснює власник транспорту на станції технічного обслуговування або спеціалізованому підприємстві. Заправку автотранспорту та будівельної техніки здійснюють на автозаправочних станціях.

Відходи що утворюються при проведенні регламентних та ремонтних робіт на ВЕУ, передаються підприємству що за відповідним договором забезпечує проведення регламентних та ремонтних робіт – обслуговує установки. Тимчасове збереження відходів в межах установок не здійснюється.

					ДП1104.141.004.ПЗ	Арк.
						49
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Відходи що утворюються при обслуговуванні установок тимчасово зберігаються на території зазначеного підприємства, яке забезпечує екологічно безпечне поводження з відходами, в тому числі утилізацію.

Висновки по розділу 4

В розділі було проведено аналіз нормативної документації оцінки впливу на довкілля вітровими електростанціями.

Під час будівництва та експлуатації вітроелектростанцій (ВЕС) може виникати низка різноманітних впливів на навколишнє середовище. На етапі будівництва відбуваються механічні пошкодження рослинного покриву, ґрунту, ерозійні процеси, забруднення вод і ґрунтів, втрати природних територій та сільгоспугідь, зміна ландшафту, забруднення повітря, фрагментація екосистем. Під час експлуатації спостерігається підвищений рівень шуму, електромагнітне випромінювання, блимання тіней від лопатей, візуальний вплив, загибель птахів і кажанів, вібрація, погіршення якості вод і ґрунтів через аварійні розливи, поширення адвентивних видів рослин, затінення ділянок.

Для мінімізації негативного впливу ВЕС на навколишнє середовище та здоров'я людей необхідно дотримуватися норм і вимог законодавства, зокрема щодо встановлення санітарно-захисних зон (СЗЗ) навколо ВЕС, розрахунку акустичного режиму, оцінки електромагнітного випромінювання, впливу на рослинний і тваринний світ, а також належного поводження з відходами, що утворюються під час будівництва та експлуатації ВЕС.

Важливо проводити ретельні розрахунки та дослідження на етапі планування та проектування ВЕС для визначення оптимального розміщення.

					ДП1104.141.004.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		50

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

З метою визначення технічних можливостей приєднання та видачі потужності ВЕС проектною піковою потужністю 11,1 МВт та 7,5 МВт (загальна потужність – 18,6 МВт), будівництво якої здійснюється на території північної області України, проведено електричні розрахунки роботи електричної мережі регіону запланованого розміщення ВЕС.

Встановлено, що приєднання ВЕС до електричної мережі загального призначення не призводить до суттєвих змін у втратах активної потужності в мережі. Аналіз режимів роботи мережі з врахуванням підключення ВЕС потужністю 18,6 МВт показав, що в більшості випадків втрати залишаються незмінними або незначно змінюються. Це означає, що включення ВЕС не чинить негативного впливу на ефективність та економічність роботи мережі з точки зору втрат активної потужності. Звідси випливає, що зміна втрат активної потужності не є критичним фактором при визначенні доцільності приєднання ВЕС до даної електричної мережі. Загалом, приєднання джерел генерації електричної потужності, таких як ВЕС, призводить до зменшення навантаження на лінії електропередачі та трансформатори, що може сприяти зниженню втрат в мережі.

Досліджено перспективні усталені режими основної мережі 110 кВ і вище для зимового періоду за нормальної схеми, досліджено аварійні нормативні збурення з метою оцінювання стійкості СЕС, на підставі розрахунків електричної мережі, оцінено регульовальні можливості ВЕС з точки зору підтримання рівнів напруги в точці приєднання та, на підставі нормативної документації був проведений аналіз оцінки впливу на довкілля.

Результати виконаних розрахунків усталених режимів для навантажень денного максимуму зимового періоду 2021 року та з урахуванням п'ятирічної перспективи розвитку мережі 110-330 кВ регіону вказують на можливість реалізації схеми видачі ВЕС з приєднанням її за схемою. У нормальних, режимах показники роботи мережі 110 кВ і вище регіону (завантаження ЛЕП і АТ, рівні напруг у вузлах) залишаються в межах норми, критерій з надійності «N-1» для

					ДП1104.141.004.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		51

точки загального приєднання станції виконується.

Дослідження аварійних нормативних збурень в прилеглий мережі не виявило відхилень показників та параметрів роботи ВЕС від нормативних меж. Динамічна стійкість ВЕС зберігається для всіх розрахункових випадків, що розглядалися.

