

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет Факультет прикладних інформаційних технологій та електроінженерії
(повна назва факультету)

Кафедра Електричної інженерії
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Тарасенко М. Г.
(підпис) (прізвище та ініціали)

« » _____ 2023 р.

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступеня _____ магістр
(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка
(шифр і назва спеціальності)

студенту _____ Поважному Олександрю Тарасовичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Забезпечення роботи вітрової електростанції в електричній мережі Західної енергосистеми

Керівник роботи Белякова Ірина Володимирівна, к.т.н., доцент
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від « 10 » листопада 2023 року № 4/7-1039

2. Термін подання студентом завершеної роботи 15 грудня 2023 року

3. Вихідні дані до роботи Локації розташування, потужність

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

1. Аналітичний розділ

2. Розрахунково-дослідницький розділ

3. Проектно-конструкторський розділ

4. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях

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

1. Варіант 1 1л. ф – А1

2. Варіант 2 1л. ф – А1

3. Варіант 3 1л. ф – А1

4. Варіант 4 1л. ф – А1

5. Результати розрахунку поточкорозподілу в мережі 110 кВ і вище в зоні дії ВЕС 1л. ф – А1

6. 1л. ф – А1

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	Гурик О. Я. к.т.н., доцент		
	Клепчик В.М., старший викладач		
Нормоконтроль	Мовчан Л.Т. к.т.н., доцент		

7. Дата видачі завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Вступ		
2	Аналітичний розділ		
3	Розрахунково-дослідницький розділ		
4	Проектно-конструкторський розділ		
5	Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях		
6	Висновки		
7	Оформлення пояснювальної записки		
8	Оформлення графічної частини		

Студент _____
(підпис)

Поважний О.Т.
(прізвище та ініціали)

Керівник роботи _____
(підпис)

Белякова І.В.
(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Поважний О.Т. Забезпечення роботи вітрової електростанції в електричній мережі Західної енергосистеми. 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка. ТНТУ імені Івана Пулюя. ФПТ. Кафедра ЕІ, група ЕТмз-61. – Тернопіль.: ТНТУ, 2023.

Стор. – 80; рис. – 13; табл. – 20; креслень - ; джерел - 12; додатків - 0.

Вітроустановки планується розташувати на трьох майданчиках. Варіанти схеми приєднання ВЕС до мереж Західної ЕС розглядались на напрузі 330 кВ, 220 кВ і 110 кВ із врахуванням розташування майданчиків для будівництва ЦПС ВЕС. Збір ВЕУ планується на напрузі 35 кВ. При розробці варіантів враховувалась: достатність пропускної потужності автотрансформаторів ПС 330 кВ Радивилів; можливість розширення ВРП ПС 330 кВ Радивилів. Варіанти схеми приєднання ВЕС ТОВ «ВІТРОПАРК ЗАХІДНИЙ-Р» до мереж Західної ЕС розглядались із врахуванням потужності та розташуванням майданчиків ВЕУ. Збір ВЕУ виконується кабельними лініями 35 кВ. За капіталовкладеннями найдешевшим є варіант №1, варіанти №2 і 3 дорожчі за варіант 1 на 33% та 43% відповідно. Основним розглядається варіант №4, який передбачає приєднання 420 МВт потужності ВЕС, для якого питома вартість приєднання є вищою всього на 10%. Для приєднання 1 етапу ВЕС, необхідна заміна трансформатора струму 110 кВ на ПС 110 кВ. При приєднанні потужності 2 етапу у режимі з вимкненням АТ 750/330 кВ РАЕС виникає перевантаження ПЛ 330 кВ ХАЕС – Рівне, що вимагає реконструкції даної ПЛ або установки ППК (пристрою поздовжньої компенсації) у ПЛ 330 кВ ЗУ – ВЕС. Проектована ВЕС видаватиме потужність в мережу Західної ЕС, що працює паралельно з мережами ОЕС України. Для перевірки існуючого обладнання і вибору нового пороховані струми короткого замикання (КЗ) в мережі 110 кВ і вище району, що розглядається.

Ключові слова: енергетична система, електрична мережа, вітрова електростанція.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
1. АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ.....	8
1.1 Вступ.....	8
1.2 Коротка характеристика району розташування ВЕС.....	9
1.3 Принцип роботи вітрового генератора	11
1.4 Особливості влаштування вітрового генератора	11
1.5 Конструкція вітрових генераторів енергії	12
1.6 Модифікації вітрогенераторного обладнання	13
1.7 Особливості використання вітрогенератора	14
1.8 Постановка задач.....	15
2. РОЗРАХУНКОВО-ДОСЛІДНИЦЬКИЙ РОЗДІЛ.....	16
2.1 Варіанти схеми приєднання ВЕС.....	16
2.1.1 Варіант 1 – 300 МВт.....	17
2.1.2 Варіант 2 – 300 МВт.....	21
2.1.3 Варіант 3 – 300 МВт.....	26
2.1.4 Варіант 4.....	30
2.2 Орієнтовні капіталовкладення.....	37
2.3 Вибір оптимального варіанту схеми приєднання ВЕС.....	45
2.4 Висновки до розділу.....	52
3. ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ	55
3.1 Електричне навантаження.....	55
3.2 Генеруючі потужності.....	57
3.3 Баланси потужності.....	59
3.4 Протиаварійна автоматика.....	64
3.5 Струми КЗ.....	66
3.6 Висновки до розділу.....	67

4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ....	70
4.1 Дія шуму і вібрації на організм людини.....	70
4.2 Інженерні заходи захисту населення та персоналу об'єктів енергетики. Організація укриття у мирний та воєнний час	74
4.2.1 Укриття в захисних спорудах.....	74
4.2.2 Призначення і класифікація сховищ.....	75
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	76
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	79

ВСТУП

Актуальність теми. Питанню збереження екології стає дедалі актуальнішим з кожним роком. Одним із найважливіших його факторів є пошук альтернативних джерел енергії, до яких належить і вітрова електроенергія.

Вітрові електричні станції застосовуються для генерування електричної енергії через перетворення енергії повітряних мас, які переміщуються в механічну, а потім – в електричну. Рух повітря виникає через перепади тиску, спричинених різницею температур. Чим більша різниця у значення тиску повітря – тим вища швидкість вітру.

Вітрові станції дають змогу генерувати струм, при цьому не забруднюючи довкілля різними шкідливими викидами. Отже, енергія вітру являється практично невичерпним відновлюваним джерелом енергії (ВДЕ), до того ж собівартість електрики, що отримується, дає змогу на рівні конкурувати із традиційними джерелами.

Тому, задача забезпечення роботи вітрової електростанції в електричній мережі Західної енергосистеми є актуальною [12].

Мета і завдання роботи Метою кваліфікаційної роботи є забезпечення роботи вітрової електростанції в електричній мережі Західної енергосистеми.

Завдання:

- ✓ Провести вибір місця розташування майданчиків ВЕС;
- ✓ Провести розробку варіантів, при цьому врахувати достатню пропускну потужність автотрансформаторів ПС 330 кВ Радивилів, можливість розширення ВРП ПС 330 кВ Радивилів;
- ✓ Провести розрахунок загальних капіталовкладень в нове будівництво мереж та в реконструкцію існуючих;
- ✓ Провести техніко-економічне порівняння варіантів;
- ✓ Розглянути необхідність заміни трансформатора струму 110 кВ на ПС 110 кВ;

- ✓ Розглянути необхідність установки пристрою повздовжньої компенсації у ПЛ 330 кВ;
- ✓ Подати прогноз рівнів споживання та баланси потужності Західної енергосистеми на перший рік уведення повної потужності ВЕС та 5-ти річну перспективу;
- ✓ Провести розрахунок струмів короткого замикання для вибору нових та перевірки відповідності комутаційної здатності вимикачів на існуючому об'єкті, до якого приєднується ВЕС.

Об'єкт дослідження – процеси генерації електричної енергії відновлювальними джерелами

Предмет дослідження – схеми підключення ВЕС для паралельної роботи з енергосистемою.

Наукова новизна отриманих результатів. Отримала подальший розвиток схемна реалізація забезпечення надійної роботи ВЕС в енергосистемі.

Практичне значення отриманих результатів. Запропонована схемна реалізація безперебійної роботи ВЕС в енергосистемі.

Апробація результатів. Результати досліджень Поважного Олександра Тарасовича за темою кваліфікаційної роботи «Забезпечення роботи вітрової електростанції в електричній мережі Західної енергосистеми» були представлені на XII Міжнародній науково-технічній конференції молодих учених та студентів “Актуальні задачі сучасних технологій” (6-7 грудня 2023 року), м. Тернопіль, Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя.

Структура роботи. Робота складається з вступу, 4 розділів, загальних висновків, переліку посилань (12 найменувань).

Загальний обсяг текстової частини - 80 сторінок, 20 таблиць, 13 рисунків.

1 АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ

1.1 Вступ

Увід повної потужності ВЕС планується на 2024 р.

Вітроустановки (ВЕУ) планується розташувати на трьох майданчиках:

— локації 1 і 2, встановленою потужністю по 100 МВт кожна, – на майданчиках біля Радивиліва (Рівненська область);

— локація 3, встановленою потужністю 100 МВт, – на майданчику біля населеного пункту Лідихів (Кременецький район Тернопільська область).

Додатково розглянутий варіант схеми приєднання ВЕС загальною потужністю 420 МВт із виділенням етапу 1 потужністю 100 МВт. Розташування додаткової локації 4 (120 МВт) прийняте біля населеного пункту Шпаки Золочівського району Львівської області.

Варіанти схеми приєднання ВЕС до мереж Західної ЕС розглядались на напрузі 330 кВ, 220 кВ і 110 кВ із врахуванням розташування майданчиків для будівництва ЦПС ВЕС. Збір ВЕУ планується на напрузі 35 кВ.

Розглянуто:

— аналіз існуючого стану мереж 110 кВ і вище району розташування майданчиків ВЕУ;

— розгляд варіантів схеми приєднання ВЕС до мереж Західної ЕС із врахуванням існуючого стану мереж;

— визначені втрати електроенергії за варіантами схеми видачі потужності ВЕС;

— визначена за укрупненими показниками вартість за варіантами схеми видачі потужності ВЕС;

— вибір оптимального варіанту.

При виборі схеми приєднання ВЕС до мереж враховані плани розвитку на перспективу Західної ЕС НЕК «Укренерго», вимоги [1].

1.2 Коротка характеристика району розташування ВЕС

Майданчики вітроелектростанції ТОВ «ВІТРОПАРК ЗАХІДНИЙ-Р» розташовані на території Рівненської та Львівської областей, які обслуговуються мережами 330(220) кВ Західної ЕС НЕК «Укренерго» і мережами 110 кВ ПрАТ «Рівнеобленерго», ПрАТ «Львівобленерго», а також на території Тернопільської області, яка обслуговується мережами 110 кВ ВАТ «Тернопільобленерго» Південно-Західної ЕС.

Всі локації (1, 2, 3 і додаткова 4) ВЕС розташовані в зоні дії ПС 330/220/110/35 кВ Радивилів.

ПС 330 кВ Радивилів приєднана відгалуженням (провід 2АСО-300, 13,1 км) до ПЛ 330 кВ ПС 750 кВ Західноукраїнська – ПС 330 кВ Рівне (провід 2АСО-300, довжина 233,1 км), яка є частиною магістралі 330 кВ Рівненська АЕС – ПС 750 кВ Західноукраїнська.

По магістралі 220 кВ довжиною 74,5 км із проводом АСО-300 ПС 330 кВ Радивилів зв'язана з Добротвірською ТЕС.

По двох магістралях 110 кВ ПС 330 кВ зв'язана:

– з Рівненським енерговузлом – загальна довжина 103,4 км, провід АС-185;

– з Львівським енерговузлом і Добротвірською ТЕС через вузлову ПС 110 кВ Красне. ПЛ 110 кВ ПС 330 кВ Радивилів – Красне загальною довжиною 88,4 км виконана проводом АС-120 (76,1 км) і АС-185 (12,3 км). Від ПС 110 кВ Красне до Добротвірської ТЕС зв'язок загальною довжиною 45,3 км виконаний проводом АС-185 (33,7 км) і проводом АС-95 (11,6 км). Зв'язок із Львівським енерговузлом (ПС 220 кВ Львів-2) загальною довжиною 57,2 км виконаний проводом АС-150 (24,6 км) і АС-120 (32,6 км).

Пропускна здатність мереж району розташування ВЕС ТОВ «ВІТРОПАРК ЗАХІДНИЙ-Р» може бути зменшена:

– 330 кВ – наявність «трикутника» – відгалуження на ПС 330 кВ Радивилів від ПЛ ПС 750 кВ Західноукраїнська – Рівне;

— 220 кВ – приєднання ПЛ 220 кВ від Добротвірської ТЕС до ВРП 220 кВ ПС 330 кВ Радивилів через відокремлювач із короткозамикачем (ВД з КЗ);

— 110 кВ – наявність в магістралях 110 кВ діляниць виконаних проводом АС-95 і АС-120.

На ПС 330/220/110/35/10 кВ Радивилів встановлені два автотрансформатори: 330/110/10 кВ потужністю 200 МВА і 220/110/10 кВ потужністю 125 МВА. Крім того, на ПС встановлені два трансформатори 110/35/27 кВ, які знаходяться у власності «Укрзалізниці».

ВРП ПС Радивилів виконані:

— ВРП 330 кВ – за схемою «блок лінія-автотрансформатор з вимикачем в лінії»;

— ВРП 220 кВ – за нетиповою схемою «блок лінія-автотрансформатор з ВД з КЗ в ланцюгу автотрансформатора»;

— ВРП 110 кВ – за нетиповою схемою «дві робочі і обхідна системи шин із сумісним обхідним і шиноз'єднувальним вимикачем. Від ВРП відходить п'ять ПЛ: на Дубно-тяга, Берестечко (ВОЕ), НПС і Броди (ЛОЕ), Кременець (ТОЕ ПдЗЕС);

— ВРП 35 кВ – за нетиповою схемою «дві секції секціоновані роз'єднувачем». Від ВРП відходить три ПЛ: на Радивилів-місто, Суховоля і Білявці (ЛОЕ);

— РП 10 кВ – за схемою 10-1 «одна секціонована вимикачем система шин».

Стан існуючих мереж врахований при розробці варіантів схеми приєднання ВЕС.

1.3 Принцип роботи вітрового генератора.

Пошук альтернативних методів отримання електричної енергії ведеться уже тривалий час. Одним із варіантів такого обладнання являються вітрові генератори, що здатні виробляти електричну енергію за рахунок вітру. Принцип роботи вітрового генератора базується на можливості енергії переходити із одного виду в інший.

Даний тип обладнання функціонує так: вітер має кінетичну енергію, що має можливість перетворюватися у механічну енергію. Далі пристрій перетворює дану механічну енергію у електричну енергію. Отже, можна отримувати електричну енергію взагалі безкоштовно. Потужність вітроелектростанцій змінюється у межах від 5 до 4500 *kW*. В даний час розроблено обладнання, що може виробляти електричну енергію навіть за слабкої швидкості вітру 4 *m/s*. [3]

Принцип роботи вітряка являється дуже простим. Використання вітряка дає можливість не лише економити на оплаті електричної енергії, а також продавати електроенергію державі за умовами «зеленого тарифу». Такий спосіб отримання електричної енергії підходить для всіх об'єктів, які знаходяться у місцевості без централізованого постачання електричної енергії або може бути використаний додатковим джерелом. Даний спосіб являється оптимальним вибором та дозволяє автономно електрифікувати будь-який об'єкт. [5]

1.4 Особливості влаштування вітрового генератора.

Вітрогенератор має лопаті, що рухаються внаслідок впливу на них сили вітру. Дане обертання запускає турбіну, що відповідно починає обертатися. В турбіні починає генеруватися електрична енергія, потужність визначається відповідно силою вітру. Із зростанням енергії вітру зростає механічна енергія, яка виробляється турбіною.

Пристрій вітрового генератора може відрізнятися відсутністю або наявністю мультиплікатора. У випадку його передбачення, енергія від турбіни буде передаватися мультиплікатору. Призначенням мультиплікатора являється прискорення обертання осі. Установки без мультиплікатора являються ефективнішими, так як у них немає генерації додаткової енергії, відповідно, немає розтрати даної енергії. Такому обладнанню повністю достатньо енергії вітру для нормального функціонування.

Принцип роботи вітроелектростанції дав змогу отримувати електричну енергію альтернативним способом і забезпечити автономність усіх об'єктів. Потужність вітроелектростанції визначається розмірами лопатей. Чим більша площа лопатей, тим вищу потужність отримуємо, використовуючи принцип роботи вітрової установки. [5]

Якщо турбіна характеризується малими розмірами, для одержання високої потужності буде потрібно сильний вітер. Якщо турбіна є великою, то вона має можливість і при малій швидкості вітру видавати потрібну потужність.

Конструкція вітряка повністю визначає здатність виробляти необхідну кількість електричної енергії за певну одиницю часу у залежності від швидкості потоку вітру.

1.5 Конструкція вітрових генераторів енергії.

Вітрогенератори включають: [2, 3]

- акумуляторну батарею;
- установку, що перетворює силу вітру на енергію;
- контролер заряду;
- інвертор.

Обладнання, яке перетворює енергію вітру на електричну енергію, містить:

генератор;

турбіну;
систему керування турбіною;
щоглу;
хвіст або систему азимутального приводу;
мультиплікатор;
випрямляч.

З погляду потужності усе генераторне обладнання вітру класифікується на:

- промислове – від 500 *кВт*;
- побутове 1–10 *кВт*.

1.6 Модифікації вітрогенераторного обладнання.

Принцип роботи вітрової електростанції дав можливість створювати побутове обладнання. В модифікаціях із горизонтальним розташуванням є певні розбіжності в системах, які управляють роторами. При азимутальному приводі фіксація вітру напряду здійснюється за рахунок електроніки. В залежності від отриманих даних відбувається розворот від вітру у випадку, коли його швидкість буде вища за номінальну швидкість.

Якщо система керування є аеромеханічною, на лопатях вітрогенераторів будуть спеціальні рухомі елементи. Таке конструкційне рішення дає змогу змінювати розташування площини лопатей у залежності від напряду вітру. Отже, досягається найефективніше функціонування даного обладнання.

Вітрогенератори, які характеризуються вертикальним розташуванням осі, являються низькоефективними установками, що не рекомендується використовувати. До такого неефективного обладнання можна віднести:

«Дар'є» («Darrieus») [4];

«Савоніуса» («Savonius») [4].

В наші дні найбільшого поширення набули вітрові крильчасті генератори, в яких вісь обертання розташована горизонтально. Це пов'язано із тим, що в

таких вітрових крильчатих генераторах легко досягти 30% коефіцієнта використання енергії вітрового потоку. При вертикальній осі обертання цей коефіцієнт в ліпшому разі може досягати 20%. [2]

Якщо порівняти електропостачання від вітрового генератора та сонячних батарей, то вони являються ідентичними. Отже, у одній системі енергопостачання можуть бути як одні так і інші генератори. Це дає змогу отримати максимальну кількість електричної енергії від альтернативних джерел енергії. [5]

1.7 Особливості використання вітрогенератора.

Потрібно відмітити, що кожні десять метрів підйому дають змогу отримати швидкість вітру на 1 м/с більшу. Отже, від висоти щогли залежить як ефективно зможе функціонувати обладнання генератора. Також на ефективність роботи буде впливати діаметр ротора. Отже краще, щоб діаметр ротора був більшим. [4]

Вітрогенератори характеризуються широкою сферою їх застосування. Такі пристрої встановлюють в приватних будинках, промислових підприємствах, та інших об'єктах, які потребують автономного енергопостачання. Для їх установки краще вибирати відкриті території. Це можуть бути пагорби, височини, а також мілководдя.

