

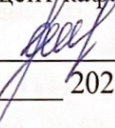
Вінницький національний технічний університет
Факультет електроенергетики та електромеханіки
Кафедра електричних станцій і систем

Бакалаврська кваліфікаційна робота на тему:

РОЛЬ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ УСТАНОВОК ЗБЕРІГАННЯ
ЕНЕРГІЇ В ЕНЕРГОСИСТЕМІ УКРАЇНИ

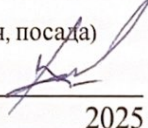
Виконав: студент 4 курсу групи ІЕСМ-216
спеціальності 141 – «Електроенергетика,
електротехніка та електромеханіка»
за ОП «Електричні системи та мережі»
Півторак Р.П. 

Керівник: к.т.н., доцент каф. ЕСС

Сікорська О. В. 
« 06 » 06 2025 р.

Рецензент: ТОВ «НЕСС ДИЗАЙН», началь-
ник відділу техніко-економічного обґрунту-
вання

(компанія, посада)

Розгонюк В.О. 
« 06 » 06 2025 р.

Допущено до захисту
Завідувач кафедри ЕСС

д.т.н., професор Комар В. О.


« 06 » 06 2025 р.

Вінниця ВНТУ - 2025 рік

Вінницький національний технічний університет
Факультет електроенергетики та електромеханіки
Кафедра електричних станцій та систем
Рівень вищої освіти перший (бакалаврський)
Спеціальність – 141 – «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»
Освітня програма – «Електричні системи та мережі»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ЕСС

д.т.н., професор Комар В. О.

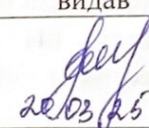
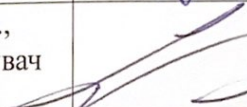
«20» квітня 2025 р.

З А В Д А Н Н Я **НА БАКАЛАВРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ**

Півтораку Роману Павловичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Роль та перспективи використання установок зберігання енергії в енергосистемі України
Керівник роботи к.т.н., доцент каф. ЕСС Сікорська О.В.
затверджена наказом вищого навчального закладу від 20.03.2025 року № 97
2. Термін подання студентом роботи 3 червня 2025 року
3. Вихідні дані до роботи: Перелік літературних джерел за тематикою роботи.
4. Зміст текстової частини: Вступ. Аналіз перспективи розвитку ринку установок зберігання енергії. Основні характеристики установок зберігання енергії, їх призначення та сфери застосування. Дослідження режимів роботи прилеглої мережі, після приєднання установки зберігання енергії. Охорона праці. Висновки. Список використаних джерел. Додатки.
5. Перелік ілюстративного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) 1. Титулка. 2. Перспектива розвитку світового ринку установок зберігання електроенергії. 3. Балансуючий ринок. 4. Балансуюча група. 5. Призначення установок зберігання електроенергії. 6. Структура установки зберігання електроенергії. 7. Структура накопичувача. 8-9. Загальна структура електро-хімічних акумуляторів. 10. Однолінійна схема нормального режиму району приєднання УЗЕ. 2024 рік. Літо 13:00. УЗЕ не в роботі. 11. Однолінійна схема нормального режиму району приєднання УЗЕ. 2024 рік. Літо 13:00. УЗЕ в роботі у режимі генерації. 12. Однолінійна схема нормального режиму району приєднання УЗЕ. 2024 рік. Літо 13:00. УЗЕ в роботі у режимі споживання.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	виконано прийняв
Спеціальна частина	Керівник роботи Сікорська О.В. к.т.н., доцент кафедри ЕСС	 20.03.25	 20.03.25
Охорона праці	Кобилянський О.В., д.пед.н., проф., завідувач каф. БЖДПБ		

7. Дата видачі завдання «20» березня 2025 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

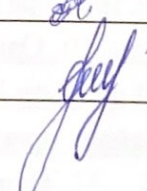
№ з/п	Назва та зміст етапів	Термін виконання етапів роботи		Прізвище
		початок	кінець	
1	Вступ. Огляд літературних джерел	20.03.25	27.03.25	Вс
2	1 Аналіз перспективи розвитку ринку установок зберігання енергії. внутрішній енергетичний ринок України та його особливості	28.03.25	08.04.25	Вс
3	2 Основні характеристики установок зберігання енергії, їх призначення та сфери застосування	09.04.25	20.04.25	Вс
4	3 Дослідження режимів роботи прилеглої мережі, після приєднання установки зберігання енергії	21.04.25	04.05.25	Вс
6	4 Охорона праці	05.05.25	13.05.25	Вс
7	Формування висновків по роботі. Оформлення пояснювальної записки	14.05.25	21.05.25	Вс
8	Виконання ілюстративної частини та оформлення презентації	22.05.25	26.05.25	Вс
9	Перевірка БКР на плагіат.	27.05.25	30.05.25	Вс
10	Попередній захист БКР. Рецензування БКР	01.06.25	03.06.25	Вс
11	Захист БКР	За графіком		

Студент



Півторак Р.П.

Керівник роботи



Сікорська О.В.

АНОТАЦІЯ

Півторак Роман Павлович «Роль та перспективи використання установок зберігання енергії в енергосистемі України». Бакалаврська кваліфікаційна робота за спеціальністю 141 – «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка», освітня програма – «Електричні системи та мережі». Вінниця : ВНТУ, 2025. 79 с.

Укр. мовою. Бібліогр.: 35 назв; рис.: 10; табл. 12.

У бакалаврській кваліфікаційній роботі було проведено аналіз перспективи розвитку установок зберігання енергії у світі та розглянено механізми внутрішнього енергетичного ринку України. Виконано порівняння найпоширеніших типів електрохімічних акумуляторів для накопичувачів енергії. Використовуючи плагін Graph Scanner для програми AutoCAD 2013 було розраховано режими району приєднання теоретичної установки зберігання енергії. Режими показали позитивний вплив установки на розподільчу мережу.

Ключові слова: установка зберігання енергії, режими, потужність, акумулятори, ринок енергії, балансування, розподільча мережа.

ABSTRACT

Pivtorak Roman Pavlovych «The role and perspectives of development of energy systems storage in Ukraine». Bachelor's degree thesis in speciality 141 – «Electric power engineering, electrical engineering and electromechanics», educational programme – «Electrical systems and networks». Vinnytsia: VNTU, 2025. 79 p.

Ukrainian language. Bibliography: 35 titles; fig.: 10; tabl. 12.

The bachelor's qualification work analyses the prospects for the development of energy storage facilities in the world and considers the mechanisms of the domestic energy market of Ukraine. The most common types of electrochemical batteries for energy storage were compared. Using the Graph Scanner plug-in for AutoCAD 2013, the modes of the connection area of a theoretical energy storage facility were calculated. The modes showed a positive impact of the installation on the distribution network.

Keywords: energy systems storage, modes, power, batteries, energy market, balancing, distribution network.

ЗМІСТ

ВСТУП	5
1 АНАЛІЗ ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ РИНКУ УСТАНОВОК ЗБЕРІГАННЯ ЕНЕРГІЇ. ВНУТРІШНІЙ ЕНЕРГЕТИЧНИЙ РИНОК УКРАЇНИ ТА ЙОГО ОСОБЛИВОСТІ	7
1.1 Аналіз ринку установок зберігання енергії в світі	7
1.2 Огляд механізмів торгівлі енергією в Україні. Порівняння різних способів, ринків та умов продажу виробленої енергії	8
1.2.1 Ринок на добу наперед.....	8
1.2.2 Внутрішньодобовий ринок	12
1.2.3 Ринок двосторонніх договорів.....	14
1.2.4 Балансуючий ринок	16
1.2.5 Договори з купівлі продажу електроенергії.	19
1.3 Деталі та можливість участі в балансуєчій групі (БГ). Можливість вибору між участю або неучастю в БГ	23
1.4 Висновки до розділу 1	27
2 ОСНОВНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ УСТАНОВОК ЗБЕРІГАННЯ ЕНЕРГІЇ, ЇХ ПРИЗНАЧЕННЯ ТА СФЕРИ ЗАСТОСУВАННЯ.....	28
2.1 Призначення установок зберігання енергії та їхні технічні параметри .	28
2.2 Конструкційне виконання установок зберігання енергії	30
2.3 Види акумуляторних установок збереження енергії, їх переваги та недоліки.....	33
2.4 Висновки до розділу 2	39
3 ДОСЛІДЖЕННЯ РЕЖИМІВ РОБОТИ ПРИЛЕГЛОЇ МЕРЕЖІ, ПІСЛЯ ПРИЄДНАННЯ УСТАНОВКИ ЗБЕРІГАННЯ ЕНЕРГІЇ.....	40
3.1 Прогноз рівнів споживання електроенергії та електричних навантажень району розміщення установки зберігання енергії	40
3.2 Умови проведення розрахунків.....	44
3.3 Розрахунок нормальних режимів роботи електричної мережі.....	57
3.4 Висновок до розділу 3	60
4 ОХОРОНА ПРАЦІ	61
4.1 Технічні рішення з безпечного проведення досліджень	62
4.1.1 Технічні рішення з безпечної організації робочих місць.....	62

4.1.2 Електробезпека.....	63
4.2 Технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії.....	63
4.2.1 Мікроклімат	63
4.2.2 Склад повітря робочої зони	65
4.2.3 Виробниче освітлення	66
4.2.4 Виробничий шум.....	68
4.2.5 Виробничі вібрації	68
4.3 Технічні рішення з пожежної безпеки	69
4.3.1 Визначення пожежної небезпеки об'єкта	69
4.3.2 Система запобігання пожежі	70
4.3.3 Система запобігання пожежі	70
4.3.4 Конструктивні рішення	71
4.3.5 Евакуація.....	71
4.4 Висновок до розділу 4	71
ВИСНОВКИ.....	73
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	75
ДОДАТКИ	79

ВСТУП

Актуальність теми. Зі зростанням попиту на використання відновлюваних джерел енергії та необхідністю забезпечення стабільності енергосистеми установки зберігання енергії (УЗЕ) стали життєво важливим компонентом, тому розуміння того, як вони працюють, є дуже важливим. УЗЕ відіграють важливу роль у балансуванні відновлюваних джерел енергії, таких як вітрова та сонячна енергії, які мають непостійний характер через свою залежність від погодних умов. Тому для забезпечення стабільного та надійного енергопостачання в періоди пікового попиту до відновлювальних джерел енергії потрібно приєднувати УЗЕ. Відбираючи та зберігаючи надлишкову енергію в періоди низького попиту, УЗЕ допомагають оптимізувати використання енергії, зменшити втрати та підвищити енергоефективність системи.

Особливо важливе значення УЗЕ займають в енергетичній системі України, так як через повномасштабне вторгнення Російської федерації, більшість генеруючих установок зазнала серйозних пошкоджень, а частина була окупована. Тому для підвищення надійності електричної мережі потрібно переходити від системи централізованої генерації до децентралізованої. Децентралізована генерація передбачає виробництво енергії на невеликих об'єктах (сонячні та вітрові електростанції), розташованих поблизу споживачів, що дозволяє зменшити втрати при транспортуванні та підвищити надійність енергопостачання. При цьому ураження великої кількості електростанцій з невеликою потужністю та УЗЕ є значно складнішим завданням, ніж знищення обмеженої кількості теплових електростанцій та гідроелектростанцій значної потужності, що дасть змогу мінімізувати втрати потужності в об'єднаній енергетичній системі України.

Мета і задачі дослідження. Мета дослідження полягає в аналізі існуючих електрохімічних УЗЕ в Україні та перспективи будівництва нових, обґрунтування їх доцільності розміщення в об'єднаній енергетичній системі та

аналіз їхнього впливу на режими енергетичної системи на підставі розрахунків.

Завдання дослідження:

- провести аналіз ринку УЗЕ Світу, визначити перспективи розширення ринку;
- провести аналіз існуючих технологій УЗЕ, а саме їх видів та конструкційних виконань;
- провести аналіз внутрішнього енергетичного ринку України та дослідити можливості залучення до нього УЗЕ;
- розрахувати режими роботи енергетичної системи до якої приєднане розрахункове УЗЕ.

Об'єкт дослідження – процеси регулювання частоти в об'єднаній енергетичній системі України за допомогою електрохімічних УЗЕ та їх вплив на енергетичний ринок України.

Предмет дослідження – аналіз техніко-економічних показників електрохімічних УЗЕ та розрахунок їх впливу на розподільчу мережу в районі приєднання.

УЗЕ можна використовувати для ведення бізнесу, а саме оптимізувати використання електроенергії на виробництві та зменшити рахунки за комунальні послуги. УЗЕ зберігає енергію в періоди перевиробництва та дешевої електроенергії і вивільняє її для подальшого використання за потреби. За допомогою УЗЕ стає можливим використання переваг коливань цін на електроенергію, зберігаючи її, коли вона дешева і відускаючи, коли вона дорога. Крім того УЗЕ слугує джерелом безперебійного живлення, що дозволяє продовжувати виконувати основні функції підприємства під час перебоїв в електропостачанні.

1 АНАЛІЗ ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ РИНКУ УСТАНОВОК ЗБЕРІГАННЯ ЕНЕРГІЇ. ВНУТРІШНІЙ ЕНЕРГЕТИЧНИЙ РИНОК УКРАЇНИ ТА ЙОГО ОСОБЛИВОСТІ

1.1 Аналіз ринку установок зберігання енергії в світі

Оцінюючи світовий ринок [1], можна побачити, що обсяг ринку УЗЕ у 2024 році оцінювався у 30,60 млрд доларів США. Прогнозується, що у 2032 році ринок зросте до 68,52 млрд доларів США, а середньорічний темп приросту становитиме 10,60%. Через зростання попиту на електроенергію в країнах, що розвиваються, світове споживання енергії значно збільшилося. Уряди та міжнародні організації впроваджують безліч заходів для задоволення зростаючої потреби у накопиченні енергії. Зміна парадигми в бік виробництва відновлюваної енергії та вдосконалення систем зберігання енергії для мінімізації викидів парникових газів сприяють використанню різних технологій зберігання, що позитивно вплине на перспективи галузі та сприятливо позначиться на світовому ринку.

Світовий ринок УЗЕ поділяється на Північну Америку, Європу, Азійсько-Тихоокеанський регіон, Латинську Америку, Близький Схід та Африку. Ринок установок збереження енергії в Азіатсько-Тихоокеанському регіоні мав найбільшу частку ринку в 2023 році, що в першу чергу пов'язано зі стрімким зростанням попиту на енергію в регіоні в результаті швидкої урбанізації. Крім того, швидке зростання індустріалізації в таких країнах, як Індія, Китай, Корея тощо, також прискорює споживання енергії на величезному рівні, що, за прогнозами, також сприятиме зростанню ринку в регіоні. У країнах, що розвиваються, також відбувається швидка урбанізація та збільшення населення, що збільшує попит на електроенергію. Наприклад, до 2027 року Індія планує мати 275 ГВт загальної вітрової та сонячної потужності, а також 72 ГВт гідроенергетики та 15 ГВт атомної енергетики [2].

Глобальний ринок акумуляторних систем зберігання енергії Огляд розміру ринку

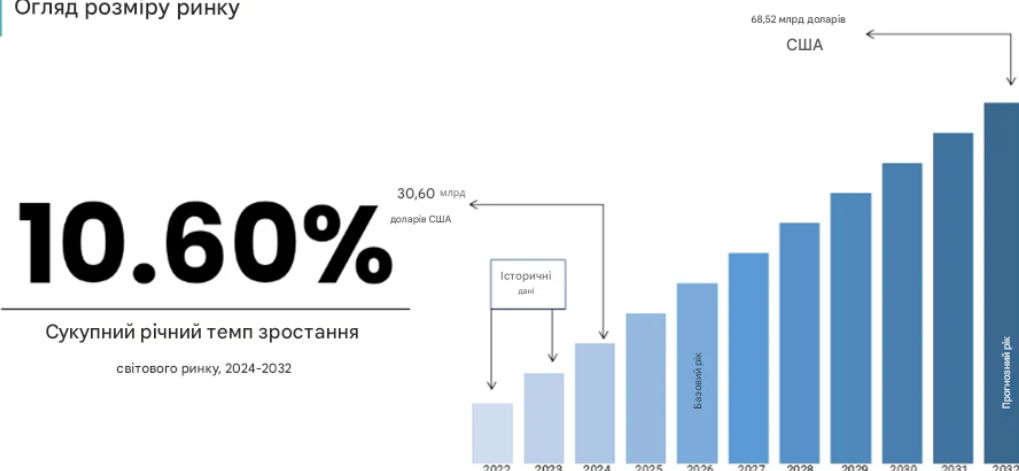


Рисунок 1.1 Перспектива розвитку світового ринку установок зберігання енергії

1.2 Огляд механізмів торгівлі енергією в Україні. Порівняння різних способів, ринків та умов продажу виробленої енергії

1.2.1 Ринок на добу наперед

Відповідно, до статті 1, Закону України “Про ринок електричної енергії”[3] (далі - Закон), ринок електричної енергії "на добу наперед" (далі - ринок "на добу наперед", РДН) - сегмент ринку електричної енергії, на якому здійснюється купівля-продаж електричної енергії на наступну за днем проведення торгів добу. Разом з цим, згідно пункту 1, статті 67, Закону, в Україні функціонує єдиний ринок "на добу наперед". Для участі на ринку "на добу наперед" учасники ринку укладають з оператором ринку договір про участь у ринку "на добу наперед", типова форма якого є невід’ємною частиною правил ринку "на добу наперед" та внутрішньодобового ринку. Розпорядником, відповідальним за функціонування ринку на добу наперед визначено Оператора ринку (далі - ОР). Оператор ринку не має права відмовити в укладенні договору про участь у ринку "на добу наперед" та внутрішньодобовому ринку, якщо учасник ринку належним чином виконав усі

умови правил ринку "на добу наперед" та внутрішньодобового ринку щодо доступу до ринку "на добу наперед" та внутрішньодобового ринку.

Купівля-продаж електричної енергії на ринку "на добу наперед" та внутрішньодобовому ринку здійснюється за правилами ринку "на добу наперед" та внутрішньодобового ринку.

З метою продажу/купівлі електричної енергії на ринку "на добу наперед" та внутрішньодобовому ринку учасники цього ринку подають оператору ринку свої пропозиції (заявки). Форма та порядок подання пропозицій (заявок) визначаються правилами ринку "на добу наперед" та внутрішньодобового ринку.

До торгів допускаються учасники ринку "на добу наперед" та внутрішньодобового ринку, які відповідно до вимог правил ринку "на добу наперед" та внутрішньодобового ринку надали гарантії виконання фінансових зобов'язань за договорами на ринку "на добу наперед" та внутрішньодобовому ринку. Види та порядок надання гарантій визначаються правилами ринку "на добу наперед" та внутрішньодобового ринку.

Ціна купівлі-продажу електричної енергії на ринку "на добу наперед" визначається для кожного розрахункового періоду оператором ринку за принципом граничного ціноутворення на основі балансу сукупного попиту на електричну енергію та її сукупної пропозиції, а на внутрішньодобовому ринку - за принципом ціноутворення "по заявленій (пропонованій) ціні" відповідно до правил ринку "на добу наперед" та внутрішньодобового ринку.

учасники РДН/ВДР можуть подавати заявки на торги на РДН за 7 календарних днів до доби постачання і до часу «закриття воріт РДН».

Час «закриття воріт РДН» - о 12:00 годині доби, що передує добі постачання.

Учасники РДН/ВДР мають право вільно коригувати та/або скасовувати подані ними заявки на торги на РДН до часу «закриття воріт РДН».

ОР, починаючи з 10:30 години доби, що передує добі постачання, і до часу «закриття воріт РДН», здійснює перевірку зареєстрованих для відповідної

доби постачання заявок на торги на РДН щодо виконання на добу постачання таких умов:

1) учасник РДН/ВДР, що подав заявку, продовжує виконання зобов'язань за договором про врегулювання небалансів електричної енергії такого учасника РДН/ВДР;

2) учаснику РДН/ВДР, що подав заявку, не закрито доступ до торгів на РДН;

3) договір про купівлю-продаж електричної енергії на РДН учасника РДН/ВДР, що подав заявку, є чинним;

4) на рахунку(ах) ескроу учасника РДН/ВДР достатньо вільних від зобов'язань коштів для покриття:

у разі купівлі електричної енергії - вартості електричної енергії, заявленої учасником РДН/ВДР для купівлі, та вартості послуг ОР із здійснення операцій купівлі-продажу на РДН/ВДР (з урахуванням сум податку на додану вартість, які будуть включені до вартості електричної енергії та послуг);

у разі продажу електричної енергії - вартості послуг ОР із здійснення операцій купівлі-продажу на РДН/ВДР (з урахуванням сум податку на додану вартість, які будуть включені до вартості послуг);

У разі непідтвердження забезпечення обсягами потужностей власної генерації та/або купівлі на РДН, та/або імпорту заявлених учасником ринку на продаж на РДН обсягів електричної енергії в торговій зоні по кожному розрахунковому періоду доби постачання ОР відхиляє заявки на торги на РДН та ВДР і, починаючи з доби, наступної за днем звернення ОР із відповідним запитом до оператора системи передачі (ОСП), призупиняє участь такого учасника у РДН та ВДР строком на 7 календарних днів.

Визначення ціни на електричну енергію та обсягів купівлі-продажу електричної енергії на РДН здійснюється за алгоритмом РДН, передбаченим Порядком визначення ціни на електричну енергію та обсягів купівлі-продажу електричної енергії на РДН. Разом з цим, ціни на ринку "на добу наперед" та внутрішньодобовому ринку є вільними (ринковими) цінами.

За результатами торгів відповідно до правил ринку "на добу наперед" та внутрішньодобового ринку оприлюднюються ціна та обсяги купівлі-продажу електричної енергії для кожного розрахункового періоду та інші показники.

Варто зазначити, що формування ціни на РДН/ВДР здійснюється за ринковими принципами, проте з урахуванням цінових обмежень, що встановлені Регулятором - Національна комісія, що здійснює державне регулювання у сферах енергетики та комунальних послуг (далі - НКРЕКП). Відповідно до постанови НКРЕКП №1976 від 25.11.2024 року[4], учасники ринку у своїх заявках на купівлю-продаж електричної енергії на ринку на добу наперед, внутрішньодобовому та балансуєчому ринку у єдиній торговій зоні «ОЕС України» повинні вказувати ціну, що не перевищує наступні цінові обмеження:

ринку «на добу наперед» (РДН) та внутрішньодобового ринку (ВДР):

- максимальні граничні ціни:

з 00:00 до 07:00 та з 11:00 до 17:00 - 5 600 грн/МВт·год;

з 07:00 до 11:00 та з 23:00 до 24:00 - 6 900 грн/МВт·год;

з 17:00 до 23:00 - 9 000 грн/МВт·год;

- мінімальні граничні ціни:

для усіх часових проміжків доби - 10 грн/МВт·год;

Розрахунки за куплену-продану на РДН/ВДР електричну енергію здійснюються з урахуванням податку на додану вартість грошовими коштами в національній валюті України через банки, ОР щоденно до 15:00 години надає банкам, у яких учасниками РДН/ВДР відкрито рахунки ЕСКРОУ, платіжні вимоги на перерахування сум коштів, визначених:

- як зобов'язання відповідних учасників РДН/ВДР з оплати за куплену на торгах на РДН/ВДР електричну енергію, на поточний рахунок із спеціальним режимом використання ОР;

- як зобов'язання відповідних учасників РДН/ВДР з оплати послуг ОР із здійснення операцій купівлі-продажу на РДН/ВДР, на поточний рахунок ОР.

У разі забезпечення покриття зобов'язань учасника РДН/ВДР перед ОР з рахунків ЕСКРОУ, відкритих у кількох банках, ОР надає відповідним банкам платіжні вимоги щодо такого учасника РДН/ВДР з урахуванням порядку пріоритетності використання його рахунків ескроу та залежно від наявних на них обсягів коштів.

Враховуючи алгоритм розрахунку, а також використання рахунків зі спеціальним режимом використання та авансування обсягів купівлі-продажу електричної енергії ринки на добу наперед та внутрішньодобовий функціонують як такі, що не можуть генерувати затримку в розрахунку за куплену/продану електричну енергію та на сьогоднішній день є індикативом для формування ціни.

1.2.2 Внутрішньодобовий ринок

ОР щоденно організовує та проводить торги в електронній формі за допомогою програмного забезпечення XMTrade.

Для можливості здійснення купівлі/продажу електроенергії на РДН/ВДР учасником має бути забезпечено ряд умов:

1) заключений та діючий на момент торгів договір із ОР про купівлю-продаж електричної енергії на РДН/ВДР

2) на рахунку(ах) ескроу учасника РДН/ВДР достатньо вільних від зобов'язань коштів для покриття:

- у разі купівлі електричної енергії – вартості електричної енергії, заявленої учасником РДН/ВДР для купівлі, та вартості послуг ОР із здійснення операцій купівлі-продажу на РДН/ВДР (з урахуванням сум податку на додану вартість, які будуть включені до вартості електричної енергії та послуг);

- у разі продажу електричної енергії – вартості послуг ОР із здійснення операцій купівлі-продажу на РДН/ВДР (з урахуванням сум податку на додану вартість, які будуть включені до вартості послуг);

Учасники подають пропозиції купівлі/продажу електричної енергії, у якій зазначається обсяг електроенергії та ціна по кожному розрахунковому періоду (година). Заявлений обсяг повинен не перевищувати максимально дозволений

для продажу. Зазначена ціна повинна бути в межах граничних цін, що встановлюється Національною комісією, що здійснює державне регулювання у сферах енергетики та комунальних послуг (НКРЕКП або Регулятор). Граничні ціни, що діють станом на сьогодні наведено у Таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 Граничні ціни РДН та ВДР

Період доби	Максимальна, грн/МВт.год (без ПДВ)	Мінімальна, грн/МВт.год (без ПДВ)
з 00:00 до 07:00 та з 11:00 до 17:00	5 600.00	10.00
з 07:00 до 11:00 та з 23:00 до 24:00	6 900.00	10.00
з 17:00 до 23:00	9 000.00	10.00

З 15:00 Д-1 (за день до торгового дня) до часу закриття «закриття воріт ВДР» (за годину до настання цього розрахункового періоду) учасники мають право подавати, призупиняти або скасовувати (за умови, що відповідна заявка не була акцептована) свої заявки на ВДР на всі відкриті розрахункові періоди доби Д. «Закриття воріт ВДР» настає за 60 хвилин до початку розрахункового періоду, на який подається заявка.

Учасники РДН/ВДР, що купують електричну енергію з метою її експорту або продають імпортовану електричну енергію на РДН/ВДР, повинні отримати в ОСП права на відповідний обсяг пропускної спроможності міждержавних електричних мереж у порядку, встановленому чинним законодавством.

ОР після часу «закриття воріт РДН» та проведення перевірки загального обсягу продажу електричної енергії на добу постачання в заявках на продаж учасників РДН/ВДР проводить торги на РДН по кожній торговій зоні для кожного розрахункового періоду доби постачання (основна сесія). Визначення ціни на електричну енергію та обсягів купівлі-продажу електричної енергії на

РДН здійснюється за алгоритмом РДН, передбаченим Порядком визначення ціни на електричну енергію та обсягів купівлі-продажу електричної енергії на РДН.

У ході торгів на ВДР ОР згідно з порядком визначення ціни на електричну енергію та обсягів купівлі-продажу електричної енергії на РДН визначає обсяги електричної енергії у заявці на торги на ВДР, що акцептуються повністю або частинами за заявленою (пропонованою) ціною.

Алгоритм обчислення внутрішньодобового ринку (далі - алгоритм обчислення ВДР) отримує заявки та порівнює їх із заявками протилежного напрямку (купівля-продаж) відповідно до критеріїв ціни, позначень часу та необов'язкової індикації.

Результатом роботи алгоритму обчислення на ВДР є визначені ціна та обсяг для акцептованих заявок та закінчення дії заявки та оновлення суми гарантійного внеску на рахунку ескроу учасника РДН/ВДР відповідно до неакцептованого обсягу заявки або включення заявки в алгоритм обчислення на ВДР для подальшого зіставлення (підбору)

Заявки на торги на ВДР у реєстрі заявок ВДР розміщуються таким чином:

- 1) заявки на продаж розміщуються в порядку збільшення ціни;
- 2) заявки на купівлю розміщуються в порядку зменшення ціни;
- 3) заявки з однаковою ціною розміщуються в залежності від того, яка з них зареєстрована першою у програмному забезпеченні ОР.