Розрахунками виявлено, що регулювальні можливості ВЕС дозволяють змінювати напругу в прилеглий мережі у достатніх межах для виконання регулювання напруги та компенсації її підвищення під час роботи ВЕС. Відповідно, при використанні регулювальних можливостей ВЕС, у встановленні додаткових пристроїв компенсації реактивної потужності немає необхідності.

Для мінімізації негативного впливу вітропарків на довкілля та здоров'я людей необхідно дотримуватись норм законодавства, зокрема встановлювати санітарно-захисні зони, розраховувати акустичний режим, оцінювати електромагнітне випромінювання та вплив на рослини і тварин, а також належно поводитись з відходами від будівництва та експлуатації.

					ДП1104.141.004.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		52

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. «Правила улаштування електроустановок», 2017 (далі – ПУЕ-2017).
2. СОУ-Н МЕВ 40.1 00100227 - 68:2012 «Стійкість енергосистем. Керівні вказівки».
3. СОУ НЕК 341.001:2019 «Вимоги до вітрових та сонячних електростанцій при їх роботі паралельно з об'єднаною енергетичною системою України».
4. ДСТУ ГОСТ 13109-97 «Електрична енергія. Сумісність технічних засобів. Норми якості електричної енергії в системах електропостачання загального призначення».
5. ДСТУ EN 50160:2014 «Характеристики напруги електропостачання в електричних мережах загальної призначеності».
6. Кодекс системи передачі, затверджений Постановою НКРЕКП 14.03.2018 № 309.
7. ДСТУ 3896:2007 «Вітроенергетика. Вітроенергетичні установки та вітроелектричні станції. Терміни та визначення понять».
8. Наказ Міністерства охорони здоров'я України від 19.06.1996 р №173 «Про затвердження Державних санітарних правил планування та забудови населених пунктів».
9. Закон України «Про землі енергетики та правовий режим спеціальних зон енергетичних об'єктів». 9 липня 2010 року № 2480-VI.
10. ДСП 173-96 «Державні санітарні правила планування і забудови населених пунктів».
11. Правила охорони електричних мереж (Постанова КМУ №209 від 4.03.1997р.).
12. ДСТУ 8339:2015 «Вітроелектростанції. Оцінка впливу вітроелектростанцій на навколишнє середовище».
13. ДСТУ ІЕС 61400-11:2010 «Системи турбогенераторні вітряні. Частина 11. Методика вимірювання акустичного шуму» (ІЕС 61400-11:2006, IDT).

					ДП1104.141.004.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		53

14. ДСТУ-Н Б В.1.1-35:2013 «Настанова з розрахунку рівнів шуму в приміщеннях і на територіях».

15. ДСТУ-П ІЕС/TS 61400-14:2010 «Турбіни вітряні. Частина 14. Визначення істинного рівня звукової потужності та тональності» (ІЕС/TS 61400-14:2005, IDT).

16. Наказ Міністерства охорони здоров'я України від 22.02.2019 р № 463 «Про затвердження Державних санітарних норм допустимих рівнів шуму в приміщеннях житлових та громадських будинків і на території житлової забудови».

17. ДБН В.1.1-31:2013 «Захист територій, будинків і споруд від шуму».

18. ДБН Б.2.2-12:2019 «Планування та забудова територій».

19. ГКД 341.003.003.003-2000 «Вітроенергетика. Площадки для вітряних електростанцій. Вимоги щодо відбору».

20. Закон України «Про відходи» від 5 березня 1998 року № 187/98-ВР.

					ДП1104.141.004.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		54

Ім'я користувача:
Чижевський Володимир

ID перевірки:
1016351573

Дата перевірки:
13.06.2024 02:00:17 EEST

Тип перевірки:
Doc vs Internet + Library

Дата звіту:
13.06.2024 10:53:33 EEST

ID користувача:
100006981

Назва документа: Луговий Ярослав Олексійович

Кількість сторінок: 42 Кількість слів: 8981 Кількість символів: 63122 Розмір файлу: 1.06 MB ID файлу: 1016155241

26.8% Схожість

Найбільша схожість: 4.35% з джерелом з Бібліотеки (ID файлу: 1016148649)

20.7% Джерела з Інтернету

292

Сторінка 44

15% Джерела з Бібліотеки

324

Сторінка 48

0% Цитат

Вилучення цитат вимкнене

Вилучення списку бібліографічних посилань вимкнене

0% Вилучень

Немає вилучених джерел

Модифікації

Виявлено модифікації тексту. Детальна інформація доступна в онлайн-звіті.

Замінені символи

49