Вітрогенераторне обладнання можна використовувати у одиничному екземплярі або навіть групою. Для масштабних об'єктів ці пристрої об'єднують в великі парки. Їх використання можливе як основним так і додатковим джерелом електричної енергії. [5]

1.8 Постановка задач

1. Провести вибір місця розташування майданчиків ВЕС;
2. Провести розробку варіантів, при цьому врахувати достатню пропускну потужність автотрансформаторів ПС 330 кВ Радивилів, можливість розширення ВРП ПС 330 кВ Радивилів;
3. Провести розрахунок загальних капіталовкладень в нове будівництво мереж та в реконструкцію існуючих;
4. Провести техніко-економічне порівняння варіантів;
5. Розглянути необхідність заміни трансформатора струму 110 кВ на ПС 110 кВ;
6. Розглянути необхідність установки пристрою повздовжньої компенсації у ПЛ 330 кВ;
7. Подати прогноз рівнів споживання та баланси потужності Західної енергосистеми на перший рік уведення повної потужності ВЕС та 5-ти річну перспективу;
8. Провести розрахунок струмів короткого замикання для вибору нових та перевірки відповідності комутаційної здатності вимикачів на існуючому об'єкті, до якого приєднується ВЕС.

2 РОЗРАХУНКОВО-ДОСЛІДНИЦЬКИЙ РОЗДІЛ

2.1 Варіанти схеми приєднання ВЕС

Схема приєднання ВЕС до мереж повинна відповідати п.11.2 [1].

Для коректного вибору перетину ПЛ, які намічаються до будівництва або реконструкції існуючих, необхідно перевірити пропускну здатність мереж при повній видачі потужності ВЕС як в зимовий так і в літній період. Завантаження ПЛ перевіряється в зимовий період при температурі повітря -50°C, в літній період при температурі повітря +35°C для даного регіону.

Нижче наведена таблиця 2.1 довготривалого навантаження ПЛ 110 - 330 кВ в залежності від температури повітря.

Таблиця 2.1 – Довготривале допустиме навантаження ПЛ 110 - 330 кВ, МВт.

Температура повітря, С°	-5	+25	+35
Коефіцієнт, що враховує температуру повітря	1,29	1,0	0,88
ПЛ 330 кВ			
2АС-300	965,0	748,0	658,0
2АС-400	1166,0	904,0	795,0
ПЛ 220 кВ			
АС-240	281,0	218,0	192,0
АС-300	321,0	249,0	219,0
ПЛ 110 кВ			
АС-185	119,4	92,6	81,4
АС-240	140,0	109,2	96,0
АС-300	159,0	124,0	109,0

При розробці варіантів враховувалось:

— достатність пропускної потужності автотрансформаторів ПС 330 кВ Радивилів: один АТ 330/110/10 кВ потужністю 200 МВА; один АТ 220/110/10 кВ потужністю 125 МВА;

— можливість розширення ВРП ПС 330 кВ Радивилів: ВРП 330 кВ – існує можливість будівництва ВРП за схемою «чотирикутника» ВРА 220 кВ – розширенню не підлягає; ВРА 110 кВ – існує можливість встановлення однієї комірки.

Варіанти схеми приєднання ВЕС ТОВ «ВІТРОПАРК ЗАХІДНИЙ-Р» до мереж Західної ЕС розглядались із врахуванням потужності та розташуванням майданчиків ВЕУ. Збір ВЕУ виконується кабельними лініями 35 кВ. Розподіл ВЕУ по групах прийнятий умовно.

Розташування майданчиків локацій ВЕУ прийняте:

— локація 1 – територія між населеними пунктами Гаї-Лев'ятинські, Стоянівка, Дружба, Новоукраїнськ Дубенського району Рівненської області;

— локація 2 – територія між населеними пунктами Копаня, Круки, Підзамче Дубенського району Рівненської області;

— локація 3 – територія біля населеного пункту Лідихів Кременецького району Тернопільської області;

— локація 4 (додаткова) – територія біля населеного пункту Шпаки Золочівського району Львівської області;

Варіанти схеми приєднання ВЕС до мереж Західної ЕС розглядались із врахуванням видачі повної потужності ВЕС 300 МВт для варіантів 1, 2, 3. Розглянутий варіант збільшення видачі повної потужності ВЕС до 420 МВт (варіант 4) із видачею потужності ВЕС 100 МВт на етапі 1. Додатковий варіант розглядався на базі варіанту 1.

2.1.1 Варіант 1 – 300 МВт

На рисунку 2.1, рисунку 2.2 показано Варіант 1 – 300 МВт.

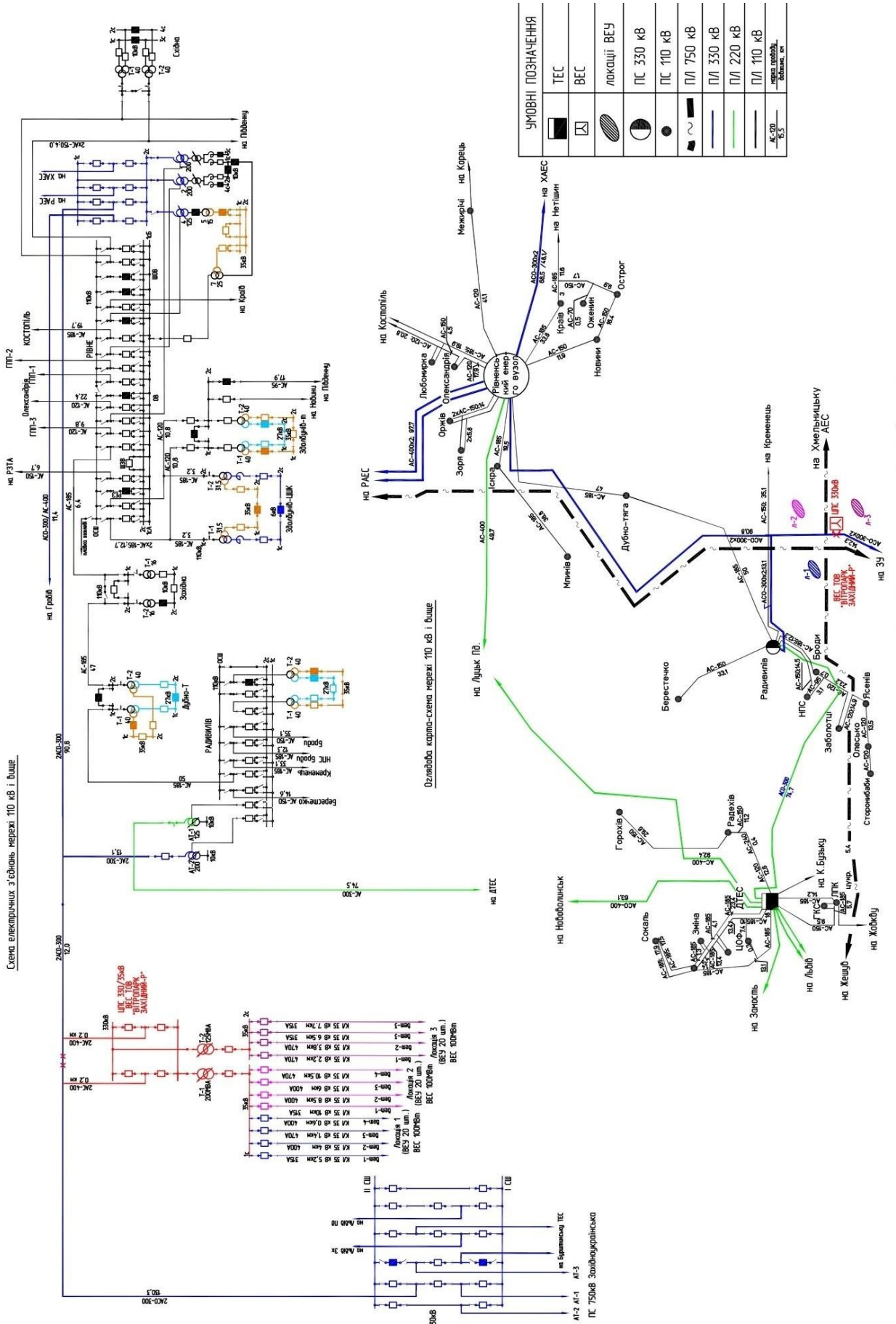


Рисунок 2.1 - Варіант 1 – 300 МВт

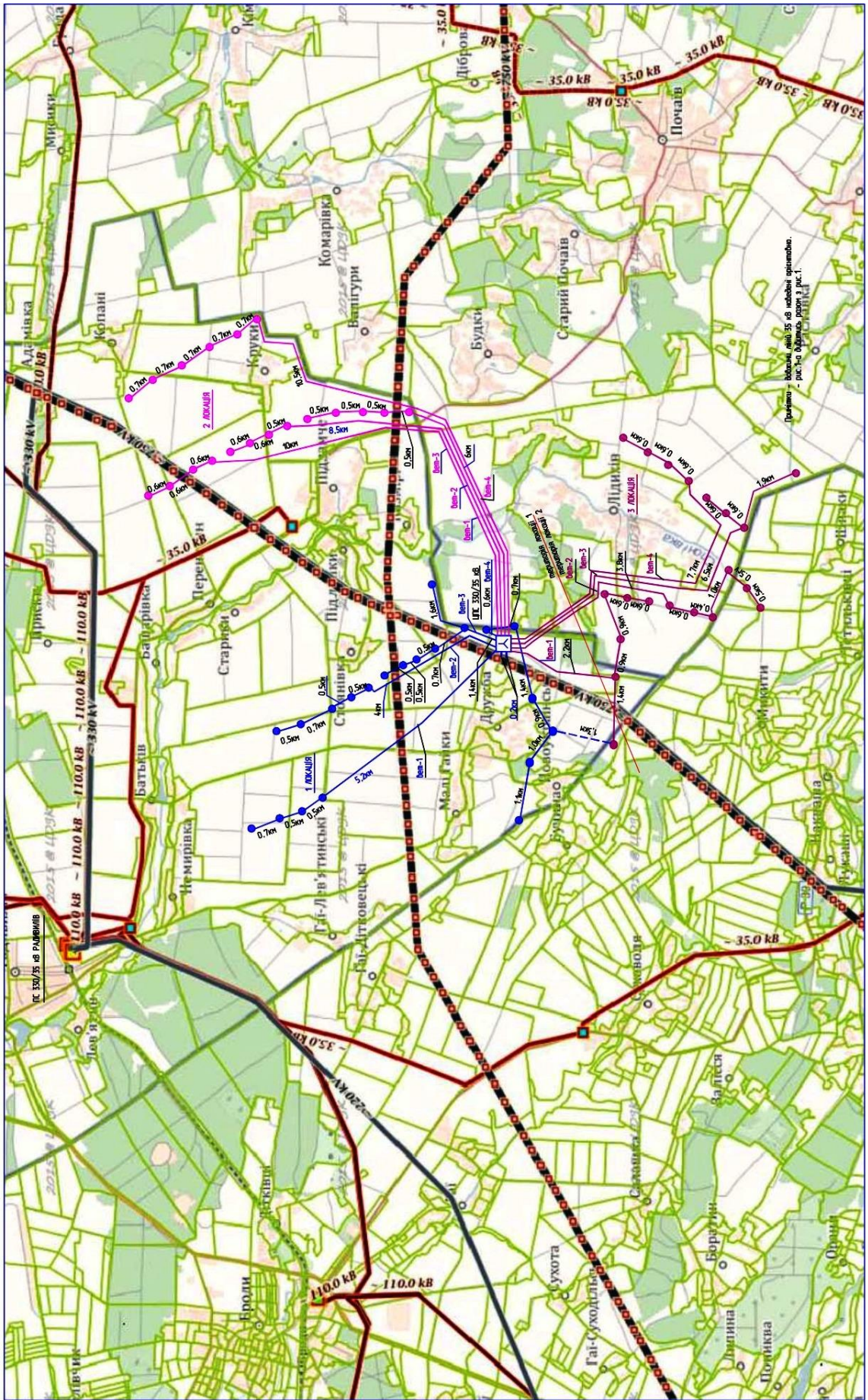


Рисунок 2.2 - Варіант 1 – 300 МВт

Варіант 1 – 300 МВт (рис. 2.1, рис. 2.2) – видача потужності ВЕС 300 МВт шляхом врізки у ПЛ 330 кВ Західноукраїнська – Рівне.

Для видачі потужності ВЕС будується ЦПС 330/35 кВ із встановленням двох трансформаторів 330/35 кВ потужністю 200 МВА і 125 МВА. ЦПС 330 кВ приєднується до ПЛ 330 кВ ПС 750 кВ Західноукраїнська – відгалуження на ПС 330 кВ Радивилів за схемою «захід-вихід».

Видача потужності ВЕУ локації 1 і 2 пропонується через трансформатор (Т-1) потужністю 200 МВА, локації 3 – через трансформатор (Т-2) потужністю 125 МВА.

У варіанті 1 розташування майданчика для будівництва ЦПС 330/35 кВ ВЕС прийняте в районі населеного пункту Дружба на відстані до 200 м від траси ПЛ 330 кВ ПС 750 кВ Західноукраїнська – відгалуження на ПС 330 кВ Радивилів. Точка приєднання ЦПС до ПЛ 330 кВ прийнята орієнтовно на відстані до 12 км від відгалуження на ПС 330 кВ Радивилів.

Збір ВЕУ по групах прийнятий – для кожної локації по чотири групи. Кількість ВЕУ, струмове завантаження головної ділянки групи та її довжина наведені в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Збір ВЕУ за варіантом 1.

Магістраль, дільниця	Довжина головної ділянки, км	Кількість ВЕУ в групі, шт.	Навантаження дільниці	
			потужність, МВт	струм, А
ЦПС 330/35 кВ				
Локація 1	11,2	20	100	
ланцюг-1	5,2	4	20	315
ланцюг-2	4	5	25	400
ланцюг-3	1,4	6	30	470
ланцюг-4	0.6	5	25	400

Продовження таблиці 2.2

Локація 2	35	20	100	
ланцюг-1	10	4	20	315
ланцюг-2	8,5	5	25	400
ланцюг-3	6	5	25	400
ланцюг-4	10.5	6	30	470
Локація 3	20.2	20	100	
ланцюг-1	2,2	6	30	470
ланцюг-2	3.8	6	30	470
ланцюг-3	6.5	4	20	315
ланцюг-4	7,7	4	20	315
Всього	66,4	60	300	

Для реалізації варіанту 1 будується:

— ВРП 330 кВ ЦПС за схемою 330-10 «трансформатор-шини з приєднанням лінії через два вимикача» із встановленням чотирьох комірок вимикачів 330 кВ;

— ВРП 35 кВ ЦПС за схемою «дві робочі секції без встановлення секційного вимикача 35 кВ». На 1с встановлюється 9 вимикачів: 1 для приєднання Т-1 і 8 лінійних для приєднання груп ВЕУ локації 1 і 2. На 2с встановлюється 5 вимикачів: 1 для приєднання Т-2 і 4 лінійних для приєднання груп ВЕУ локації 3;

— дві одноланцюгові ПЛ 330 кВ із проводом 2АС-400 довжиною орієнтовно по 0,2 км кожна для приєднання ЦПС 330 кВ до ПЛ ПС 750 кВ Західноукраїнська – відгалуження ПС 330 кВ Радивилів по схемі «захід-вихід»;

— КЛ 35 кВ для приєднання груп ВЕУ до ВРП 35 кВ ЦПС загальною довжиною головних ділянок орієнтовно 66,4 км.

2.1.2 Варіант 2 – 300 МВт

На рисунку 2.3, рисунку 2.4 показано Варіант 2 – 300 МВт.

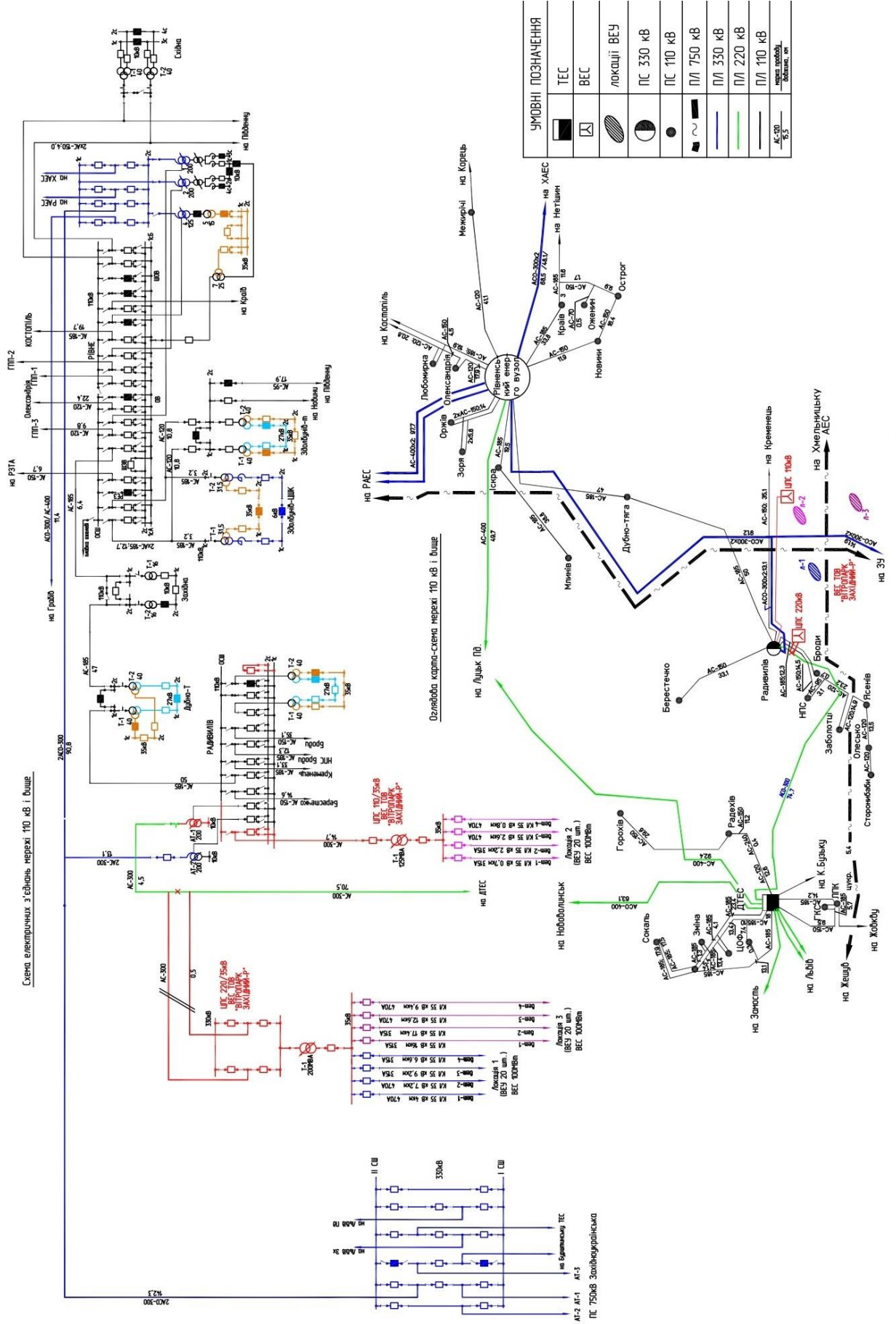
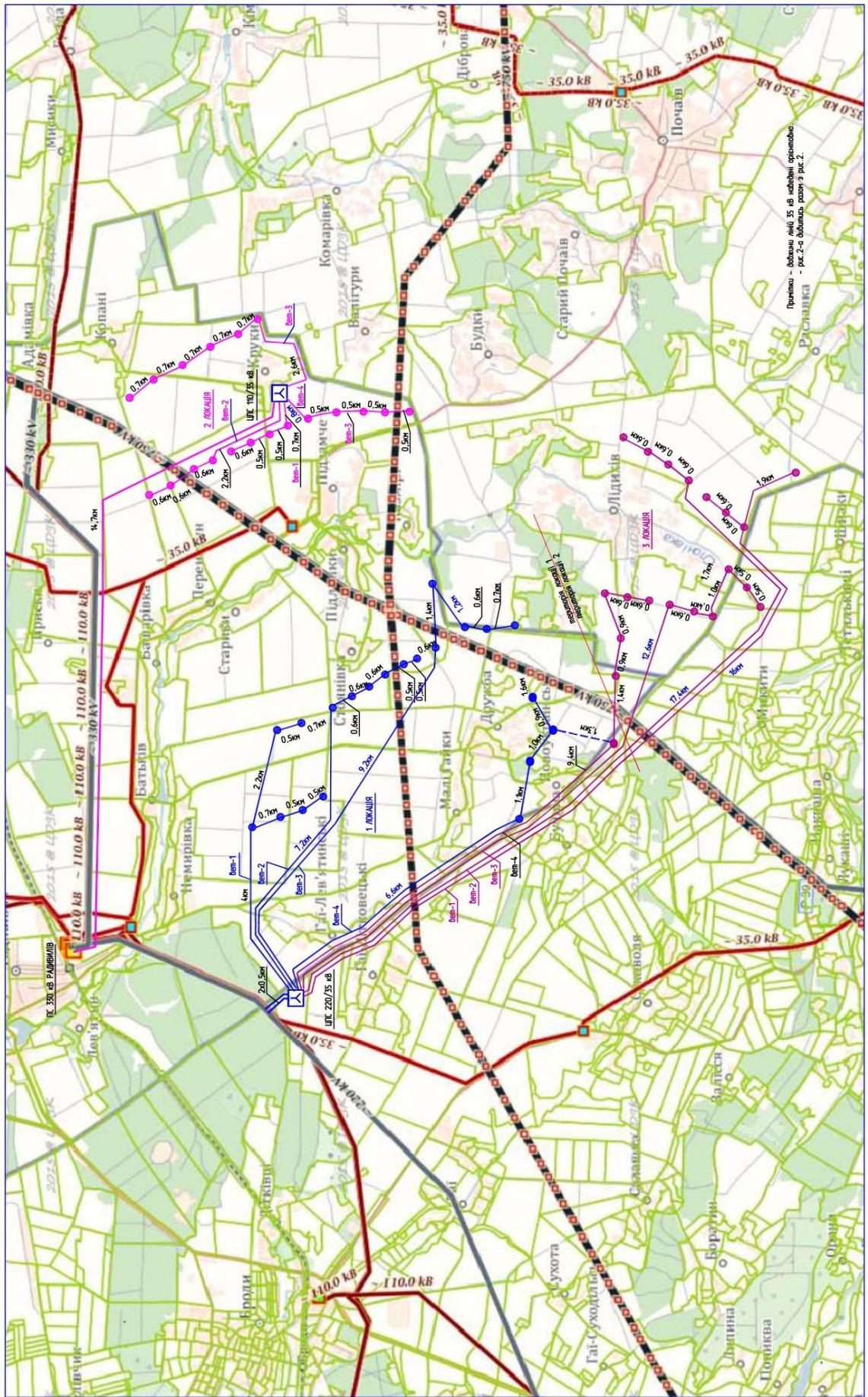