ОР за результатами торгів на ВДР формує та надає відомості розрахунків на ВДР учасникам РДН/ВДР до 13:30 години доби, наступної після доби постачання.

Участь на внутрішньодобовому ринку дає можливість учасникам ринку оперативно протягом доби реагувати на зміни у виробництві або споживанні, в результаті чого зменшити обсяг своїх небалансів.

1.2.3 Ринок двосторонніх договорів

Учасники ринку мають право вільно обирати контрагентів за двосторонніми договорами (ДД), укласти ці договори у довільній формі та на

умовах, що визначаються за домовленістю сторін, за умови, що вони дотримуються Правил та вимог Закону про ринок електричної енергії.

Виробники мають право продавати електричну енергію за двосторонніми договорами, крім обсягів, які відповідно до норм Закону підлягають обов'язковому продажу на ринку "на добу наперед"

Виробники електричної енергії (крім виробників електричної енергії з альтернативних джерел енергії, а з використанням гідроенергії - лише мікро-, міні- та малі гідроелектростанції) здійснюють продаж електричної енергії за двосторонніми договорами виключно на електронних аукціонах.

У двосторонньому договорі зазначається профіль постачання період постачання (тиждень, місяць, квартал, півріччя, рік), механізм визначення ціни, умови оплати та гарантії виконання.

Розділяють два основні види торгів Закритий та безперервний аукціон.

Основні особливості закритого аукціону:

- проводиться у чітко визначений термін;
- один ініціатор аукціону (покупець/продавець);
- необмежена кількість зустрічних учасників торгів (продавці/покупці);
- знеособлення зустрічних учасників торгів;
- визначення переможців торгів відповідно до автоматичного алгоритму.

Основні особливості безперервного аукціону:

- акцепт заявок учасників торгів виконується у будь-який час впродовж торгової сесії

- необмежена кількість учасників торгів (продавці/покупці)
- можливість укладення ДД з різними періодами та профілями постачання протягом однієї торгової сесії

НЕК Укренерго (в ролі оператора системи передачі - ОСП) здійснює управління електронною платформою Market Management System (MMS), на якій учасники ринку реєструють обсяги електричної енергії за ДД для всіх розрахункових періодів кожного торгового дня. Продавець та покупець електричної енергії, повинні зареєструвати ДД із зазначенням обсягів

електричної енергії, що рівні між собою. Зареєстровані обсяги за ДД можуть бути змінені або відкликані учасниками ринку необмежену кількість разів до закриття воріт. Закриття воріт для реєстрації обсягів електричної енергії за ДД відбувається о 10:00 за один день до торгового дня (Д-1).

Для можливості здійснення операцій продажу електричної енергії таким учасником повинно бути забезпечено обсяг необхідної фінансової гарантії. Якщо учасник подав на реєстрацію обсягу електричної енергії, що перевищує його наявну фінансову гарантію, така реєстрація відміняється.

1.2.4 Балансуючий ринок

На балансуєчому ринку (БР) оператором системи передачі здійснюються купівля та продаж електричної енергії для балансування обсягів попиту та пропозиції електричної енергії у межах поточної доби та купівля та продаж електричної енергії з метою врегулювання небалансів електричної енергії сторін, відповідальних за баланс.

Виробники зобов'язані надавати послуги з балансування. Виробники, які здійснюють виробництво електричної енергії з альтернативних джерел енергії, зобов'язані подавати пропозиції на розвантаження та мають право подавати пропозиції на завантаження.

Для надання послуг з балансування учасники ринку укладають з ОСП типовий договір про участь у балансуєчому ринку.

Постачальник послуг з балансування подає оператору системи передачі свої пропозиції (заявки) щодо збільшення (зменшення) свого навантаження з метою продажу/купівлі електричної енергії на балансуєчому ринку.

ОСП з метою балансування обсягів виробництва та споживання електричної енергії надає команди на збільшення (зменшення) їхнього навантаження, здійснюючи на ринкових засадах відбір відповідних пропозицій (заявок)

За результатами роботи балансуєчого ринку за відповідну добу на підставі даних ОСП та адміністратора комерційного обліку адміністратор розрахунків розраховує платежі оператора системи передачі та постачальників

послуг з балансування за електричну енергію, ціни небалансу електричної енергії, а також обсяги небалансів електричної енергії учасників ринку і відповідні платежі за них та виставляє відповідні рахунки.

Для участі в аукціонах на БР учасник ринку повинен отримати доступ до аукціонної платформи БР. Для цього потенційний учасник БР повинен бути включеним до Реєстру постачальників послуг балансування (ППБ).

Аукціони на Балансуючому ринку проводяться щоденно. Відкриття воріт відбувається о 16:00 Д-1. Закриття – за 45 хвилин до початку розрахункового періоду, на який має здійснюватись поставка.

Учасник ринку що має намір прийняти участь у аукціонах балансування ринку повинен завантажити в систему MMS графік фізичного відпуску для відповідної одиниці надання послуг з балансування. Учасник ринку не матиме змоги подавати пропозиції на аукціони балансування ринку, якщо попередньо ним не буде завантажено в систему графік прогнозованого розподілу споживання або генерації (ПРСГ).

Перелік часових рядів, що мають міститись в Графіку для кожної одиниці надання допоміжних послуг (ДП):

- Часовий ряд виробництва та/або споживання.
- Часовий ряд мінімально можливого виробництва.
- Часовий ряд максимально доступного виробництва.
- Часовий ряд резерву підтримки частоти на завантаження.
- Часовий ряд резерву підтримки частоти на розвантаження.
- Часовий ряд автоматичного резерву відновлення частоти на завантаження.
- Часовий ряд автоматичного резерву відновлення частоти на розвантаження.
- Часовий ряд ручного резерву відновлення частоти на завантаження.
- Часовий ряд ручного резерву відновлення частоти на розвантаження.
- Часовий ряд резерву заміщення на завантаження.
- Часовий ряд резерву заміщення на розвантаження.

На аукціонній платформі системи управління ринку MMS впроваджено функціонал валідації (перевірки) пропозицій, поданих на аукціони балансуючого ринку відповідно до поданого ПРСГ графіка.

Основні правила алгоритму валідації наступні:

- Максимальний допустимий обсяг пропозицій на відповідну годину на завантаження розраховується, як різниця між заявленим доступним технічним максимумом потужності і сумою графіка відпуску для одиниці.

- Максимальний допустимий обсяг пропозицій на відповідну годину на розвантаження розраховується, як різниця між графіком відпуску сумою заявленого доступного технічного мінімуму одиниці.

- У випадку заявлення учасником ринку в графіку ПРСГ можливості і виробляти, і споживати електричну енергію з метою балансування (типова ситуація для ГАЕС), для визначення максимально допустимого обсягу пропозицій буде застосовуватись сума величин із розрахованого обсягу на основі часових рядів по генерації та обсягу на основі часових рядів по споживанню.

Проведення аукціонів на ринку допоміжних послуг та балансуючому ринку відбувається в системі управління ринком на платформі MMS. Для участі в аукціонах потрібно мати доступ до платформи, для чого необхідно отримати логін, пароль та зареєструвати кваліфікований електронний підпис у системі шляхом створення облікового запису.

Пропозиції на балансуючу електричну енергію, що стосуються певного розрахункового періоду, подаються до закриття воріт балансуючого ринку, що відбувається за 45 хвилин до початку розрахункового періоду, та після подання графіка відпуску/відбору, що подається не пізніше ніж за 50 хвилин до початку розрахункового періоду. Пропозиції на балансуючу електричну енергію, подані після закриття воріт балансуючого ринку, вважаються помилково надісланими і не приймаються до розрахунків. В алгоритмі розрахунку балансуючого ринку враховуються останні пропозиції на балансуючу електричну енергію, подані до закриття воріт балансуючого ринку.

Сумарний обсяг пропозицій від одиниці на всі аукціони БР не може перевищувати обмеження, яке встановлено для кожного розрахункового періоду. Ця величина може бути розподілена між різними аукціонами. Ціни на балансуєчу електричну енергію зазначаються у грн/МВт·год з точністю до двох знаків після коми і повинні бути більше нуля. Обсяги пропозицій на балансуєчу електричну енергію зазначаються у МВт·год та виражаються цілими числами. У разі подання ППБ пропозицій на балансуєчу електричну енергію із ціною, що вище за максимальну граничну ціну на БР та нижче за мінімальну граничну ціну на БР, така заявка автоматично відхиляється системою. Граничні ціни на балансуєчому ринку наведено в Таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 Граничні ціни БР

Період доби	Максимальна, грн/МВт.год (без ПДВ)	Мінімальна, грн/МВт.год (без ПДВ)
з 00:00 до 07:00	6 600,00	0,01
з 07:00 до 17:00 та з 23:00 до 24:00	8 250,00	0,01
з 17:00 до 23:00	10 000,00	0,01

ППБ подають розділені за розрахунковими періодами пропозиції на балансуєчу електричну енергію окремо для кожного продукту. Кожна пропозиція повинна містити обсяг балансуєчої електричної енергії на завантаження або на розвантаження та ціну пропозиції для кожної одиниці надання послуг з балансування. Кожен ППБ має право подати до десяти пропозицій окремо на завантаження та окремо на розвантаження по кожній одиниці надання послуг з балансування на кожен розрахункову годину.

1.2.5 Договори з купівлі продажу електроенергії.

Звертаючись до досвіду розвитку сектору відновлюваних джерел енергії (ВДЕ) в Європі та Сполучених Штатах Америки, ми бачимо, що поступово

країни переходять від системи підтримки виробників ВДЕ за «зеленим» тарифом до більш конкурентних механізмів підтримки, таких як: проведення аукціонів та застосування корпоративних договорів (КД) купівлі-продажу електричної енергії.

Разом з тим важливим аспектом також є конкуренція на ринку електричної енергії. Відповідно до статті 18 Договору про заснування Енергетичного Співтовариства[5], не є допустимою будь-яка державна допомога на користь певних підприємств або певних енергоресурсів, яка спотворює або загрожує спотворити конкуренцію. Більше того, Україна, беручи на себе зобов'язання з імплементації Третього енергетичний пакету законодавства ЄС, має забезпечити ефективне та належне регулювання конкуренції на ринку електричної енергії, що надасть змогу споживачу обрати найкращі пропозиції на ринку. Саме корпоративні договори, так само як і аукціони, можуть позитивно вплинути на конкуренцію на ринку електричної енергії загалом, та у галузі ВДЕ зокрема.

Корпоративні договори - це довгострокові договори купівлі продажу електричної енергії, виробленої з ВДЕ, за якими покупцем електричної енергії виступає не визначене державою підприємство, як наразі в Україні Державне Підприємство «Гарантований покупець», а приватні компанії.

На сьогоднішній день в усьому світі великі корпорації, особливо в галузі нових технологій (наприклад, Google, Microsoft, Facebook та інші), впроваджують політики та стратегії розвитку, засновані на соціальній відповідальності та засадах збереження навколишнього природного середовища. Використання «зеленої» електричної енергії в повсякденній діяльності таких корпорацій стало тенденцією.

Як пише QUARTZ [6], Apple поставивши ціль до 2030 року повністю припинити викиди вуглецю, планує закупати всю електричну енергію з ВДЕ не лише для власних офісів та магазинів, але й вимагає від своїх постачальників (зокрема, заводів по виробництву різних деталей для продукції Apple, що розташовані по всьому світу), використовувати «зелену» енергію.

Саме цей факт став основою для впровадження механізму КД на Тайвані, загалом, та підписання Тайванською компанією з виробництва мікропроцесорів (яка є постачальником цих мікропроцесорів компанії Apple) найбільшого в історії 20-річного договору купівлі-продажу електричної енергії на купівлю усієї енергії з нової вітроелектростанції, яка будується біля узбережжя Тайвані, зокрема. Аналогічні амбітні цілі ставлять перед собою й інші компанії, такі як Walmart, Amazon, Target, Google. Більше того, Google анонсувала, що інвестувати компанія буде саме в нові станції, а не ті, що вже генерують «зелену» енергію.

Зазвичай в теорії виділяють кілька типів корпоративних договорів, а саме:

- Фізичні корпоративні договори;
- Корпоративні договори «з рукавом»;
- Віртуальні/синтетичні корпоративні договори.

За фізичними корпоративними договорами компанія-покупець електричної енергії купує таку енергію безпосередньо у виробника ВДЕ, що є можливим завдяки місцезнаходженню електростанції в безпосередній близькості до потужностей компанії-покупця. Такі корпоративні договори характеризуються наступним:

1. Покупець та виробник ВДЕ фіксують вартість виробленої електричної енергії на період дії договору (зазвичай це договори строком на 10-15 років).

2. Виробник електроенергії генерує та постачає власними мережами електричну енергію безпосередньо на місці споживання покупця без залучення мереж оператора системи розподілу/оператора системи передачі, що є можливим завдяки місцезнаходженню генеруючих потужностей безпосередньо біля місця споживання електричної енергії.

У разі якщо компанія-споживач (покупець) електричної енергії розташована віддалено від генеруючих потужностей виробника електричної енергії з ВДЕ та електричні мережі компанії-споживача електричної енергії не можуть бути безпосередньо приєднаними до електричних мереж виробника електричної енергії з ВДЕ, з'являється необхідність залучення оператора

системи розподілу або оператора системи передачі як посередника. В такому випадку оператор системи розподілу або оператор системи передачі буде виконувати функцію посередника та отримувати плату за фізичний розподіл та/або передачу електричної енергії від виробника електричної енергії до компанії-споживача. Однак, плата за вироблену електричну енергію за такою схемою буде проходити безпосередньо між виробником ВДЕ та компанією-споживачем.

Віртуальні/синтетичні корпоративні договори – це фінансовий інструмент (по суті форма хеджування), який використовується на ринку ВДЕ. Сторони (виробник ВДЕ та споживач електричної енергії) купують та продають електроенергію на ринку електричної енергії за ринковими цінами кожен окремо, та разом з тим укладають контракт одне з одним, як описано далі, що забезпечує цінову стабільність для цих сторін. Одним з варіантів структурування віртуальних/синтетичних КД є укладення контрактів на різницю, тобто сторони такого контракту домовляються про відповідну ціну електричної енергії і у визначений Контрактом на різницю період здійснюють наступні взаєморозрахунки: у разі якщо ринкова ціна купівлі-продажу електричної енергії опускається нижче, ніж ціна, передбачена у Контракті на різницю, то компанія-споживач електричної енергії відшкодовує виробнику ВДЕ різницю між встановленою у контракті ціною та ціною продажу таким виробником електричної енергії на ринку, і навпаки, у разі якщо ринкова ціна купівлі-продажу електричної енергії піднімається вище ніж ціна, передбачена у Контракті на різницю, то виробник електричної енергії відшкодовує компанії-споживачу різницю між встановленою у контракті ціною та ціною продажу таким виробником електричної енергії на ринку. Такий механізм дозволяє як виробнику ВДЕ, так і компанії-споживачу (та банкам, що їх фінансують) бути певними щодо стабільності вартості електричної енергії протягом дії Контракту на різницю.

Більше того в деяких країнах (таких як, Нідерланди, Франція, Польща) Контракти на різницю застосовуються як механізм підтримки виробників ВДЕ

з боку держави. Зокрема, стороною Контракту на різницю виступає держава (або визначене нею підприємство) і у разі якщо ринкова ціна опускається нижче за встановлену ціну у Контракті на різницю, держава відшкодовує виробнику ВДЕ різницю вартості електричної енергії. І навпаки, якщо ринкова ціна перевищить встановлену ціну у Контракті на різницю, виробники ВДЕ відшкодовують різницю державі.

Сьогодні в Україні виробники ВДЕ продають електричну енергію безпосередньо державному підприємству «Гарантований Покупець», яке має значні заборгованості перед виробниками ВДЕ за продану ними електричну енергію та проблеми з ліквідністю. У випадку укладення КД, виробники ВДЕ безпосередньо продають вироблену електричну енергію на різних сегментах ринку та отримують за неї кошти. Отже, для виробників ВДЕ це є фінансово менш ризиковий інструмент.

Світовий досвід укладення КД говорить про те, що зазвичай вони укладаються на 10-15 років, тобто є довгостроковими договорами, що дає можливість сторонам договору планувати свою діяльність і мати стабільну ціну електричної енергії для компанії-покупця та стабільний дохід для виробника ВДЕ.

Отже, КД мають ряд переваг та є альтернативою для тих механізмів підтримки ВДЕ, які вже існують в Україні, адже саме аукціони та КД підвищують конкуренцію у сфері ВДЕ, що стимулює ринок електричної енергії до розвитку, розширення та надання споживачам кращих та більш гнучких пропозицій. Споживачі в свою чергу стають енергонезалежними, що дуже актуально в теперішніх реаліях, а також отримують електроенергію за нижчою ціною порівняно із купівлею у постачальника.

1.3 Деталі та можливість участі в балансуєчій групі (БГ). Можливість вибору між участю або неучастю в БГ

Усі учасники ринку, крім споживачів, які купують електричну енергію за договорами про постачання електричної енергії споживачу, несуть

відповідальність за свої небаланси електричної енергії, для чого кожен учасник ринку зобов'язаний стати стороною відповідальною за баланс (СВБ) або передати свою фінансову відповідальність за небаланси іншій СВБ шляхом входження до її балансуєчої групи на підставі укладення/приєднання до відповідного договору.

Балансуєча група учасників ринку електроенергії — це об'єднання кількох учасників ринку (виробників, постачальників, споживачів, трейдерів), які спільно відповідають за баланс між виробництвом та споживанням електроенергії в межах певної групи. Метою створення балансуєчої групи є оптимізація процесу балансування і зниження витрат, пов'язаних з небалансами на ринку електроенергії. На рисунку 1.2 показано порівняння обсягів відповідального небалансу учасника ринку при роботі без балансуєчої групи та при участі в балансуєчій групі.



Рисунок 1.2 Порівняння небалансів окремого учасника

Договір, що укладається між СВБ та учасником ринку, який має намір увійти до складу балансуєчої групи цієї СВБ, повинен включати, зокрема:

- 1) порядок розрахунку небалансів електричної енергії у межах балансуєчої групи;
- 2) фінансову відповідальність за небаланси електричної енергії учасника балансуєчої групи перед СВБ;
- 3) порядок повідомлення СВБ та виконання погодинних графіків кожного учасника балансуєчої групи;

4) умови припинення дії договору за ініціативою ОСП шляхом поновлення дії договору про врегулювання небалансів електричної енергії у разі невиконання СВБ вимог цих Правил;

5) умови припинення дії договору з учасником ринку, який входить до складу балансуючої групи СВБ, за ініціативою учасника ринку або СВБ та поновлення дії договору про врегулювання небалансів електричної енергії такого учасника ринку.

Учасники балансуючої групи несуть фінансову відповідальність за небаланс перед СВБ у рамках своїх небалансів електричної енергії. СВБ, в свою чергу, несе фінансову відповідальність перед ОСП за небаланси електричної енергії всіх учасників ринку, які увійшли до балансуючої групи, яку вона представляє.

Мета та функції балансуючої групи:

- **Спільне балансування обсягів.** Учасники балансуючої групи об'єднують свої ресурси для того, щоб мінімізувати небаланси, які виникають через різницю між запланованими і фактичними обсягами виробництва або споживання електроенергії. Це досягається шляхом комбінування прогнозів і фактичних графіків кількох учасників, що дозволяє більш точно розподілити навантаження і покрити можливі коливання попиту та пропозиції.

- **Зниження витрат на небаланси.** У зв'язку із тим що кожен учасник ринку зобов'язаний нести відповідальність за небаланси — різницю між запланованими і фактичними обсягами поставки чи споживання електроенергії, об'єднання в балансуючу групу дозволяє знизити ці витрати, оскільки група спільно коригує небаланси, що допомагає уникнути штрафних санкцій або додаткових витрат.

- **Покращення прогнозування.** Об'єднання декількох учасників дозволяє поліпшити прогнозування обсягів виробництва та споживання електроенергії, що знижує ймовірність виникнення небалансів. Наприклад, виробники з різними типами генерації (відновлювані джерела, традиційні електростанції) можуть більш ефективно комбінувати свої можливості.

- **Централізоване управління.** Балансуюча група, як правило, має одного відповідального учасника — голову балансуючої групи, який є стороною відповідальною за баланс всієї групи, здійснює координацію діяльності групи та вирішення питань, пов'язаних з небалансами. Це спрощує управління та взаємодію з регулятором і ОСП.

Причини об'єднання в балансуючу групу:

- **Оптимізація витрат.** Індивідуальні учасники можуть мати значні витрати на покриття небалансів через коливання попиту чи генерації. Об'єднання дозволяє більш ефективно розподілити ризики та зменшити сукупні витрати.

- **Зниження ризиків для учасників.** Для малих або нових учасників ринку (особливо виробників з відновлюваних джерел енергії) приєднання до балансуючої групи допомагає зменшити ризики, пов'язані неможливістю точно прогнозувати виробництво або споживання електроенергії.

- **Підвищення конкурентоспроможності.** Об'єднані учасники ринку можуть ефективніше конкурувати з великими гравцями, оскільки вони мають змогу точніше керувати своїм балансом та уникати додаткових витрат.

- **Підтримка регуляторних вимог.** Законодавство і регулятори ринку часто створюють стимули для створення балансуючих груп з метою підвищення стабільності енергосистеми та зменшення обсягів небалансів, що допомагає підтримувати ефективність всієї енергосистеми.

Для виходу/входу учасника ринку з/до складу балансуючої групи або зміни балансуючої групи, учасник ринку зобов'язаний надати НЕК УКРЕНЕРГО заяву щодо зміни СВБ, обов'язковим додатком до якої є письмова згода СВБ на включення такого учасника ринку (заявника) до складу своєї балансуючої групи.

Заява щодо зміни балансуючої групи учасником ринку подається не пізніше ніж:

- за чотири робочі дні до запланованої дати зміни СВБ - для виходу/входу з/до складу балансуючої групи;

- за сім робочих днів до запланованої дати зміни СВБ - для зміни балансуєчої групи.

1.4 Висновки до розділу 1

1. Було проведено аналіз світового ринку установок збереження енергії, визначення перспектив розвитку ринку. Розділено ринок УЗЕ на різні сегменти за географічним показником, а саме: Північну Америку, Європу, Азійсько-Тихоокеанський регіон, Латинську Америку, Близький Схід та Африку. Також, було виокремлено особливості кожного сегменту.

2. Розглянуто ринок добу на перед та внутрішньо добовий ринок, їх особливості, порядок подання заяви на участь в РДН/ВДР. Виділено права та обов'язки покупця/продавця за двостороннім договором. Розглянуто призначення та структуру балансуєчого ринку; аукціони на БР та порядок дій для прийняття участі в них.

3. Розглянуто мету та функції створення балансуєчих груп, а саме: спільне балансування обсягів, зниження витрат на небаланси, покращення прогнозування, централізоване управління, оптимізація витрат, зниження ризиків для учасників, підвищення конкурентоспроможності, підтримка регуляторних вимог.

2 ОСНОВНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ УСТАНОВОК ЗБЕРІГАННЯ ЕНЕРГІЇ, ЇХ ПРИЗНАЧЕННЯ ТА СФЕРИ ЗАСТОСУВАННЯ

2.1 Призначення установок зберігання енергії та їхні технічні параметри

Основне призначення УЗЕ полягає в зберіганні електроенергії для подальшого використання. Як правило, УЗЕ може заряджатися від енергетичної мережі або інших видів місцевої генерації, включаючи вітрову, сонячну, теплову тощо. Застосування УЗЕ може включати підтримку автономних систем, окрім того вони можуть підключатися до енергетичної мережі для забезпечення більшої стабільності та надійності шляхом згладжування коливань споживання та генерації енергії, також виконувати різноманітні послуги з підтримки енергетичної мережі. УЗЕ є дуже важливою частиною електричних мереж особливо в поєднанні з відновлюваними джерелами енергії (ВДЕ). Так як за допомогою УЗЕ, вітрові та сонячні електричні станції розкривають свій генеративний потенціал в повній мірі. Тому важко не переоцінити їх значення в енергетиці. УЗЕ, підключені паралельно до електромережі, відіграють важливу роль у підвищенні стабільності та ефективності енергосистеми. УЗЕ допомагають підтримувати напругу та якість електроенергії в мережі. Вони можуть згладжувати коливання в електропостачанні, спричинені раптовими стрибками або падінням споживання.

Важливою частиною УЗЕ є її технічні параметри, вони надають важливу інформацію про технічні властивості акумуляторних УЗЕ. Вони дозволяють порівнювати різні моделі і дають важливі підказки щодо потенційного використання та можливостей УЗЕ. Інвестори можуть використовувати їх для оцінки потенційної прибутковості. Для характеристики УЗЕ застосовується ряд загальноприйнятих показників [7, 8]:

- **енергетична ємність $W_{ак}$** - це максимальна кількість корисної енергії, яку УЗЕ може зберігати. Енергетична ємність зазвичай вимірюється у ват-годинах (Вт-год).

- **номінальна потужність P_n** - це швидкість, з якою УЗЕ може віддавати накопичену енергію. Як і у випадку з ємністю, вказується відповідний максимум. Загальноприйнятою одиницею виміру є ват (Вт).

- **швидкість заряду/розряду (англ.C-Rate)** - це час, який необхідний для повного заряджання або розряджання акумулятора. Щоб розрахувати C-rate, потужність ділиться на ємність. Наприклад, якщо повністю заряджений акумулятор ємністю 100 кВт-год розряджається при потужності 50 кВт, процес займає дві години, а показник C-rate дорівнює 0,5C або C/2.

- **загальна ефективність УЗЕ** – це показник який вказує на відсоток корисної енергії, яка залишається доступною в потрібній формі після одного або декількох етапів перетворення. Наприклад, якщо літій-іонна батарея має енергоефективність 96 %, вона може забезпечити 960 ват-годин електроенергії на кожен кіловат-годину поглинутої електроенергії.

- **термін служби**, відповідно до загальноприйнятого галузевого стандарту, УЗЕ вважається такою, що відпрацювала свій ресурс, коли її фактична зарядна ємність падає нижче 80% від початкової номінальної ємності. Деградація УЗЕ залежить від двох основних факторів:

Циклічний термін служби: Циклічне старіння вказує на те, як часто можна очікувати, що УЗЕ буде повністю заряджатися і розряджатися до того, як вона досягне кінця свого терміну служби.

Календарний термін служби: Календарне старіння відноситься до деградації, яка відбувається незалежно від використання, наприклад, через корозію окремих компонентів. Умови навколишнього середовища, такі як температура і вологість, можуть суттєво впливати на термін служби календаря.

- **швидкість саморозряду**, заряджені акумулятори з часом втрачають енергію, навіть якщо вони не використовуються. Швидкість саморозряду вимірює відсоток енергії, втраченої протягом певного періоду (зазвичай 1 місяць) і за певних умов (зазвичай 20 градусів за Цельсієм). Такі фактори, як температура і рівень заряду, можуть впливати на швидкість саморозряду, але в

основному вона залежить від технології: Наприклад, літій-іонні акумулятори мають нижчу швидкість саморозряду порівняно зі свинцево-кислотними.

- **щільність енергії**, існує два типи щільності енергії: Об'ємна щільність енергії вказує на відношення ємності акумулятора до його об'єму, тому можливими показниками є кіловат-години на літр (кВт-год/л); Гравітаційна щільність енергії вказує на ємність по відношенню до ваги, наприклад, у кіловат-годинах на кілограм (кВт-год/кг). Обидва показники часто мають другорядне значення для стаціонарних УЗЕ. Однак вони можуть відігравати певну роль у малих домашніх УЗЕ або великих у міських районах, якщо простір обмежений і необхідно враховувати статику будівель.

2.2 Конструкційне виконання установок зберігання енергії

Структура УЗЕ складається з декількох невід'ємних компонентів, кожен з яких має вирішальне значення для роботи установки [9, 10]:

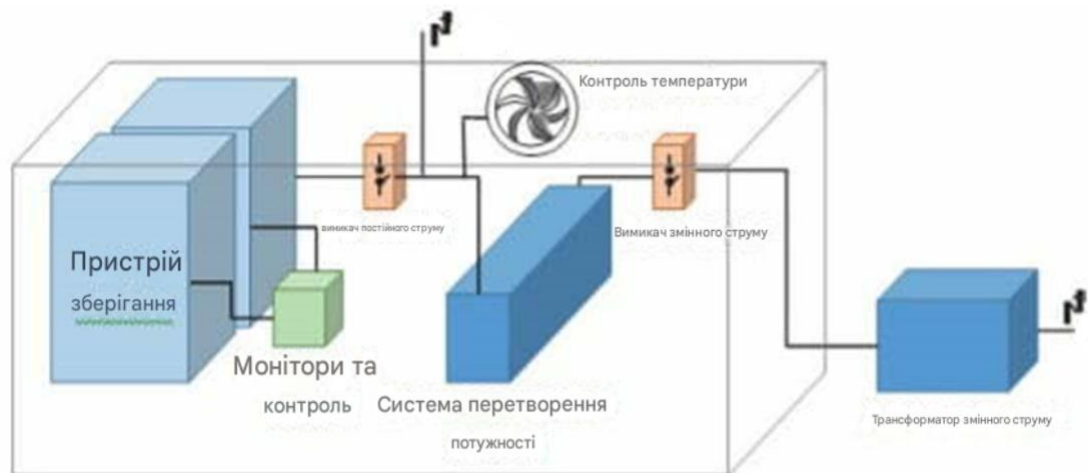


Рисунок 2.1 – Загальна структура установки зберігання енергії

- **Система керування акумуляторами(СКА).** Це система моніторингу в режимі реального часу, яка контролює стан акумуляторів, вона вимірює важливі параметри роботи акумуляторів в режимі реального часу, включаючи напругу елементів акумулятора, температуру елементів акумулятора, напругу модулів акумулятора, струм кластерів акумулятора, опір ізоляції та інші

параметри. СКА може ефективно керувати зарядкою та розрядкою акумулятора, щоб уникнути перезаряду, перерозряду та перегріву акумулятора. Також, СКА збирає інформацію про робочий стан допоміжного обладнання в контейнері, наприклад, сигнали про пожежу, температуру та вологість тощо, щоб сформувати електричне блокування, і як тільки буде виявлено несправність або небезпеку, акумулятор, встановлений в роботі, буде негайно відключений.

- **Датчик навколишнього середовища та система керування.** Це датчик, який виявляє будь-які ненормальні умови, що оточують УЗЕ, і сповіщає про них модуль управління навколишнім середовищем. Сюди входять датчики дверей, датчики затоплення, датчики диму тощо. Модуль управління навколишнім середовищем містить прецизійний кондиціонер, повітропровід для охолодження повітря і автоматичну систему управління. Вони забезпечують ідеальне температурно-вологісне середовище для акумуляторів під час заряджання та розряджання.

- **Система пожежогасіння.** Система пожежогасіння забезпечує безпеку УЗЕ, запобігаючи електричним пожежам.

- **Система перетворення електроенергії (СПЕ)** - це електричний або електромеханічний пристрій, який перетворює електричну енергію між постійним і змінним струмом. Більшість навантажень використовують змінний струм, але акумулятори та сонячні панелі мають вихід постійного струму. На відміну від фотоелектричного інвертора, накопичувач енергії, що використовує СПЕ, є двонаправленим інвертором та зарядним пристроєм.

- **Вимикач, перемикач і трансформатор.** УЗЕ містить перемикач постійного струму між СПЕ і накопичувачем та вимикач змінного струму між СПЕ і трансформатором змінного струму для забезпечення безпеки. Після перемикача постійного струму до системи можна підключити вхідне навантаження постійного струму сонячної енергії або вихідне навантаження постійного струму. Трансформатор є основним зовнішнім компонентом, який забезпечує відповідність вихідної напруги УЗЕ.

- **Корпус.** Корпуси бувають різних розмірів як внутрішні шафи, так і зовнішні шафи або контейнери.

- **Накопичувач.** Накопичувач - це основний компонент, який зберігає енергію, отриману з мережі або відновлюваних джерел. Нижче наведено структуру накопичувача з описом функцій кожної частини та їх взаємозв'язку:

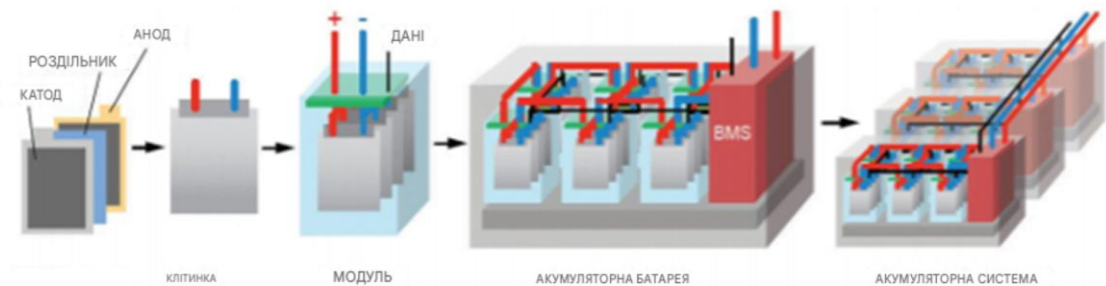


Рисунок 2.2 – Загальна структура накопичувача

- **Моноелемент.** Моноелемент - це фундаментальна одиниця акумулятора кожна з яких містить анод і катод, розділені електролітом, саме з них формується комірка акумулятора.

- **Клітинка.** Клітинка – це електричний елемент, що складається з одного або кількох моноелементів, з'єднаних для забезпечення потрібної напруги та ємності.

- **Модуль.** Модуль - це комбінація декількох комірок акумуляторів, електрично з'єднаних і розміщених у захисній оболонці. Ці модулі упаковані та з'єднані між собою, формуючи модуль акумуляторів

- **Акумуляторна батарея.** Акумуляторна батарея складається з декількох акумуляторних модулів. Конфігурації можуть включати послідовне, паралельне або змішане з'єднання для досягнення бажаної напруги, ємності або щільності потужності.

- **Система акумуляторів.** Система акумуляторів складається з декількох блоків акумуляторів, з'єднаних послідовно у вигляді ланцюжка. Однак існують обмеження на кількість блоків у зв'язку з сертифікацією та обмеженнями на

напругу постійного струму. Ці ланцюжки утворюють повну систему акумуляторів.

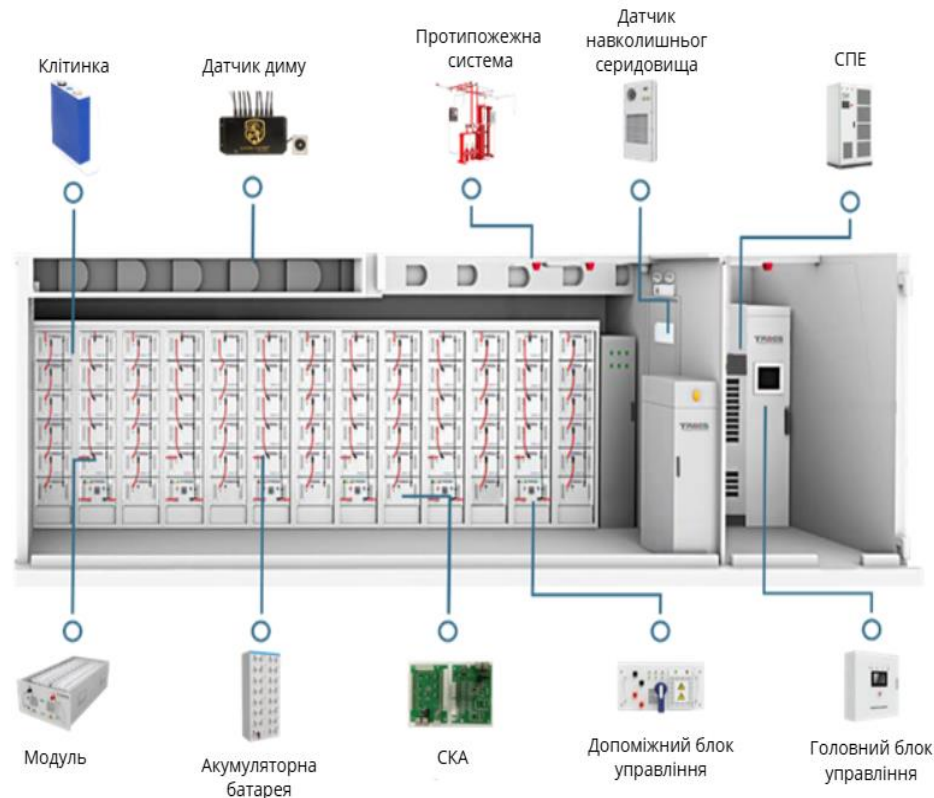


Рисунок 2.3 – Структура установки зберігання енергії

2.3 Види акумуляторних установок збереження енергії, їх переваги та недоліки

УЗЕ бувають різних видів. Типи систем зберігання енергії на основі акумуляторів насамперед визначаються використовуваними хімічними складовими в акумуляторах. Нижче описано найпоширеніші з них [11, 12]:

- **Літій-іонні акумулятори** є одними з найпопулярніших типів акумуляторів для УЗЕ, які працюють за рахунок переміщення іонів літію між катодом і анодом під час циклів заряджання та розряджання. З огляду на високу щільність енергії, вони знаходять широке застосування в електромобілях, портативній електроніці та домашніх системах зберігання енергії.

Однак їхнім основним недоліком є чутливість до високих температур, коли відбувається швидке підвищення температури всередині акумулятора,

може статися вибуху або пожежа. Існує багато причин, наприклад, коли акумулятор перезаряджається, фізично пошкоджується або перегрівається. Щоб літій-іонні акумулятори були безпечними, вони повинні мати відповідні системи терморегулювання та моніторингу. Ці системи постійно вдосконалюються з метою зробити ці пристрої безпечнішими та ефективнішими, а отже, достатньо надійними для різних застосувань. На рисунку 2.4 зображено структуру літій-іонного акумулятора.

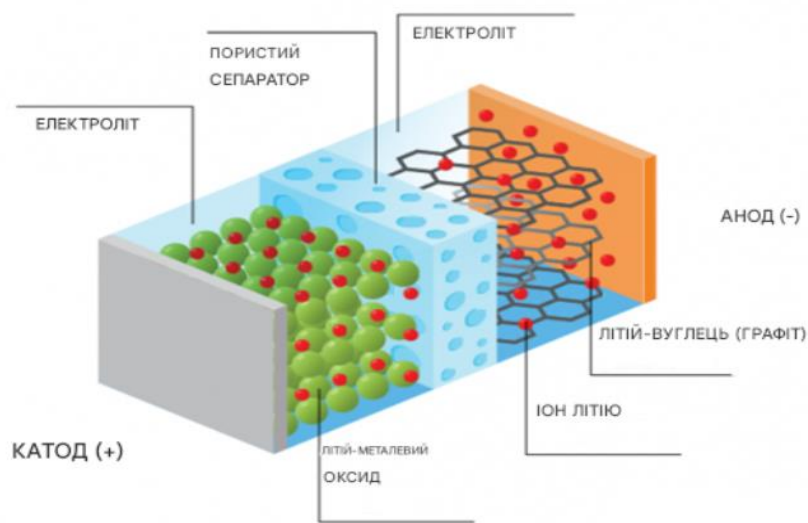


Рисунок 2.4 – Структура літій-іонного акумулятора

- **Свинцево-кислотні акумулятори** є однією з найстаріших і найтрадиційніших технологій зберігання енергії; вони відомі своєю надійністю і доступністю. Вони працюють шляхом перетворення хімічної енергії в електричну в результаті реакції між свинцевими пластинами та сірчаною кислотою. Незважаючи на низьку щільність енергії, зазвичай близько 50-80 Вт-год/кг, і короткий термін служби, який коливається в межах 200-800 циклів заряду, вони все ще залишаються широко використовуваними через свою дешевизну. Цей тип акумуляторів зазвичай використовуються в системах резервного живлення, джерелах безперебійного живлення і скрізь, де є обмежений бюджет. Вони також досить міцні і можуть витримувати високі імпульсні струми, тому підходять для застосувань в місцях, що вимагають

негайної доступності живлення. Структуру свинцево-кислотного акумулятора показано на рисунку 2.5.

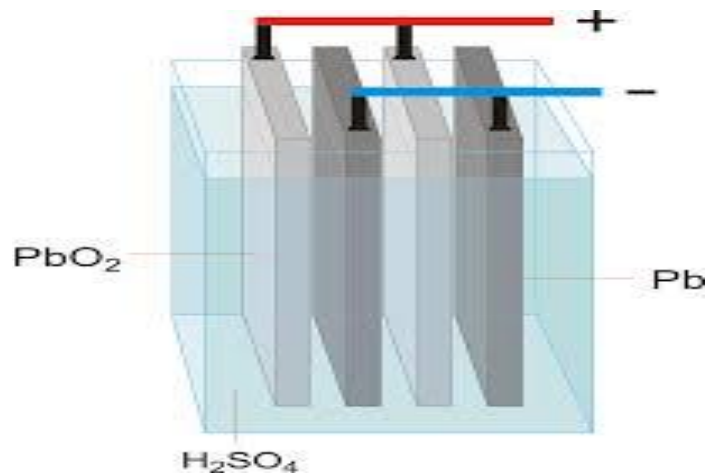


Рисунок 2.5 – Структура свинцево-кислотного акумулятора

- **Проточні акумулятори** - це тип акумуляторів, які зберігають енергію в рідких розчинах електроліту, що протікають через елементи акумулятора під час заряджання та розряджання. Така конструкція дозволяє легко масштабуватися, оскільки розмір резервуарів для електроліту може бути збільшений для розширення енергетичної потужності системи. Проточні акумулятори мають тривалий термін служби, який часто перевищує 10 000 циклів, що робить їх ідеальними для великомасштабних застосувань, таких як накопичувачі енергії в комунальному господарстві та промислових установках. Вони забезпечують стабільну вихідну потужність протягом тривалого часу, що робить їх придатними для ситуацій, коли потрібне постійне і надійне живлення. Їх менша щільність енергії порівняно з іншими типами батарей може обмежувати їх використання в умовах обмеженого простору. Однак їхня висока ємність, довговічність і гнучкість дозволяють використовувати проточні акумулятори для зберігання енергії великої ємності. Структуру проточного акумулятора зображено на рисунку 2.6

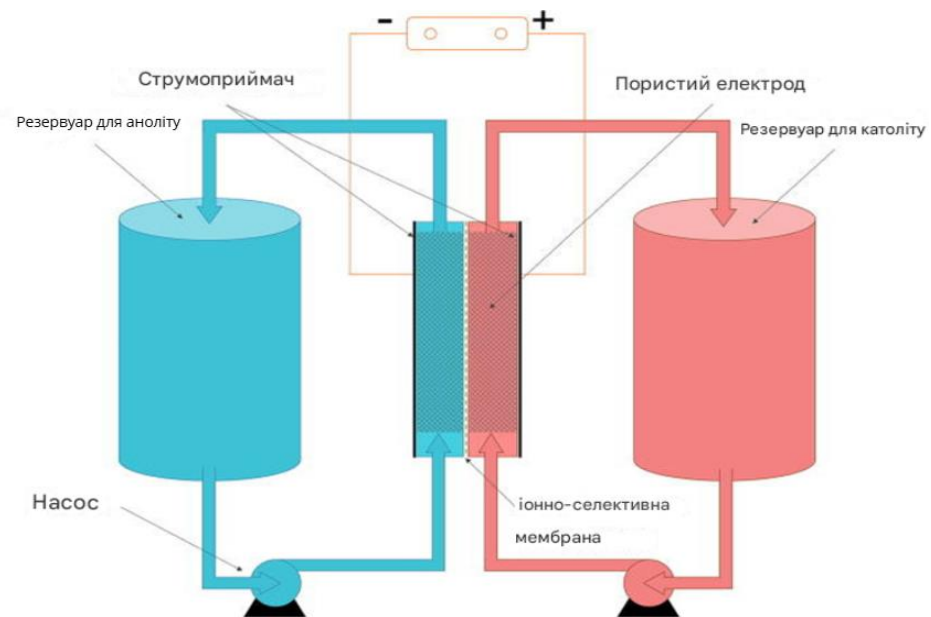


Рисунок 2.6 Структура проточного акумулятора

- **Нікель-кадмієві (Ni-Cd) акумулятори** відрізняються тим, що вони міцні та здатні працювати в умовах низьких температур, що робить їх придатними для використання в складних умовах навколишнього середовища. В якості електродів в них використовується гідроксид оксиду нікелю та кадмію, що робить їх стійкими, але знижує щільність енергії до 60-150 Вт-год/л. Включення кадмію також викликає занепокоєння щодо навколишнього середовища, що вимагає належної утилізації та переробки. Як наслідок, нікель-кадмієві акумулятори знаходять застосування лише в спеціалізованих галузях, де надійність в екстремальних умовах є критично важливою, наприклад, в авіації, військовій техніці та інших галузях промисловості. Незважаючи на деякі недоліки, нікель-кадмієві акумулятори мають тривалий життєвий цикл і стабільно працюють у складних умовах експлуатації. На рисунку 2.7 показано структуру нікель-кадмієвого акумулятора.

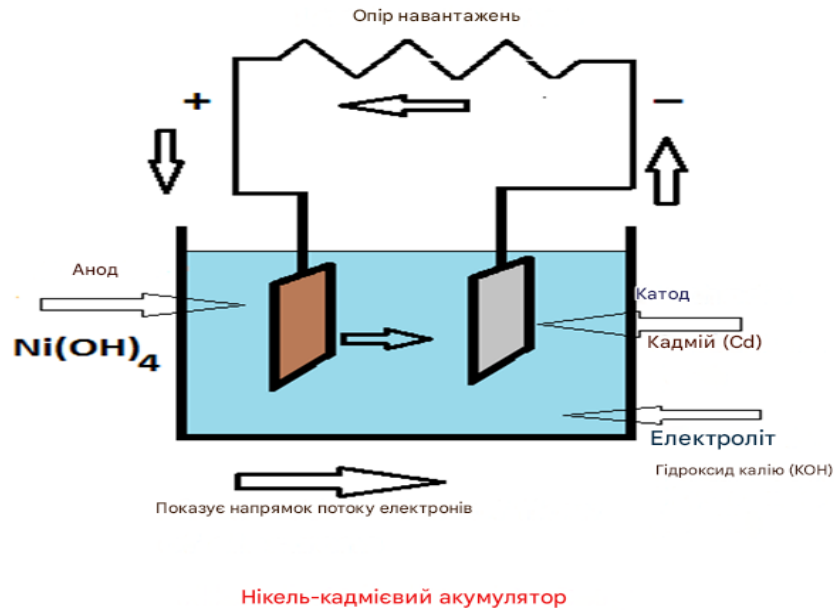


Рисунок 2.7 Структура нікель-кадмієвого акумулятора

- **Натрій-сірчані (NaS) акумулятори** використовують розплавлені натрій і сірку, що працюють при температурі близько 300-350°C. Вони відрізняються високою щільністю енергії, яка коливається в межах 150-250 Вт-год/л, і високою ефективністю. Через свою робочу температуру і конструкцію натрій-сірчані акумулятори зазвичай обмежуються великомасштабними установками, такими як накопичувачі електроенергії та електростанції, які працюють при високих температурах. Реакція зазвичай вимагає температури 574-624 K, щоб електроди перебували в рідкому стані, що призводить до високої реакційної здатності. Тривала і стабільна доступність електроенергії робить їх особливо цінними для стабілізації електромереж, відсікання піків або інтеграції відновлюваних джерел енергії. Однак їхні переваги мають і свій недолік - вони потребують вдосконалених систем терморегулювання, якими можна ефективно керувати лише у стаціонарних великомасштабних установках, оскільки вони працюють у дуже гарячих умовах. Чистий натрій повинен бути захищений від реакції системи з атмосферою, оскільки існує ризик вибуху, коли він контактує з повітрям. Структура натрій-сірчаних акумуляторів показана на рисунку 2.8.

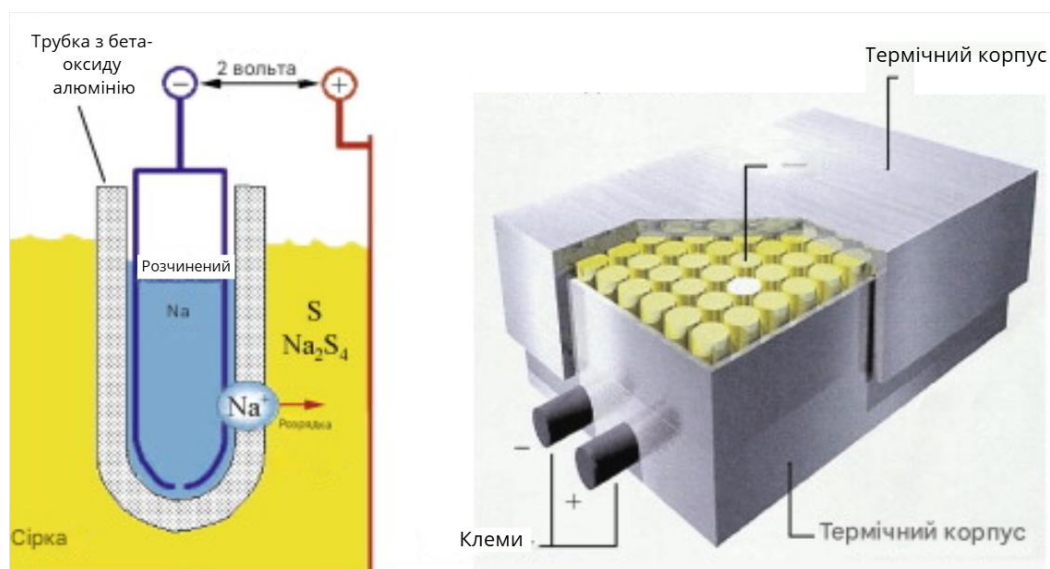


Рисунок 2.8 Структура натрій-сірчаних акумуляторів

Нижче в таблицях 2.1 та 2.2 наведено техніко-економічні показники різних типів акумуляторів:

Таблиця 2.1 Основні техніко-економічні характеристики засобів накопичення енергії

Тип акумулятор а	Потужність, МВт	Енергетична щільність, Вт год/л	Щільність потужності, Вт/л	Загальна ефективність, %
Li-ion	0 - 100	200 - 500	500 - 2000	85 - 97
Pb-A	0 - 40	50 - 80	10 - 400	70 - 90
Ni-Cd	0 - 40	60 - 150	150 - 300	65 - 90
Na-S	0,05 - 34	150 - 250	150 - 230	80 - 90
VRFB	0,3 - 3	16 - 70	0,5 - 2	75 - 90

Продовження таблиці 2.1

Тип акумулятора	Час розряду, мсек - год	Час відгуку (швидкодія), мсек - год	Життєвий цикл, рік	Добовий саморозряд, %
Li-ion	хв - год	20 мсек	5 - 15	0,03 – 0,3
Pb-A	сек - год	5 – 10 мсек	3 - 15	0,1 – 1,1
Ni-Cd	сек - год	20 мсек - сек	10 - 20	0,07 – 0,7
Na-S	сек - год	1 мсек - сек	10 - 15	20
VRFB	сек - год	сек	5 - 10	незначний

2.4 Висновки до розділу 2

1. Було досліджено установки зберігання енергії за їхніми характеристиками. Призначення та спосіб використання УЗЕ здебільшого визначається технічними характеристиками їх акумуляторів, таких як: енергетична ємність, номінальна потужність, швидкість заряду/розряду, загальна ефективність, термін служби, швидкість саморозряду, щільність енергії. Знаючи ці параметри, стає можливим вибір доцільного УЗЕ під певну задану мету.

2. Було досліджено загальну структуру установок зберігання енергії. Для проектування та будівництва УЗЕ є необхідним знання його структури та компонентів з яких він складається, а саме: система керування акумуляторами, датчик навколишнього середовища та система керування, система пожежогасіння, система перетворення електроенергії, вимикач, перемикач, трансформатор, корпус, накопичувач.

3. Було проведено аналіз найбільш поширених технологій акумуляторів для установок зберігання енергії. Виконано порівняння їхніх основних технічних параметрів, недоліків та переваг. Узагальнення наявної інформації дає змогу вибрати найбільш відповідне УЗЕ для виконання певної поставленої задачі.

3 ДОСЛІДЖЕННЯ РЕЖИМІВ РОБОТИ ПРИЛЕГЛОЇ МЕРЕЖІ, ПІСЛЯ ПРИЄДНАННЯ УСТАНОВКИ ЗБЕРІГАННЯ ЕНЕРГІЇ

3.1 Прогноз рівнів споживання електроенергії та електричних навантажень району розміщення установки зберігання енергії

Метою даного розділу є визначення прогнозу електричних навантажень на перспективний період. На підставі отриманих результатів будуть розроблені розрахункові схеми для дослідження режимів роботи прилеглої мережі району розміщення теоретичної установки зберігання енергії.

Розрахунок перспективного базового рівня електроспоживання Кіровоградської області виконується статистичним методом на основі ретроспективної звітної інформації. У якості вихідних даних, береться електроенергія, яка споживалася ПрАТ "Кіровоградобленерго" за попередні 5 років. Зростання споживання електричної потужності на розрахунковий перспективний період визначається згідно СОУ-Н ЕЕ 40.1-00100227-103:2014 "Правила виконання Схем перспективного розвитку ОЕС України, окремих енерговузлів та енергорайонів"[13]. Максимальне споживання за ретроспективний період мало місце у 2018 році, мінімальне у 2020р. Споживання електроенергії групами споживачів ПрАТ "Кіровоградобленерго" за підсумком 2020 р. представлено в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 Споживання електроенергії групами споживачів ПрАТ "Кіровоградобленерго" за 2020 рік

Групи споживачів	Споживання електроенергії.	%
Споживання електроенергії – всього	2126,8	100
Втрати	264,7	12,4
Промисловість – всього	471,9	22,2

Продовження таблиці 3.1

Групи споживачів	Споживання електроенергії. млн.кВт*год	%
Сільгоспспоживачі	104,2	4,9
Транспорт	56,9	2,7
Будівництво	4,4	0,2
Комунально-побутові споживачі	91,7	4,3
Інші споживачі	245,6	11,5
Населення	887,4	41,7

Найбільше електроенергії у області споживається населенням (41,7%), а доля споживання промисловістю складає близько 22,2%. У відповідності до Правил виконання перспективного розвитку (СОУ-Н ЕЕ 40.1-00100227-103:2014) [13], прогноз рівнів електроспоживання визначають для структурних груп споживачів статистичним методом, з додатковим урахуванням факторів, які можуть впливати в перспективі на збільшення чи зменшення електроспоживання. Для можливості прогнозування на перспективний період буде виконано аналіз звітних показників споживання електроенергії. Ретроспективний відносний річний приріст визначають окремо для населення та виробництва (усі споживачі крім населення) за умови забезпечення обов'язкового мінімального гарантованого приросту споживання енергії для населення – 1 %, для промисловості, будівництва, транспорту, сільського та комунально-побутового господарства – 0,5 %. Отримані результати коригують відповідно до обсягів електричної енергії, зазначених у виданих ТУ на приєднання до електричних мереж з урахуванням відсотка реалізації ТУ. Перспективний прогноз споживання електричної енергії визначається за формулою:

$$W(t) = W(0) \cdot (1 + W_{nn})^t, \quad (3.1)$$

де $W(t)$ – прогноз споживання електричної енергії на t рік;

$W(0)$ – фактичне споживання електроенергії на початок перспективного періоду;

W_{nn} – відносний перспективний середньорічний приріст, долі одиниці;

t – рік визначення прогнозу.

Відносний перспективний середньорічний приріст визначається наступним чином:

$$W_{nn} = \frac{W_{pn} + W_{min}}{2}, \quad (3.2)$$

де W_{min} - мінімальний річний приріст гарантованого споживання електроенергії, долі одиниці;

W_{pn} - ретроспективний відносний річний приріст споживання електроенергії, долі одиниці. Ретроспективний відносний річний приріст споживання електроенергії приймають таким, що дорівнює нулю, якщо він набуває від'ємного значення

W_{min} - мінімальний річний приріст гарантованого споживання відповідно до СОУ Н ЕЕ 40.1-00100227-103:2014 [13] складає 1% для населення та 0,5% для інших груп споживачів.

$$W_{pn} = \frac{\sum_{t=T_p}^{T_0-1} \frac{W_t - W_{t-1}}{W_{t-1}} \times \frac{1}{T_0 - t}}{\sum_{t=T_0-1}^{T_n} \frac{1}{T_0 - t}}, \quad (3.3)$$

де W_t , W_{t-1} - споживання електроенергії в ретроспективному періоді, поточному та попередньому роках відповідно, кВт·год;

T_p – рік початку ретроспективного періоду;

T_0 – рік кінця ретроспективного періоду.