Рисунок 2.3 - Варіант 2 – 300 МВт



Примечание - объекты 35 кВ и выше проектируются по рис.2-а объекта 10 кВ по рис.2-б

Рисунок 2.4 - Вариант 2 – 300 МВт

Варіант 2 – 300 МВт – (рис. 2.3, рис. 2.4) – видача потужності ВЕС 200 МВт шляхом врізки у ПЛ 220 кВ ДТЕС – Радивилів та 100 МВт (пусковий комплекс) на напрузі 110 кВ до шин ПС 330 кВ Радивилів.

Для видачі потужності ВЕС – 200 МВт – будується ЦПС 220/35 кВ із встановленням одного трансформатора 220/35 кВ потужністю 200 МВА. ЦПС 220 кВ приєднується до ПЛ 220 кВ Добротвірська ТЕС – ПС 330 кВ Радивилів за схемою «захід-вихід». Майданчик для будівництва ЦПС 220 кВ розташований в районі селищ Гаї-Лев'ятинські і Гаї-Дітковецькі. Точка приєднання ЦПС до ПЛ 220 кВ прийнята орієнтовно на відстані 4,5 км від ПС 330 кВ Радивилів.

Для видачі потужності ВЕС – 100 МВт – будується ЦПС 110/35 кВ із встановленням одного трансформатора 110/35 кВ потужністю 125 МВА. ЦПС 110 кВ приєднується до ВРП 110 кВ ПС 330 кВ Радивилів одноланцюговою радіальною ПЛ 110 кВ. Майданчик для будівництва ЦПС 110 кВ розташований біля селища Круки.

Збір ВЕУ по групах прийнятий для кожної локації по чотири групи. Кількість ВЕУ, струмове завантаження головної ділянки групи та її довжина наведені в таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 – Збір ВЕУ за варіантом 2.

Магістраль, дільниця	Довжина головної ділянки, км	Кількість ВЕУ в групі, шт.	Навантаження дільниці	
			потужність, МВт	струм, А
ЦПС 220/35 кВ				
Локація 1	27	20	100	
ланцюг-1	4	6	30	470
ланцюг-2	7,2	6	30	470
ланцюг-3	9,2	4	20	315
ланцюг-4	6,6	4	20	315

Продовження таблиці 2.3

Локація 3	55,4	20	100	
ланцюг-1	16	4	20	315
ланцюг-2	17,4	4	20	315
ланцюг-3	12,6	6	30	470
ланцюг-4	9,4	6	30	470
Всього по ЦПС 220 кВ	82,4	40	200	

Продовження таблиці 2.3

Магістраль, дільниця	Довжина головної ділянки, км	Кількість ВЕУ в групі, шт.	Навантаження дільниці	
			потужність, МВт	струм, А
ЦПС 110/35 кВ				
Локація 2	6,3	20	100	
ланцюг-1	0,7	4	20	315
ланцюг-2	2,2	4	20	315
ланцюг-3	2,6	6	30	470
ланцюг-4	0,8	6	30	470
Всього по ЦПС 110 кВ	6,3	20	100	
Разом	88,7	60	300	

Для реалізації варіанту 2 будується: на напрузі 220 кВ

— ВРП 220 кВ ЦПС 220/35 кВ за схемою 220-9 «чотирикутник» із встановленням чотирьох комірок вимикачів 220 кВ;

— ВРП 35 кВ ЦПС за схемою «одна робоча секція». У ВРП 35 кВ встановлюється 9 вимикачів: 1 для приєднання Т-220/35 кВ і 8 лінійних для приєднання груп ВЕУ локації 1 і 3;

— дволанцюгова ПЛ 220 кВ із проводом АС-300 орієнтовною довжиною 0,5 км для приєднання ЦПС 220 кВ до ПЛ Добротвірська ТЕС – ПС 330 кВ Радивилів по схемі «захід-вихід»;

— КЛ 35 кВ для приєднання груп ВЕУ до ВРП 35 кВ ЦПС загальною довжиною головних ділянок орієнтовно 82,4 км;

— заміна АТ-1 220/110/10 кВ потужністю 125 МВА на ПС 330 кВ Радивилів на АТ потужністю 200 МВА на напрузі 110 кВ

— ВРП 110 кВ ЦПС 110/35 кВ за схемою ВЕС-1 «блок лінія-трансформатор» із обладнанням однієї комірки вимикача 110 кВ;

— ВРП 35 кВ ЦПС за схемою «одна робоча секція». У ВРП 35 кВ встановлюється 5 вимикачів: 1 для приєднання Т-110/35 кВ і 4 лінійних для приєднання груп ВЕУ локації 2;

— одноланцюгова ПЛ 110 кВ із проводом АС-300 орієнтовною довжиною 14,7 км для приєднання ЦПС 110 кВ до ВРП 110 кВ ПС 330 кВ Радивилів за радіальною схемою;

— розширення ВРП 110 кВ ПС 330 кВ Радивилів для встановлення одного нового вимикача 110 кВ для приєднання ЦПС 110/35 кВ ВЕС;

— встановлення шиноз'єднувального вимикача на ВРП 110 кВ ПС 330 кВ Радивилів взамін «перемички»;

— КЛ 35 кВ для приєднання груп ВЕУ до ВРП 35 кВ ЦПС загальною довжиною головних ділянок орієнтовно 6,3 км.

2.1.3 Варіант 3 – 300 МВт

На рисунку 2.5, рисунку 2.6 показано Варіант 3 – 300 МВт.

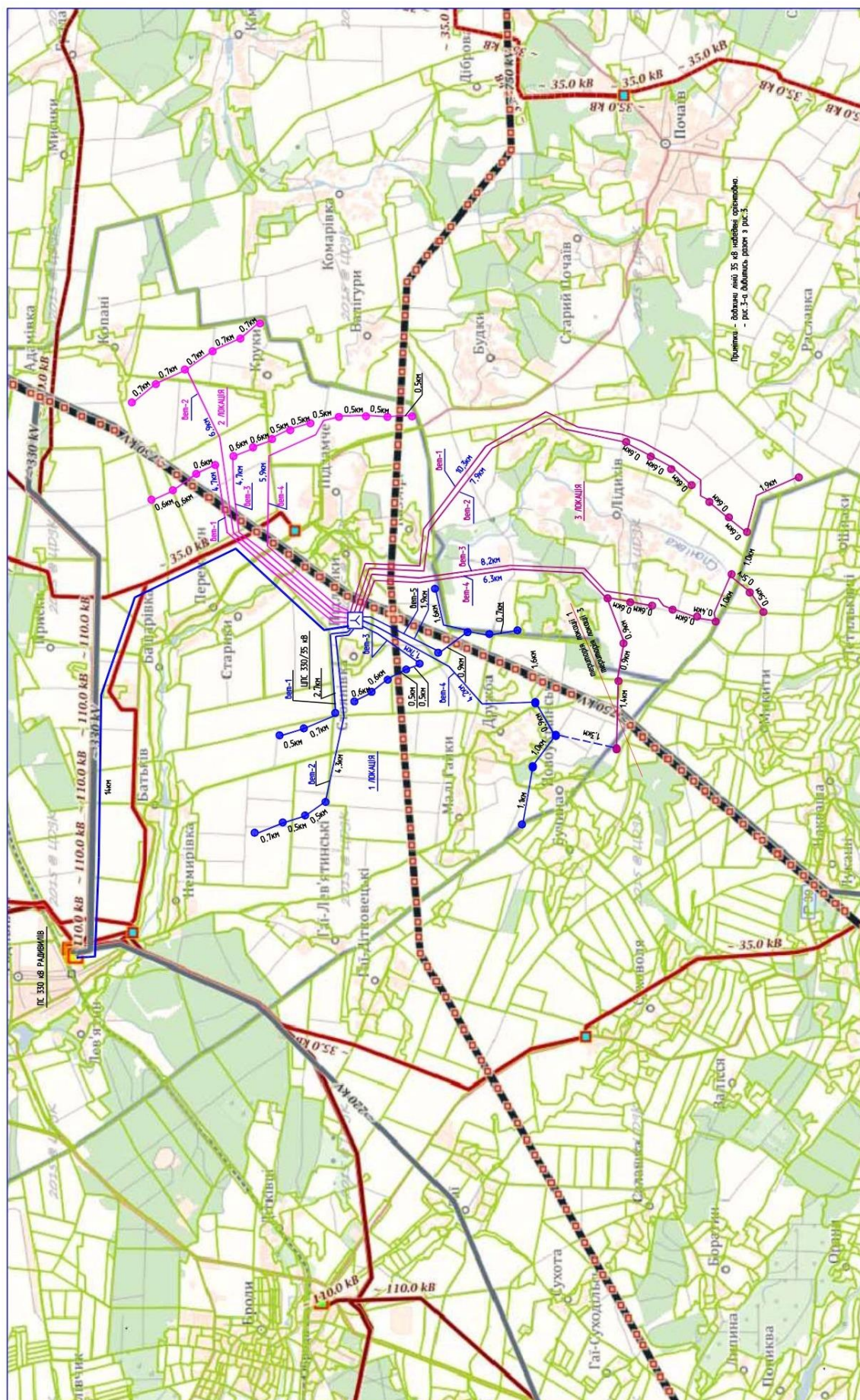


Рисунок 2.6 - Варіант 3 – 300 МВт

Варіант 3 – 300 МВт – (рис. 2.5, рис. 2.6) – видача потужності ВЕС 300 МВт до шин 330 кВ ПС 330 кВ Радивилів.

У варіанті 3 розташування майданчика для будівництва ЦПС 330/35 кВ ВЕС прийняте в районі населеного пункту Стоянівка.

Для видачі потужності ВЕС будується ЦПС 330/35 кВ із встановленням двох трансформаторів 330/35 кВ потужністю 200 МВА і 125 МВА. ЦПС 330 кВ приєднується до ВРП 330 кВ ПС 330 кВ Радивилів за радіальною схемою.

Видача потужності ВЕУ локації 1 і 2 пропонується через трансформатор (Т-1) потужністю 200 МВА, локації 3 – через трансформатор (Т-2) потужністю 125 МВА.

Збір ВЕУ по групах прийнятий – для локації 1 п'ять груп, для локацій 2 і 3 по чотири групи. Кількість ВЕУ, струмове завантаження головної ділянки групи та її довжина наведені в таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 – Збір ВЕУ за варіантом 3.

Магістраль, дільниця	Довжина головної ділянки, км	Кількість ВЕУ в групі, шт.	Навантаження дільниці	
			потужність, МВт	струм, А
ЦПС 330/35 кВ				
Локація 1	14,5	20	100	
ланцюг-1	2,4	3	15	236
ланцюг-2	4,3	4	20	315
ланцюг-3	1,7	5	25	400
ланцюг-4	4,2	4	20	315
ланцюг-5	1,9	4	20	315
Локація 2	22,2	20	100	
ланцюг-1	4,7	4	20	315
ланцюг-2	6,9	6	30	470
ланцюг-3	4,7	5	25	400
ланцюг-4	5,9	5	25	400
Локація 3	32,7	20	100	
ланцюг-1	10,3	4	20	315
ланцюг-2	7,9	4	20	315
ланцюг-3	8,2	6	30	470
ланцюг-4	6,3	6	30	470
Всього	69,4	60	300	

Для реалізації варіанту 3 будується:

— ВРП 330 кВ ЦПС за схемою ВЕС-2 «блок лінія-два трансформатора із встановленням одного вимикача в лінії»;

— ВРП 35 кВ ЦПС за схемою «дві робочі секції без встановлення секційного вимикача 35 кВ». На 1с встановлюється 10 вимикачів: 1 для приєднання Т-1 і 9 лінійних для приєднання груп ВЕУ локації 1 і 2. На 2с встановлюється 5 вимикачів: 1 для приєднання Т-2 і 4 лінійних для приєднання груп ВЕУ локації 3;

— одноланцюгова ПЛ 330 кВ із проводом 2АС-300 орієнтовною довжиною 14 км для приєднання ЦПС 330 кВ до ВРП 330 кВ ПС 330 кВ Радивилів за радіальною схемою;

— КЛ 35 кВ для приєднання груп ВЕУ до ВРП 35 кВ ЦПС загальною довжиною головних ділянок орієнтовно 69,4 км.

— реконструкція ВРП 330 кВ ПС Радивилів за схемою 330-9 «чотирикутник» із установкою трьох вимикачів 330 кВ (четвертий вимикач – існуючий);

— установка другого автотрансформатора (АТ-3) 330/110/10 кВ потужністю 200 МВА4

— заміна АТ-1 220/110/10 кВ потужністю 125 МВА на АТ потужністю 200 МВА;

— розширення ВРП 110 кВ для встановлення одного нового вимикача 110 кВ для приєднання АТ-3 330/110/10 кВ потужністю 200 МВА;

— встановлення шиноз'єднувального вимикача на ВРП 110 кВ ПС 330 кВ Радивилів взамін «перемички».

2.1.4 Варіант 4

На рисунку 2.7, рисунку 2.7 показано Варіант 4.