У відповідності до вимог СОУ-Н ЕЕ 40.1-00100227-103:2014 р.[13], прогноз споживання необхідно виконувати окремо для населення та інших

споживачів. Результати розрахунків ретроспективного та перспективного відносного середньорічного приросту наведено в **таблиці 3.2**.

Таблиця 3.2 Ретроспективне споживання електричної енергії ПрАТ "Кіровоградобленерго", млн. кВт*год

Група споживачів	2016 р.	2017 р.	2018 р.	2019 р.	2020 р.	В	w_{nn}
Інші споживачі	1212,5	1289,6	1336,4	1302,8	1239,4	0,000	0,003
Населення	918	858,0	871,2	861,3	887,4	0,007	0,008
Всього по області	2130,5	2147,6	2 208	2 164	2 127	-	-

Відповідно до розрахунків відносний перспективний середньорічний приріст споживання електроенергії для населення складає 0,8% та 0,3% для інших груп споживачів. Виходячи з цього в подальшому в роботі прийнято значення середньорічного приросту споживання на рівні 0,55 %.

За результатами проведених розрахунків, перспективне споживання електроенергії ПрАТ "Кіровоградобленерго" представлено в **таблиці 3.3**.

Таблиця 3.3 Перспективне споживання електричної енергії ПрАТ "Кіровоградобленерго", млн. кВт*год

Група споживачів	2020 р.	2021р.	w_{nn}	2024 р.	2029 р.
Інші споживачі	1239,4	1242,5	0,003	1251,8	1267,6
Населення	887,4	894,2	0,008	915,0	950,8

Продовження таблиці 3.3

Група споживачів	2020 р.	2021р.	w_{nn}	2024 р.	2029 р.
Всього по області	2126,8	2136,7	-	2166,8	2218,4

3.2 Умови проведення розрахунків

У даному розділі здійснюється розрахунок та аналіз нормальних режимів роботи електричної мережі району приєднання УЗЕ потужністю 14 МВт у режимі генерації та споживання. Метою розділу є дослідження і оцінка впливу установки зберігання енергії на режими роботи діючої електричної мережі. У розділі виконується перевірка пропускної здатності елементів електричної мережі, визначається необхідність виконання додаткового мережевого будівництва та спорудження (реконструкції) мережевої протиаварійної автоматики.

В розділі проводяться розрахунки для навантажень 2024 року та на п'ятирічну перспективу до 2029 року. Розрахунок електричних режимів буде виконано на годину вечірнього максимуму зими(зима 17:00), літнього денного зниження завантаження(літо 13:00) та літнього мінімуму навантаження(літо 3:00). Розрахункова модель електричної мережі враховує генерацією діючих та перспективних об'єктів альтернативної енергетики (когенерація, біогаз, ГЕС, ВЕС). Положення РПН АТ 330/110 кВ на ПС 330 кВ "Українка" та ПС 330 кВ "Побузька" прийняті згідно з діючими графіками напруги. Статичні характеристики з напруги не враховувались.

Максимальні робочі напруги прийняті згідно ПТЕ [14]. Мінімальні допустимі напруги для вузлів навантаження визначені згідно СОУ-Н МЕН 40.1 - 00100227 – 68:2012 "Стійкість енергосистем. Керівні вказівки" [15]. Топологія схеми електричної мережі відповідає діючій включають в себе повну схему ОЕС України, графічні частини схем відображають район

приєднання УЗЕ. Розрахунок перспективного приросту електроспоживання Кіровоградської області виконано у попередньому розділі. Розрахункова модель електричної мережі враховує діючі об'єкти альтернативної енергетики та всі перспективні електричні станції району установки зберігання енергії, на приєднання яких на даний час видано технічні умови. У роботі враховано генерацію малих, потужністю від 0,5 МВт. Перелік діючих та перспективних електричних станцій, роботу яких враховано у розрахунках наведено у Таблиці 3.4.

Таблиця 3.4 Перелік діючих генеруючих потужностей району приєднання теоретичної УЗЕ

№	Найменування електростанцій	Точка приєднання	Встановлена потужність, МВт	ПС 220-750 кВ
Діючі СЕС				
1	ТОВ "Р-Енерджі"	ПС 35/10 кВ "Калинівка-2", (ПС 150/35/10 кВ "Кіровоградська")	8,4	ПС 330 кВ "Українка"
2	ТОВ "З-Енерджі"	ПС 35/10 кВ "Калинівка-2", (ПС 150/35/10 кВ "Кіровоградська")	5,05	ПС 330 кВ "Українка"
3	ТОВ "КДМ СОЛАР"	ПС 35/10 кВ "Балашівка", (ПС 150/35/10 кВ "Кіровоградська")	0,55	ПС 330 кВ "Українка"

Продовження таблиці 3.4

№	Найменування електростанцій	Точка приєднання	Встановлена потужність, МВт	ПС 220-750 кВ
4	ПП "Кіровоградбудресурс"	ПС 35/10 кВ "Балашівка", (ПС 150/35/10 кВ "Кіровоградська")	3,5	ПС 330 кВ "Українка"
5	СЕС "РАССВЕТ"	ПС 35/10 кВ "Рівне", (ПС 150/35/10 кВ "Новоукраїнка")	0,6	ПС 330 кВ "Українка"
6	СЕС "Комишувате"	ПС 35/10 кВ "Камишувате", (ПС 150/35/10 кВ "Новоукраїнка")	0,96	ПС 330 кВ "Побузька"
7	ТОВ "САНВІН 14" (ФЕС "Новоукраїнка")	ПС 35/10 кВ "Тракторна", (ПС 150/35/10 кВ "Новоукраїнка")	10	ПС 330 кВ "Побузька"
8	ТОВ "Ліз-Маш" (наземна фотоелектрична станція "Свірщевський")	ПС 35/10 кВ "Тракторна", (ПС 150/35/10 кВ "Новоукраїнка")	1,6	ПС 330 кВ "Побузька"
9	ТОВ "РАССВЕТ" (дахова СЕС)	ПС 35/10 кВ "Рівне", (ПС 150/35/10 кВ "Новоукраїнка")	0,975	ПС 330 кВ "Побузька"
10	ТОВ "Енергетична група Геліос"	ПС 35/10 кВ "камишувате", (ПС 150/35/10 кВ "Новоукраїнка")	2,5	ПС 330 кВ "Побузька"

Продовження таблиці 3.4

№	Найменування електростанцій	Точка приєднання	Встановлена потужність, МВт	ПС 220-750 кВ
11	ТОВ "ЛАН" (СЕС "ЛАН")	ПС 35/10 кВ "Новомиколаївка", (ПС 150/35/10 кВ "Новоукраїнка")	1,05	ПС 330 кВ "Побузька"
12	ТОВ "ІНКОМ-ЕНЕРГО"	ПС 35/10 кВ "Тракторна", (ПС 150/35/10 кВ "Новоукраїнка")	2	ПС 330 кВ "Побузька"
13	Сільськогосподарське товариство з обмеженою відповідальністю "ЗОРЯ" (СЕС "Зоря 2")	ПС 35/10 кВ "Тракторна(ПС 150/35/10 кВ "Новоукраїнка")	0,5	ПС 330 кВ "Побузька"
14	ТОВ "ІНКОМ-ЕНЕРГО" (СЕС "Новоукраїнка-2")	ПС 35/10 кВ "Тракторна", (ПС 150/35/10 кВ "Новоукраїнка")	0,63	ПС 330 кВ "Побузька"
15	ТОВ "ІНКОМ-ЕНЕРГО"	ПС 35/10 кВ "Камішувате", (ПС 150/35/10 кВ "Новоукраїнка")	0,98	ПС 330 кВ "Побузька"
16	ТОВ "РЕВУЦЬКА СОЛАР", наземна ФЕС "РЕВУЦЬКА СОЛАР"	ПС 35/10 кВ "Добровеличківка", (ПС 150/35/10 кВ "Новоукраїнка")	0,8	ПС 330 кВ "Побузька"

Продовження таблиці 3.4

№	Найменування електростанцій	Точка приєднання	Встановлена потужність, МВт	ПС 220-750 кВ
17	ТОВ "ВЕЛИЧКІВСЬКА СОЛАР", наземна ФЕС "ВЕЛИЧКІВСЬКА СОЛАР"	ПС 35/10 кВ "Добровеличківка", (ПС 150/35/10 кВ "Новоукраїнка")	0,8	ПС 330 кВ "Побузька"
18	ТОВ "ЦЕНТРАЛЬНА СОЛАР", наземна ФЕС "ЦЕНТРАЛЬНА СОЛАР"	ПС 35/10 кВ "Добровеличківка", (ПС 150/35/10 кВ "Новоукраїнка")	0,8	ПС 330 кВ "Побузька"
19	ТОВ "ІНКОМ-ЕНЕРГО" (СЕС "Новоукраїнка-2")	ПС 35/10 кВ "Тракторна", ПЛ-10 кВ Л-211	0,63	ПС 330 кВ "Побузька"
20	ТОВ "ІНКОМ-ЕНЕРГО"	ПС 35/10 кВ "Камишувате", ПЛ-10 кВ Л-157 оп. №173	0,98	ПС 330 кВ "Побузька"
21	НАЗЕМНА ФОТОЕЛЕКТРИЧНА СОНЯЧНА ЕЛЕКТРОСТАНЦІЯ "ІВАНІВКА"	ПС 35/10 кВ "Іванівка", ПЛ-10 кВ Л-132	1,254	ПС 330 кВ "Українка"

Продовження таблиці 3.4

№	Найменування електростанцій	Точка приєднання	Встановлена потужність, МВт	ПС 220-750 кВ
22	НАЗЕМНА ФОТОЕЛЕКТРИЧНА СОНЯЧНА ЕЛЕКТРОСТАНЦІЯ "ІВАНІВКА-2"	ПС 35/10 кВ "Іванівка", РУ-35 кВ	2,9	ПС 330 кВ "Українка"
23	ТОВ "ЕНЕРГОЛУЧ" (ФЕС "Енерголуч")	ПС 150/35/10 кВ "Помічна тяг."	1,25	ПС 330 кВ "Побузька"
24	ТОВ "СЕС ДІБРОВКА"	ПС 150/35/10 кВ "Бобринець"	15	ПС 330 кВ "Кварцит"
25	СЕС "КАМ'ЯНЕЧЕ"	ПС 35/10 кВ "Кам'янече" (ПС 150/35/10 кВ "Новоархангельськ")	2,025	ПС 330 кВ "Побузька"
26	ТОВ "КВАРТА СОЛАР"	ПС 150/35/10 кВ "Новоархангельськ"	0,8	ПС 330 кВ "Побузька"
27	ТОВ "АГАДА ПАУЕР"	ПС 150/35/10 кВ "Новоархангельськ"	0,8	ПС 330 кВ "Побузька"
28	ТОВ "ОКТАНТА ПІВІ"	ПС 150/35/10 кВ "Новоархангельськ"	0,8	ПС 330 кВ "Побузька"

Продовження таблиці 3.4

№	Найменування електростанцій	Точка приєднання	Встановлена потужність, МВт	ПС 220-750 кВ
29	ТОВ "ЛІРА СОЛАР"	ПС 150/35/10 кВ "Новоархангельськ"	0,8	ПС 330 кВ "Побузька"
30	ТОВ "ЗАС ЕНЕРГОСЕРВІС"	ПС 35/10 кВ "Вільшанка", РУ-10 кВ	9,8	ПС 330 кВ "Побузька"
31	ТОВ "Гідроенергоінвест"	ПС 35/10 кВ "Вільшанка",	3,5	ПС 330 кВ "Побузька"
32	ТОВ "ОПТИМУС СОЛАР ЕНЕРДЖІ" (наземна фотоелектрична сонячна електростанція "Благовіщенська")	ПС 35/10 кВ "Благовіщенська", (ПС 150/35/10 кВ "Завалля")	5,04	ПС 330 кВ "Побузька"
33	ТОВ "ГРІН ЕЛЕКТРА 1" (ФЕС "Завалля")	ПС 150/35/10 кВ "Завалля", (ПС 150/35/10 кВ "Завалля")	9,5	ПС 330 кВ "Побузька"
34	ТОВ "САНВІН 12" (ФЕС "Новоселиця")	ПС 35/10 кВ "Благовіщенська", (ПС 150/35/10 кВ "Завалля")	12	ПС 330 кВ "Побузька"

Продовження таблиці 3.4

№	Найменування електростанцій	Точка приєднання	Встановлена потужність, МВт	ПС 220-750 кВ
35	ТОВ "ЕНЕРДЖІ СИСТЕМС" (ФЕС "Могильне")	ПС 35/10 кВ "Могильне", (ПС 150/35/10 кВ "Завалля")	10	ПС 330 кВ "Побузька "
36	ТОВ "Ю.БІС.Енерджи"	ПС 35/10 кВ "Вільхове", (ПС 150/35/10 кВ "Ладижино")	1,25	ПС 330 кВ "Побузька "
37	ТОВ "КОНСАЛТИНГ СОЛАР" (ФЕС "Мала Виска")	ПС 35/10 кВ "Мала Виска", (ПС 150/110/35/10 кВ "Новомиргород")	8,75	ПС 330 кВ "Українка"
38	ТОВ "ОЛІМП ЕНЕРДЖІ" (СЕС "Мартоноша")	ПС 35/10 кВ "Кам'янка зрошувальна", (ПС 150/110/35/10 кВ "Новомиргород")	0,925	ПС 330 кВ "Українка"
39	ТОВ "ТОРГОВИЙ ДІМ ЯТРАНЬ" (СЕС "Ятрань")	ПС 35/10 кВ "Панчево", (ПС 150/110/35/10 кВ "Новомиргород")	1,4	ПС 330 кВ "Українка"
40	ТОВ "ГЕЛІЯ СОЛАР" (СЕС "Златопільська")	ПС 150/110/35/10 кВ "Новомиргород", РУ-10 кВ	3,975	ПС 330 кВ "Українка"
41	ТОВ "АСТРИДА СОЛАР" (СЕС "Златопільська 2")	ПС 150/110/35/10 кВ "Новомиргород", РУ-10 кВ	5,925	ПС 330 кВ "Українка"

Продовження таблиці 3.4

№	Найменування електростанцій	Точка приєднання	Встановлена потужність, МВт	ПС 220-750 кВ
42	ТОВ "ТИХА ПІВІ"	ПС 150/110/35/10 кВ "Новомиргород", ПЛ-10 кВ Л-148	0,8	ПС 330 кВ "Українка"
43	ТОВ "СЕКUNДА СОЛАР"	ПС 150/110/35/10 кВ "Новомиргород", ПЛ-10 кВ Л-148	0,8	ПС 330 кВ "Українка"
44	ТОВ "ГРІН ТЕК" (СЕС "МОГУТНЄ")	ПС 35/10 кВ "Володимирівка", (ПС 150/35/6 кВ "Сільмаш")	1,725	ПС 330 кВ "Українка"
45	ТОВ "Златсаш"	ПС "Тракторна" - 35/10 кВ, (ПС 150/35/10 кВ "Новоукраїнка")	0,99	ПС 330 кВ "Побузька"
46	ТОВ "ЕКО Енерджі"	ПС 150кВ "Умань"	1,25	ПС 330 кВ "Побузька"
47	ТОВ "Умань Індіан Солар"	ПС 150кВ "Умань"	0,54	ПС 330 кВ "Побузька"
48	ТОВ "Санвей СТ"	ПС 150кВ "Умань"	2	ПС 330 кВ "Побузька"
49	ТОВ "Умань ТРЕ"	ПС 150кВ "Умань"	3,53	ПС 330 кВ "Побузька"

Продовження таблиці 3.4

№	Найменування електростанцій	Точка приєднання	Встановлена потужність, МВт	ПС 220-750 кВ
50	ТОВ "Умань Квадро"	ПС 150кВ "Умань"	2,85	ПС 330 кВ "Побузька"
51	СЕС Заграничний	ПС 150кВ "Умань"	3,8(0,95x4)	ПС 330 кВ "Побузька"
52	ТОВ "Уманська малаСЕС -1"	ПС 150кВ "Умань"	0,99	ПС 330 кВ "Побузька"
Діючі ГЕС				
53	Новоархангельська ГЕС	ПС 35/10 кВ "Новоархангельська", РУ-10 кВ	1,3	ПС 330 кВ "Побузька"
54	Тернівська ГЕС	ПС 35/10 кВ "Тернівка", РУ-10 кВ (ПС 35/10 кВ "Новоархангельська")	1,95	ПС 330 кВ "Побузька"
55	Гайворонська ГЕС	ПС 35/10 кВ "Гайворонська ГЕС", (ПС 150/35/10 кВ "Завалля")	6,2	ПС 330 кВ "Побузька"
56	Краснохутірська ГЕС	ПС 35/10 кВ "Красний Хутір", (ПС 150/35/10 кВ "Завалля")	3,3	ПС 330 кВ "Побузька"

Продовження таблиці 3.4

№	Найменування електростанцій	Точка приєднання	Встановлена потужність, МВт	ПС 220-750 кВ
57	Савранська ГЕС	ПС 150/35/10 кВ "Завалля"	0,9	ПС 330 кВ "Побузька"
58	Юрпільська ГЕС	ПС 150кВ "Тальне"	0,528	ПС 330 кВ "Побузька"
Діючі БіоЕС				
59	ПАТ "Кіровоградолія"	ПС 150/35/10 кВ "Кіровоградська"	10,55	ПС 330 кВ "Українка"
60	ТОВ ЛНК	ПС 150/35/10 кВ "Південно-Східна"	0,635	ПС 330 кВ "Українка"
61	ТОВ "ПРИДНІПРОВСЬКИЙ ОЛІЙНОЕКСТРАКЦІЙНИЙ ЗАВОД"	ПС 150/35/6 кВ "Сільмаш"	23,751	ПС 330 кВ "Українка"

Таблиця 3.5 Перелік перспективних генеруючих потужностей району приєднання УЗЕ

№	Найменування електростанцій	Точка приєднання	Встановлена потужність, МВт	ПС 220-750 кВ
Перспективні СЕС				
1	ТОВ "ТЕРЦІЯ СОЛАР"	ПС 150/35/10 кВ "Березівка"	0,75	ПС 330 кВ "Українка"
2	ТОВ "ФЕНІКС СОЛАР"	ПС 150/35/10 кВ "Березівка"	0,75	ПС 330 кВ "Українка"
3	ТОВ "СІРІУС ПІВІ"	ПС 150/35/10 кВ "Березівка"	0,75	ПС 330 кВ "Українка"
4	ТОВ "ЕНЕРГЕТИЧНА СИСТЕМА ЛТД"	ПС "Тишківка" - 35/10 кВ (ПС 150/35/10 кВ "Новоукраїнка")	0,8	ПС 330 кВ "Побузька"
5	ТОВ "КВІНТА СОЛАР", наземна ФЕС "КВІНТА СОЛАР"	ПС 150/110/35/10 кВ "Новомиргород", ПЛ-10 кВ Л-141	0,8	ПС 330 кВ "Українка"
6	ТОВ "Рохан Енерджі"	ПС 150кВ "Умань"	16+5	ПС 330 кВ "Побузька"
7	*ТзОВ "С.Енерджі-Кіровоград" (прогнозована дата введення 2025р)	ПС 330 кВ "Кварцит"	80	ПС 330 кВ "Кварцит"

У розрахунках всі ВДЕ прийнято із "нульовою" реактивною потужністю. Для усіх ВЕС втрати на власні потреби прийняті в обсязі 3,5% від встановленої

потужності, для СЕС –в обсязі 8%. Топологія схеми електричної мережі відповідає діючій. Розрахунки ustalених режимів виконані відповідно до вимог НТП ЕС. Точки розмикання мережі 150-35 кВ прийняті відповідно до нормальної схеми мережі ПрАТ Кіровоградобленерго. Положення РПН АТ на ПС 330 кВ прийняті згідно з діючими графіками напруги. Статичні характеристики з напруги не враховувались. Максимальні робочі напруги прийняті згідно ПТЕ. Мінімальні допустимі напруги для вузлів навантаження визначені згідно СОУ-МЕВ 40.1 – 00100227 – 68:2012" Стійкість енергосистем. Керівні вказівки" [15]. Розрахункові моделі включають в себе повну схему ОЕС України синхронізовану з ENTSO-E, графічні частини схем відображають район приєднання ПС 150 кВ "Березівка". З метою виявлення найбільш важких режимів і можливих обмежень у роботі УЗЕ, у роботі розглянуто три різних сезони.

Літо день (13:00). Враховано всі діючі і перспективні ВДЕ, УЗЕ в режимі генерації. Мета розрахунку визначити "вузькі" місця електричної мережі при максимальній генерації всіх відновлювальних джерел енергії. Також розглянуто режим роботи УЗЕ в режимі споживання. Температура навколишнього середовища для врахування струмових навантажень у відповідності до вимог ПУЕ враховано на рівні +38°C.

Літо ніч (3:00). Враховано всі діючі і перспективні ВДЕ за виключенням СЕС. Мета розрахунку визначити "вузькі" місця електричної мережі при максимальній генерації всіх відновлювальних джерел енергії та мінімальному відборі навантажень у вузлах. Також розглянуто режим роботи УЗЕ в режимі споживання. Температура навколишнього середовища для врахування струмових навантажень у відповідності до рекомендацій НЕК «Укренерго» враховано на рівні +25°C.

Зима максимум (17:00). Мета розрахунку визначити "вузькі" місця електричної мережі при максимальному навантаженні у вузлах. Для аналізу найбільш важких режимів роботи, УЗЕ в режимі споживання, роботу ВДЕ у розрахунковій схемі не враховано. Також розглянуто режим з ВДЕ, УЗЕ в

режимі генерації. Температура навколишнього середовища для врахування струмових навантажень у відповідності до рекомендацій НЕК «Укренерго» враховано на рівні $+5^{\circ}\text{C}$. В якості вихідних даних використовувались дані режимного виміру 2021 року. Навантаження у вузлах розрахункової схеми збільшено пропорційно замірним на величину перспективного приросту.

Розрахункова модель електричної мережі на 2029 рік згідно плану розвитку системи передачі на 2023-2032 роки враховує наступне мережеве будівництво, реконструкції та технічне переоснащення: Перспективна схема для 2024 р. створена із песимістичним прогнозом і не враховує будь-якого мережевого будівництва. Перспективна схема для 2029 року враховує мережеве будівництво у відповідності із Планом розвитку системи передачі на 2023-2032 роки і яке впливає на режими роботи енергорайону, що розглядається. Схема 2029 року враховує:

- будівництво транзиту повітряної лінії 330 кВ Побузька-Тальне-Поляна (89 км) з підстанцією 330 кВ Тальне (3хАТ-250МВА) (2016-2026pp);

3.3 Розрахунок нормальних режимів роботи електричної мережі

2024 рік, літо 13:00. Нормальний режим роботи електричної мережі представлено на **креслені** (далі - кр.) **1** в **Додатку Б**. Всі параметри схеми знаходяться у допустимих межах.

Робота УЗЕ у режимі генерації активної потужності. ВДЕ в роботі. Даний режим представлено на **кр. 2** в **Додатку Б**. Всі режимні параметри знаходяться у нормальних межах. Автотрансформатори на ПС 330 кВ "Українка" завантажені до 3% номінальної потужності. Робота УЗЕ в режимі генерації у певній мірі розвантажує прилеглу до ПС 330 кВ "Українка" мережу 150 кВ. Автотрансформатори на ПС 330 кВ "Побузька" завантажені до 5% номінальної потужності. Слід зазначити, що режим генерації УЗЕ в години сонячної активності є мало ймовірним, оскільки при надлишку ВДЕ, в т.ч.

СЕС, для балансування енергосистеми доцільно використовувати УЗЕ у режимі споживання електричної енергії (буде розглянуто далі).

Робота УЗЕ в режимі споживання активної потужності. ВДЕ не в роботі. Даний режим є найбільш ймовірним на годину денного зниження навантаження, оскільки перехід до режиму споживання може використовуватись для балансування системи у пікові години генерації СЕС, даний режим наведено на **кр. 3 (Додаток Б)**. Всі режимні характеристики знаходяться у межах норми.

2024 рік. Літо, 3:00. Нормальний режим роботи електричної мережі без урахування роботи проектної УЗЕ представлено на **кр. 4 (Додаток Б)**. У розрахунковій схемі враховано роботу всіх ВДЕ досліджуваного району із виключенням СЕС.

Робота УЗЕ в режимі генерації. ВДЕ в роботі. Нормальний режим роботи електричної мережі з урахуванням роботи проектної УЗЕ представлено на **кр. 5 (Додаток Б)**. Всі параметри схеми знаходяться у допустимих межах.

Робота УЗЕ в режимі споживання активної потужності. ВДЕ не в роботі. Для аналізу даного режиму роботи, УЗЕ працює в режимі споживання, ВДЕ не в роботі. Нормальний режим наведено на **кр. 6 (Додаток Б)**. Всі режимні характеристики знаходяться у межах норми.

2024 рік. Зима, 17:00. Нормальний режим роботи електричної мережі без урахування роботи проектної УЗЕ представлено на **кр. 7 (Додаток Б)**. Всі параметри схеми знаходяться у допустимих межах.

Робота УЗЕ в режимі генерації. ВДЕ в роботі. Даний режим представлено на **кр. 8 (Додаток Б)**. Всі режимні параметри знаходяться у нормальних межах. Автотрансформатори на ПС 330 кВ "Українка" завантажені до 30% S_n , на ПС 330 кВ "Побузька" завантажені до 41% S_n .

Робота УЗЕ в режимі споживання активної потужності. ВДЕ не в роботі. Нормальний режим наведено на **кр. 9 (Додаток Б)**. Всі режимні характеристики знаходяться у межах норми. Слід зазначити, що у зимовий

максимум робота УЗЕ у режимі споживання активної потужності є вкрай малоймовірною.

2029 рік, літо 13:00. Нормальний режим роботи електричної мережі представлено на **кр. 10 (Додаток Б)**. Всі параметри схеми знаходяться у допустимих межах.

Робота УЗЕ у режимі генерації активної потужності. ВДЕ в роботі. Даний режим представлено на **кр. 11 (Додаток Б)**.

Робота УЗЕ в режимі споживання активної потужності. ВДЕ не в роботі. Нормальний режим з урахуванням УЗЕ наведено на **кр. 12 (Додаток Б)**. Всі режимні характеристики знаходяться у межах норми.

2029 рік, літо 3:00. Нормальний режим роботи електричної мережі представлено на **кр. 13 (Додаток Б)**. Всі параметри схеми знаходяться у допустимих межах.

Робота УЗЕ у режимі генерації активної потужності. ВДЕ в роботі. Даний режим представлено на **кр. 14 (Додаток Б)**.

Робота УЗЕ в режимі споживання активної потужності. ВДЕ не в роботі. Нормальний режим з урахуванням УЗЕ наведено на **кр. 15 (Додаток Б)**. Всі режимні характеристики знаходяться у межах норми.

2024 рік. Зима, 17:00. Нормальний режим роботи електричної мережі представлено на **кр. 16 (Додаток Б)**. Всі параметри схеми знаходяться у допустимих межах.

Робота УЗЕ у режимі генерації активної потужності. ВДЕ в роботі. Даний режим представлено на **кр. 17 (Додаток Б)**.

Робота УЗЕ в режимі споживання активної потужності. ВДЕ не в роботі. Нормальний режим з урахуванням УЗЕ наведено на **кр. 18 (Додаток Б)**. Всі режимні характеристики знаходяться у межах норми.

3.4 Висновок до розділу 3

Було розраховано прогноз навантаження Кіровоградської області на перспективний період з врахуванням очікуваних змін у споживанні електроенергії. Розрахунок виконувався за допомогою статистичного методу на основі ретроспективної звітної інформації про споживання за попередні роки. З урахуванням перспективного навантаження Кіровоградської області було створено розрахункові схеми для дослідження режимів роботи розподільчої мережі в районі приєднання УЗЕ.