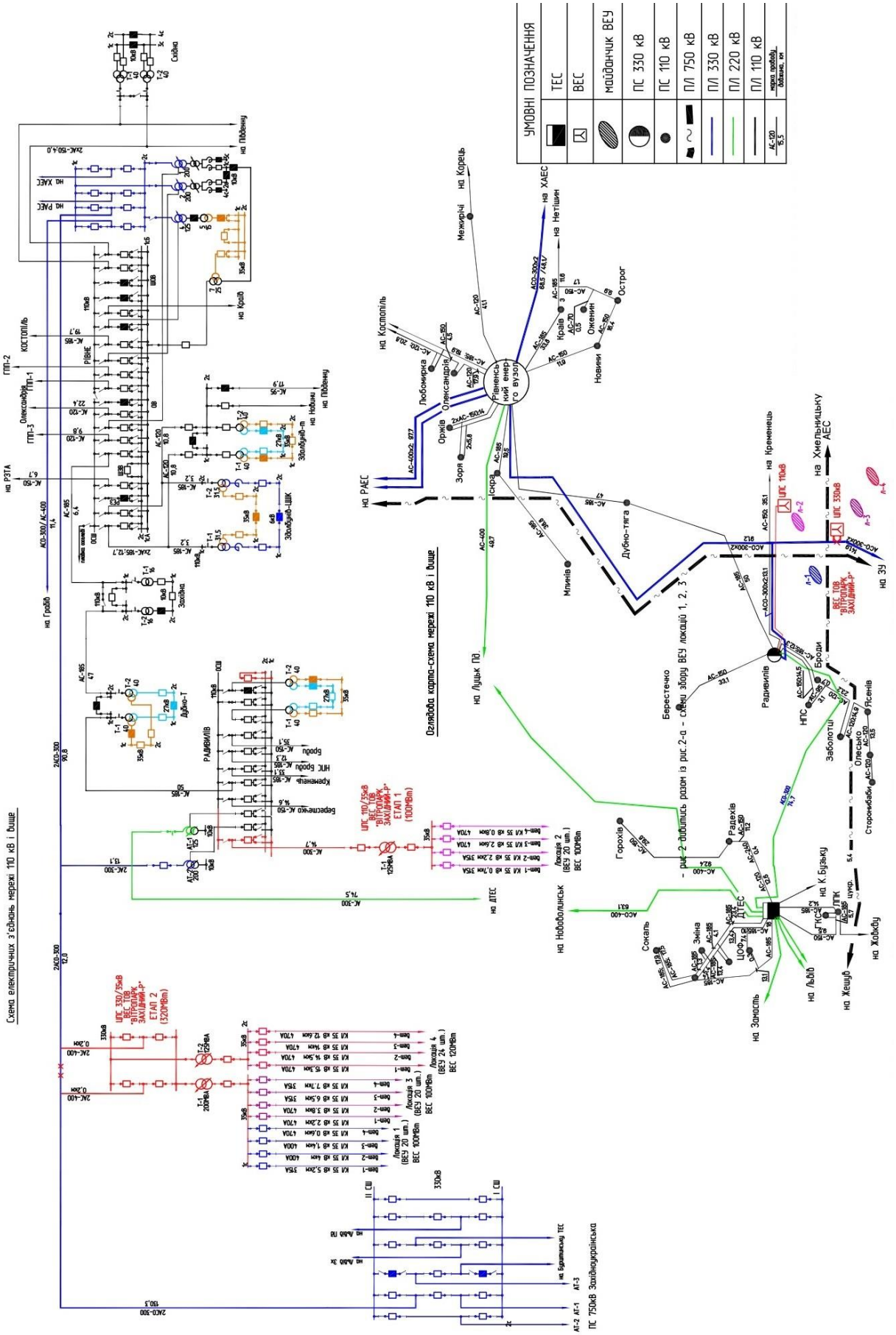


Рисунок 2.7 - Варіант 4

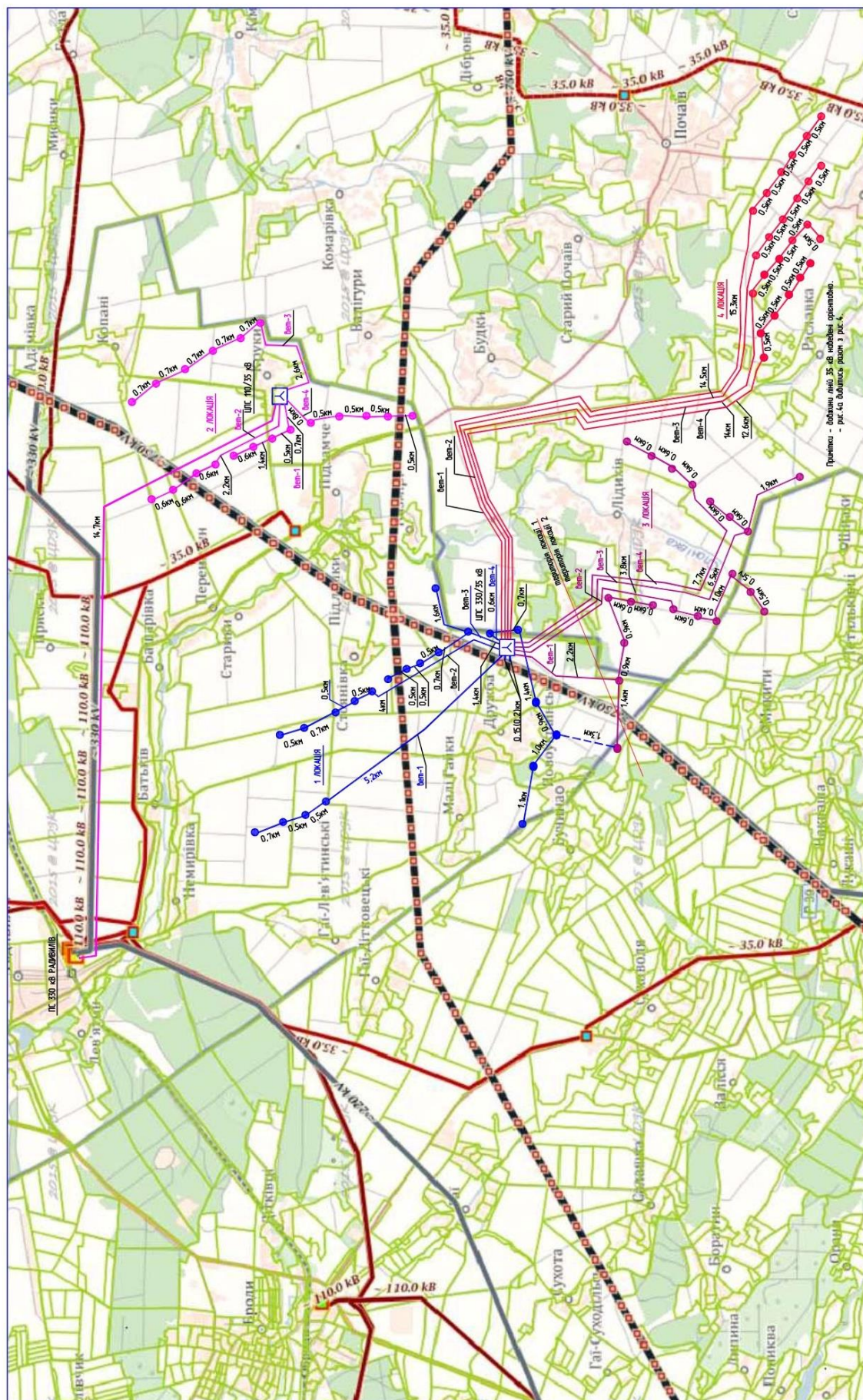


Рисунок 2.8 - Варіант 4

Варіант 4 (рис. 2.7, рис. 2.8) – видача потужності ВЕС 320 МВт шляхом врізки у ПЛ 330 кВ Західноукраїнська – Рівне та 100 МВт (пусковий комплекс) на напрузі 110 кВ до шин ПС 330 кВ Радивилів.

Розташування додаткової локації 4 (120 МВт) умовно прийняте біля населеного пункту Шпаки Золочівського району Львівської області

Видача потужності ВЕС передбачається на напрузі 330 кВ – 320 МВт (ВЕУ локації 1, 3 і 4), на напрузі 110 кВ – 100 МВт (ВЕУ локації 2)

У варіанті 4 розташування майданчика для будівництва ЦПС 330/35 кВ ВЕС прийняте аналогічним варіанту 1 – в районі населеного пункту Дружба на відстані до 200 м від траси ПЛ 330 кВ ПС 750 кВ Західноукраїнська – відгалуження на ПС 330 кВ Радивилів. Точка приєднання ЦПС до ПЛ 330 кВ прийнята орієнтовно на відстані до 12 км від відгалуження на ПС 330 кВ Радивилів.

Розташування майданчика для будівництва ЦПС 110/35 кВ прийняте аналогічним варіанту 2 – в районі населеного пункту Круки.

На ЦПС 330кВ встановлюються два т-тори: 1Т потужністю 200 МВА для приєднання локацій 1, 3 та 2Т потужністю 125 МВА для приєднання локації 4.

На ЦПС 110/35 кВ встановлюється один трансформатор 110/35 кВ потужністю 125 МВА. ЦПС 110 кВ приєднується до ВРП 110 кВ ПС 330 кВ Радивилів одноланцюговою радіальною ПЛ 110 кВ.

Збір ВЕУ по групах прийнятий – для кожної локації по чотири групи. Кількість ВЕУ, струмове завантаження головної ділянки групи та її довжина наведені в таблиці 2.5.

Таблиця 2.5 – Збір ВЕУ за варіантом 4.

Магістраль, дільниця	Довжина головної ділянки, км	Кількість ВЕУ в групі, шт.	Навантаження дільниці	
			потужність, МВт	струм, А
ЦПС 330/35 кВ				
Локація 1	11,2	20	100	
ланцюг-1	5,2	4	20	315
ланцюг-2	4	5	25	400
ланцюг-3	1,4	5	25	400
ланцюг-4	0,6	6	30	470

Продовження таблиці 2.5.

Локація 3	20,2	20	100	
ланцюг-1	2,2	6	30	470
ланцюг-2	3,8	6	30	470
ланцюг-3	6,5	4	20	315
ланцюг-4	7,7	4	20	315
Локація 4	56,4	24	120	
ланцюг-1	15,3	6	30	470
ланцюг-2	14,5	6	30	470
ланцюг-3	14	6	30	470
ланцюг-4	12,6	6	30	470
Всього по ЦПС 330 кВ	87,8	60	320	
ЦПС 110/35 кВ				
Локація 2	6,3	20	100	
ланцюг-1	0,7	4	20	315
ланцюг-2	2,2	4	20	315
ланцюг-3	2,6	6	30	470
ланцюг-4	0,8	6	30	470
Всього по ЦПС 110 кВ	6,3	20	100	
Разом	94,1	80	420	

Для реалізації варіанту 4 будується:

на напрузі 110 кВ (1 етап)

- ВРП 110 кВ ЦПС 110/35 кВ за схемою ВЕС-1 «блок лінія-трансформатор» із обладнанням однієї комірки вимикача 110 кВ;
- ВРП 35 кВ ЦПС за схемою «одна робоча секція». У ВРП 35 кВ встановлюється 5 вимикачів: 1 для приєднання Т-110/35 кВ і 4 лінійних для приєднання груп ВЕУ локації 2;
- одноланцюгова ПЛ 110 кВ із проводом АС-300 орієнтовною довжиною 14,7 км для приєднання ЦПС 110 кВ до ВРП 110 кВ ПС 330 кВ Радивилів за радіальною схемою;
- розширення ВРП 110 кВ ПС 330 кВ Радивилів для встановлення одного нового вимикача 110 кВ для приєднання ЦПС 110/35 кВ ВЕС;
- встановлення шиноз'єднувального вимикача на ВРП 110 кВ ПС 330 кВ Радивилів взамін «перемички»;
- КЛ 35 кВ для приєднання груп ВЕУ до ВРП 35 кВ ЦПС загальною довжиною головних ділянок орієнтовно 6,3 км.

на напрузі 330 кВ (2 етап)

- ВРП 330 кВ ЦПС за схемою 330-10 «трансформатор-шини з приєднанням лінії через два вимикача» із встановленням чотирьох комірок вимикачів 330 кВ;
- ВРП 35 кВ ЦПС за схемою «дві робочі секції без встановлення секційного вимикача 35 кВ». На 1с встановлюється 9 вимикачів: 1 для приєднання Т-1 і 8 лінійних для приєднання груп ВЕУ локації 1 і 3. На 2с встановлюється 5 вимикачів: 1 для приєднання Т-2 і 4 лінійних для приєднання груп ВЕУ локації 4;
- дві одноланцюгові ПЛ 330 кВ із проводом 2АС-400 довжиною орієнтовно по 0,2 км кожна для приєднання ЦПС 330 кВ до ПЛ ПС 750 кВ Західноукраїнська – відгалуження на ПС 330 кВ Радивилів по схемі «захід-вихід»;

– КЛ 35 кВ для приєднання груп ВЕУ до ВРП 35 кВ ЦПС загальною довжиною головних діляниць орієнтовно 87,8 км.

Етап 1 – потужністю 100 МВт (2024 р.)

Для видачі потужності ВЕС на етапі 1 пропонується видача потужності ВЕУ локації 2. Схема приєднання до мереж Західної ЕС етапу 1 пропонується на напрузі 110 кВ, збір ВЕУ – на напрузі 35 кВ.

На етапі 1 будується ЦПС 110/35 кВ із встановленням одного трансформатора 110/35 кВ потужністю 125 МВА. ЦПС 110 кВ приєднується до ВРП 110 кВ ПС 330 кВ Радивилів одноланцюговою радіальною ПЛ 110 кВ. Майданчик для будівництва ЦПС 110 кВ розташований біля населеного пункту Круки.

Збір ВЕУ – чотири групи. Кількість ВЕУ, струмове завантаження головної ділянки групи та її довжина наведені в таблиці 2.6.

Таблиця 2.6 – Збір ВЕУ за варіантом 4.

Магістраль, діляниця	Довжина головної ділянки, км	Кількість ВЕУ в групі, шт.	Навантаження діляниці	
			потужність, МВт	струм, А
ЦПС 110/35 кВ				
Локація 2	6,3	20	100	
ланцюг-1	0,7	4	20	315
ланцюг-2	2,2	4	20	315
ланцюг-3	2,6	6	30	470
ланцюг-4	0,8	6	30	470
Всього по ЦПС 110 кВ	6,3	20	100	

2.2 Орієнтовні капіталовкладення

Орієнтовні обсяги будівництва мереж 110(35) кВ, 220 кВ та 330 кВ для схеми видачі потужності ВЕС ТОВ «ВІТРОПАРК ЗАХІДНИЙ-Р» за варіантами наведені в таблицях 2.7 – 2.10.

Показники вартості будівництва використовуються для техніко-економічного порівняння варіантів.

Таблиця 2.7 – Орієнтовні обсяги будівництва мереж за варіантом 1 – будівництво ЦПС 330 кВ в районі населеного пункту Дружба.

Обсяги	Кількість	Вартість з ПДВ, млн. грн.
Варіант 1 (рис. 2.1, рис. 2.2)		
ПЛ 330кВ		
1 Будівництво одноланцюгових заходів від ЦПС 330 кВ ВЕС до ПЛ 330кВПС 750кВ Західноукраїнська - ПС 330 кВ Радивилів на металевих опорах, провід 2АС-400	0,4 км	10
Всього по ПЛ 330кВ	0,4 км	10
КЛ 35 кВ		
1 Будівництво КЛ 35 кВ для приєднання ВЕУ локації 1 до ВРП 35кВ ЦПС 330 кВ ВЕС	11,2 км	179,0
2 Будівництво КЛ 35 кВ для приєднання ВЕУ локації 2 до ВРП 35кВ ЦПС 330 кВ ВЕС	35 км	560,0
3 Будівництво КЛ 35 кВ для приєднання ВЕУ локації 3 до ВРП 35кВ ЦПС 330 кВ ВЕС	20,2 км	323,0
Всього по КЛ 35 кВ	66,4 км	1062,0
Всього по ЛЕП		1072,0
ПС		
ЦПС-330/35 кВ ВЕС		
1 Трансформатор 330/35 кВ потужністю 200 МВА	1 шт	135,0
2 Трансформатор 330/35 кВ потужністю 125 МВА	1 шт	115,0
3 ВРП 330кВ за схемою «трансформатор-шини з приєднанням лінії через два вимикача»	4 шт.	97,0
4 ВРП 35 - дві робочі секції. Загальна кількість приєднань 14-2 ком. для тр-рів, 12 ком. для ланцюгів збору ВЕУ локацій 1,2,3	14 шт.	45,0
Всього по ЦПС		392,0
Разом за варіантом 1		1464,0

Таблиця 2.8 – Орієнтовні обсяги будівництва мереж за варіантом 2 – будівництво ЦПС 220 кВ в районі селищ Гаї-Лев'ятинські і Гаї-Дітковецькі, ЦПС 110 кВ біля селища Круки.

Обсяги	Кількість	Вартість з ПДВ, млн. грн.
Варіант 2 (рис. 2.3, рис. 2.4)		
ПЛ 220 кВ		
1 Будівництво дволанцюгового заходу від ЦПС 220 кВ ВЕС до ПЛ 220 кВ ПС 750 кВ Західноукраїнська - ПС 330 кВ Радивилів на з/б опорах, провід АС-300	0,5 км	8,0
ПЛ 110 кВ		
1 Будівництво одноланцюгової ПЛ 110 кВ від ЦПС 110 кВ ВЕС до ВРП 110 кВ ПС 330 кВ Радивилів на з/б опорах, провід АС-300	14,7 км	90,0
Всього по ПЛ		98,0
КЛ 35 кВ		
1 Будівництво КЛ 35 кВ для приєднання ВЕУ локації 1 до ВРП 35 кВ ЦПС 220 кВ ВЕС	27 км	432,0
2 Будівництво КЛ 35 кВ для приєднання ВЕУ локації 3 до ВРП 35 кВ ЦПС 220 кВ ВЕС	55,4 км	886,0
3 Будівництво КЛ 35 кВ для приєднання ВЕУ локації 2 до ВРП 35 кВ ЦПС 110 кВ ВЕС	6,3	100,0
Всього по КЛ 35 кВ	82,4 км	1418,0
Всього по ЛЕП		1516,0

Продовження таблиці 2.8

ПС		
ЦПС-220/35 кВ ВЕС		
1 Трансформатор 220/35 кВ потужністю 200 МВА	1 шт.	108,0
2 ВРП 220 кВ за схемою «чотирикутника»	4 шт.	58,0
3 ВРП 35 - одна робоча секція. Для приєднання ланцюгів збору ВЕУ локації 1 і 3 - 8 ком., для приєднання тр-ра - 1 ком.	9 шт.	29,0
Всього по ЦПС 220 кВ		195,0
ЦПС-110/35 кВ ВЕС		
1 Трансформатор 110/35 кВ потужністю 125 МВА	1 шт.	70,0
2 ВРП 110 кВ за схемою «блок лінія-трансформатор із вимикачем»	1 шт.	10,0
3 ВРП 35 - одна робоча секція. Для приєднання ланцюгів збору ВЕУ локації 2-4 ком., для приєднання тр-ра - 1 ком.	5 шт.	16,0
Всього по ЦПС 110 кВ		96,0
ПС 330 кВ Радивилів*)		
1 Заміна існуючого АТ-І 220/110/10 кВ потужністю 125 МВА на АТ потужністю 200 МВА	1 шт.	120,0
2 Розширення ВРП 110 кВ на 1 лінійну комірку.	1 шт.	11,0
3 Встановлення ШЗВ-110 кВ.	1 шт.	11,0
Всього по ПС 330 кВ Радивилів		142,0
Всього по ПС		422,0
Разом за варіантом 2		1949,0

Таблиця 2.9 – Орієнтовні обсяги будівництва мереж за варіантом 3 – будівництво ЦПС 330 кВ в районі населеного пункту Стоянівка.

Обсяги	Кількість	Вартість з ПДВ, млн. грн.
Варіант 3 (рис. 2.5, рис. 2.6)		
ПЛ 330кВ		
1 Будівництво одноланцюгової ПЛ 330кВ від ЦПС 330 кВ ВЕС до ВРП 330кВПС 330кВ Радивилів на металевих опорах, провід 2АС-300	14 км	303,0
Всього по ПЛ 330кВ	14 км	303,0
КЛ 35 кВ		
1 Будівництво КЛ 35 кВ для приєднання ВЕУ локації 1 до ВРП 35кВ ЦПС 330 кВ ВЕС	14,5 км	232,0
2 Будівництво КЛ 35 кВ для приєднання ВЕУ локації 2 до ВРП 35кВ ЦПС 330 кВ ВЕС	22,2 км	355,0
3 Будівництво КЛ 35 кВ для приєднання ВЕУ локації 3 до ВРП 35кВ ЦПС 330 кВ ВЕС	32,7 км	523,0
Всього по КЛ 35 кВ	69,4 км	1110,0
Всього по ЛЕП		1413,0
ПС		
ЦПС-330/35 кВ ВЕС		
1 Трансформатор 330/35 кВ потужністю 200 МВА	1 шт	135,0
2 Трансформатор 330/35 кВ потужністю 125 МВА	1 шт	115,0
3 ВРП 330кВ за схемою «блок лінія-два трансформатори з вимикачем в лінії»	1 шт.	25,0

Продовження таблиці 2.9

4 ВРП 35 - дві робочі секції. Загальна кількість приєднань 14-2 ком. для тр-рів, 12 ком. для ланцюгів збору ВЕУ локацій 1, 2, 3	14 шт.	45,0
Всього по ЦПС		320,0
ПС 330кВ Радивилів		
1 Установка нового АТ-3 330/110/10 кВ, потужністю 200 МВА	1 шт.	150,0
2 Заміна існуючого АТ-1 220/110/10 кВ потужністю 125МВА на АТ потужністю 200 МВА	1 шт.	120,0
3 Реконструкція ВРП 330кВ за схемою «чотирикутник» з установкою 3 вимикачів	3 шт.	73,0
4 Розширення ВРП 110 кВ на 1 ком. 3 вимикачем для приєднання АТ-3	1 шт.	11,0
4 Встановлення ШЗВ-110 кВ.	1 шт.	11,0
Всього по ПС 330кВ Радивилів		365,0
Всього по ПС		685,0
Разом за варіантом 3		2095,0

Таблиця 2.10 – Орієнтовні обсяги будівництва мереж за варіантом 4 – збільшення загальної потужності ВЕС до 420 МВт. Будівництво ЦПС 330 кВ прийняте в районі населеного пункту Дружба, ЦПС 110 кВ в районі населеного пункту Круки.

Обсяги	Кількість	Вартість з ПДВ, млн. грн.
Варіант 4 (рис. 2.7, рис. 2.8)		
ПЛ 330 кВ		
1 Будівництво одноланцюгових заходів від ЦПС 330 кВ ВЕС до ПЛ 330 кВ ПС 750 кВ Західноукраїнська - ПС 330 кВ Радивилів на металевих опорах, провід 2АС-400	0,4 км	10
ПЛ 110 кВ		
1 Будівництво одноланцюгової ПЛ 110 кВ від ЦПС 110 кВ ВЕС до ВРП 110 кВ ПС 330 кВ Радивилів на з/б опорах, провід АС-300	14,7 км	90,0
Всього по ПЛ		100,0
КЛ 35 кВ		
1 Будівництво КЛ 35 кВ для приєднання ВЕУ локації 1 до ВРП 35 кВ ЦПС 330 кВ ВЕС	11,2 км	179,0
2 Будівництво КЛ 35 кВ для приєднання ВЕУ локації 3 до ВРП 35 кВ ЦПС 330 кВ ВЕС	30,2 км	323,0
3 Будівництво КЛ 35 кВ для приєднання ВЕУ локації 4 до ВРП 35 кВ ЦПС 330 кВ ВЕС	56,4 км	3902,0
4 Будівництво КЛ 35 кВ для приєднання ВЕУ локації 2 до ВРП 35 кВ ЦПС 110 кВ ВЕС	6,3	100,0
Всього по КЛ 35 кВ	97,8 км	1664,0
Всього по ЛЕП		1763,0

Продовження таблиці 2.10

ПС		
ЦПС-330/35 кВ ВЕС		
1 Трансформатор 330/35 кВ потужністю 200 МВА	1 шт.	135,0
2 Трансформатор 330/35 кВ потужністю 125 МВА	1 шт.	115,0
3 ВРП 330 кВ за схемою «трансформатор-шини з приєднанням лінії через два вимикача»	4 шт.	97,0
4 ВРП 35 - дві робочі секції. Загальна кількість приєднань 14-2 ком. для тр-рів, 12 ком. для ланцюгів збору ВЕУ локацій 1, 2, 3	14 шт.	45,0
Всього по ЦПС 330 кВ		392,0
ЦПС-110/35 кВ ВЕС		
1 Трансформатор 110/35 кВ потужністю 125 МВА	1 шт.	70,0
2 ВРП 110 кВ за схемою «блок лінія-трансформатор із вимикачем»	1 шт.	10,0
3 ВРП 35 - одна робоча секція. Для приєднання ланцюгів збору ВЕУ локації 2-4 ком., для приєднання тр-ра - 1 ком.	5 шт.	16,0
Всього по ЦПС 110 кВ		96,0
ПС 330 кВ Радивилів		
1 Розширення ВРП 110 кВ на 1 лінійну комірку.	1 шт.	11,0
2 Встановлення ШЗВ-110 кВ.	1 шт.	11,0
Всього по ПС 330 кВ Радивилів		22,0
Всього по ПС		510,0
Разом за варіантом 4		2274,0

Загальні капіталовкладення в нове будівництво мереж і в реконструкцію існуючих за варіантами наведені в таблиці 2.11.

Таблиця 2.11 - Загальні капіталовкладення в будівництво та реконструкцію мереж, млн. грн.

Назва	Потужність ВЕС ТОВ «ВІТРОПАРК ЗАХІДНИЙ-Р»			
	300 МВт			420 МВт
	Варіант 1	Варіант 2	Варіант 3	Варіант 4
Нове будівництво, у т.ч.:	1464,0	1807	1733,0	2252,0
ПЛ	10	98,0	303,0	100
КЛ	1062,0	1418,0	1110,0	1664,0
ПС	392,0	291,0	320,0	488
Реконструкція ПС 330 кВ Радивилів		142,0	365,0	22,0
Разом за варіантом, млн. грн.	1464,0	1949,0	2095,0	2274,0

За капіталовкладеннями найдешевшим є варіант №1, варіанти №2, 3, 4 дорожчі за варіант 1 на 33-55% відповідно.

Для приєднання потужності до ПС 330 кВ Радивилів необхідна заміна трансформатора струму 110 кВ на ПС 110 кВ Олесько. При приєднанні потужності вище 100 МВт у режимі з вимкненням АТ 750/330 кВ РАЕС виникає перевантаження ПЛ 330 кВ ХАЕС – Рівне, що вимагає реконструкції даної ПЛ або установки ППК (пристрою поздовжньої компенсації) у ПЛ 330 кВ ЗУ – Рівне.

Зазначені обсяги реконструкції мереж будуть присутні незалежно від схеми приєднання ВЕС, при розрахунку капіталовкладень вони не враховані. Відсутні точні відомості щодо вартості ППК, орієнтовна вартість 105 млн. грн.

2.3 Вибір оптимального варіанту схеми приєднання ВЕС

Виконаний розрахунок втрат потужності за варіантами та вибір оптимального варіанту схеми приєднання ВЕС ТОВ «ВІТРОПАРК ЗАХІДНИЙ-Р» до мереж Західної ЕС.

Показники техніко-економічного порівняння варіантів представлені в таблиці 2.12.

Таблиця 2.12 – Показники техніко-економічного порівняння варіантів.

	Варіант 1	Варіант 2	Варіант 3	Варіант 3
Потужність	300 МВт	300 МВт	300 МВт	420 МВт
Загальні капіталовкладення, млн. грн. в т.ч.:	1464,0	1949,0	2095,0	2274
по ПЛ	10,0	98,0	303,0	100
по КЛ	1062,0	1418,0	1110,0	1664
по ПС	392,0	433,0	685,0	510
Щорічні експлуатаційні відрахування, млн. грн., в т.ч.:	45,17	56,46	63,3	66,2
по ПЛ-0,8%	0,08	0,78	2,42	0,8
по КЛ-2,4%	25,49	34,03	26,64	39,9
по ПС-5%	19,6	21,65	34,25	25,5
Втрати потужності, МВт	4,66	7,52	5,79	7,54
Щорічні збитки від втрат потужності, млн. грн.	2,84	4,59	3,54	4,61
Питома вартість приєднання млн. грн /1 МВт	5,04	6,7	7,2	5,58
η ,%	100	132	142	110

Для визначення вартості втрат прийняті такі вихідні дані:

— час використання максимуму потужності проектованої ВЕС (середнє значення) – 3000 год/рік;

— «зелений» тариф на передачу вітрової електроенергії – 407,08 грн/МВт·год.

Збільшення втрат потужності за варіантами наведено в таблиці 2.12. Втрати потужності визначені за розрахунками нормального режиму для зимового максимуму навантаження при максимальній видачі потужності ВЕС (рис. 2.9 – рис. 2.13).

Хоча питома вартість приєднання за варіантом №1 є найнижчою 5,04 млн. грн / 1 МВт, основним розглядається варіант №4, який передбачає приєднання 420 МВт потужності ВЕС, для якого питома вартість приєднання є вищою всього на 10%.

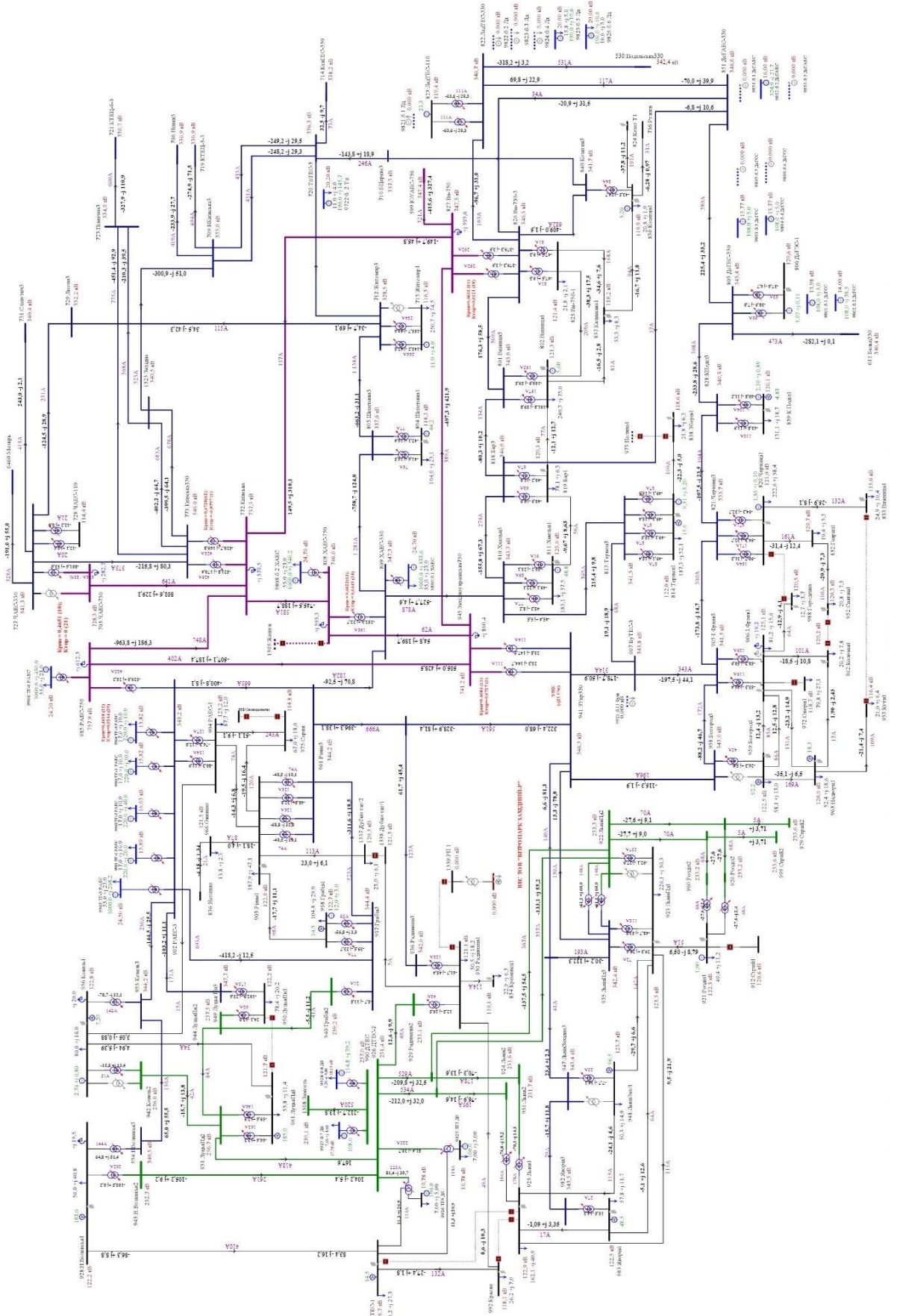


Рисунок 2.9 – Результати розрахунку поточкорозподілу в мережі 110 кВ і вище в зоні дії ВЕС ТОВ «Вітропарк Західний-Р». Зима максимум 2023 р. Вихідний режим.

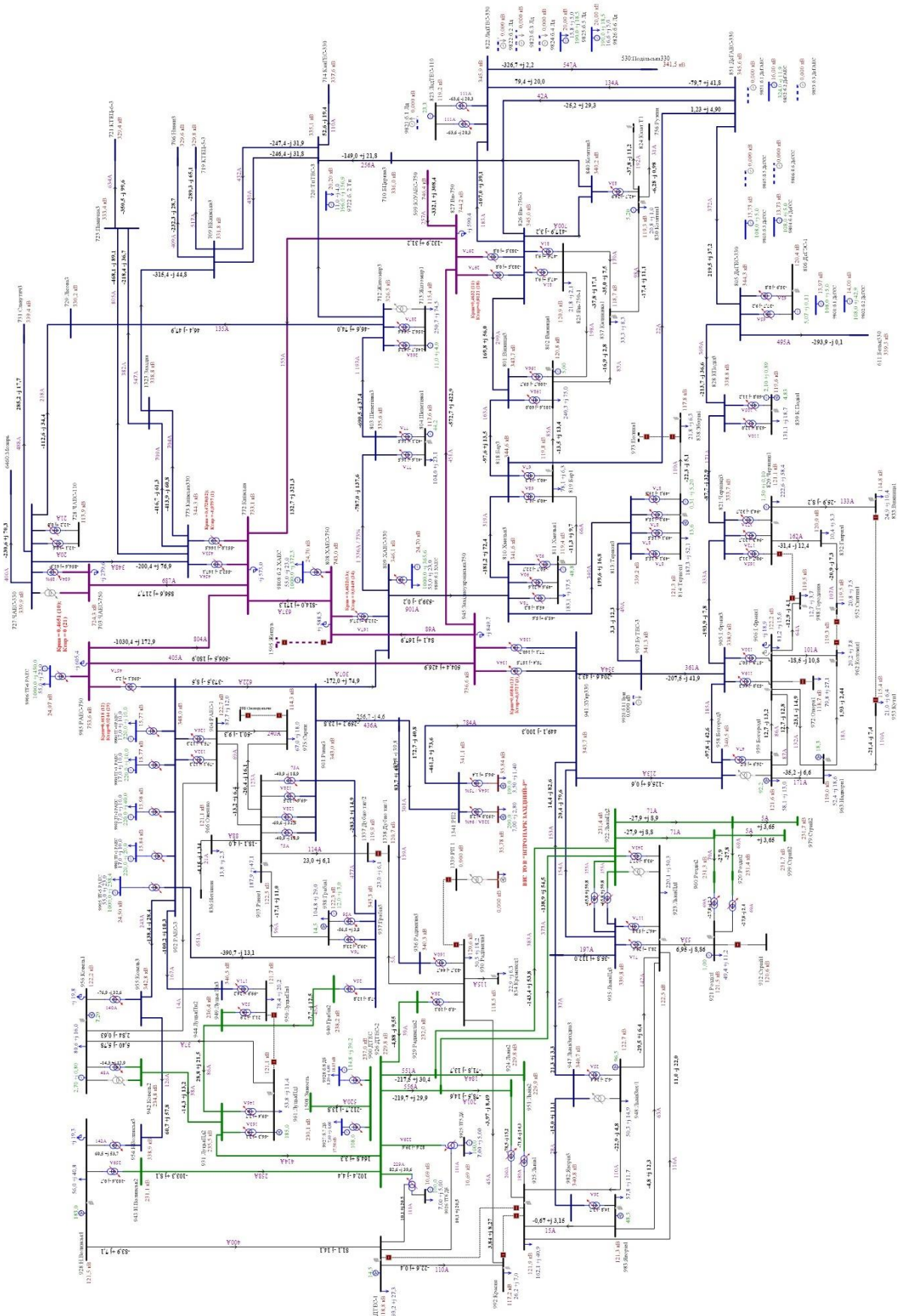


Рисунок 2.10 – Результати розрахунку поточок корозподілу в мережі 110 кВ і вище в зоні дії ВЕС ТОВ «Вітропарк Західний-Р». Зима максимум 2023 р. Нормальний режим. Варіант № 1.

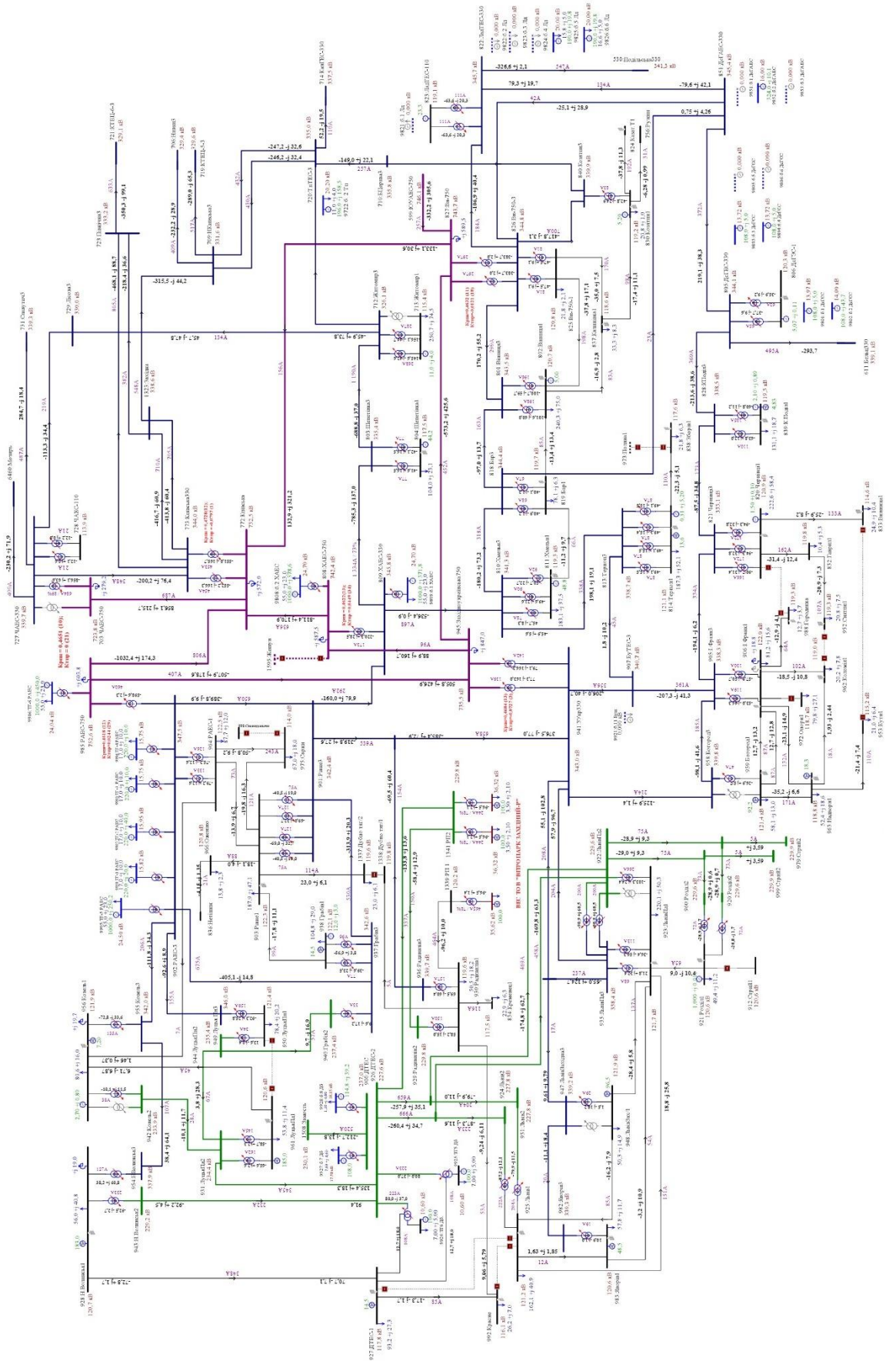


Рисунок 2.11 – Результати розрахунку поточкорозподілу в мережі 110 кВ і вище в зоні дії ВЕС ТОВ «Вітропарк Західний-Р». Зима максимум 2023 р. Нормальний режим. Варіант № 2.

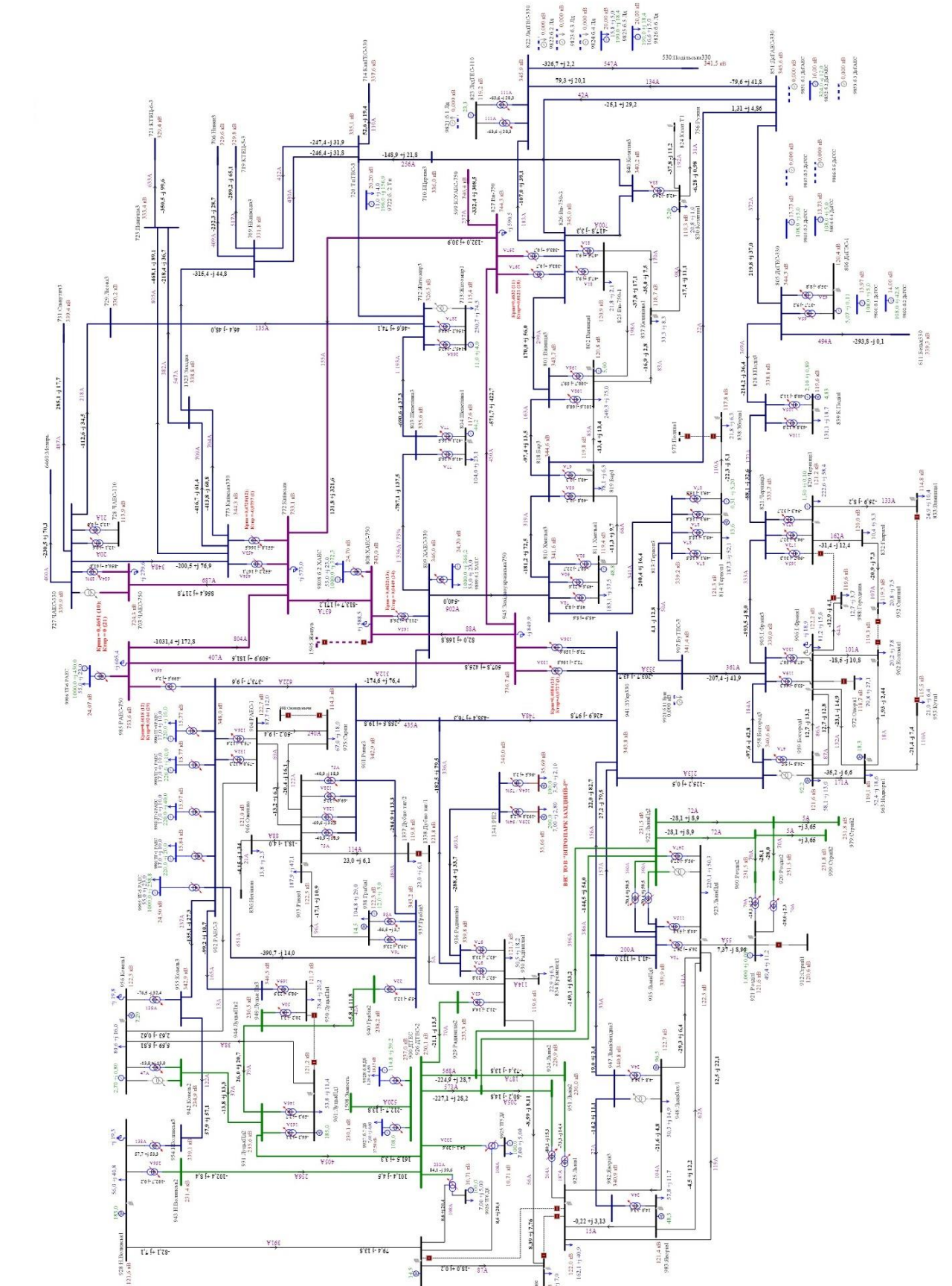


Рисунок 2.12 – Результати розрахунку потужності розподілу в мережі 110 кВ і вище в зоні дії ВЕС ТОВ Вітропарк Західний-Р. Зима максимум 2023 р. Нормальний режим. Варіант № 3.