Результати дослідження підтвердили, що прилегла розподільча мережа має достатні резерви потужності для приєднання теоретичного УЗЕ без порушення надійності та перевантаження мережевих елементів. У всіх режимах, робота УЗЕ в режимі генерації має позитивний вплив на режимні характеристики, зокрема на рівні напруги на рівні завантаження ліній на автотрансформаторів, перевантаження транзитних елементів електричної мережі не виявлено

Також, за результатами розрахунку режимів, необхідності у виконанні реконструкції систем протиаварійної автоматики немає. Це свідчить про ефективну інтеграцію УЗЕ в наявну мережу без додаткових витрат на її модернізацію

4 ОХОРОНА ПРАЦІ

Охорона праці є важливою складовою будь-якої професійної діяльності, в тому числі дослідницької та аналітичної. Хоча традиційно найбільша увага приділяється питанням безпеки на виробництві та в робочих процесах, у сучасних умовах важливо враховувати ризики, пов'язані з організацією роботи в офісних і лабораторних умовах. У контексті комп'ютерних досліджень особливої актуальності набувають питання гігієни праці, електробезпеки, організації робочого місця та профілактики професійних захворювань, пов'язаних з тривалим сидінням, напруженням зору та впливом на нервову систему.

Предметом бакалаврської роботи є аналіз техніко-економічних параметрів накопичувачів енергії та визначення їхнього впливу на стабільність роботи енергосистеми. Дослідження проводиться за допомогою математичного моделювання та аналізу даних з використанням програмного забезпечення. Все дослідження виконується в офісних умовах, що не передбачає фізичної взаємодії з реальними об'єктами накопичення енергії. Хоча такі умови вважаються загалом безпечними, вони також мають свої потенційно шкідливі фактори, згідно з Державними санітарними нормами, до них належать: статичне навантаження на м'язи та хребет під час тривалої роботи сидячи, перевтома очей, недостатнє освітлення, підвищений рівень шуму від вентиляційної системи чи іншої техніки, електромагнітне випромінювання від екранів моніторів та електрообладнання. Система управління охороною праці в таких умовах базується на вимогах ДСТУ ISO 45001:2019 та передбачає забезпечення ергономіки робочого місця, контроль за тривалістю робочого часу, правильну організацію перерв, дотримання норм освітлення, температурного режиму та вентиляції приміщення. Особливе значення має електробезпека — правильне підключення комп'ютерної техніки, справність розеток та наявність заземлення.

У цьому розділі будуть розглянуті питання охорони праці, які стосуються безпечної організації робочого місця, електробезпеки, гігієни праці та щодо пожежної безпеки в офісному приміщенні.

4.1 Технічні рішення з безпечного проведення досліджень

4.1.1 Технічні рішення з безпечної організації робочих місць

Дослідження, проведені в цій роботі, мають аналітично-теоретичний характер і базуються на комп'ютерному моделюванні з використанням спеціалізованого програмного забезпечення. У зв'язку з цим усі дослідницькі операції проводяться в офісних умовах, без безпосередньої взаємодії з промисловим обладнанням. Відповідно, заходи з охорони праці стосуються насамперед ергономіки робочого місця, електробезпеки, виробничої санітарії та гігієни праці, а також організації безпечних умов експлуатації комп'ютерної техніки. Нижче наведено технічні рішення для безпечного виконання таких робіт:

1. Організація робочого місця повинна відповідати вимогам ДСТУ 8604:2015 «Дизайн та ергономіка. Робоче місце для виконання робіт сидячи» [16]. Зокрема, висота столу і стільця має відповідати зросту працівника, спина повинна мати опору, а руки — розташовуватись під прямим кутом.
2. Розташування монітора повинно відповідати НПАОП 0.00-7.15-18 «Вимоги безпеки та захисту здоров'я працівників під час роботи з екранними пристроями» [17]: відстань до екрана — 50–70 см; верхній край монітора має бути на рівні очей або трохи нижче; екран слід нахилити для зменшення втоми очей і шиї.
3. Режим праці і відпочинку має бути організований згідно з НПАОП 0.00-7.15-18[17]: необхідно передбачити перерви тривалістю 5–10 хв кожні 60 хвилин роботи з ПК.

4. Проходи між меблями повинні бути не менше 0,6 м відповідно до ДБН В.1.1-7:2016 «Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги» [18], де зазначено, що для забезпечення безпечного проходу необхідна мінімальна ширина проходу між меблями.

4.1.2 Електробезпека

Комп'ютерне обладнання, яке використовується в дослідженнях живиться від чотирипровідної трифазної електромережі 380/220 В з глухозаземленою нейтраллю, яка є стандартною для адміністративних будівель в Україні. Технічні рішення з електробезпеки:

1. Захист від ураження електричним струмом у разі пошкодження ізоляції забезпечується за допомогою автоматичних вимикачів та пристроїв захисного вимкнення (ПЗВ), які спрацьовують при струмі вище 30 мА. Такі заходи відповідають вимогам ДСТУ Б В.2.5-82:2016 «Електробезпека в будівлях і спорудах. Вимоги до захисних заходів від ураження електричним струмом» [19].
2. Прокладка кабелів живлення виконується у гнучких гофрованих трубах або кабель-каналах із негорючого матеріалу, що запобігає механічним пошкодженням та знижує ризик короткого замикання. Це відповідає вимогам Правил улаштування електроустановок (ПУЕ) [20] та ДБН В.2.5-27:2006 «Захисні заходи електробезпеки в електроустановках будинків і споруд» [21].
3. Позначення джерел небезпеки реалізується шляхом розміщення візуальних попереджувальних знаків біля електроцитів та розеток, що відповідає положенням ДСТУ ISO 45001:2019 «Системи управління охороною здоров'я та безпекою праці. Вимоги та настанови щодо застосування» [22].

4.2 Технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії

4.2.1 Мікроклімат

Для створення сприятливих умов праці в приміщеннях, де переважає розумова праця з незначним фізичним навантаженням, повина нормуватися

температура, вологість і швидкість руху повітря. Офісному приміщенні в якому проводяться дослідження характеризується такими параметрами: температура підтримується на рівні 23 °С, вологість - 50%, а швидкість руху повітря - до 0,05 м/с.

Таблиця 4.1 – Допустимі параметри мікроклімату офісного приміщення

Період року	t, °С	W, %	V, м/с
Теплий	23-25	40-60	0,1
Холодний	22-24	40-60	0,1

Для забезпечення необхідних параметрів мікроклімату на робочих місцях, передбачається наступне:

1. Система вентиляції та кондиціонування повітря. Система вентиляції забезпечує приплив свіжого повітря та рівномірний розподіл температури і вологості. При цьому швидкість руху повітря у виробничих приміщеннях не повинна перевищувати 0,2 м/с для забезпечення комфортних умов праці. Це відповідає вимогам ДСН 3.3.6.042-99 «Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень» [23].
2. Система опалення. Для підтримки температури повітря в холодну пору року використовуються системи центрального та локального опалення, які забезпечують температуру в межах 18-20°C. Це відповідає вимогам ДБН В.2.5-67:2013 «Опалення, вентиляція та кондиціонування» [24].
3. Кондиціонування повітря. У теплу пору року для підтримання температури повітря в межах 20-22°C використовуються кондиціонери. Вони дозволяють не тільки підтримувати оптимальну температуру, але й контролювати вологість повітря. Це відповідає вимогам ДСН 3.3.6.042-99 та ДБН В.2.5-67:2013 щодо контролю температури та вологості повітря [23, 24].

4. Зволожувачі повітря. Зволожувачі повітря використовуються для підтримки рівня вологості в межах 40-60%, щоб уникнути сухості повітря, яка може негативно вплинути на здоров'я працівників. Це відповідає вимогам ДСН 3.3.6.042-99 щодо контролю вологості в приміщеннях [23].

4.2.2 Склад повітря робочої зони

Якість повітря в робочій зоні офісної будівлі має важливе значення для підтримки здоров'я і високої працездатності співробітників. В офісних приміщеннях основними джерелами забруднення є офісна техніка, меблі, оздоблювальні матеріали та недостатня вентиляція.

Таблиця 4.2 – Можливі забруднювачі повітря та їх ГДК

Найменування речовини	ГДК, мг/м ³		Клас небезпечності
	Максимально разова	Середньодобова	
Формальдегід	0,035	0,003	2
Озон	0,16	0,03	4
Ксилол	0,2	0,2	3
Вуглець оксид(CO)	3	1	4
Аміак	0,2	0,2	2

Для підтримання якості повітря в офісних приміщеннях, де проводяться дослідження, були впроваджені наступні заходи:

1. Встановлення припливно-витяжної вентиляції з кратністю повітрообміну не менше 1,5 для офісних приміщень, що забезпечує регулярний обмін повітря та знижує концентрацію забруднювачів. Це відповідає вимогам ДСН 3.3.6.042-99 «Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень» [23].

2. Використання кліматичного обладнання, зокрема кондиціонерів з фільтрацією повітря, для очищення повітря від пилу та інших часток. Це відповідає вимогам ДБН В.2.5-67:2013 «Опалення, вентиляція та кондиціонування» [24].
3. Регулярне провітрювання приміщень протягом не менше 10 хвилин кожні 2 години, що сприяє оновленню повітря та підтриманню комфортних умов. Це відповідає вимогам ДСН 3.3.6.042-99 щодо провітрювання та підтримки комфортних умов в офісах [23].
4. Використання озонобезпечної офісної техніки, сертифікованої відповідно до вимог санітарних норм, що дозволяє зменшити рівень озону в приміщенні. Це відповідає вимогам НПАОП 0.00-7.15-18 щодо безпеки роботи з екранними пристроями [17].

4.2.3 Виробниче освітлення

В приміщення у якому відбуваються розрахунки, проводяться зорові роботи середньої точності, які потребують високого рівня освітленості. Приміщення має бокове природне освітлення та обладнане штучним освітленням, тобто використовується суміщене освітлення.

Нормована характеристика зорової роботи для середньої точності визначена наступним чином: найменший або еквівалентний розмір об'єкта розрізнення становить 0,3-0,5 мм, розряд зорової роботи — III, підрозряд — б, контраст об'єкта з фоном малий, а характеристика фону середня. При системі комбінованого освітлення загальний рівень освітленості становить 500 лк, з яких 200 лк припадає на штучне освітлення. Для природного освітлення цей показник складає 4 лк, а для суміщеного — 2,4 лк.

Технічні рішення для забезпечення нормованого значення штучної освітленості:

1. Використання світлодіодних світильників, які відповідають вимогам щодо світловіддачі та енергоефективності [25].

2. Використання джерел світла з колірною температурою 4000-5000 К та індексом передачі кольору $R_a \geq 80$, відповідно до вимог ДБН В.2.5-28:2018 [26].
3. Зональне керування освітленням із застосуванням датчиків руху та димерів для підтримання стабільного рівня освітленості, як того вимагають вимоги енергоефективності ДБН В.2.5-28:2018 [26].
4. Уникнення відблисків за рахунок раціонального розташування світильників та екранів відповідно до рекомендацій ДБН В.2.5-28:2018 [26].

Технічні рішення для забезпечення нормованого значення природного освітлення:

1. Організація бокового природного освітлення через світлові ліхтарі в зовнішніх стінах з достатньою площею вікон відповідно до п. 5.5.1 ДБН В.2.5-28:2018, з урахуванням орієнтації фасаду на сторону максимальної денної освітленості (схід-південь) [26].
2. Використання світловідбивних оздоблювальних матеріалів на внутрішніх поверхнях приміщення (стіни, стеля) для підвищення коефіцієнта відбиття фонового світла (0,5-0,7), згідно з п. 5.5.3 ДБН В.2.5-28:2018 [26].
3. Зональне керування освітленням із застосуванням датчиків руху та димерів для підтримання стабільного рівня освітленості, як того вимагають вимоги енергоефективності ДБН В.2.5-28:2018 [26].
4. Відсутність зовнішніх затінюючих конструкцій (карнизів, навісів тощо), які можуть зменшити доступ розсіяного денного світла [26].

Технічні рішення для забезпечення нормованого значення суміщеного освітлення:

1. Використання світлодіодних світильників загального освітлення, які автоматично вмикаються при зниженні рівня природного освітлення нижче нормативного, відповідно до п. 5.6.1 ДБН В.2.5-28:2018 [26].

2. Світильники з високим індексом передачі кольору ($R_a \geq 80$), що відповідає нормам якості освітлення для високоточних зорових робіт [26].

4.2.4 Виробничий шум

Основними джерелами шуму в приміщенні, де виконуються роботи, є системні блоки комп'ютерів з вентиляторами, принтери, кондиціонери та вентиляційні системи. Очікувані рівні шуму від цих джерел знаходяться: для комп'ютерної техніки - в межах 35-45 дБА; для принтерів - до 50 дБА при активній роботі; для систем вентиляції - 40-45 дБА. Очікувані значення шуму не перевищують нормоване еквівалентне значення 50 дБАекв.

Технічні рішення для забезпечення допустимих параметрів шуму в приміщенні:

1. Використання безшумного обладнання (малощумні вентилятори), відповідно до вимог ДСН 3.3.6.037-99 [27].
2. Використання систем вентиляції з шумоглушниками та антивібраційними вставками, відповідно до положень ДБН В.2.5-67:2013 «Опалення, вентиляція та кондиціонування» [24].
3. Розміщення галасливих пристроїв (принтери, кондиціонери) на максимально віддаленій відстані від робочих місць або в окремих нішах (принтерних зонах), ізольованих акустичними перегородками [27].

4.2.5 Виробничі вібрації

Вібраційні навантаження в межах офісного приміщень характеризуються як загальна вібрація низької інтенсивності. Основними джерелами вібрацій є системні блоки комп'ютерів із вентиляторами та приводами дисків, настільні принтери під час активної роботи, вентиляційні установки й кондиціонери з обертальними елементами.

Відповідно до вібраційних характеристик зазначеного обладнання, очікувані параметри вібрацій на робочих поверхнях столів і на підлозі становлять у діапазоні частот 8–63 Гц від 0,02 до 0,05 м/с², що відповідає рівню

75–85 дБ. У діапазоні частот 125–1000 Гц ці значення не перевищують 0,028 м/с², що еквівалентно 109 дБ для локалізованих джерел.

Таблиця 4.5 – Допустимі рівні вібрації на постійних робочих місцях

Вид вібрації	Октавні смуги з середньгеометричними частотами, Гц									
	2	4	8	16	31,5	63	125	250	500	1000
Загальна (розумова праця)	0,18 / 91	0,063 / 82	0,063 / 82	0,028 / 75	0,028 / 75	0,028 / 75	-	-	-	-
Локальна	-	-	2,8 / 115	1,4 / 109	1,4 / 109	1,4 / 109	1,4 / 109	1,4 / 109	1,4 / 109	1,4 / 109

Для зменшення дії вібрацій на людей які знаходяться в робочому приміщенні передбачено:

1. Використання віброізолюючих прокладок або майданчиків під вентиляційними установками та системами охолодження, відповідно до вимог ДБН В.2.5-67:2013 «Опалення, вентиляція та кондиціонування» [24].
2. Регулярне технічне обслуговування пристроїв з частинами, що обертаються (вентилятори, БФП, системні блоки), для запобігання зносу та дисбалансу, що може призвести до надмірної вібрації [27].
3. Оздоблення приміщень матеріалами зі здатністю поглинати механічні коливання (м'які покриття для підлоги, композитні панелі для меблів, гумові прокладки для столів) [28].

4.3 Технічні рішення з пожежної безпеки

4.3.1 Визначення пожежної небезпеки об'єкта

На основі аналізу умов праці було визначено, що основними джерелами пожежної небезпеки в офісі є надмірне навантаження на електромережу,

потенційне коротке замикання, наявність легкозаймистих матеріалів, таких як пластикові корпуси техніки, меблі та папір, а також порушення правил експлуатації електроприладів.

Відповідно до ДСТУ Б В.1.1-36:2016 [29], приміщення відноситься до категорії **В** за пожежною небезпекою. Згідно з НПАОП 40.1-1.32-01 [30], це приміщення належить до зони **П-Па**, яка характеризується наявністю горючих речовин у твердому стані, що можуть запалитись від іскри чи перегріву електропристроїв.

4.3.2 Система запобігання пожежі

Для запобігання виникненню пожежі у приміщенні передбачено такі організаційно-технічні заходи:

- Встановлення автоматичних пристроїв відключення живлення при перевантаженні або короткому замиканні [30];
- Використання сертифікованих електроподовжувачів із захистом від перегріву;
- Заборона використання саморобних електропристроїв (відповідно до Правил улаштування електроустановок [20]);
- Забезпечення вільного доступу до електрощита (відповідно до вимог НПАОП 40.1-1.32-01 [30]);
- Проведення профілактичного огляду стану проводки щонайменше раз на рік (відповідно до Правил улаштування електроустановок [20]);
- Встановлення спеціальних термозахисних кожухів або негорючих прокладок у місцях скупчення кабелів [31].

4.3.3 Система запобігання пожежі

У разі виникнення пожежі передбачено такі заходи для її своєчасного виявлення, обмеження та ліквідації:

- Установлення автономних пожежних сповіщувачів (димових) у кожному офісному приміщенні згідно з ДБН В.1.1-7:2016 [32];

- Забезпечення офісу первинними засобами пожежогасіння — вогнегасниками порошковими типу ВС у кількості не менше 1 одиниці на 20 м² відповідно до [33];
- Наявність пожежного інвентарю: ящик із піском (0,5 м³), совкова лопата, протипожежне покривало 1×1 м [32];
- Позначення шляху евакуації та виходів світловими табло «Вихід» та нанесенням евакуаційної схеми [32];
- Проведення щорічного інструктажу з пожежної безпеки персоналу відповідно до вимог НАПБА.01.001-14 [34].

4.3.4 Конструктивні рішення

- Поверхні стін, стелі та підлоги в офісі виконані з матеріалів із групою горючості не вище Г1 (згідно з ДСТУ 8828:2019 [31]);
- Меблі виготовлені з матеріалів, які мають сертифікат відповідності з класом поширення полум'я не вище В2 [31];
- Для зниження ризику поширення вогню проводка прокладена в металевих або вогнестійких кабель-каналах [20];
- У разі реконструкції чи переобладнання офісу враховуються нормативні відстані між будівлями, визначені додатком С ДБН Б.2.2-12:2019 [35].

4.3.5 Евакуація

Для забезпечення евакуації людей у випадку пожежі:

- Двері мають відчинятися за напрямком виходу [32];
- Ширина проходів між меблями не менше 1 м [32];
- Передбачено два незалежні евакуаційні виходи з різних частин будівлі [32];

4.4 Висновок до розділу 4

В роботі було виконано аналіз небезпечних або шкідливих чинників, які негативно впливають на здоров'я людей, що виконують відповідну дослідницьку роботу в офісному приміщенні з використанням комп'ютерної техніки. Було наведено відповідні параметри по яким нормувалися умови

гігієни праці та визначено очікувані параметри в середовищі виконання роботи. Окрім цього були створені технічні рішення які значно зменшують ризик для здоров'я людини під час виконання дослідження в умовах в офісного приміщення.

Також, було визначено можливі джерела пожежної небезпеки в офісі та визначено категорію будівлі за пожежної небезпекою. Наведено організаційно-технічні рішення, які в значній мірі запобігають появі пожежі в робочому середовищі. У разі появи пожежі було створено відповідні технічні заходи, які спрямовуються на ліквідації та обмеження пожежі. Крім того, приведено конструктивні рішення, які можуть зменшити вірогідність появи пожежі. Створено технічно-організаційні рішення для евакуації людей з робочого приміщення.

ВИСНОВКИ

1. В бакалаврській кваліфікаційній роботі було виконано аналіз перспективи будівництва нових установок зберігання енергії у світі та розглянено внутрішній торгівельний ринок енергії в Україні. Виконаний аналіз продемонстрував великий потенціал розвитку накопичувачів енергії на найближчих 7 років та дає привід для інвестування у дану галузь енергетики. Також, завдяки огляду внутрішнього енергетичного ринку України, стає зрозуміло які механізми та умови використовуються для купівлі та продажу електроенергії.

2. Було розглянуто способи використання установок зберігання енергії в енергетичні мережі та їхні основні технічні параметри. Це дає змогу зрозуміти, де можуть використовуватися УЗЕ та на які параметри потрібно звертати увагу при їхньому будівництві. Окрім цього, була висвітлена загальна структура УЗЕ та більш детально розглянуто основні компоненти з яких вона складається. Завдяки цьому можна краще зрозуміти принцип роботи УЗЕ та поглибити свої знання в даній галузі. Також, в роботі було розглянуто найпоширеніші типи електрохімічних акумуляторів, з розрахунку використання їх в енергетичній системі. Кожен з розглянутих типів акумуляторів має свої переваги та недоліки, тому їх вибір має відповідати певній поставленій задачі та відповідим умовам.

3. Було проведено дослідження режимів роботи прилеглої мережі, після приєднання теоретичної УЗЕ потужністю 14МВт, підключеної до підстанції 150 кВ «Березівка». А саме було досліджено нормальні, ремонтні та ремонтно аварійні режими роботи енергетичної мережі. Завдяки цьому дослідженню можна наглядно побачити вплив УЗЕ на енергетичну мережу; в режимі генерації УЗЕ несе виключно позитивний вплив на мережу та її параметри; в режимі споживання УЗЕ має негативний вплив але він не є значним та перекривається вигодами які надає УЗЕ, а саме частотне регулювання енергетичної системи.

4. Охорона праці є досить важливою складовою у виконанні бакалаврської кваліфікаційної роботи, так як за допомогою неї підтримується безпека людей під час досліджень. Виконано аналіз вимог до роботи за комп'ютером, організація робочого місця, електробезпеки, пожежної безпеки, мікроклімат, шум, вібрації, освітлення, склад повітря. Було розглянуто джерела небезпеки в умовах виконання даної роботи та прийнято відповідно до них технічних рішень. За допомогою відповідних прийнятих технічних рішень було знижено ризики небезпеки для життя під час виконання роботи

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Battery Energy Storage Systems Market Size & Share, 2033. URL: <https://www.marketdataforecast.com/market-reports/battery-energy-storage-systems-market>
2. Buckley T., Shah K. India's Electricity Sector Transformation: Momentum Is Building; Peak Coal In Sight. Cleveland, OH: Institute for Energy Economics and Financial Analysis, 2017. URL: https://ieefa.org/wp-content/uploads/2017/11/India-Electricity-Sector-Transformation_Nov-2017-3.pdf
3. Закон України “Про ринок електричної енергії” від 13.04.2017 № 2019-VIII // Відомості Верховної Ради України. – 2017. – № 27–28. – Ст. 312.
4. НКРЕКП. Про граничні ціни на ринку «на добу наперед», внутрішньодобовому ринку та балансуєчому ринку: Постанова від 25 листопада 2024 р. № 1976. URL: <https://www.nerc.gov.ua/acts/pro-granichni-cini-na-rinku-na-dobu-napered-vnutrishnodobovomu-rinku-ta-balansuyuchomu-rinku-3>
5. Договір про заснування Енергетичного Співтовариства. Стаття 18. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/994_926#Text
6. McDonnell, T. (2020, August 31). Apple is overhauling the renewable energy market in Taiwan. Quartz. URL: <https://qz.com/1897345/apple-is-overhauling-the-renewable-energy-market-in-taiwan>
7. Henok Ayele Behabtu, Maarten Messagie, Thierry Coosemans, Maitane Berecibar, Kinde Anlay Fante, Abraham Alem Kebede and Joeri Van Mierlo A Review of Energy Storage Technologies Application Potentials in Renewable Energy Sources Grid Integration, Sustainability 2020, 12, 10511
8. Augustine, Chad, and Nate Blair. Energy Storage Futures Study: Storage Technology Modeling Input Data Report. Golden, CO: National Renewable Energy Laboratory. NREL/TP-5700-78694. <https://www.nrel.gov/docs/fy21osti/78694.pdf>.

9. Chan, J. (2023, October 29). A Comprehensive Guide to Battery Energy Storage System Components. LinkedIn. URL: <https://www.linkedin.com/pulse/comprehensive-guide-battery-energy-storage-system-components-chan-zjstc>
10. Liu, M., Cao, X., Cao, C., Wang, P., Wang, C., Pei, J., Lei, H., Jiang, X., Li, R., & Li, J. (2022). A Review of Power Conversion Systems and Design Schemes of High-Capacity Battery Energy Storage Systems. IEEE Access, 10,1–1. URL: https://www.researchgate.net/publication/360543088_A_Review_of_Power_Conversion_Systems_and_Design_Schemes_of_High-Capacity_Battery_Energy_Storage_Systems
11. Chen, H.; Cong, T.N.; Yang, W.; Tan, C.; Li, Y.; Ding, Y. Progress in electrical energy storage system: A critical review. Prog. Nat. Sci. 2009, 19, 291–312.
12. Nadeem, F.; Hussain, S.M.S.; Tiwari, P.K.; Goswami, A.K.; Ustun, T.S. Comparative review of energy storage systems, their roles, and impacts on future power systems. IEEE Access 2019, 7, 4555–4585.
13. СОУ-Н ЕЕ 40.1-00100227-103:2014. Правила виконання схем перспективного розвитку ОЕС України, окремих енерговузлів та енергорайонів. – [Чинний від 2014-07-01]. – К.: НЕК «Укренерго», 2014. – 44 с.
14. Правила технічної експлуатації електроустановок споживачів: затв. наказом Мінпаливенерго України від 25.07.2006 № 258 [чинні зі змінами і допов.]. – К.: Міністерство палива та енергетики України, 2006. – 114 с.
15. СОУ-Н МEB 40.1-00100227–68:2012. Стійкість енергосистем. Керівні вказівки. – [Чинний від 2012-07-01]. – К.: НЕК «Укренерго», 2012. – 52 с.
16. ДСТУ 8604:2015 Дизайн і ергономіка. Робоче місце для виконання робіт у положенні сидячи. Загальні ергономічні вимоги. URL: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=71028.

17. НПАОП 0.00-7.15-18 Вимоги щодо безпеки та захисту здоров'я працівників під час роботи з екранними пристроями. URL: http://sop.zp.ua/norm_npaop_0_00-7_15-18_01_ua.php.
18. ДБН В.1.1-7:2016 Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги. URL: http://www.poliplast.ua/doc/dbn_v.1.1-7-2002.pdf.
19. ДСТУ Б В.2.5-82:2016. Електробезпека в будівлях і спорудах. Вимоги до 33 захисних заходів від ураження електричним струмом. К. : ДП «УкрНДНЦ», 2016. 109 с.
20. Правила улаштування електроустановок. URL: <http://www.energiy.com.ua/PUE.html>.
21. ДБН В.2.5-27-2006. Захисні заходи електробезпеки в електроустановках будинків і споруд. К. : Мінбуд України, 2006. 154 с.
22. ДСТУ ISO 45001:2019 Системи управління охороною здоров'я та безпекою праці. Вимоги та настанови щодо застосування (ISO 45001:2018, IDT). URL: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=88004.
23. ДСН 3.3.6.042-99 Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. URL: <http://mozdocs.kiev.ua/view.php?id=1972>.
24. ДБН В.2.5-67:2013. Опалення, вентиляція та кондиціонування. К. : Мінрегіонбуд України, 2013. 149 с.
25. Постанова Кабінету Міністрів України № 992 від 15.10.2012 «Про затвердження вимог до світлодіодних світлотехнічних пристроїв та електричних ламп, що використовуються в мережах змінного струму з метою освітлення». URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/992-2012-%D0%BF#Text>
26. ДБН В.2.5-28:2018 Природне і штучне освітлення. URL: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=79885
27. ДСН 3.3.6.037-99 Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку. URL: <http://document.ua/sanitarni-normi-virobnichogo-shumuultrazvuku-ta-infrazvuku-nor4878.html>.

28. ДСНЗ.3.6.039-99. Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації. URL: <http://zakon2.rada.gov.ua/rada/show/va039282-99>.
29. ДСТУ Б В.1.1-36:2016. Системи протипожежного захисту. Установки пожежогасіння. Загальні вимоги. – Київ: Мінрегіон України, 2016. – 15 с.
30. НПАОП 40.1-1.32-01 Правила будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних установок. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0272203-01#Text>.
31. ДСТУ 8828:2019 Пожежна безпека. Загальні положення.
32. ДБН В.1.1-7:2016 Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги. URL: http://www.poliplast.ua/doc/dbn_v.1.1-7-2002.pdf.
33. Наказ Міністерства внутрішніх справ України «Про затвердження Правил експлуатації та типових норм належності вогнегасників». URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0225-18#Text>.
34. НАПБА.01.001-14. Правила пожежної безпеки в Україні. К. : МВС України, 2014. 47 с.
35. ДБН Б.2.2-12:2019 Планування і забудова територій. URL: <https://dreamdim.ua/wp-content/uploads/2019/07/DBN-B22-12-2019.pdf>.