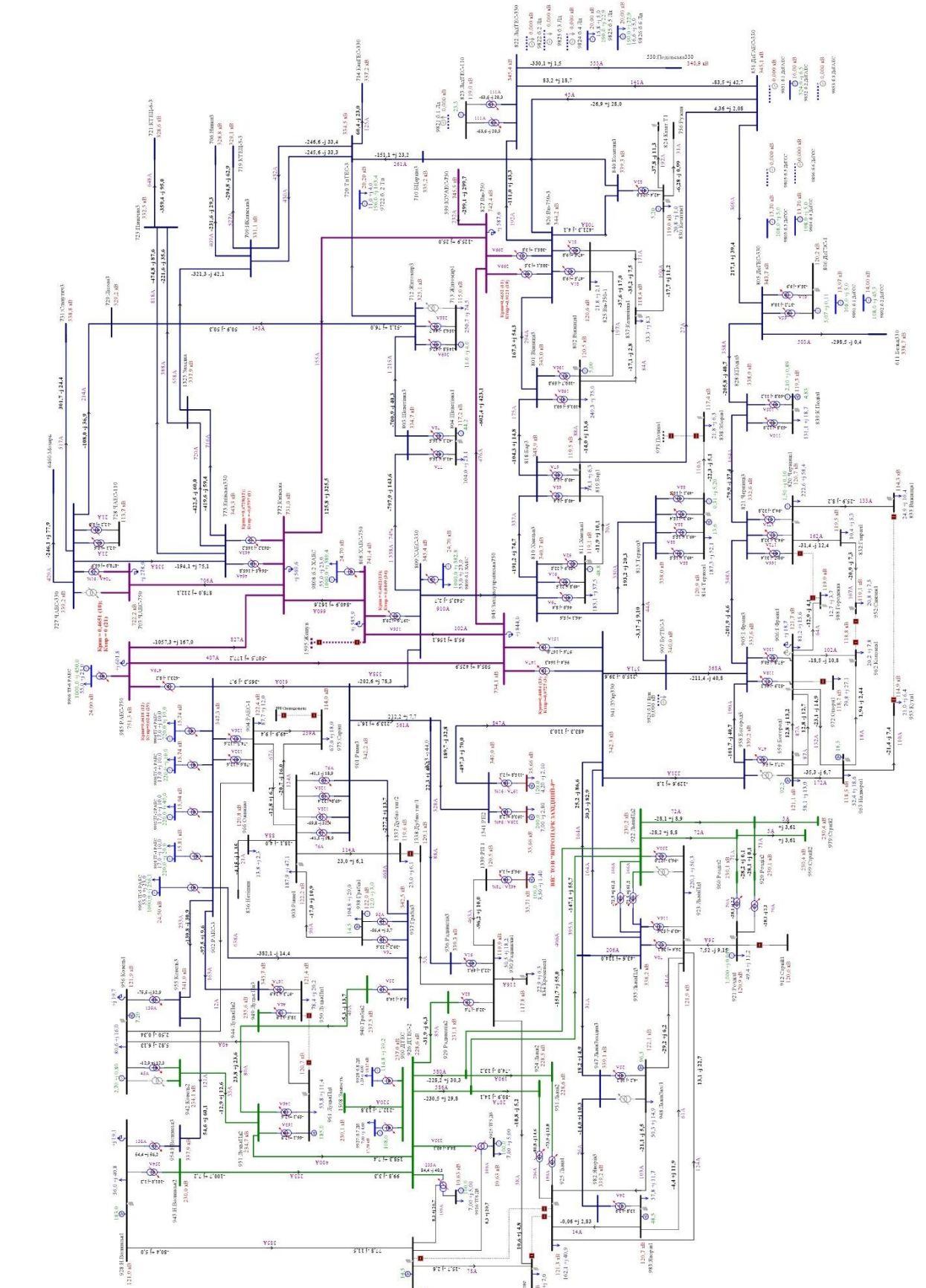


Рисунок 2.13 – Результати розрахунку поточкорозподілу в мережі 110 кВ і вище в зоні дії ВЕС ТОВ Вітропарк Західний-Р. Зима максимум 2023 р. Нормальний режим. Варіант № 4.

2.4 Висновки до розділу

1 Вітроустановки (ВЕУ) планується розташувати на трьох майданчиках:

— локації 1 і 2, встановленою потужністю по 100 МВт кожна, – на майданчиках біля Радивиліва (Рівненська область);

— локація 3, встановленою потужністю 100 МВт, – на майданчику біля населеного пункту Лідихів (Кременецький район Тернопільська область).

Увід повної потужності ВЕС планується на 2024 р.

Додатково розглянутий варіант схеми приєднання ВЕС загальною потужністю 420 МВт із виділенням етапу 1 потужністю 100 МВт.

Розташування додаткової локації 4 (120 МВт) прийняте біля населеного пункту Шпаки Золочівськогорайону Львівської області.

Варіанти схеми приєднання ВЕС до мереж Західної ЕС розглядались на напрузі 330 кВ, 220 кВ і 110 кВ із врахуванням розташування майданчиків для будівництва ЦПС ВЕС. Збір ВЕУ планується на напрузі 35 кВ.

2 При розробці варіантів враховувалась:

— достатність пропускної потужності автотрансформаторів ПС 330 кВ Радивилів:

один АТ 330/110/10 кВ потужністю 200 МВА;

один АТ 220/110/10 кВ потужністю 125 МВА;

— можливість розширення ВРП ПС 330 кВ Радивилів:

ВРП 330 кВ – існує можливість будівництва ВРП за схемою «чотирикутника»;

ВРП 220 кВ – розширенню не підлягає;

ВРП 110 кВ – існує можливість встановлення однієї комірки.

Варіанти схеми приєднання ВЕС ТОВ «ВІТРОПАРК ЗАХІДНИЙ-Р» до мереж Західної ЕС розглядались із врахуванням потужності та розташуванням майданчиків ВЕУ. Збір ВЕУ виконується кабельними лініями 35 кВ. Розподіл ВЕУ по групах прийнятий умовно.

Варіант 1 (300 МВт) – видача потужності ВЕС 300 МВт шляхом врізки у ПЛ 330 кВ Західноукраїнська – Рівне.

Варіант 2 (300 МВт) — видача потужності ВЕС 200 МВт шляхом врізки у ПЛ 220 кВ ДТЕС – Радивилів та 100 МВт (пусковий комплекс) на напрузі 110 кВ до шин ПС 330 кВ Радивилів.

Варіант 3 (300 МВт) – видача потужності ВЕС 300 МВт до шин 330 кВ ПС 330 кВ Радивилів.

Варіант 4 (420 МВт) – видача потужності ВЕС 320 МВт шляхом врізки у ПЛ 330 кВ Західноукраїнська – Рівне та 100 МВт (пусковий комплекс) на напрузі 110 кВ до шин ПС 330 кВ Радивилів.

3. Загальні капіталовкладення в нове будівництво мереж і в реконструкцію існуючих за варіантами наведені в таблиці 2.11.

За капіталовкладеннями найдешевшим є варіант №1, варіанти №2 і 3 дорожчі за варіант 1 на 33% та 43% відповідно.

4. Показники техніко-економічного порівняння варіантів представлені в таблиці 2.12.

Хоча питома вартість приєднання за варіантом №1 є найнижчою - 4,72 млн. грн / 1 МВт, основним розглядається варіант №4, який передбачає приєднання 420 МВт потужності ВЕС, для якого питома вартість приєднання є вищою всього на 10%.

4. Для реалізації рекомендованого варіанту 4 будується:

на напрузі 110 кВ (1 етап)

— ВРП 110 кВ ЦПС 110/35 кВ за схемою ВЕС-1 «блок лінія-трансформатор» із обладнанням однієї комірки вимикача 110 кВ;

— ВРП 35 кВ ЦПС за схемою «одна робоча секція». У ВРП 35 кВ встановлюється 5 вимикачів: 1 для приєднання Т-110/35 кВ і 4 лінійних для приєднання груп ВЕУ локації 2;

— одноланцюгова ПЛ 110 кВ із проводом АС-300 орієнтовною довжиною 14,7 км для приєднання ЦПС 110 кВ до ВРП 110 кВ ПС 330 кВ Радивилів за радіальною схемою;

— розширення ВРП 110 кВ ПС 330 кВ Радивилів для встановлення одного нового вимикача 110 кВ для приєднання ЦПС 110/35 кВ ВЕС;

— встановлення шиноз'єднувального вимикача на ВРП 110 кВ ПС 330 кВ Радивилів взамін «перемички»;

— КЛ 35 кВ для приєднання груп ВЕУ до ВРП 35 кВ ЦПС загальною довжиною головних ділянок орієнтовно 6,3 км.

на напрузі 330 кВ (2 етап)

— ВРП 330 кВ ЦПС за схемою 330-10 «трансформатор-шини з приєднанням лінії через два вимикачі» із встановленням чотирьох комірочок вимикачів 330 кВ;

— ВРП 35 кВ ЦПС за схемою «дві робочі секції без встановлення секційного вимикача 35 кВ». На 1с встановлюється 9 вимикачів: 1 для приєднання Т-1 і 8 лінійних для приєднання груп ВЕУ локації 1 і 3. На 2с встановлюється 5 вимикачів: 1 для приєднання Т-2 і 4 лінійних для приєднання груп ВЕУ локації 4;

— дві одноланцюгові ПЛ 330 кВ із проводом 2АС-400 довжиною орієнтовно по 0,2 км кожна для приєднання ЦПС 330 кВ до ПЛ ПС 750 кВ Західноукраїнська – відгалуження на ПС 330 кВ Радивилів по схемі «захід-вихід»;

— КЛ 35 кВ для приєднання груп ВЕУ до ВРП 35 кВ ЦПС загальною довжиною головних ділянок орієнтовно 87,8 км.

Для приєднання 1 етапу (100 МВт на напрузі 110 кВ) ВЕС, необхідна заміна трансформатора струму 110 кВ на ПС 110 кВ.

При приєднанні потужності 2 етапу (320 МВт на напрузі 330 кВ) у режимі з вимкненням АТ 750/330 кВ РАЕС виникає перевантаження ПЛ 330 кВ ХАЕС – Рівне, що вимагає реконструкції даної ПЛ або установки ППК (пристрою поздовжньої компенсації) у ПЛ 330 кВ ЗУ – ВЕС.

3 ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

3.1 Електричне навантаження

Виконаний прогноз рівнів споживання електричного навантаження по Західній ЕС, який прийнятий на підставі аналізу звітних даних за 2018-2020 рр. та за планами розвитку ОЕС України.

Загальні рівні споживання потужності по Західній ЕС та частини, що працює у складі мереж ОЕС України, за звітний період 2018-2019 рр. у режимний замір ОЕС України та на перспективу наведені в таблиці 3.1

Таблиця 3.1 – Рівні споживання потужності за звітний період 2018-2019 р.р. та на перспективу, МВт

Найменування	2018 р.	2019 р.	2023 р.	2028 р.
Максимум споживання потужності по ЗЕС, всього	2996	2802	2917	3065
у т.ч. частини, що працює у складі мереж ОЕС України	2031	1917	1995	2097

Максимум енергосистеми за 2019 р. у порівнянні з 2018 р. зменшився на 6,5%, частини системи, що працює паралельно з мережами ОЕС України – на 5,6%.

Прогнозований середньорічний приріст споживання по Західній ЕС прийнятий на рівні 1%.

Основною задачею електричних розрахунків є визначення можливості видачі повної потужності проектованої ВЕС (420 МВт) по мережах Західної ЕС, які працюють паралельно із мережами ОЕС України. Тому розрахункові рівні навантаження наведені для частини Західної ЕС, що працює в складі ОЕС України.

Рівні споживання потужності в характерних режимах зими за звітний 2019 р. та літа за звітний 2020 р. і на перспективу наведені у таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 – Рівні споживання потужності в характерних режимах зими та літа за звітні роки і на перспективу.

Найменування	звіт				перспектива			
	2019 р., зима		2020 р., літо		2023 р.		2028 р.	
	МВт	%	МВт	%	МВт	%	МВт	%
Західна ЕС, частина якої працює у складі ОЕС України								
Зима максимум споживання	1917	100			1995	100	2097	100
Зима денне зниження споживання	1752	91,4			1823	91,4	1917	91.4
Зима мінімум споживання	1314	68,5			1367	68,5	1436	68.5
Літо максимум споживання			1464	100	1508	75,6	1585	75.6
Літо денне зниження споживання			1340	91,5	1380	69.2	1450	69.2
Літо мінімум споживання			970	66,3	1000	50.1	1050	50.1

Графіки навантаження в розрізі доби за звітні роки 2019 р (зима) та 2020 р. (літо) досить щільні:

– зниження навантаження в режимах зимового денного зниження та мінімуму становить 9% і 30% відповідно;

– зниження навантаження в режимах літнього денного зниження та мінімуму становить 9% і 34% відповідно.

На перспективний період графік навантаження у розрізі року становитиме: зниження навантаження в режимах зимового денного зниження та мінімуму становить 9% і 30% відповідно, в режимах літнього денного зниження і мінімуму – 30% і 50% відповідно. Зниження навантаження в літній максимум становить 24%.

3.2 Генеруючі потужності

Сумарна встановлена потужність генеруючих джерел станом на 01.01.2021 р., які розташовані на території Західної ЕС, становить 7023,801 МВт.

Основними генеруючими джерелами Західної ЕС є Рівненська АЕС встановленою потужністю 2880 МВт (41,0%) і БуТЕС встановленою потужністю 2366 МВт (33,7%).

Станом на 01.01.2021 р. в енергосистемі працюють сонячні електростанції (СЕС) встановленою потужністю 646,981 МВт, вітрові електростанції (ВЕС) – 84,1 МВт і на біопаливі (БіоТЕЦ) – 7,666 МВт.

Враховуючи, ВЕС ТОВ «ВІТРОПАРК ЗАХІДНИЙ-Р» приєднується до мереж Західної ЕС, частина якої працює у складі ОЕС України, у таблиці 3.3 наведена встановлена потужність існуючих електричних станцій і намічених до вводу саме цієї частини.

У зв'язку з технічними та економічними проблемами, невизначеністю обсягів інвестицій в розвиток (реконструкції) генерації традиційних електричних станцій встановлена потужність цих станцій та робоча потужність на перспективу прийнята на звітному рівні.

Таблиця 3.3 – Встановлена потужність електростанцій Західної ЕС, частини що працює у складі мереж ОЕС України.

Назва електростанцій	Одиниця виміру	2020 р. (звіт)	2023р. (розрахунковий)	2028 р. (прогнозований)
Встановлена потужність електростанцій, всього, у т.ч.:	МВт	4062,872	5562,704	5578,204
Рівненська АЕС	МВт	2880	2880	2880
Добротвірська ТЕС	МВт	510	520	520
Львівська ТЕЦ	МВт	41,3	41,3	41,3
Блок-станції	МВт	179,5	184,5	200,0
СЕС	МВт	452,072	843,514	843,514
ВЕС, всього	МВт	0	1093,39	1093,39
у т.ч. «ВІТРОПАРК ЗАХІДНИЙ-Р»	МВт		420,00	420,00

Дані таблиці 3.1 показують, що в період до 2024 р. очікується збільшення величини генеруючої потужності на 1499,832 МВт (37,0%), в основному, за рахунок розвитку відновлювальних джерел енергії.

До 2024р. більший приріст припадає на вітрову енергетику – планується нове будівництво 1093,39 МВт, на сонячну – з 452,072 МВт до 843,514 МВт.

У таблиці 3.4 наведені узагальнені дані щодо структури генерації електростанцій, розташованих на території Західної ЕС (частини ОЕС України) за звітний 2020 р. та на перспективний період до 2028 року.

Таблиця 3.4 – Структура генерації електростанцій розташованих на території Західної ЕС (частини ОЕС України) на 2020 – 2028 рр.

Найменування	2020 р. (звіт)		2023 р.		2028 р.	
	МВт	%	МВт	%	МВт	%
Сумарна встановлена потужність, всього	4062,872	100	5562,704	100	5578,204	100
в т.ч.: - АЕС	2880	70,9	2880	51,8	2880	51,6
-ТЕС	510	12,6	520	9,4	520	9,4
-ТЕЦ	41,3	1,0	41,3	0,7	41,3	0,7
- блокстанції	179,5	4,4	184,5	3,3	200,0	3,6
ВДЕ, всього	452,072	11,1	1936,904	34,8	1936,904	34,7
		100		100		100
в т.ч.: - СЕС	452,072	100	843,514	43,5	843,514	43,5
-ВЕС	0	0	1093,39	56,5	1093,39	56,5

Як видно з даних таблиці 3.4, на перспективу в структурі генерації електричних станцій майже на 20% зменшується доля АЕС (з 70,9% до 51,8%) за рахунок уводу електростанцій на ВДЕ, частка яких в структурі генерації збільшується з 11,1% до 34,8%. У структурі електростанцій на ВДЕ на перспективу доля СЕС і ВЕС в середньому становитиме 43,5% і 56,5% відповідно.

3.3 Баланси потужності

Відповідно до технічного завдання виконані баланси потужності Західної ЕС (для частини, що працює у складі мереж ОЕС України) за звітні 2019 р.(зима) та 2020 р.(літо) і на перспективу для зимового максимуму навантаження і денного зниження, для літнього мінімумів навантаження та денного зниження (таблиці 3.5, 3.6).

Відповідно до [1] при складанні балансу потужності на перспективу покриття від ВЕС та СЕС приймається:

- на запланований рік вводу ВЕС (2023 р.) на рівні 100%;
- на п'ятирічну перспективу (понад один рік) на рівні 50%.

Особливістю роботи ВЕС і СЕС є залежність від зовнішніх факторів. У таблицях 3.5, 3.6 участь від ВЕС та СЕС у покритті споживання прийнята згідно із [1] та при «нульовій» видачі потужності для зимового і літнього періодів.

Участь у покритті споживання енергосистеми РАЕС і ДТЕС прийняті на рівні звітних:

- РАЕС – 2880 МВт у зимовий період, 1660 МВт у літній період;
- ДТЕС – у складі двох блоків – 200 МВт – у зимовий період і одного блоку – 100 МВт – у літній період. Покриття направленої передачі на Замость (Польща) в балансі не враховувалось.

При складанні балансів на перспективу не врахована генерація блоків БуТЕС в мережу ОЕС України – прийнято, що БуТЕС повністю працює у складі «острова».

На 2023 р. потужність генерації проектованої ВЕС прийнята на повний розвиток – 420 МВт.