ДОДАТКИ

Назва роботи: «Роль та перспективи використання установок зберігання енергії в енергосистемі України»

Тип роботи: Бакалаврська кваліфікаційна робота

(кваліфікаційна робота, курсовий проект (робота), реферат, аналітичний огляд, інше (зазначити))

Підрозділ: Кафедра електричних станцій та систем

(кафедра, факультет (інститут), навчальна група)

Керівник: к.т.н., доцент кафедри ЕСС Сікорська О. В.

(прізвище, ініціали, посада)

Показники звіту подібності

StrikePlagiarism	
Оригінальність	74.9
Загальна схожість	25.1

Аналіз звіту подібності (відмітити потрібне)

- ☐ Запозичення, виявлені у роботі, оформлені коректно і не містять ознак плагіату.
- ☐ Виявлені у роботі запозичення не мають ознак плагіату, але їх надмірна кількість викликає сумніви щодо цінності роботи і відсутності самостійності її автора. Роботу направити на доопрацювання.
- ☐ Виявлені у роботі запозичення є недобросовісними і мають ознаки плагіату та/або в ній містяться навмисні спотворення тексту, що вказують на спроби приховування недобросовісних запозичень.

Заявляю, що ознайомлений (-на) з повним звітом подібності, який був згенерований Системою щодо роботи

Автор _____
(підпис)

Півторак Р.П.
(прізвище, ініціали)

Опис прийнятого рішення

Робота допущена до захисту

Особа, відповідальна за перевірку

(підпис)

Вишневський С.Я
(прізвище, ініціали)

Эксперт

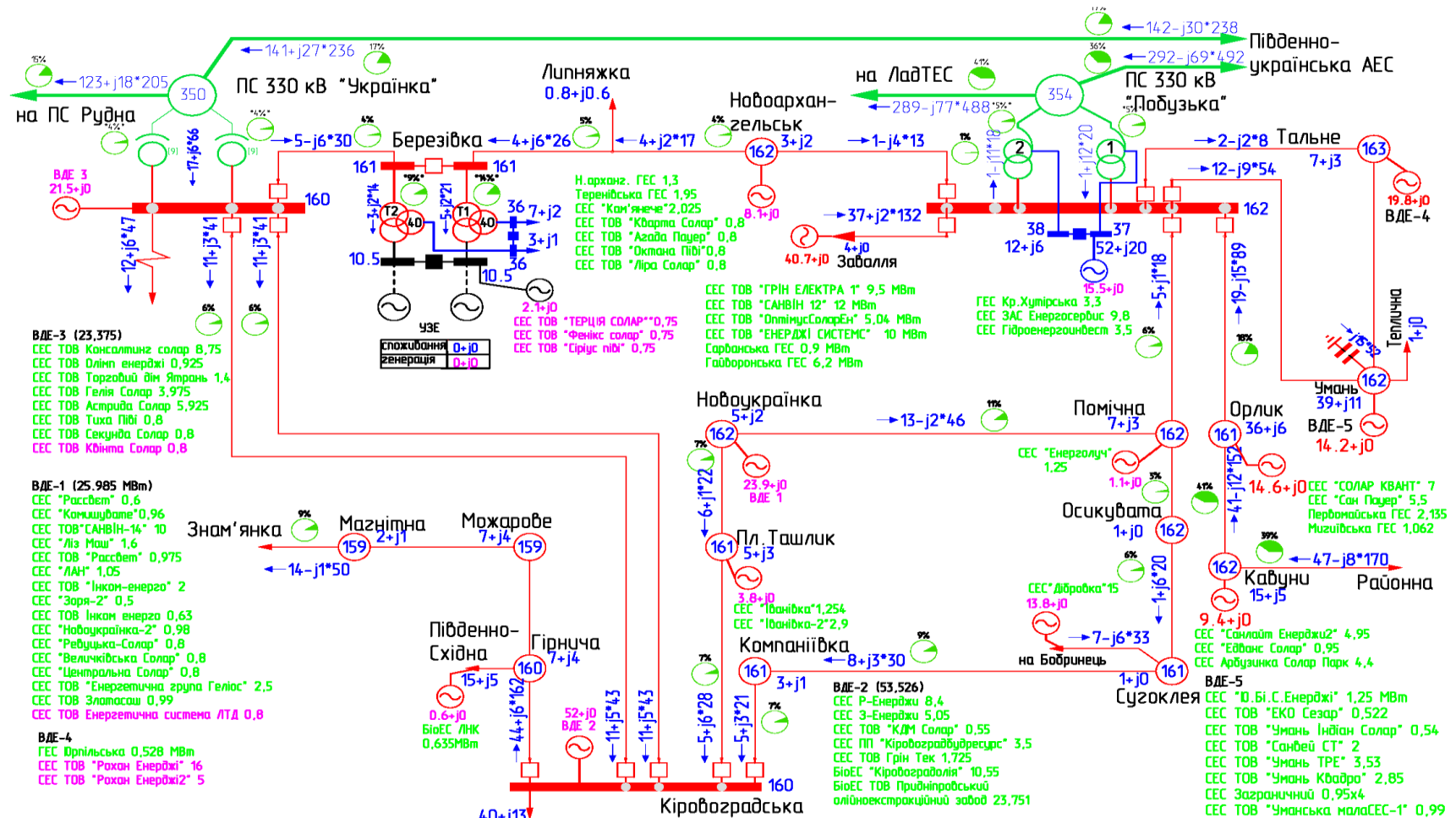
(за потреби)

(підпис)

(прізвище, ініціали, посада)

Додаток Б.1

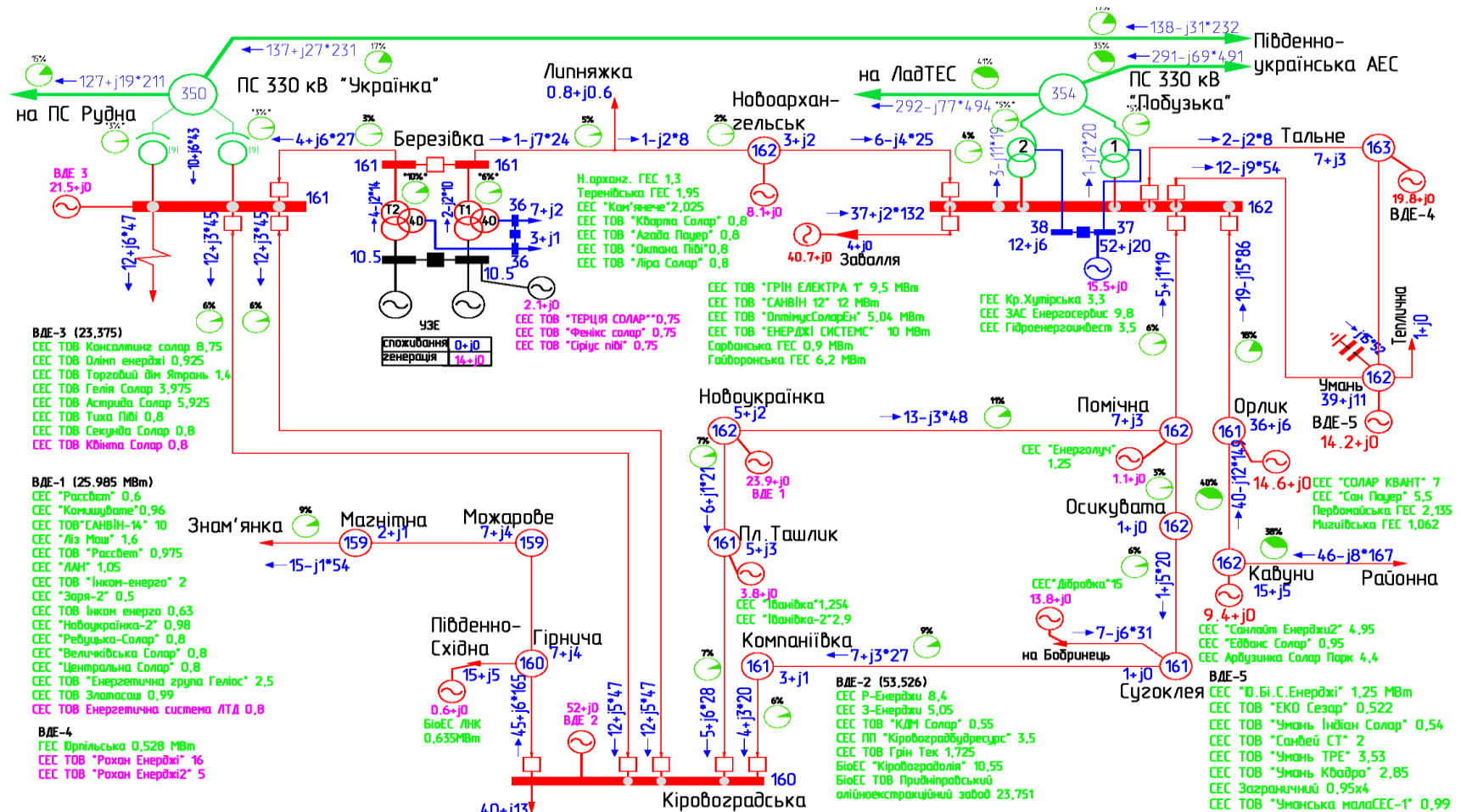
Однолінійна схема району приєднання УЗЕ



Креслення 1 - 2024 рік. Літо 13:00. Нормальний режим. ЧЗЕ не в роботі

Додаток Б.2

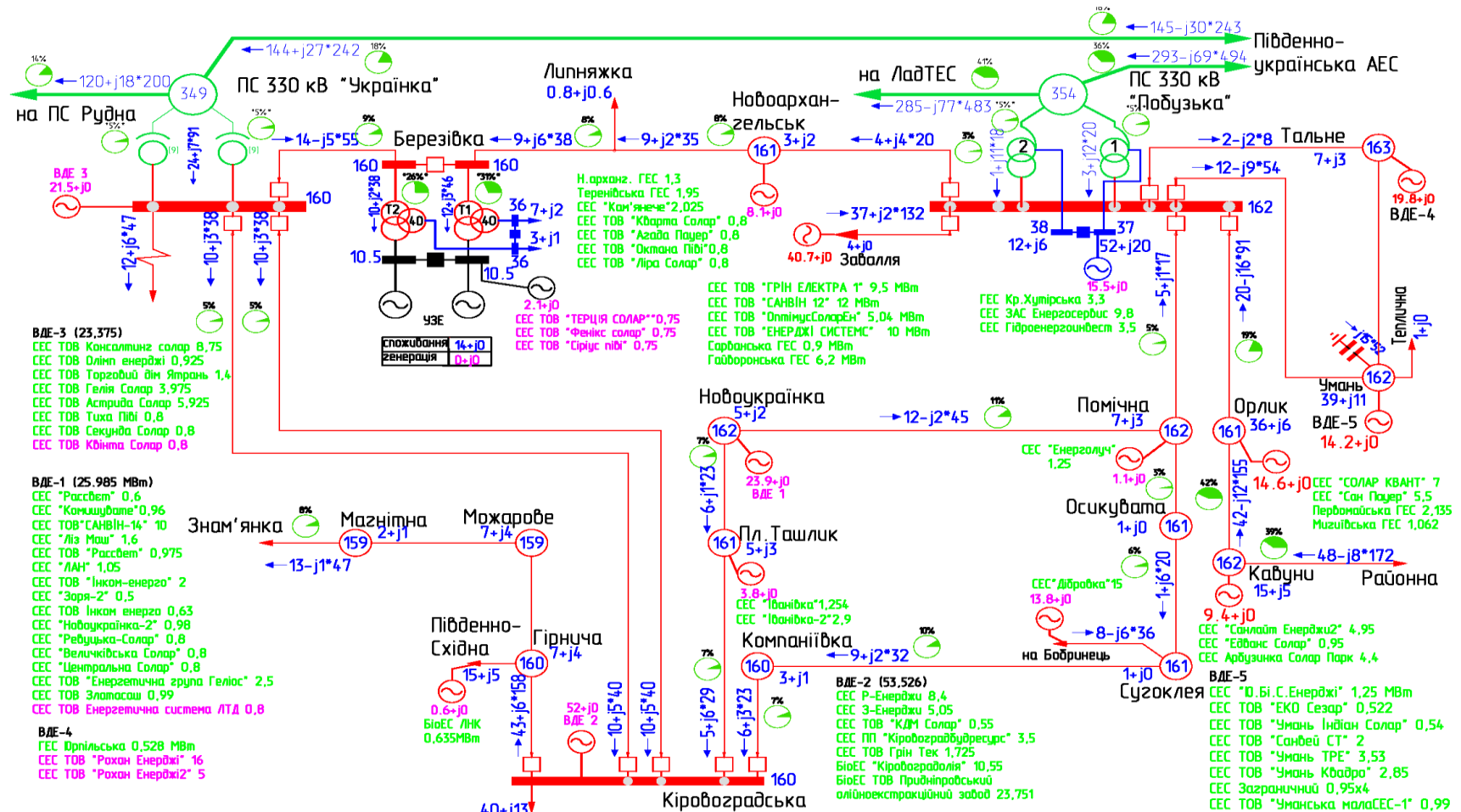
Однолінійна схема району приєднання УЗЕ



Креслення 2 – 2024 рік. Літо 13:00. Нормальний режим. УЗЕ в роботі у режимі генерації

Додаток Б.3

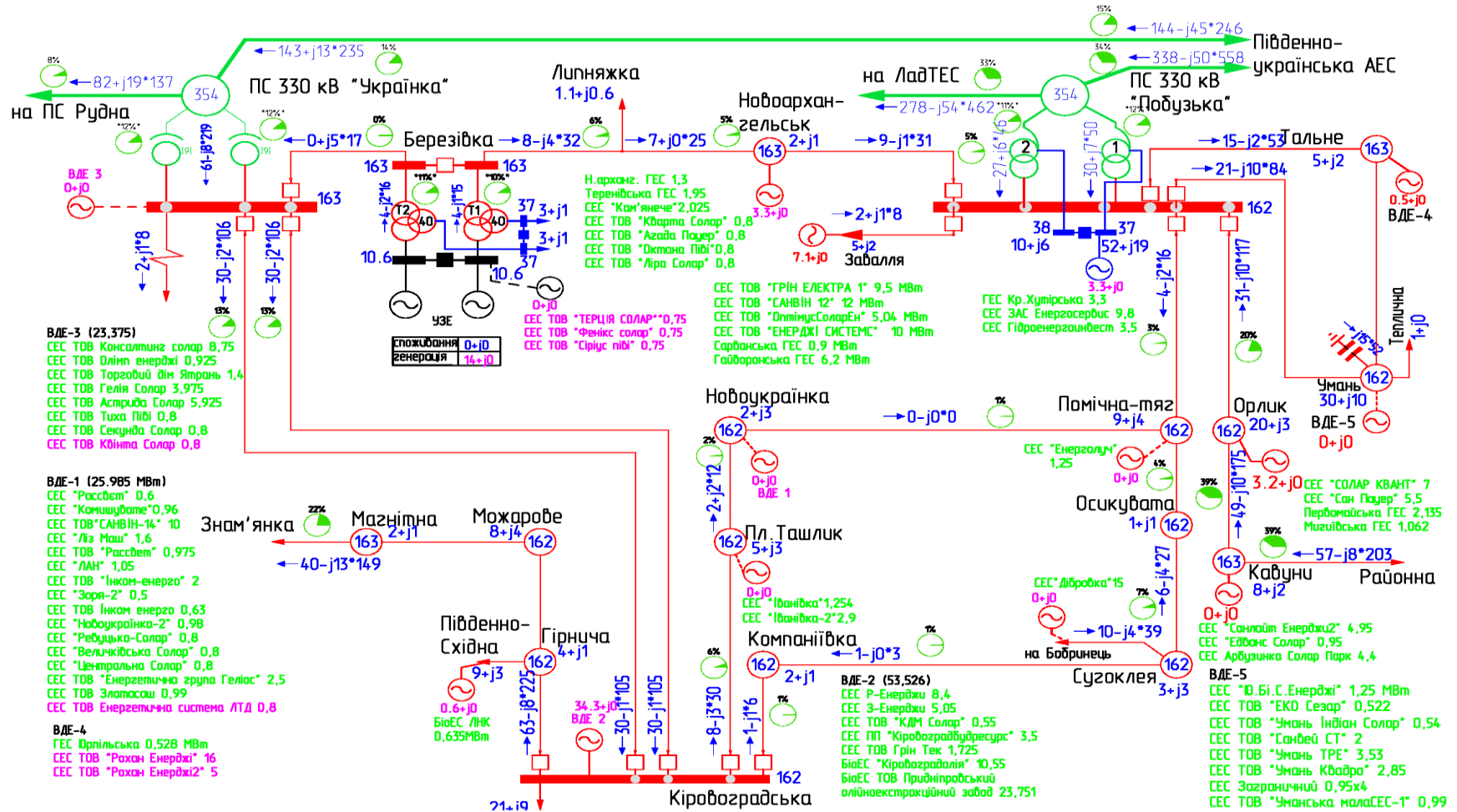
Однолінійна схема району приєднання УЗЕ



Креслення 3 – 2024 рік. Літо 13:00. Нормальний режим. ЧЗЕ в роботі у режимі споживання

Додаток Б.4

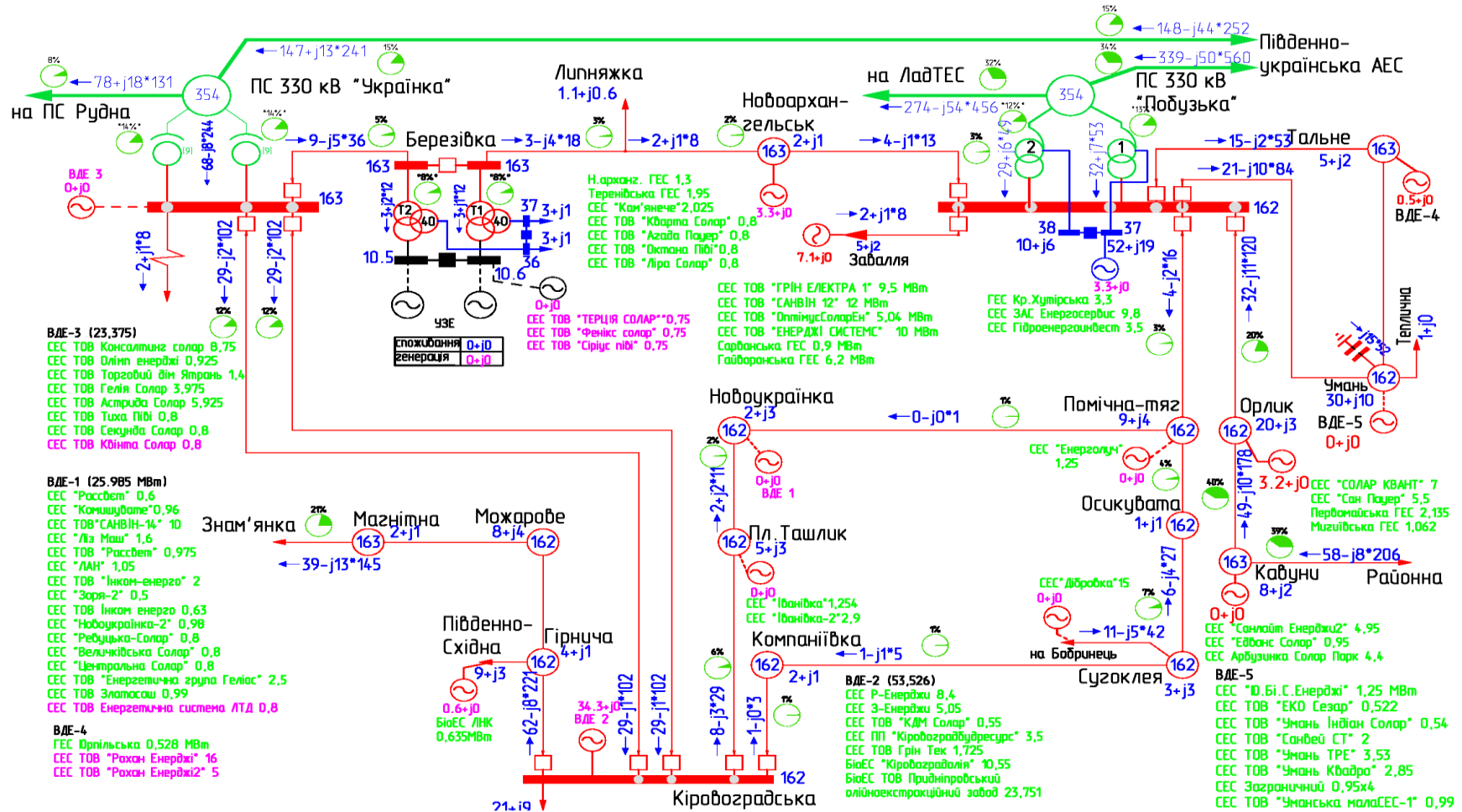
Однолінійна схема району приєднання УЗЕ



Креслення 4 – 2024 рік. Літо 3:00. Нормальний режим. УЗЕ не в роботі

Додаток Б.5

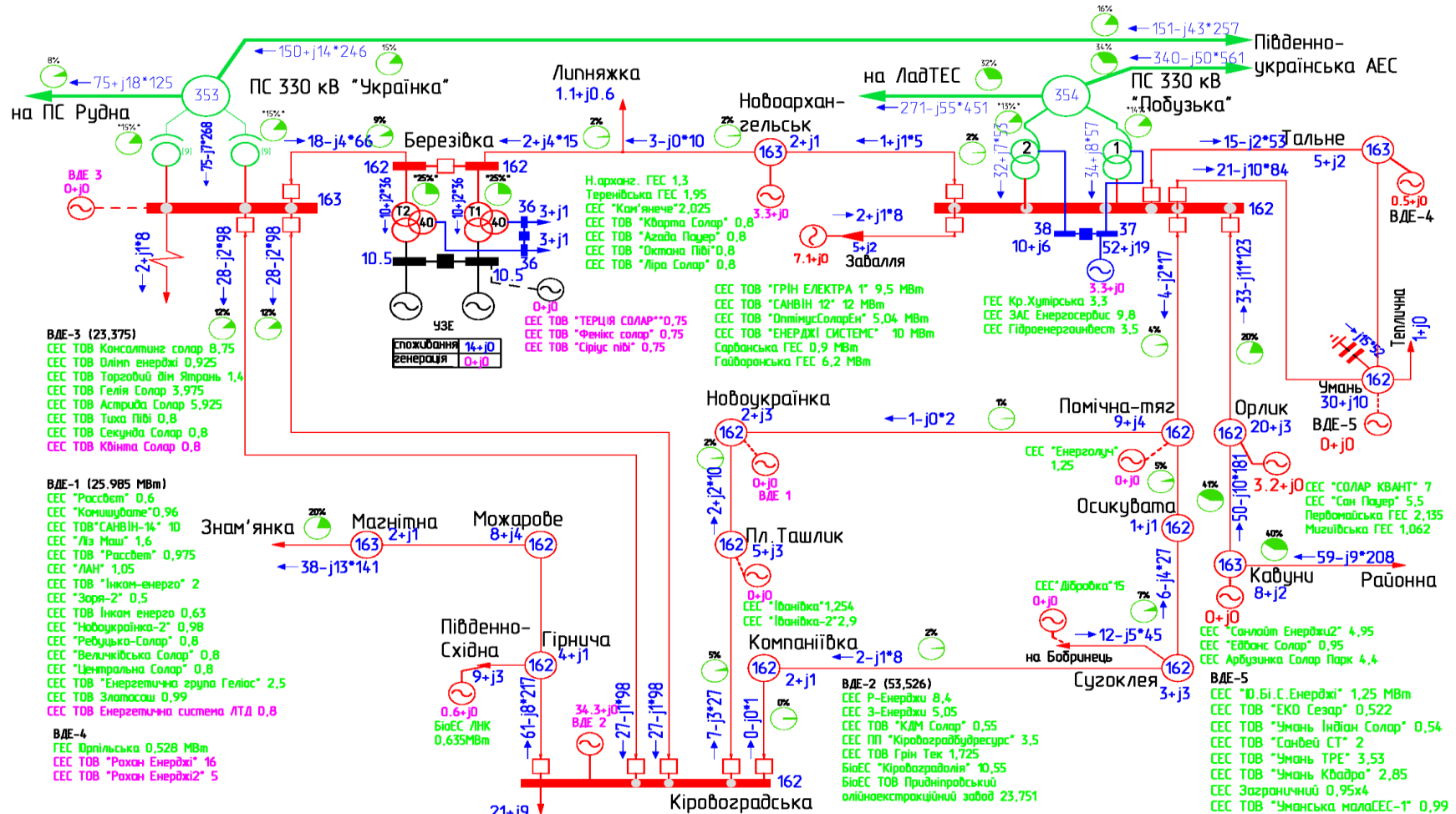
Однолінійна схема району приєднання УЗЕ



Креслення 5 – Креслення 25 2024 рік. Літо 3:00. Нормальний режим. УЗЕ в роботі у режимі генерації

Додаток Б.6

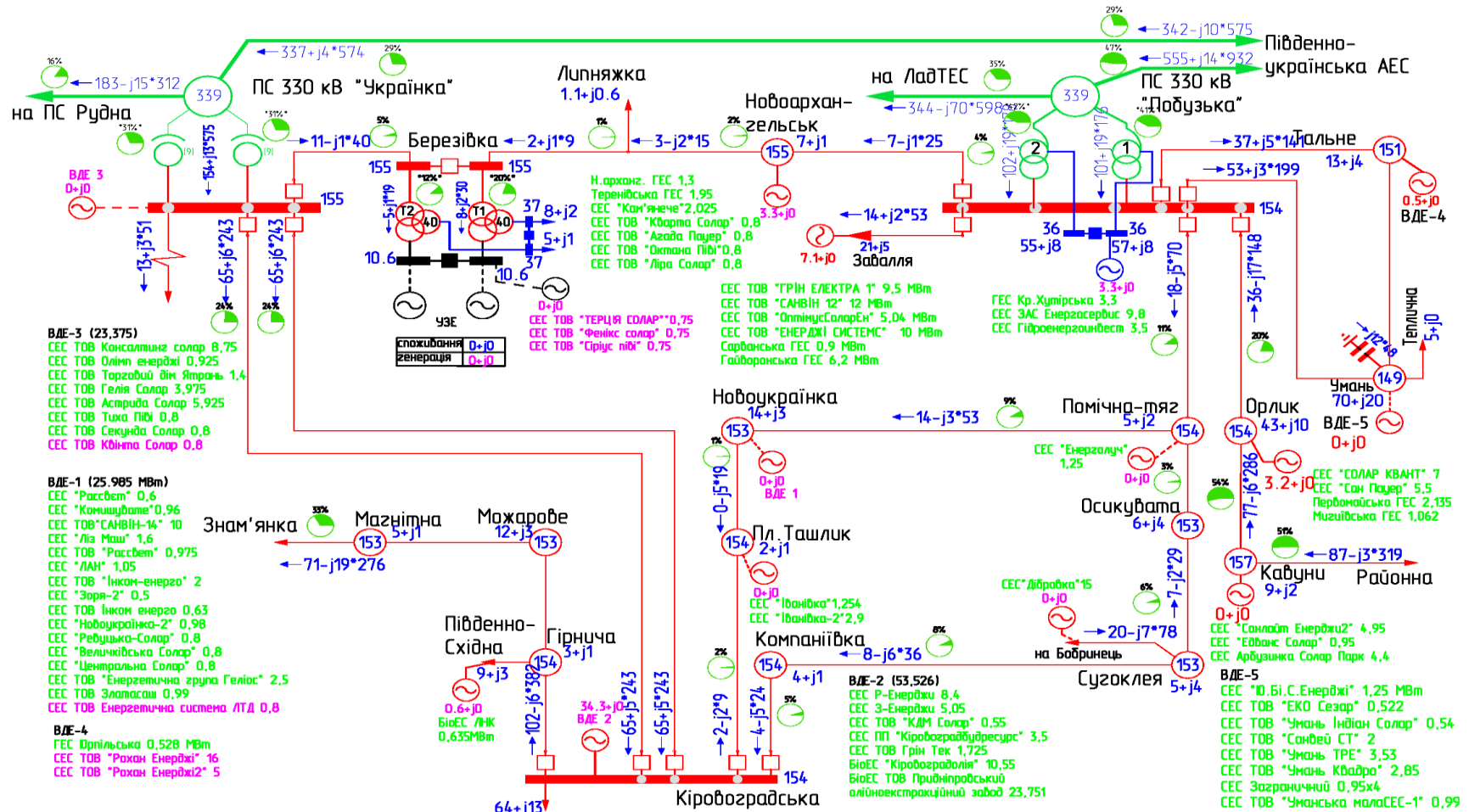
Однолінійна схема району приєднання УЗЕ



Креслення 6 - 2024 рік. Літо 3:00. Нормальний режим. УЗЕ в роботі у режимі споживання