Таблиця 3.5 – Баланси потужності Західної ЕС для зимового максимуму і денного зниження навантаження

Найменування	Один, виміру	2019 р. (звіт)		2023 р (розрахунковий)		2028 р. (перспектива)	
		макс.	дн.зн.	макс.	дн.зн.	макс.	дн.зн.
Без урахування потужності ВЕС і СЕС, що намічені до вводу							
Робоча потужність ел. станцій, всього*)	МВт	2878,4	2954	3125,0	3574,0	3135,0	3360,0
у т.ч РАЕС	МВт	2835	2830	2880	2880	2880	2880
ДТЕС	МВт	0	0	200	200	200	200
ВДЕ, всього	МВт	0	85	0	452,072	0	226,036
у т.ч СЕС	МВт	0	85	0	452,072	0	226,036
ВЕС	МВт						
Споживання	МВт	1917	1752	1995	1823	2097	1917
Баланс потужності (надлишок +, дефіцит -)	МВт	+961,4	+1202	+1130	+ 1751	+1038	+1443
Із врахуванням потужності ВЕС і СЕС, що намічені до вводу							
Робоча потужність ел. станцій, всього*)	МВт	2878,4	2954	4218,0	5059,0	3682,0	4103,0
у т.ч РАЕС	МВт	2835	2830	2880	2880	2880	2880
ДТЕС	МВт	0	0	200	200	200	200
ВДЕ, всього	МВт	0	85	1093,39	1936,904	546,70	968,457
у т.ч СЕС	МВт	0	85	0	843,514	0	421,757
ВЕС, всього, у т.ч.	МВт	0	0	1093,39	1093,39	546,70	546,70
проектowana «ВІТРОПАРК ЗАХІДНИЙ-Р»	МВт	0	0	420,0	420,0	210,0	210,0
Споживання	МВт	1917	1752	1995	1823	2097	1917
Баланс потужності (надлишок +, дефіцит -)	МВт	+961,4	+1202	+2223	+3236	+1585	+2186
*) у загальній робочій потужності ел. станцій не врахована генерація ДТЕС, що видається на Замость (Польща) - направлена передача.							

Таблиця 3.6 – Баланси потужності Західної ЕС для літнього мінімуму і денного зниження навантаження

Найменування	Один, виміру	2020 р. (звіт)		2023 р (розрахунковий)		2028 р. (перспектива)	
		мін.	дн.зн.	мін.	дн.зн.	мін.	дн.зн.
Без урахування потужності ВЕС і СЕС, що намічені до вводу							
Робоча потужність ел. станцій, всього*)	МВт	1985	2093,5	1785	2237,0	1805	2038,0
у т.ч РАЕС	МВт	1837	1826	1660	1660	1660	1660
ДТЕС	МВт	0	0	100	100	100	100
БуТЕС**)	МВт	123**)					
ВДЕ, всього	МВт	0	243,5	0	452,072	0	243,50
у т.ч СЕС	МВт	0	243,5	0	452,072	0	243,50
ВЕС	МВт						
Споживання	МВт	970	1340	1000	1380	1050	1450
Із врахуванням потужності ВЕС і СЕС, що намічені до вводу							
Робоча потужність ел. станцій, всього*)	МВт	1985	2093,5	2878	3722	2332	2753
у т.ч РАЕС	МВт	1837	1826	1660	1660	1660	1660
ДТЕС	МВт	0	0	100	100	100	100
БуТЕС**)	МВт	123**)					
ВДЕ, всього	МВт	0	243,5	1093,39	1936,904	546,70	968,457
у т.ч СЕС	МВт	0	243,5	0	843,514	0	421,757
ВЕС, всього, у т.ч.	МВт	0	0	1093,39	1093,39	546,70	546,70
проектowana «ВІТРОПАРК ЗАХІДНИЙ-Р»	МВт	0	0	420,0	420,0	210,0	210,0
Споживання	МВт	970	1340	1000	1380	1050	1450
Баланс потужності (надлишок +, дефіцит -)	МВт	+ 1015	+753,5	+1878	+2342	+1282	+1303
*) у загальній робочій потужності ел. станцій не врахована генерація ДТЕС, що видається на Замость (Польща) - направлена передача.							
**) на перспективу прийнято, що БуТЕС повністю працює у складі «острова».							

За звітними балансами потужності Західна ЕС (ОЕС України) є надлишковою за рахунок генерації РАЕС. Участь СЕС у покритті споживання режиму денного зниження навантаження складає 3% у зимовий період, 11,6% – у літній період.

Характер балансу потужності по Західній ЕС із уводом ВЕС ТОВ«ВІТРОПАРК ЗАХІДНИЙ-Р» не змінюється.

У таблиці 3.7 наведена участь СЕС і ВЕС у покритті споживання зимового і літнього навантаження денного зниження.

Таблиця 3.7 – Участь СЕС і ВЕС у покритті споживання зимового і літнього навантаження денного зниження

Найменування	Один, виміру	Зима			Літо		
		2019 (звіт)	2023 (роз-ий)	2028 (пер-ва)	2020 (звіт)	2023 (роз-ий)	2028 (пер-ва)
Робоча потужність ел. станцій, всього*), у т.ч.	МВт/%	2954/ 100	5059/ 100	4103/ 100	2093,5/ 100	3722/ 100	2753/ 100
ВДЕ, всього	МВт	85/ 3,0/ 100	1936,9/ 38,3/ 100	968,46/ 23,6/ 100	243,5 / 11,6/ 100	1936,9/ 52,0/ 100	968,46/ 35,2/ 100
у т.ч СЕС	МВт	85/ 100	843,5 / 43,5	421,7/ 43,5	243,5 /100	843,5 /43,5	421,7/ 43,5
ВЕС, що заплановані	МВт	0	673,4/ 34,8	336,7/ 34,8	0	673,4/ 34,8	336,7/ 34,8
проектована «ВІТРОПАРК ЗАХІДНИЙ-Р»	МВт	0	420/ 21,7	210/ 21,7	0	420/ 21,7	210/ 21,7

У структурі електростанцій на ВДЕ на перспективу доля у покритті споживання СЕС і ВЕС в середньому становитиме 43,5% і 56,5% відповідно, у т.ч. доля проектованої ВЕС «ВІТРОПАРК ЗАХІДНИЙ-Р» – 21,7%.

3.4 Протиаварійна автоматика

У зв'язку з можливими перевантаженнями ПЛ 220 кВ ДТЕС– Львів Південна, ПЛ 330 кВ ХАЕС – Рівне, РАЕС – Рівне, РАЕС – Грабів, Грабів – Рівне та Західноукраїнська - ВЕС ТОВ «ВІТРОПАРК ЗАХІДНИЙ-Р» у ремонтно-аварійних режимах N-2 необхідне формування комплексу протиаварійної автоматики, яка діятиме на обмеження потужності ВЕС по факту перевантаження зазначених вище елементів мережі.

Автоматика розвантаження ВЕС

АРЛ №1 (ПЛ 220 кВ ДТЕС– Львів Південна А,Б)

На Добротвірській ТЕС рекомендується встановлення нової автоматики (АРЛ №1) на струм по ПЛ 220 кВ ДТЕС– Львів Південна А,Б, з контролем напрямку струму від шин 220 кВ ДТЕС.

АРЛ №2 (ПЛ 330 кВ Західноукраїнська - ВЕС ТОВ «ВІТРОПАРК ЗАХІДНИЙ-Р»)

На ЦПС 330/35 кВ ВЕ рекомендується встановлення нової автоматики (АРЛ №2) на струм по ПЛ 330 кВ Західноукраїнська - ВЕС ТОВ «ВІТРОПАРК ЗАХІДНИЙ-Р», з контролем напрямку струму від шин 330 кВ ВЕС.

АРЛ №3 (ПЛ 330 кВ від ПС Рівне)

На ПС 330 кВ Рівне рекомендується встановлення нової автоматики (АРЛ №3) на струм по ПЛ 330 кВ ХАЕС – Рівне (напрямок від шин 330 кВ), ПЛ 330 кВ РАЕС – Рівне та Рівне – Грабів (без контролю напрямку потужності).

Сигнали АРЛ №1-3 ПЛ 220-330 кВ передаватимуться до ПА встановленої на ПС 330 кВ Рівне, яка діятиме на розвантаження ВЕС шляхом почергового вимкнення АТ на ВЕС ТОВ «ВІТРОПАРК ЗАХІДНИЙ-Р».

Ступені автоматики розвантаження ВЕС:

1 ступінь – вимкнення АТ-1 330/35 кВ 125 МВА (2 етап – 125 МВт);

2 ступінь – вимкнення АТ-2 330/35 кВ 200 МВА (2 етап – 200 МВт);

3 ступінь – вимкнення АТ 110/35 кВ 125 МВА (1 етап – 100 МВт);

4 ступінь – вимкнення ППК (для зниження завантаження ПЛІ 330 кВ РАЕС – Рівне та Рівне – Грабів), спрацьовує виключно по факту перевантаження зазначених ПЛІ 330 кВ;

4,5 ступені (перспектива) – передача команди на зниження потужності ВЕС 200 МВт на ПС 220 кВ Луцьк Південна.

ПА введена в роботу постійно.

Для коректного спрацювання АРЛ ПЛІ 220 кВ - 330 кВ буде передбачено набори уставок, відносно різної температури навколишнього середовища. Для цього буде реалізоване вимірювання температури зовнішнього повітря пристроєм АРЛ. Уставки вибрані для температурного діапазону від -0°C до $+40^{\circ}\text{C}$ з кроком 10°C , із врахуванням довготривалого допустимого струмового перевантаження зазначених ПЛІ. Перехід між уставками буде виконуватись автоматично.

Зазначена протиаварійна автоматика реалізовується на 1 етапі введення потужності проектованої ВЕС.

Автоматика відновлення генерації ВЕС.

Після реалізації ступеневого розвантаження ВЕС та відсутності сигналів роботи АРЛ №1-3 з витримкою часу більше 20 хв. (задається диспетчером) вводиться автоматика відновлення генерації ВЕС.

Дана автоматика також контролюватиме струм по відповідних ПЛІ 220-330 кВ (струмові уставка будуть на 10-15 % нижчі уставок спрацювання АРЛ №1-3) і діятиме на почергове увімкнення автотрансформаторів ВЕС ТОВ «ВІТРОПАРК ЗАХІДНИЙ-Р».

Зазначена протиаварійна автоматика реалізовується на 1 етапі введення потужності ВЕС.

3.5 Струми КЗ

Для перевірки існуючого обладнання і вибору нового пораховані струми короткого замикання (КЗ) в мережі 110 кВ і вище району, що розглядається. Розрахункова схема струмів КЗ враховує розвиток системоутворюючої мережі 330 кВ і розподільчої 110 кВ на 10-тирічну перспективу.

Результати розрахунку струмів КЗ наведені в таблиці 3.8.

Таблиця 3.8 – Розрахунок струмів КЗ

Елемент мережі	Ном. струм відкл. вимикача, кА	Струм КЗ, кА	
		3-ф	1-ф
ПС 330 кВ Радивилів шини 330 кВ	50	9,96	7,7
ПС 330 кВ Радивилів шини 220 кВ	-	5,29	3,97
ПС 330 кВ Радивилів шини 110 кВ	20	11,79	13,7
ПС 750 кВ Західноукраїнська шини 750 кВ	40	21,3	20,97
ПС 750 кВ Західноукраїнська шини 330 кВ	63	34,8	31,7
ПС 330 кВ Рівне шини 330 кВ	40	18,36	12,4
ПС 330 кВ Рівне шини 110 кВ	40	23,4	18,9
ЦПС 110/35 кВ ВЕС-1 шини 110 кВ	-	6,43	6,2
ЦПС 110/35 кВ ВЕС-1 шини 35 кВ	-	11,98	-
ЦПС 330/35 кВ ВЕС-2 шини 330 кВ	-	12,4	9,08
ЦПС 330/35 кВ ВЕС-2 1 с. шин 35 кВ	-	17,94	-
ЦПС 330/35 кВ ВЕС-2 2 с. шин 35 кВ	-	27,2	-

Як видно з результатів розрахунків значення струмів коротких замикань на шинах ПС 330-750 кВ Західноукраїнська, Радивилів, Рівне не перевищують номінальні струми вимкнення встановлених вимикачів.

Струмове підживлення від ВЕС «ТОВ ВІТРОПАРК ЗАХІДНИЙ-Р» на стороні 110 кВ ПС 330 кВ Радивилів становитиме 0,93 кА, на стороні 330 кВ ПС 750 кВ Західноукраїнська – 1,7 кА.

3.6 Висновки до розділу

В розділі наведено:

— прогноз рівнів споживання та баланси потужності Західної енергосистеми на перший рік уведення повної потужності ВЕС – 2024 р. та 5-ти річну перспективу – 2028 р.;

— розрахунок струмів короткого замикання для вибору нових та перевірки відповідності комутаційної здатності вимикачів на існуючому об'єкті, до якого приєднується ВЕС.

Загальні рівні споживання потужності по Західній ЕС та частини, що працює у складі мереж ОЕС України, за звітний період 2018-2019 р.р. у режимний замір ОЕС України та на перспективу наведені в таблиці 3.1.

Прогнозований середньорічний приріст споживання по Західній ЕС прийнятий на рівні 1%.

Проектована ВЕС видаватиме потужність в мережу Західної ЕС, що працює паралельно з мережами ОЕС України.

Рівні споживання потужності в характерних режимах зими за звітний 2019 р. та літа за звітний 2020 р. і на перспективу для частини Західної ЕС, що працює у складі мереж ОЕС України наведені у таблиці 3.2.

На перспективний період графік навантаження у розрізі року становитиме: зниження навантаження в режимах зимового денного зниження та мінімуму становить 9% і 30% відповідно, в режимах літнього денного

зниження і мінімуму – 30% і 50% відповідно. Зниження навантаження в літній максимум становить 24%.

Встановлена потужність електростанцій Західної ЕС, частини, що працює у складі мереж ОЕС України наведена в таблиці 3.3.

У таблиці 3.4 наведені узагальнені дані щодо структури генерації електростанцій, розташованих на території Західної ЕС (частини ОЕС України) за звітний 2020 р. та на перспективний період до 2027 року.

В період до 2024 р. очікується збільшення величини генеруючої потужності на 1499,832 МВт (37,0%), в основному, за рахунок розвитку відновлювальних джерел енергії.

До 2024р. більший приріст припадає на вітрову енергетику – планується нове будівництво 1093,39 МВт, на сонячну – з 452,072 МВт до 843,514 МВт.

На перспективу в структурі генерації електричних станцій майже на 20% зменшується доля АЕС (з 70,9% до 51,8%) за рахунок вводу електростанцій на ВДЕ, частка яких в структурі генерації збільшується з 11,1% до 34,8%. У структурі електростанцій на ВДЕ на перспективу доля СЕС і ВЕС в середньому становитиме 43,5% і 56,5% відповідно.

Відповідно до [1] при складанні балансу потужності на перспективу покриття від ВЕС та СЕС приймається на рівні 50% від встановленої потужності та при «нульовій» видачі потужності для зимового і літнього періодів.

Участь у покритті споживання енергосистеми (частини ОЕС України) РАЕС і ДТЕС прийняті:

- РАЕС – 2880 МВт у зимовий період, 1660 МВт у літній період;
- ДТЕС – у складі двох блоків – 200 МВт – у зимовий період і одного блоку – 100 МВт – у літній період. Покриття направленої передачі на Замость (Польща) в балансі не враховувалось.

При складанні балансів на перспективу не врахована генерація блоків БуТЕС в мережу ОЕС України – прийнято, що БуТЕС повністю працює у складі «острова».

На 2024 р. потужність генерації ВЕС прийнята на повний розвиток.

За звітними балансами потужності Західна ЕС (ОЕС України) є надлишковою за рахунок генерації РАЕС. Участь СЕС у покритті споживання режиму денного зниження навантаження складає 3% у зимовий період, 11,6% – у літній період.

Характер балансу потужності по Західній ЕС із уводом ВЕС ТОВ «ВІТРОПАРК ЗАХІДНИЙ-Р» не змінюється.

У таблиці 3.7 наведена участь СЕС і ВЕС у покритті споживання зимового і літнього навантаження денного зниження.

У структурі електростанцій на ВДЕ на перспективу доля у покритті споживання СЕС і ВЕС в середньому становитиме 43,5% і 56,5% відповідно, у т.ч. доля проектованої ВЕС «ВІТРОПАРК ЗАХІДНИЙ-Р» – 21,7%.

Для перевірки існуючого обладнання і вибору нового пороховані струми короткого замикання (КЗ) в мережі 110 кВ і вище району, що розглядається. Розрахункова схема струмів КЗ враховує розвиток системоутворюючої мережі 330 кВ і розподільчої 110 кВ на 10-ти річну перспективу.

Результати розрахунку струмів КЗ наведені в таблиці 3.8.

Як видно з результатів розрахунків значення струмів коротких замикань на шинах ПС 330-750 кВ Західноукраїнська, Радивилів, Рівне не перевищують номінальні струми вимкнення встановлених вимикачів.

Струмове підживлення від ВЕС «ТОВ ВІТРОПАРК ЗАХІДНИЙ-Р» на стороні 110 кВ ПС 330 кВ Радивилів становитиме 0,93 кА, на стороні 330 кВ ПС 750 кВ Західноукраїнська – 1,7 кА.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

4.1 Дія шуму і вібрації на організм людини

Шум – це хаотична сукупність різних за силою і частотою звуків, що заважають сприйняттю корисних сигналів і негативно впливають на людину. Фізична сутність звуку – це механічні коливання пружного середовища (повітря, рідини). Під час звукових коливань утворюються області зниженого і підвищеного тиску, що діють на слуховий аналізатор (мембрану вуха) [11].

Основними фізичними характеристиками звуку є: частота f (Гц), звуковий тиск P (Па), інтенсивність або сила звуку I (Вт/м²), звукова потужність (Вт) тощо. Швидкість поширення звукових хвиль в атмосфері при 20° С складає 344 м/с. Органи слуху людини сприймають звукові коливання в інтервалі частот від 16 до 20 000 Гц. Але деякі із звуків не сприймаються органами слуху людини: коливання з частотою нижче 16 Гц – інфразвуки, з частотою вище 20 000 Гц – ультразвуки.

Мінімальна інтенсивність звуку, яку людина відчуває, називається порогом чутливості. У різних людей він різний, і тому умовно за поріг чутливості приймають звуковий тиск, який дорівнює $2 \cdot 10^{-5}$ Н/м² (ньютон на метр квадратний) при стандартній частоті 1 000 Гц. При цій частоті поріг чутливості $I_0 = 10 - 12$ Вт/м², а відповідний йому тиск $P_0 = 2 \cdot 10^{-5}$ Па. Максимальна інтенсивність звуку, при якій вухо починає відчувати болючі відчуття, називається порогом болісного відчуття, рівним 102 Вт/м², а відповідний йому звуковий тиск $P = 2 \cdot 10^2$ Па.

Зміни інтенсивності звуку і звукового тиску, що чує людина, величезні і складають відповідно 10^{14} і 10^7 разів, тому оперувати такими великими числами незручно. Таким чином, для оцінки шуму прийнято вимірювати його інтенсивність і звуковий тиск не абсолютними фізичними величинами, а логарифмами відношень цих розмірів до умовного нульового рівня, що

відповідає порогові чутливості стандартного тону, частотою 1 000 Гц. Ці логарифми відношень називають рівнями інтенсивності і звукового тиску, виражені в белах (Б). Одиниця виміру “бел” названа іменем винахідника телефону А. Белла (1847–1922). Оскільки орган слуху людини спроможний розрізняти зміни рівня інтенсивності звуку на 0,1 Б, то для практичного використання більш зручнішою є одиниця в 10 разів менше – децибел (дБ).

Якщо значення гучності звуку (інтенсивності) перевищує 60 – 80 дБ, то такий шум уже може шкідливо впливати на здоров'я людини: підвищувати кров'яний тиск, викликати порушення ритму серця, створювати значне навантаження на нервову систему, впливати на психічний стан особи. Дуже сильний шум (понад 140 – 180 дБ) може викликати розірвання барабанної перетинки.