Додаток Б.7

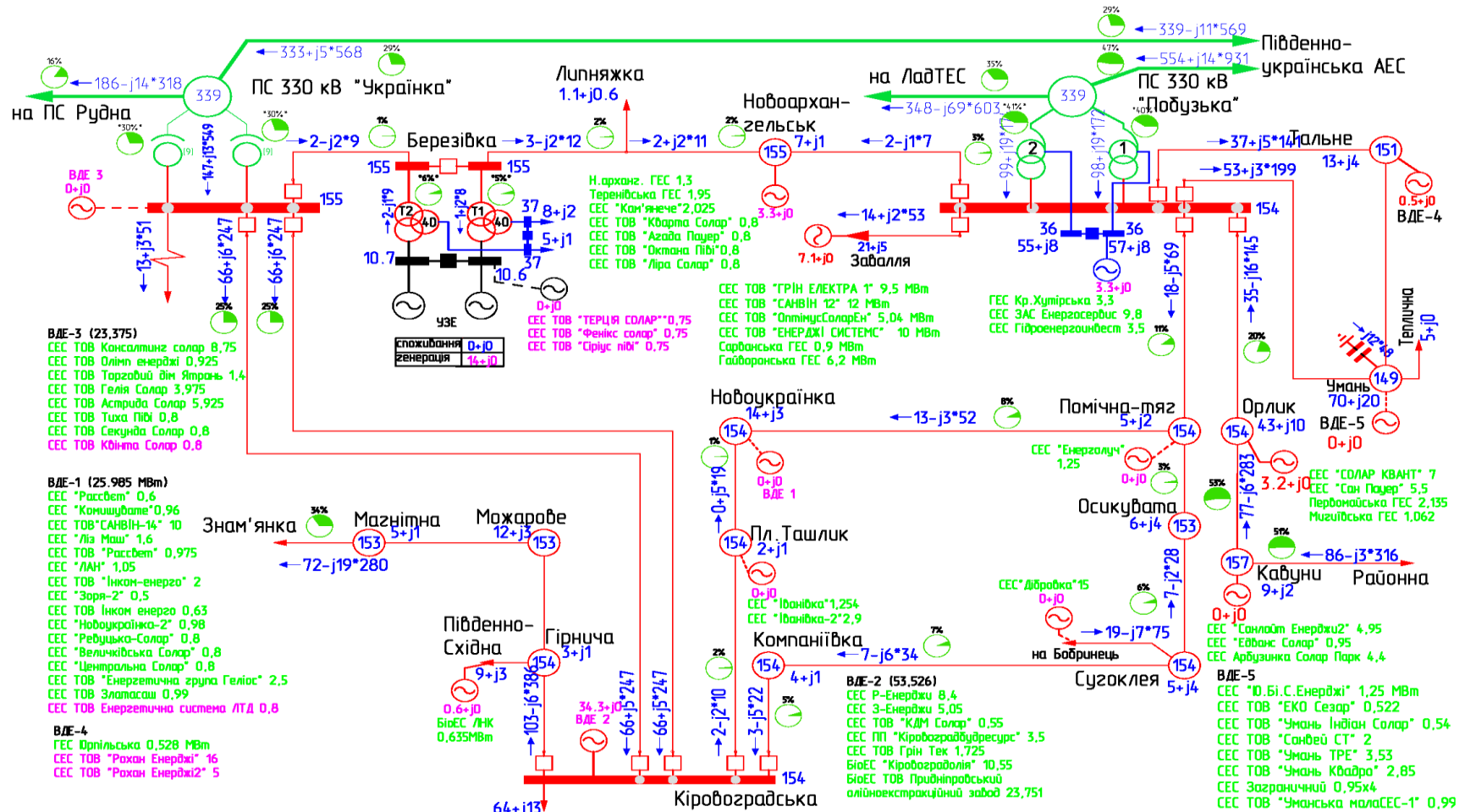
Однолінійна схема району приєднання УЗЕ



Креслення 7 - 2024 рік. Зима 17:00. Нормальний режим. ЧЗЕ не в роботі

Додаток Б.8

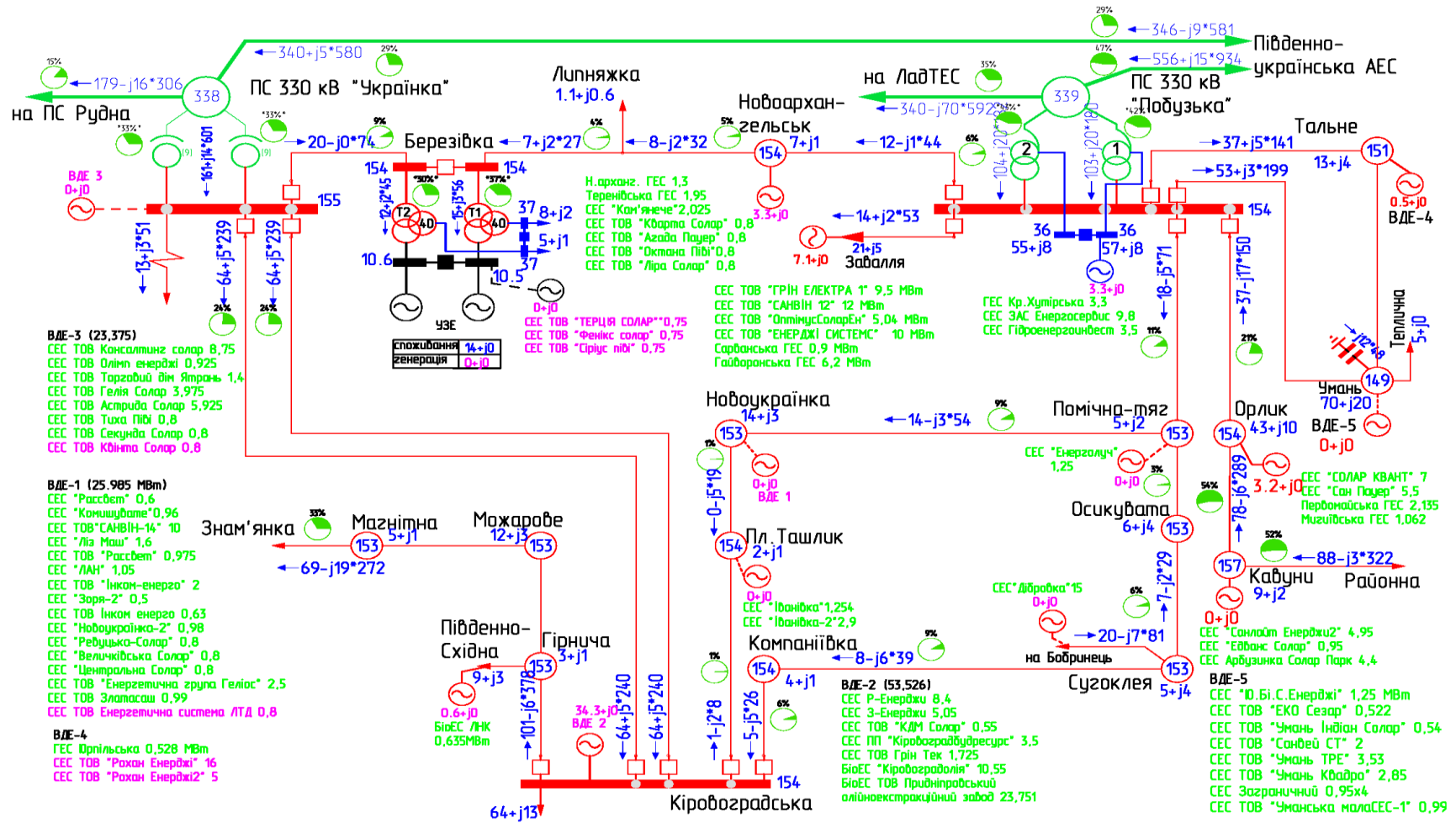
Однолінійна схема району приєднання УЗЕ



Креслення 8 - 2024 рік. Зима 17:00. Нормальний режим. ЧЗЕ в роботі у режимі генерації

Додаток Б.9

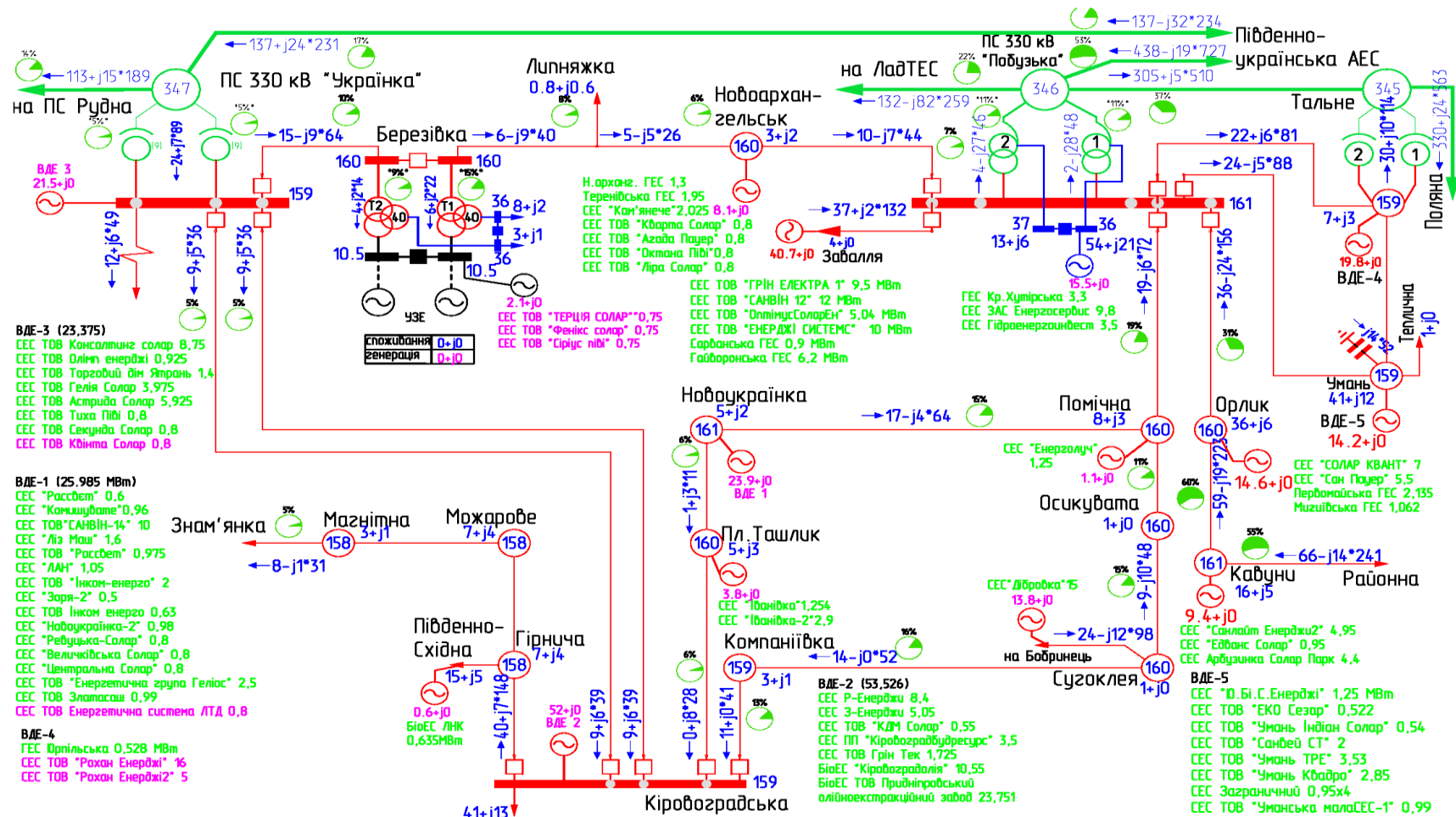
Однолінійна схема району приєднання УЗЕ



Креслення 9 - 2024 рік. Зима 17:00. Нормальний режим. УЗЕ в роботі у режимі споживання

Додаток Б.10

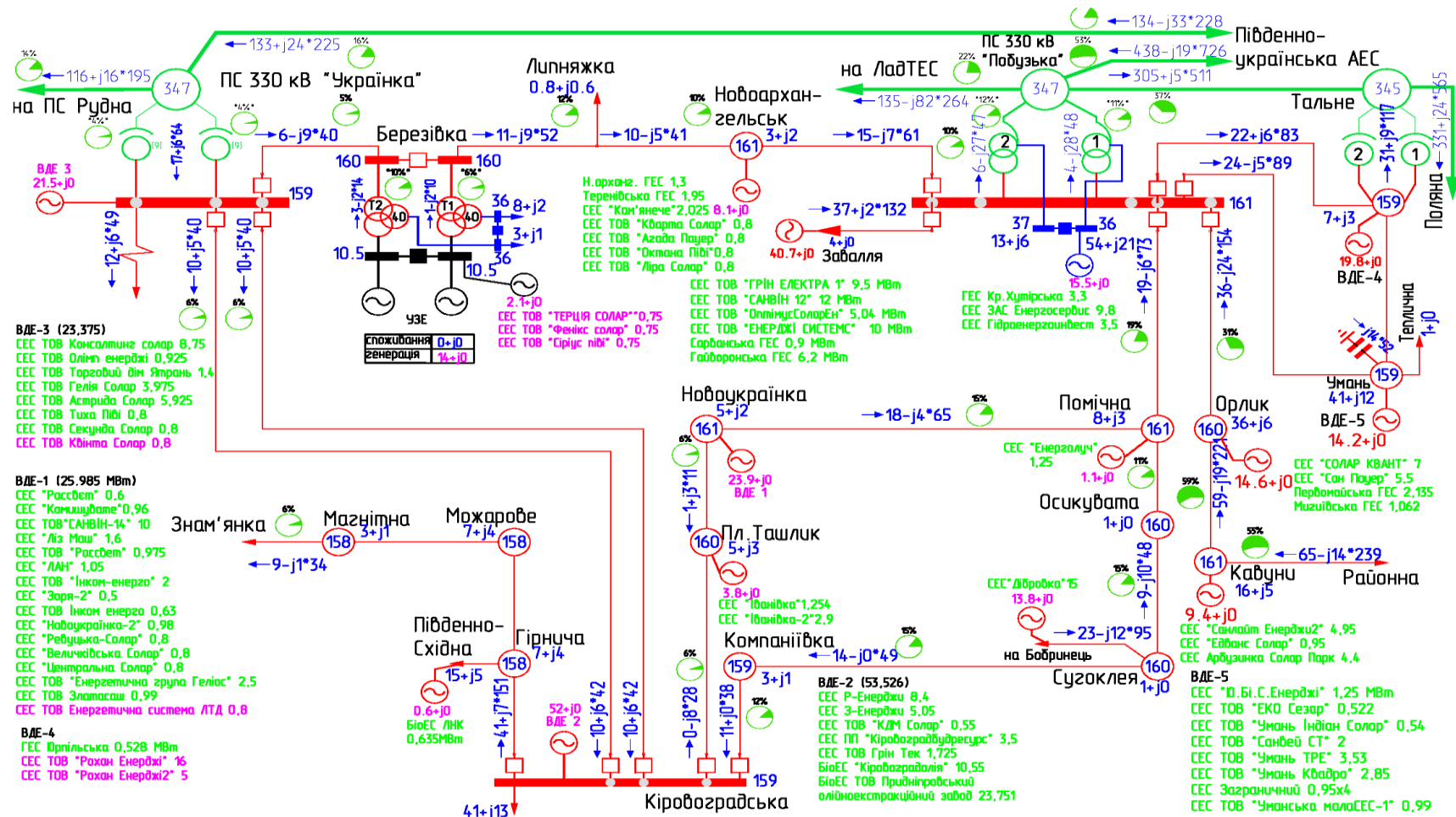
Однолінійна схема району приєднання УЗЕ



Креслення 10 - 2029 рік. Літо 13:00. Нормальний режим. ЧЗЕ не в роботі

Додаток Б.11

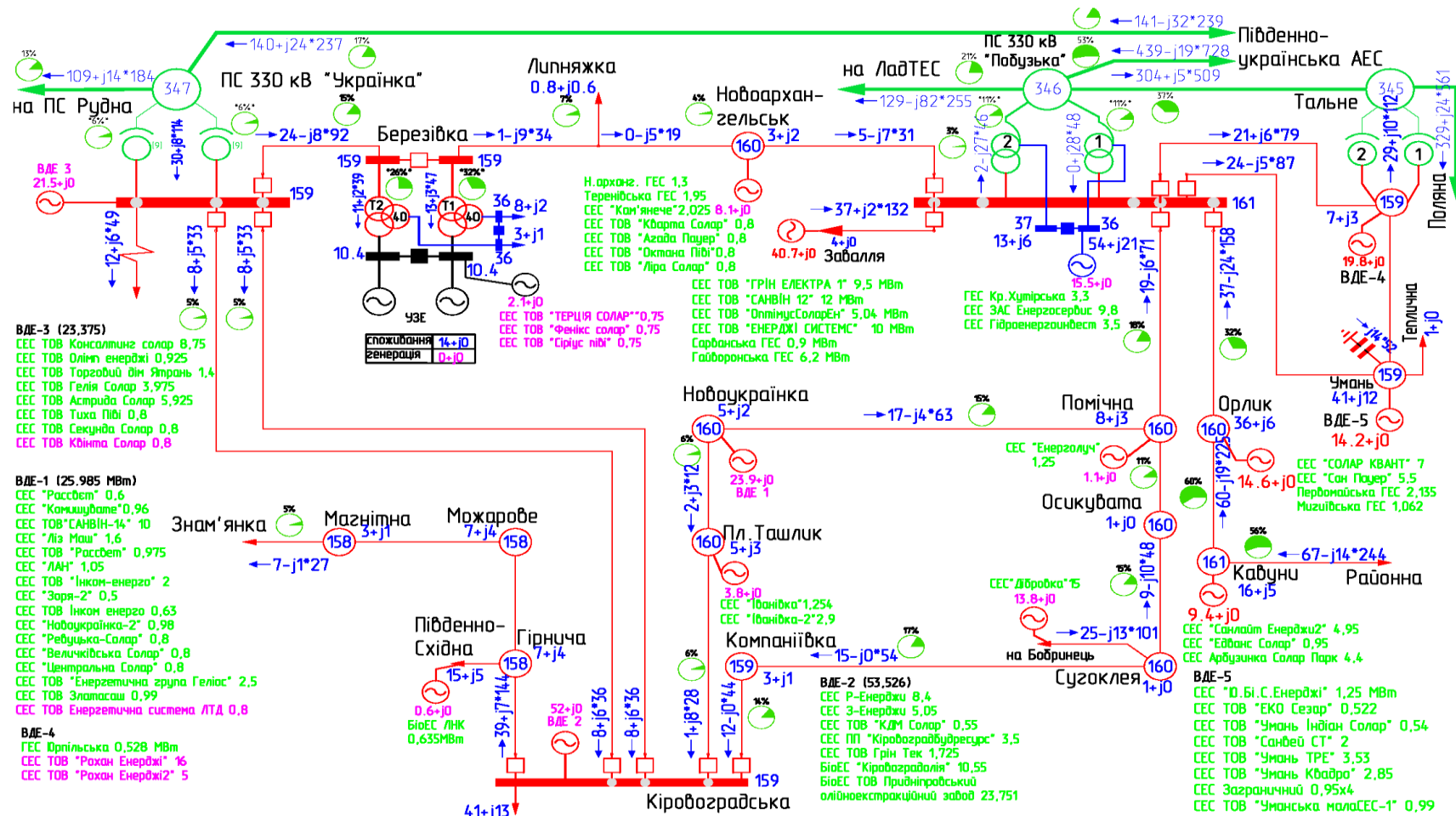
Однолінійна схема району приєднання УЗЕ



Креслення 11 – 2029 рік. Літо 13:00. Нормальний режим. УЗЕ в роботі у режимі генерації

Додаток Б.12

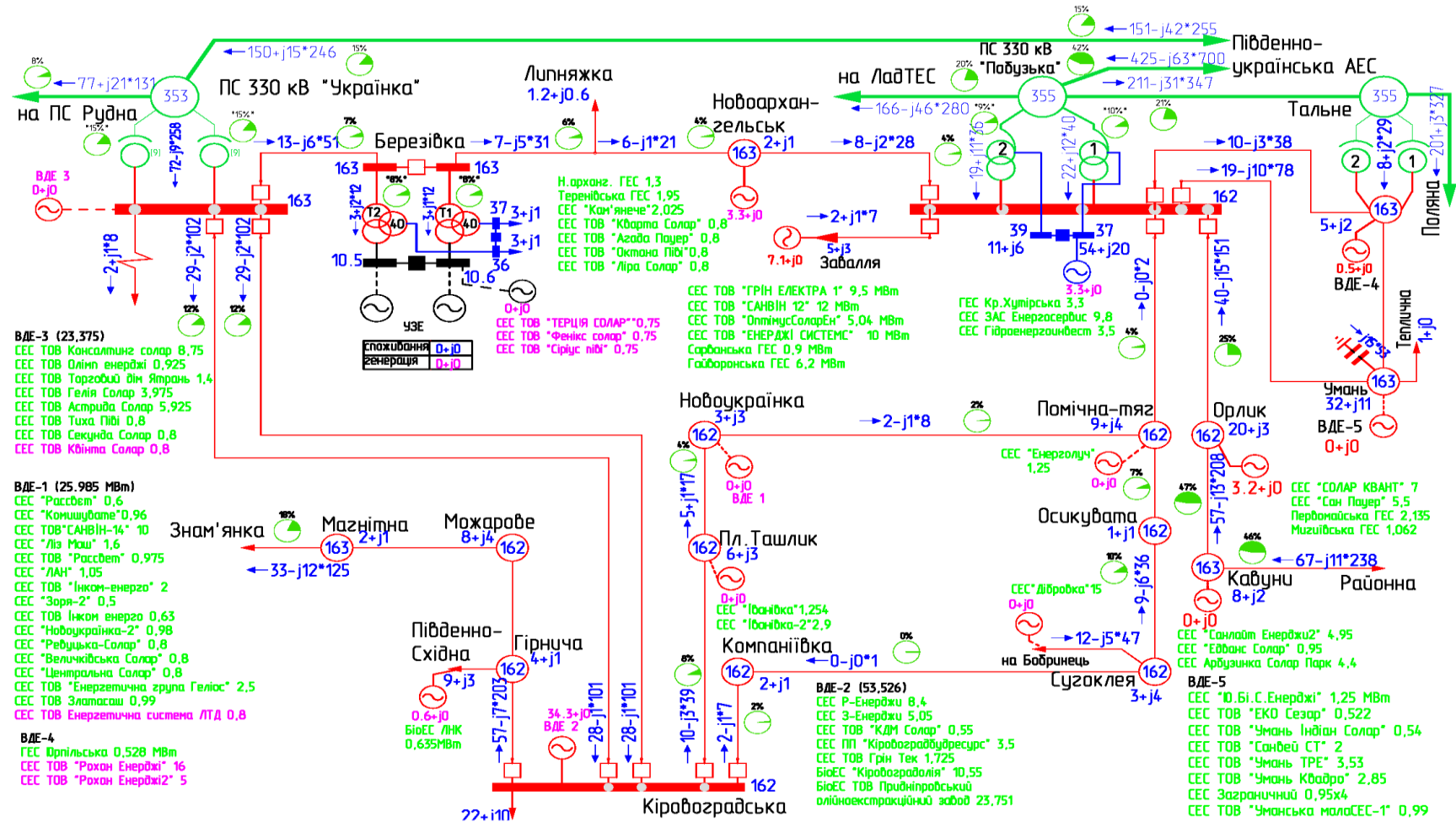
Однолінійна схема району приєднання УЗЕ



Креслення 12 - 2029 рік. Літо 13:00. Нормальний режим. УЗЕ в роботі у режимі споживання

Додаток Б.13

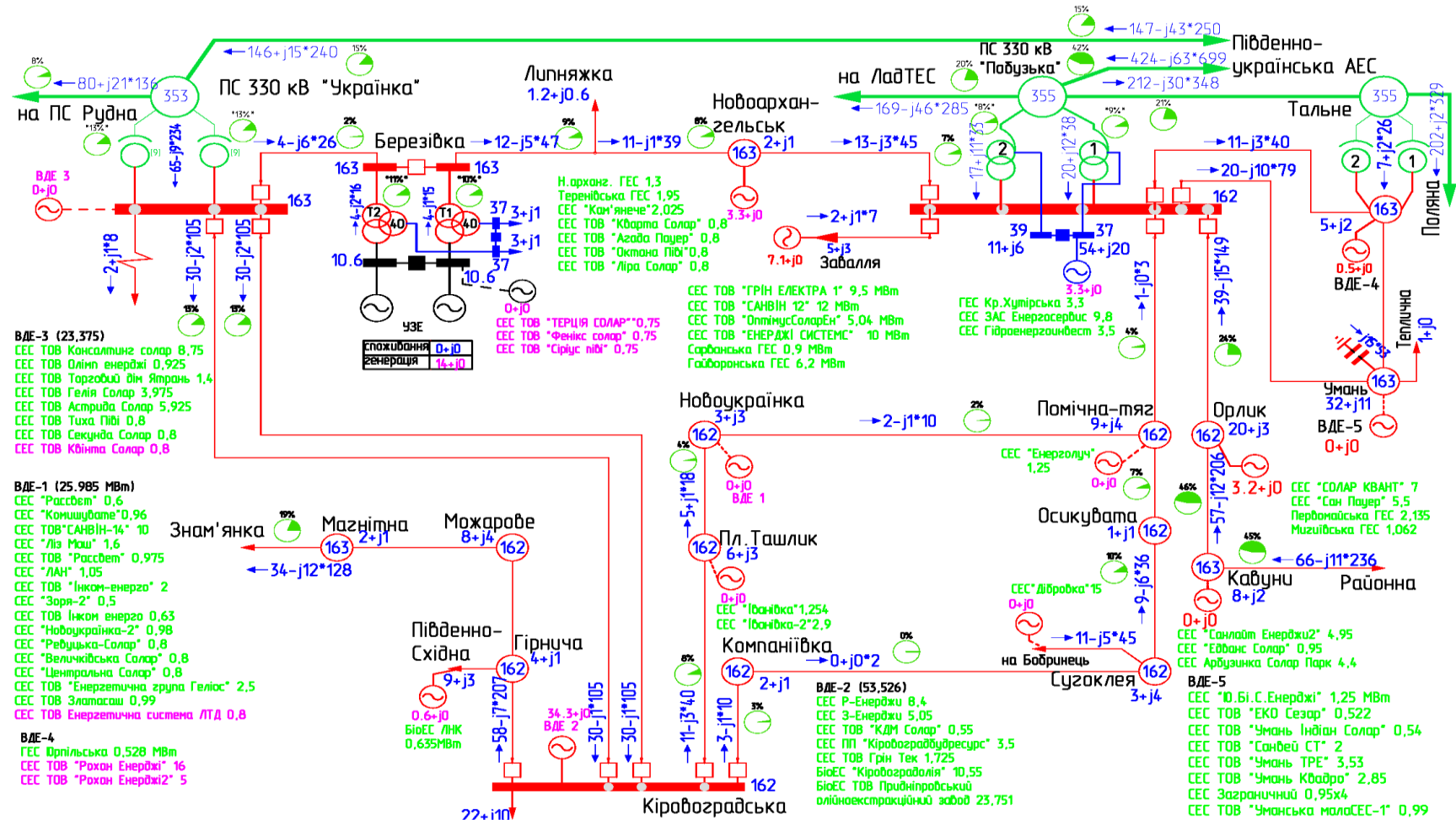
Однолінійна схема району приєднання УЗЕ



Креслення 13 - 2029 рік. Літо 3:00. Нормальний режим. ЧЗЕ не в роботі

Додаток Б.14

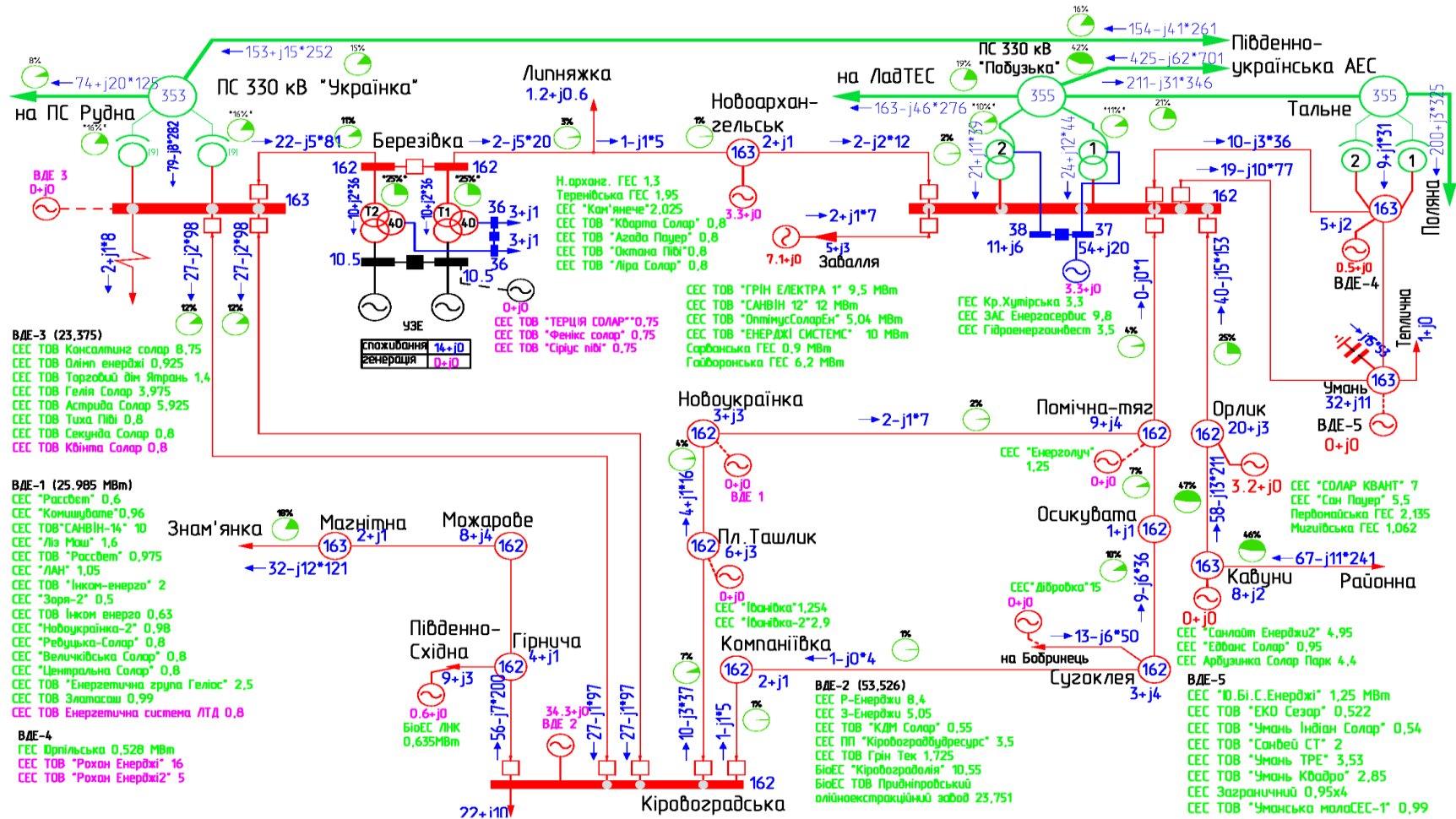
Однолінійна схема району приєднання УЗЕ



Креслення 14 - 2029 рік. Літо 3:00. Нормальний режим. УЗЕ в роботі у режимі генерації