У даний час вчені багатьох країн світу ведуть різноманітні дослідження з метою з'ясування впливу шуму на здоров'я людини. Дослідження показали, що шум завдає суттєвої шкоди здоров'ю людини, але й абсолютна тиша лякає і пригнічує її. Так, співробітники одного конструкторського бюро, що мали прекрасну звукоізоляцію, уже через тиждень стали скаржитися на неможливість роботи в умовах пригнічуючої тиші: вони були знервовані, втрачали працездатність. І, навпаки, було встановлено, що звуки значної сили стимулюють процес мислення, особливо процес рахунку.

Кожна людина сприймає шум по-різному. Багато чого залежить від віку, темпераменту, стану здоров'я, оточуючих умов. Деякі люди втрачають слух навіть після короткого впливу шуму порівняно збільшеної інтенсивності.

Постійна дія сильного шуму може не лише негативно вплинути на слух, але й викликати інші шкідливі наслідки – дзвін у вухах, запаморочення, головний біль, підвищення втоми, зниження працездатності.

Шум має акумулятивний ефект, тобто акустичні подразнення, накопичуючись в організмі людини, все сильніше пригнічують нервову систему. Тому перед втратою слуху від впливу шумів виникає функціональний розлад центральної нервової системи. Особливо шкідливий вплив шуму

позначається на нервово-психічній діяльності людини. Процес нервово-психічних захворювань вищий серед осіб, що працюють у гомінких умовах, ніж у людей, що працюють у нормальних звукових умовах.

Шуми викликають функціональні розлади серцево-судинної системи; шкідливо впливають на зоровий і вестибулярний аналізатори; знижують рефлекторну діяльність, що часто стає причиною нещасних випадків і травм.

Як довели дослідження вчених, звук, якого не чути, також може зробити шкідливий вплив на здоров'я людини. Так, інфразвуки особливий вплив роблять на психічну сферу людини: уражають усі види інтелектуальної діяльності; погіршують настрій; іноді з'являється відчуття розгубленості, тривоги, переляку, страху, а при високій інтенсивності – почуття слабкості, як після сильного нервового потрясіння.

Навіть слабкі звуки, інфразвуки можуть робити на людину істотний вплив, особливо якщо вони носять тривалий характер. На думку вчених, саме інфразвуками, що нечутно проникають крізь самі товсті стіни, викликається багато нервових захворювань жителів великих міст.

Ультразвуки, що займають помітне місце в гамі виробничих шумів, також небезпечні. Механізми їх дії на живі організми вкрай різноманітні. Особливо сильно до їх негативного впливу схильні клітини нервової системи.

Шум підступний, його шкідливий вплив на організм відбувається незримо, непомітно. Організм людини проти шуму практично беззахисний.

Лікарі говорять про шумову хворобу як про наслідок впливу шуму із переважними поразками слуху і нервової системи.

Зменшення рівня шуму покращує самопочуття людини і підвищує продуктивність праці. З шумом необхідно боротися як на виробництві, так і в побуті. Уміння дотримуватися тиші – показник культури людини і його доброго ставлення оточуючих. Тиша потрібна людям так само, як сонце і свіже повітря.

Розглянуті найбільш загальні з усіх можливих методів і засобів захисту. У першу чергу потрібно використовувати колективні методи і засоби.

Найефективнішими є заходи зниження шуму в джерелі його виникнення. Шум можна понизити на шляху його розповсюдження.

До засобів індивідуального захисту від шуму належать:

- протишумні навушники, які закривають вушну раковину;
- протишумні вкладиші, що перекривають зовнішній слуховий прохід;
- протишумні шоломи – закривають усю голову. Їх застосовують у сполученні з навушниками;
- протишумні костюми.
- застосування малошумного обладнання, заміна металевих частин на пластмасу, установка глушителів і т. д;
- установка обладнання на демпфіруючих прокладках;
- розміщення джерел шуму в шкірі, приміщеннях і т. д. зі звукоізоляцією або звукопоглинанням;
- установка “антизвуку”, тобто джерела, рівного за величиною і протилежного за фазою звуку
- архітектурно-планувальні методи (розміщення будівель, обладнання, захисні зелені смуги, екрани і т. д.);
- звукоізолюючі кабінки, акустичні екрани місць роботи;
- оснащення шумних машин і технологій засобами дистанційного телеавтоматичного управління.

Вібрація – це коливання твердих тіл, яке виникає при зсуві центру ваги тіла, що рухається, обертається або при періодичній зміні форми тіла порівняно зі статичним станом цього тіла. Вібрація характеризується частотою (Гц), амплітудою зсуву, тобто розміром найбільшого відхилення точки, що коливається від положення рівноваги (м), коливальною швидкістю (м/с) та коливальним прискоренням (a/c^2). Ступінь і характер впливу на людину залежить від амплітуди і частоти коливань. Так, власні частоти внутрішніх органів знаходяться в області 6 – 9 Гц. Отже, вібрація машин, площадок, ручних інструментів і т. д. особливо небезпечна при частотах 8 – 12; 17 – 25 Гц і т. д., тому що вони можуть бути резонансними для органів. При роботі з

ручними машинами (їхня вібрація знаходиться в області 100 Гц) виникають судинні розлади. Загальна вібрація, що має широкий спектр частоти, справляє несприятливий вплив на центральну нервову систему, вестибулярний апарат, шлунково-кишковий тракт, викликає запаморочення, оніміння кінцівок, захворювання суглобів. Тривалий вплив вібрації викликає фахове захворювання – вібраційну хворобу.

Методи боротьби з вібрацією зводяться в основному до демпфірування установок, машин, механізмів, використання різноманітного роду амортизаторів, вібропоглинання.

4.2 Інженерні заходи захисту населення та персоналу об'єктів енергетики. Організація укриття у мирний та воєнний час.

Враховуючи особливу важливість забезпечення захисту і життєдіяльності населення в надзвичайних ситуаціях мирного і воєнного часу, розглянемо більш докладно такі способи захисту і засоби їх забезпечення [9, 10]:

- укриття населення в захисних спорудах;
- евакуація населення;
- засоби індивідуального захисту, медичні засоби захисту та їх застосування.

4.2.1 Укриття в захисних спорудах

Укриття в захисних спорудах — основний і найбільш надійний спосіб захисту від усіх вражаючих факторів. Цей спосіб передбачає застосування системи захисних споруд, які відповідають можливому характеру обстановки і вимогам захисту різних категорій населення.

Систему захисних споруд становлять сховища в категорійованих містах і на найважливіших об'єктах господарювання, протирадіаційні укриття (ПРУ) у некатегорійованих містах і сільській місцевості, а також пристосовані для цієї мети метрополітени, підземні гірничі виробки, природні пустоти, найпростіші

укриття у вигляді відкритих і перекритих щілин. Найважливішими напрямками в підвищенні надійності захисту є завчасне розгортання будівництва захисних споруд з метою забезпечення ними всього населення.

Будівництво і нагромадження фонду захисних споруд, а також пристосування і використання для укриття населення різних будинків і споруд, підвальних й інших заглиблених приміщень, метрополітенів, гірничих виробок і природних пустот є найважливішими інженерно-технічними заходами Цивільної оборони (ІТЗ ЦО) по створенню матеріальної бази для організації захисту населення в надзвичайних ситуаціях мирного і воєнного часу.

Відповідно до вимог «Норм проектування ІТЗ ЦО» [7] усі захисні споруди повинні використовуватися в мирний час для потреб народного господарства й обслуговування населення, що істотно підвищує ефективність капітальних вкладень. Вони можуть використовуватися під приміщення: культурного і санітарно-побутового обслуговування населення (навчальні кабінети, гардероби, душові); виробничі — у тих випадках, якщо технологічні процеси не супроводжуються виділенням шкідливих для людей парів і газів і не вимагають природного освітлення; торгівлі і суспільного харчування; об'єктів спортивного призначення; складів різного призначення; гаражів для автомобілів тощо.

4.2.2 Призначення і класифікація сховищ

Сховищами називають захисні споруди герметичного типу, які забезпечують колективний захист від дії вражаючих факторів сучасної зброї, від впливу високих температур і продуктів горіння при пожежах, від ОР і СДОР, від радіоактивних речовин і біологічних засобів. Вони повинні забезпечувати надійне укриття людей щонайменше протягом двох діб. Захист людей від впливу ударної хвилі забезпечується міцними загороджувальними конструкціями і установкою противибухових пристроїв у системі вентиляції; захист від отруйних речовин, радіоактивного пилу і біологічних засобів досягається шляхом оснащення системи фільтровентиляції спеціальним устаткуванням (протипиловими фільтрами, фільтрами-поглиначами).

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Вітроустановки (ВЕУ) планується розташувати на трьох майданчиках: локації 1 і 2, встановленою потужністю по 100 МВт кожна, – на майданчиках біля Радивиліва (Рівненська область); локація 3, встановленою потужністю 100 МВт, – на майданчику біля населеного пункту Лідихів (Кременецький район Тернопільська область). Розташування додаткової локації 4 (120 МВт) прийняте біля населеного пункту Шпаки Золочівськогорайону Львівської області.

Варіанти схеми приєднання ВЕС до мереж Західної ЕС розглядались на напрузі 330 кВ, 220 кВ і 110 кВ із врахуванням розташування майданчиків для будівництва ЦПС ВЕС. Збір ВЕУ планується на напрузі 35 кВ.

При розробці варіантів враховувалась: достатність пропускної потужності автотрансформаторів ПС 330 кВ Радивилів (один АТ 330/110/10 кВ потужністю 200 МВА; один АТ 220/110/10 кВ потужністю 125 МВА); можливість розширення ВРП ПС 330 кВ Радивилів (ВРП 330 кВ – існує можливість будівництва ВРП за схемою «чотирикутника»; ВРП 220 кВ – розширенню не підлягає; ВРП 110 кВ – існує можливість встановлення однієї комірки).

Варіанти схеми приєднання ВЕС ТОВ «ВІТРОПАРК ЗАХІДНИЙ-Р» до мереж Західної ЕС розглядались із врахуванням потужності та розташуванням майданчиків ВЕУ. Збір ВЕУ виконується кабельними лініями 35 кВ.

Варіант 1 (300 МВт) – видача потужності ВЕС 300 МВт шляхом врізки у ПЛ 330 кВ Західноукраїнська – Рівне. Варіант 2 (300 МВт) — видача потужності ВЕС 200 МВт шляхом врізки у ПЛ 220 кВ ДТЕС – Радивилів та 100 МВт (пусковий комплекс) на напрузі 110 кВ до шин ПС 330 кВ Радивилів. Варіант 3 (300 МВт) – видача потужності ВЕС 300 МВт до шин 330 кВ ПС 330 кВ Радивилів. Варіант 4 (420 МВт) – видача потужності ВЕС 320 МВт шляхом врізки у ПЛ 330 кВ Західноукраїнська – Рівне та 100 МВт (пусковий комплекс) на напрузі 110 кВ до шин ПС 330 кВ Радивилів.

За капіталовкладеннями найдешевшим є варіант №1, варіанти №2 і 3 дорожчі за варіант 1 на 33% та 43% відповідно.

Хоча питома вартість приєднання за варіантом №1 є найнижчою - 4,72 млн. грн/1 МВт, основним розглядається варіант №4, який передбачає приєднання 420 МВт потужності ВЕС, для якого питома вартість приєднання є вищою всього на 10%.

Для реалізації рекомендованого варіанту 4 будується: на напрузі 110 кВ (ВРП 110 кВ ЦПС 110/35 кВ за схемою ВЕС-1 «блок лінія-трансформатор» із обладнанням однієї комірки вимикача 110 кВ; ВРП 35 кВ ЦПС за схемою «одна робоча секція». У ВРП 35 кВ встановлюється 5 вимикачів: 1 для приєднання Т-110/35 кВ і 4 лінійних для приєднання груп ВЕУ локації 2; одноланцюгова ПЛ 110 кВ із проводом АС-300 орієнтовною довжиною 14,7 км для приєднання ЦПС 110 кВ до ВРП 110 кВ ПС 330 кВ Радивилів за радіальною схемою; розширення ВРП 110 кВ ПС 330 кВ Радивилів для встановлення одного нового вимикача 110 кВ для приєднання ЦПС 110/35 кВ ВЕС; встановлення шиноз'єднувального вимикача на ВРП 110 кВ ПС 330 кВ Радивилів взамін «перемички»; КЛ 35 кВ для приєднання груп ВЕУ до ВРП 35 кВ ЦПС загальною довжиною головних ділянок орієнтовно 6,3 км.); на напрузі 330 кВ (ВРП 330 кВ ЦПС за схемою 330-10 «трансформатор-шини з приєднанням лінії через два вимикачі» із встановленням чотирьох комірок вимикачів 330 кВ; ВРП 35 кВ ЦПС за схемою «дві робочі секції без встановлення секційного вимикача 35 кВ». На 1с встановлюється 9 вимикачів: 1 для приєднання Т-1 і 8 лінійних для приєднання груп ВЕУ локації 1 і 3. На 2с встановлюється 5 вимикачів: 1 для приєднання Т-2 і 4 лінійних для приєднання груп ВЕУ локації 4; дві одноланцюгові ПЛ 330 кВ із проводом 2АС-400 довжиною орієнтовно по 0,2 км кожна для приєднання ЦПС 330 кВ до ПЛ ПС 750 кВ Західноукраїнська – відгалуження на ПС 330 кВ Радивилів по схемі «захід-вихід»; КЛ 35 кВ для приєднання груп ВЕУ до ВРП 35 кВ ЦПС загальною довжиною головних ділянок орієнтовно 87,8 км.)

Для приєднання 1 етапу (100 МВт на напрузі 110 кВ) ВЕС, необхідна заміна трансформатора струму 110 кВ на ПС 110 кВ.

При приєднанні потужності 2 етапу (320 МВт на напрузі 330 кВ) у режимі з вимкненням АТ 750/330 кВ РАЕС виникає перевантаження ПЛ 330 кВ ХАЕС – Рівне, що вимагає реконструкції даної ПЛ або установки ППК (пристрою поздовжньої компенсації) у ПЛ 330 кВ ЗУ – ВЕС.

Прогнозований середньорічний приріст споживання по Західній ЕС прийнятий на рівні 1%.

Проектована ВЕС видаватиме потужність в мережу Західної ЕС, що працює паралельно з мережами ОЕС України.

На перспективний період графік навантаження у розрізі року становитиме: зниження навантаження в режимах зимового денного зниження та мінімуму становить 9% і 30% відповідно, в режимах літнього денного зниження і мінімуму – 30% і 50% відповідно. Зниження навантаження в літній максимум становить 24%.

В період до 2024 р. очікується збільшення величини генеруючої потужності на 1499,832 МВт (37,0%), в основному, за рахунок розвитку відновлювальних джерел енергії.

До 2024р. більший приріст припадає на вітрову енергетику – планується нове будівництво 1093,39 МВт, на сонячну – з 452,072 МВт до 843,514 МВт.

На перспективу в структурі генерації електричних станцій майже на 20% зменшується доля АЕС (з 70,9% до 51,8%) за рахунок вводу електростанцій на ВДЕ, частка яких в структурі генерації збільшується з 11,1% до 34,8%. У структурі електростанцій на ВДЕ на перспективу доля СЕС і ВЕС в середньому становитиме 43,5% і 56,5% відповідно.

Участь у покритті споживання енергосистеми (частини ОЕС України) РАЕС і ДТЕС прийняті: РАЕС – 2880 МВт у зимовий період, 1660 МВт у літній період; ДТЕС – у складі двох блоків – 200 МВт – у зимовий період і одного блоку – 100 МВт – у літній період. Покриття направленої передачі на Замость (Польща) в балансі не враховувалось.

При складанні балансів на перспективу не врахована генерація блоків БуТЕС в мережу ОЕС України – прийнято, що БуТЕС повністю працює у складі «острова».

За звітними балансами потужності Західна ЕС (ОЕС України) є надлишковою за рахунок генерації РАЕС. Участь СЕС у покритті споживання режиму денного зниження навантаження складає 3% у зимовий період, 11,6% – у літній період.

У структурі електростанцій на ВДЕ на перспективу доля у покритті споживання СЕС і ВЕС в середньому становитиме 43,5% і 56,5% відповідно, у т.ч. доля проєктованої ВЕС «ВІТРОПАРК ЗАХІДНИЙ-Р» – 21,7%.

Для перевірки існуючого обладнання і вибору нового пороховані струми короткого замикання (КЗ) в мережі 110 кВ і вище району, що розглядається. Розрахункова схема струмів КЗ враховує розвиток системоутворюючої мережі 330 кВ і розподільчої 110 кВ на 10-ти річну перспективу.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. СОУ-Н ЕЕ 40.1-00100227-101:2014. Норми технологічного проектування енергетичних систем і електричних мереж 35 кВ і вище. online.budstandart.com. URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=75577.
2. Основи вітроенергетики: підручник / Г. Півняк, Ф. Шкрабець, О75 Н. Нойбергер, Д. Циценков ; М-во освіти і науки України, Нац. гірн. ун-т. – Д.: НГУ, 2015. – 335 с. ISBN 978-966-350-526-8.
3. Машталяр С. В. Розробка вітроенергетичної системи електропостачання навчальної лабораторії кафедри електричної інженерії ТНТУ ім. І. Пулюя: кваліфікаційна робота магістра за спеціальністю „141 — електроенергетика, електротехніка та електромеханіка“ / С. В. Машталяр. — Тернопіль: ТНТУ, 2021. — 68 с.
4. Вітрогенератори: принцип дії, типи, застосування, ефективність роботи. alterair.ua. URL: <https://alterair.ua/stati/vetrogeneratoryi/>.
5. Тарасенко М.Г. Відновлювальні джерела енергії [електронний ресурс]: //Інституційний репозитарій Atutor (код дисципліни ID 1705): офіційний сайт Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя – Тернопіль, 2012. – Режим доступу: <https://dl.tntu.edu.ua/index.php>.
6. Коваль, Вадим Петрович. "Підвищення ефективності використання вітрового потоку у вітрових енергоустановках." Матеріали Міжнародної науково-технічної конференції „Фундаментальні та прикладні проблеми сучасних технологій “до 60-річчя з дня заснування Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя та 175-річчя з дня народження Івана Пулюя (2020): 204-204.
7. Наказ N 485 від 10 лютого 2012 року Про затвердження Методичних рекомендацій щодо розроблення розділу "Інженерно-технічні заходи цивільного захисту (цивільної оборони)" у складі проектної документації об'єктів. <https://ips.ligazakon.net/document/FIN73011>.

8. Коваль В.П. Кваліфікаційна робота магістра [електронний ресурс]: //Інституційний репозитарій Atutor (код дисципліни ID 5619): офіційний сайт Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя – Тернопіль, 2020. – Режим доступу: <https://dl.tntu.edu.ua/index.php>.

9. Методичний посібник для здобувачів освітнього ступеня «магістр» всіх спеціальностей денної та заочної (дистанційної) форм навчання «БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ» / В.С. Стручок –Тернопіль: ФОП Паляниця В. А., –156 с. Отримано з <https://elartu.tntu.edu.ua/handle/lib/39196>.

10. Навчальний посібник «ТЕХНОЕКОЛОГІЯ ТА ЦИВІЛЬНА БЕЗПЕКА. ЧАСТИНА «ЦИВІЛЬНА БЕЗПЕКА»» / автор-укладач В.С. Стручок–Тернопіль: ФОП Паляниця В. А., – 156 с. Отримано з <http://elartu.tntu.edu.ua/handle/lib/39424>.

11. Гурик О.Я. Безпека життєдіяльності, основи охорони праці [електронний ресурс]: //Інституційний репозитарій Atutor (код дисципліни ID 4656): офіційний сайт Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя – Тернопіль, 2017. – Режим доступу: <https://dl.tntu.edu.ua/index.php>.

12. Поважний О.Т. Забезпечення роботи вітрової електростанції в електричній мережі. / І.В. Белякова, І.М. Сисак, О.Т. Поважний // Матеріали XII міжнародної науково-технічної конференції молодих учених та студентів. Актуальні задачі сучасних технологій – Тернопіль 6-7 грудня 2023. — Т : ТНТУ, 2022, ст. 243.