Додаток Б.15

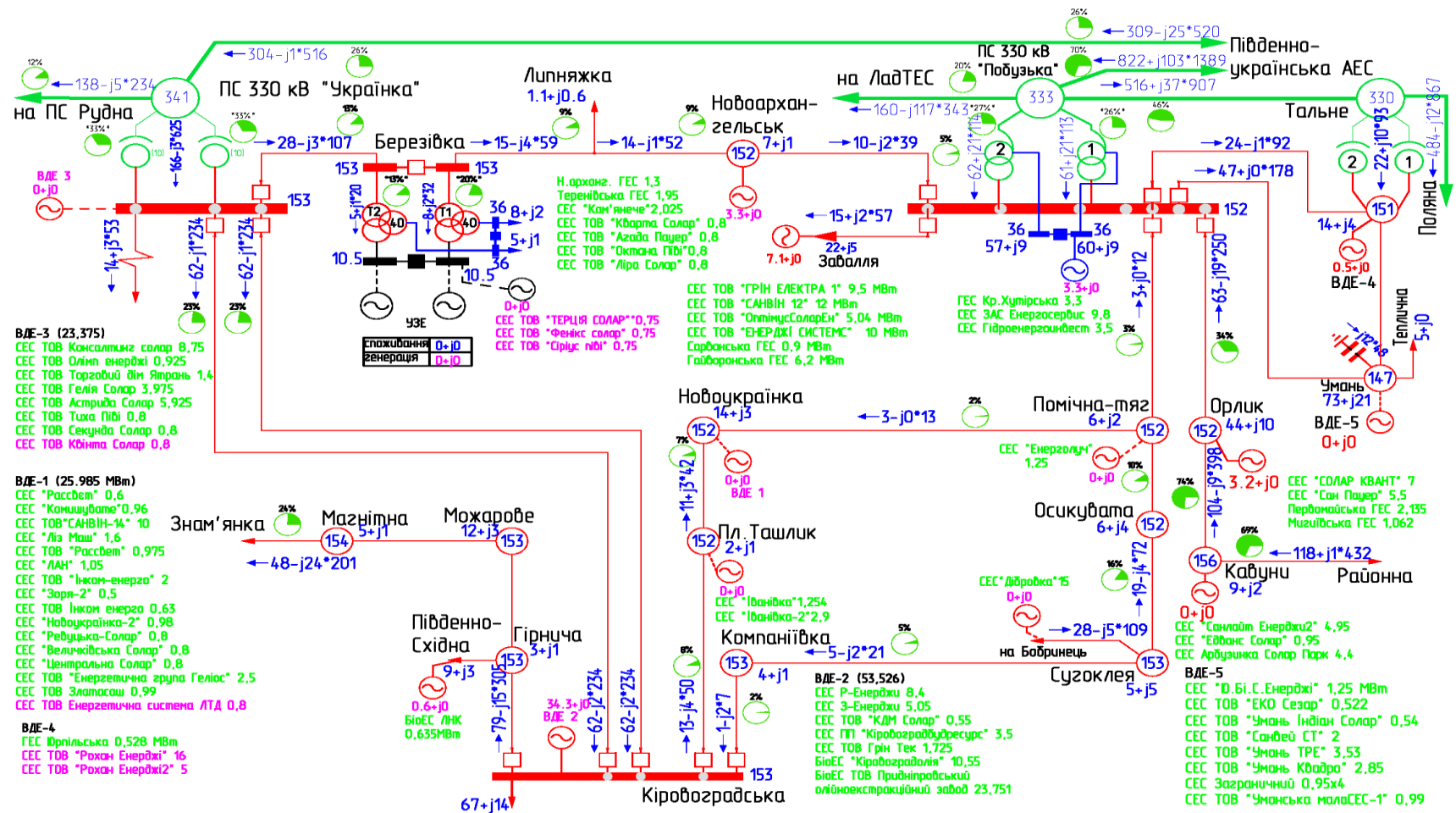
Однолінійна схема району приєднання УЗЕ



Креслення 15 – 2029 рік. Літо 3:00. Нормальний режим. УЗЕ в роботі у режимі споживання

Додаток Б.16

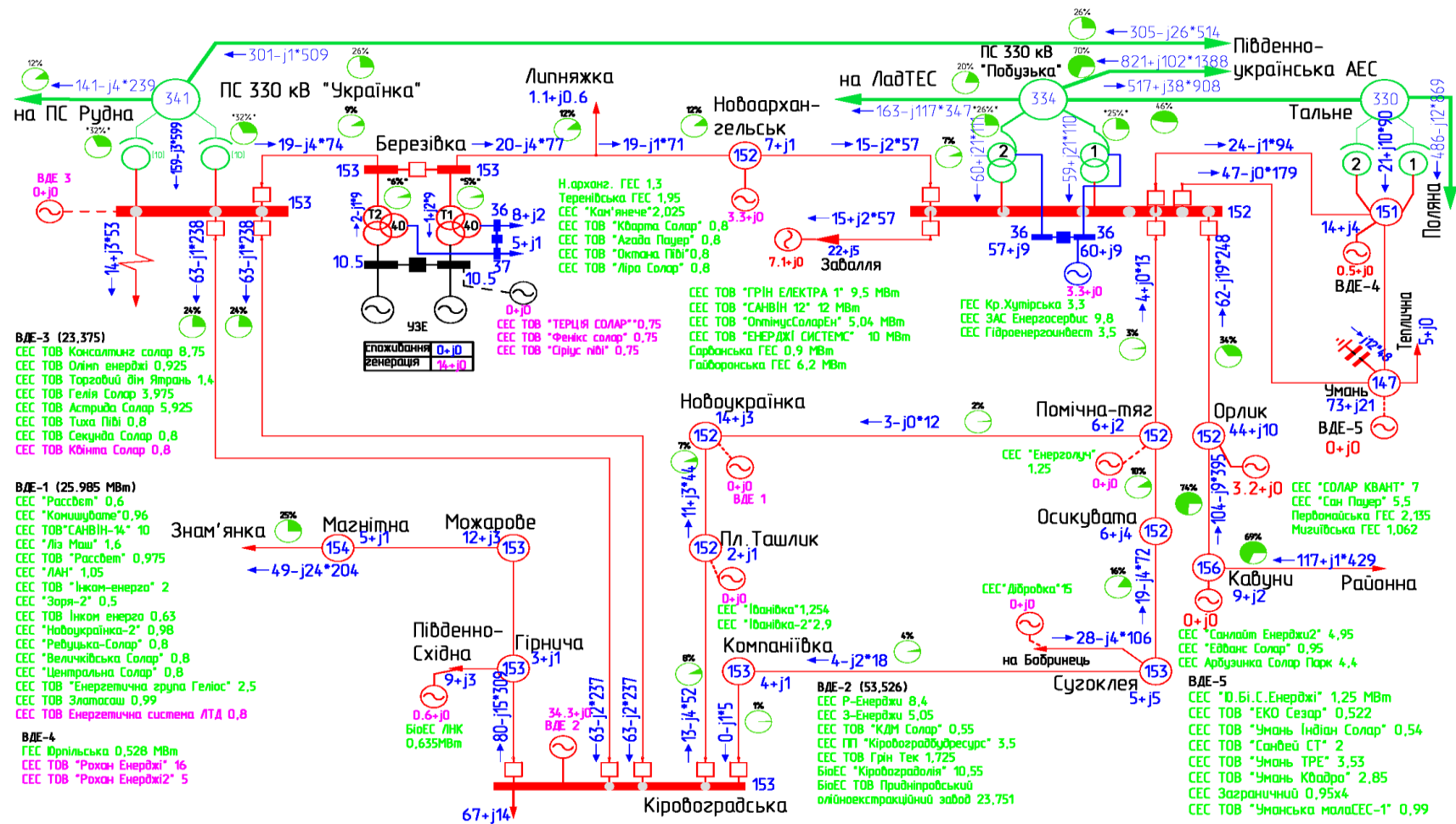
Однолінійна схема району приєднання УЗЕ



Креслення 16 - 2029 рік. Зима 17:00. Нормальний режим. ЧЗЕ не в роботі

Додаток Б.17

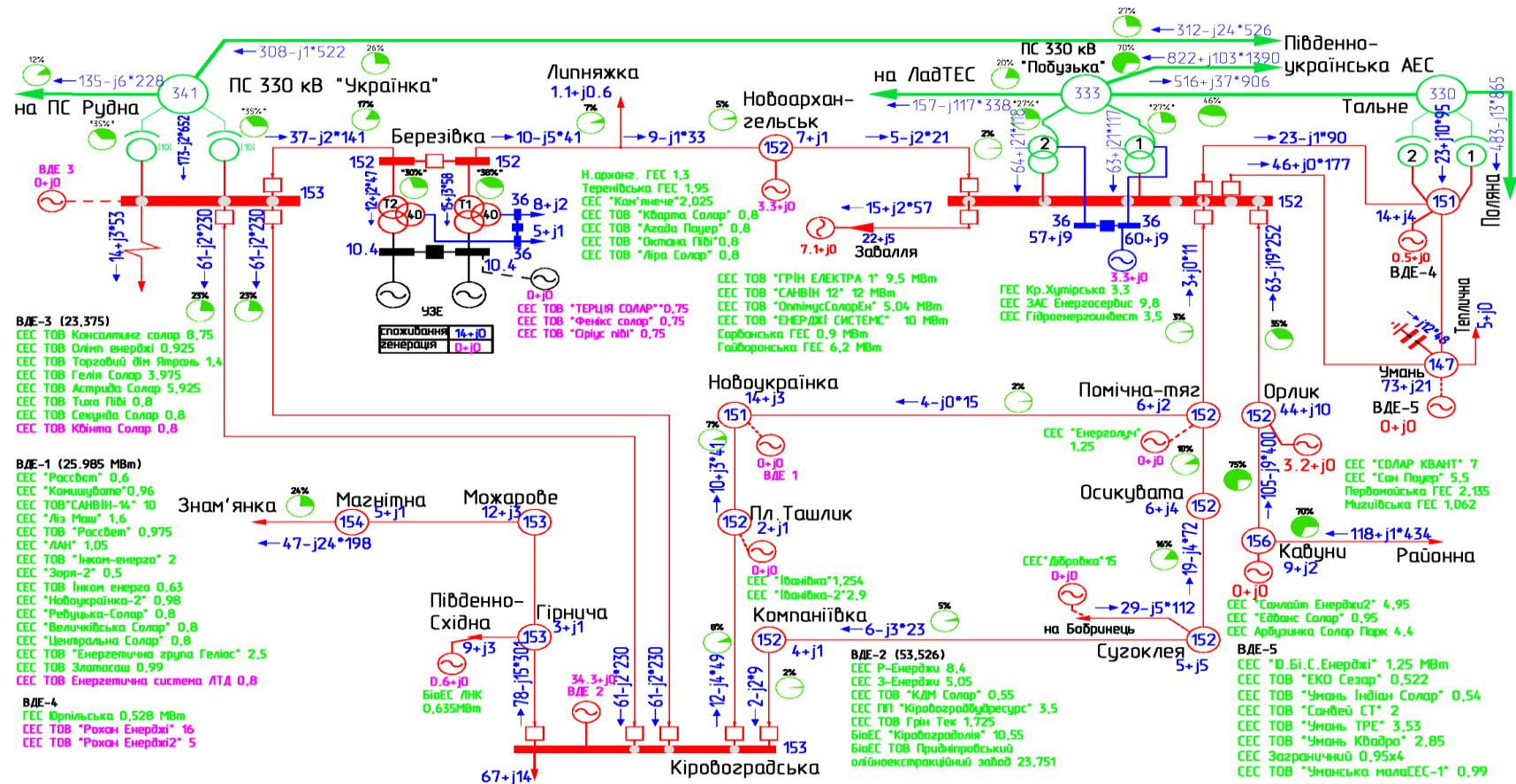
Однолінійна схема району приєднання УЗЕ



Креслення 17 - 2029 рік. Зима 17:00. Нормальний режим. ЧЗЕ в роботі у режимі генерації

Додаток Б.18

Однолінійна схема району приєднання УЗЕ



Креслення 18 - 2029 рік. Зима 17:00. Нормальний режим. ЧЗЕ в роботі у режимі споживання

Додаток В

ІЛЮСТРАТИВНІ МАТЕРІАЛИ

Вінницький національний технічний університет
Факультет електричні системи та мережі
Кафедра електричних станцій і систем

Бакалаврська кваліфікаційна робота на тему:

РОЛЬ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ УСТАНОВОК ЗБЕРІГАННЯ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ В УКРАЇНІ

Виконав: студент 4 курсу групи ЕСМ-216
спеціальності 141 – «Електроенергетика,
електротехніка та електромеханіка»
за ОП «Електричні системи та мережі»
Півторак Р.П.
Керівник: к.т.н., доцент каф. ЕСС
Сікорська О.В.

Рисунок В.1 - Титулка



Рисунок В.2 – Перспектива розвитку світового ринку установок зберігання електроенергії



Рисунок В. 3 –Балансуєчий ринок

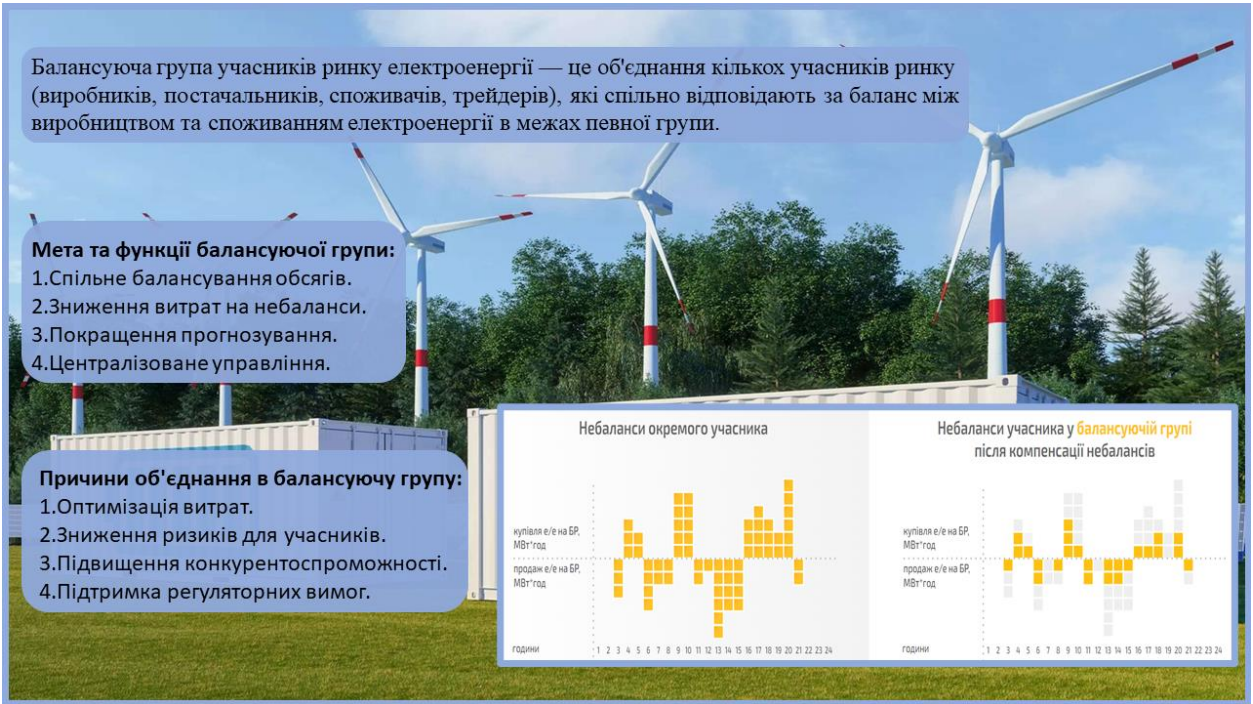


Рисунок В.4 – Балансуєча група



Рисунок В.5 – Призначення установок зберігання електроенергії



Рисунок В.6 – Структура установок зберігання електроенергії

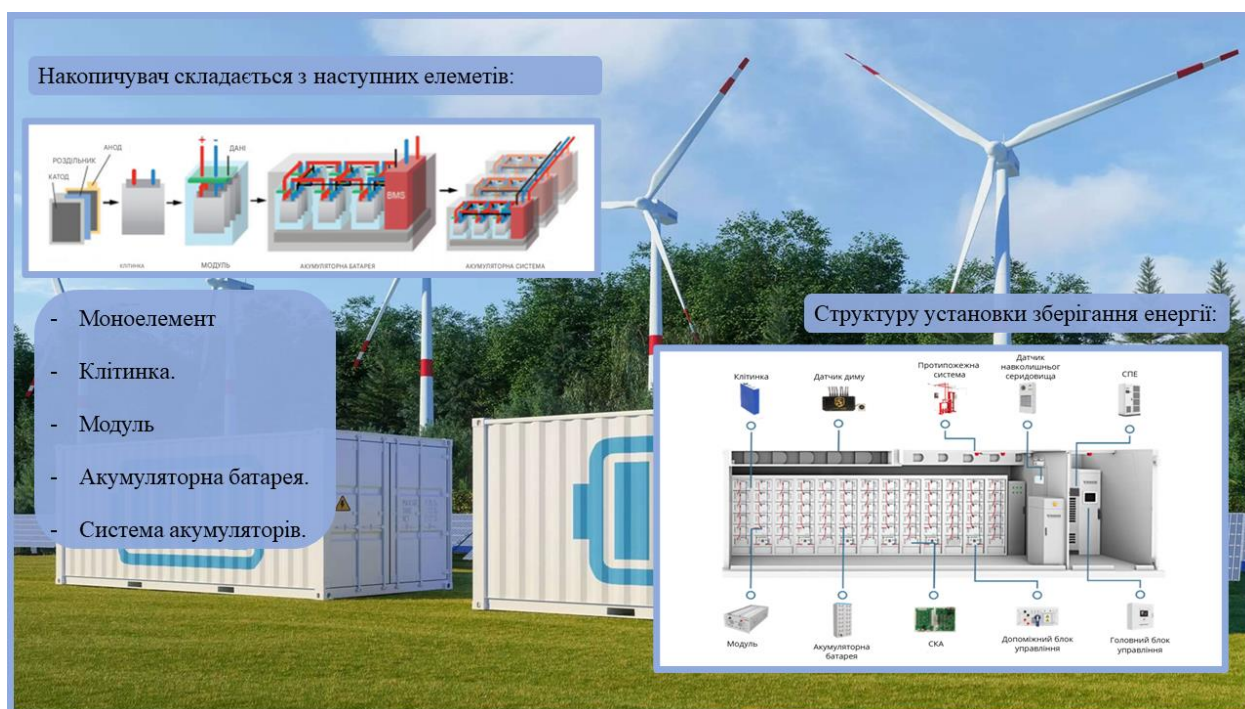


Рисунок В.7 – Структура накопичувача

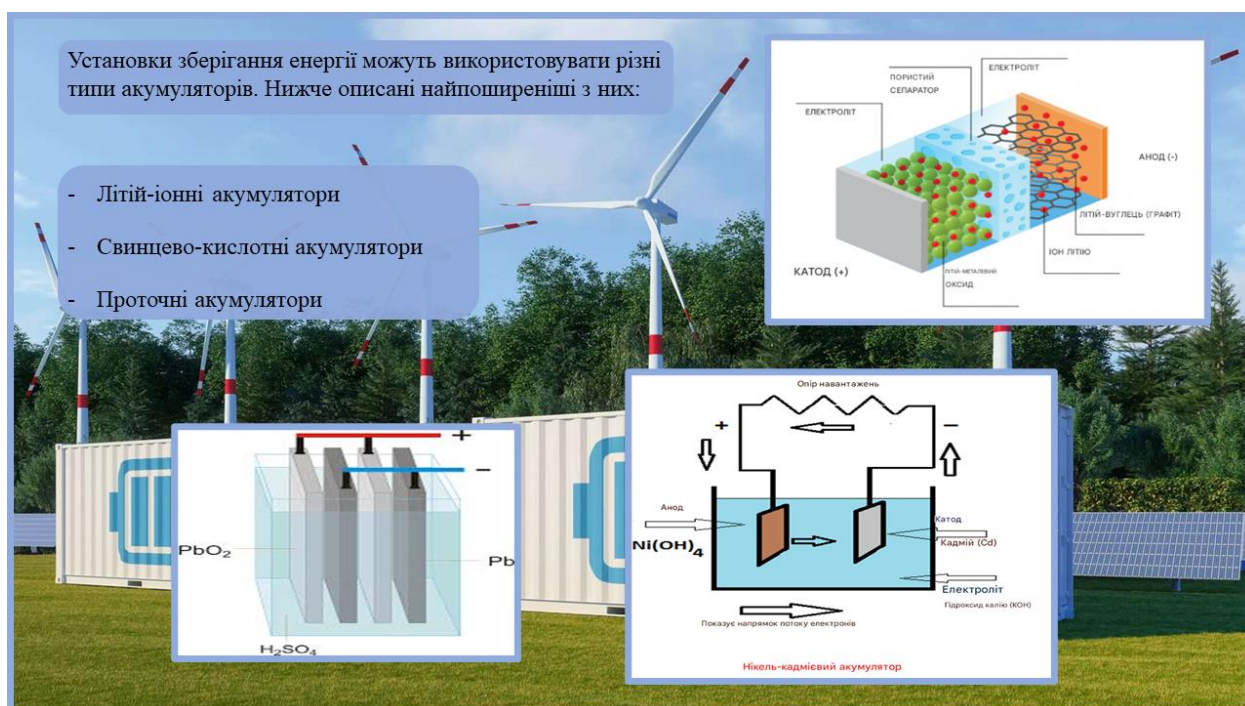


Рисунок В.8 – Загальна структура електро-хімічних акумуляторів

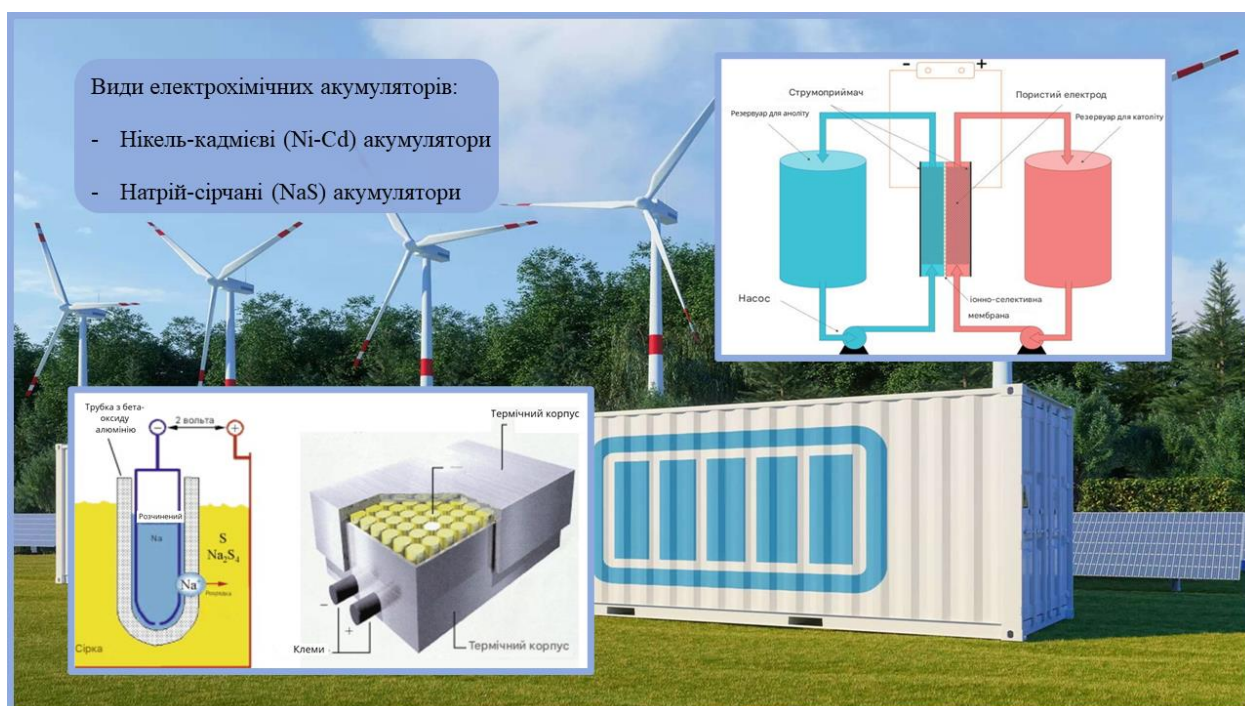


Рисунок В.9 – Загальна структура електро-хімічних акумуляторів

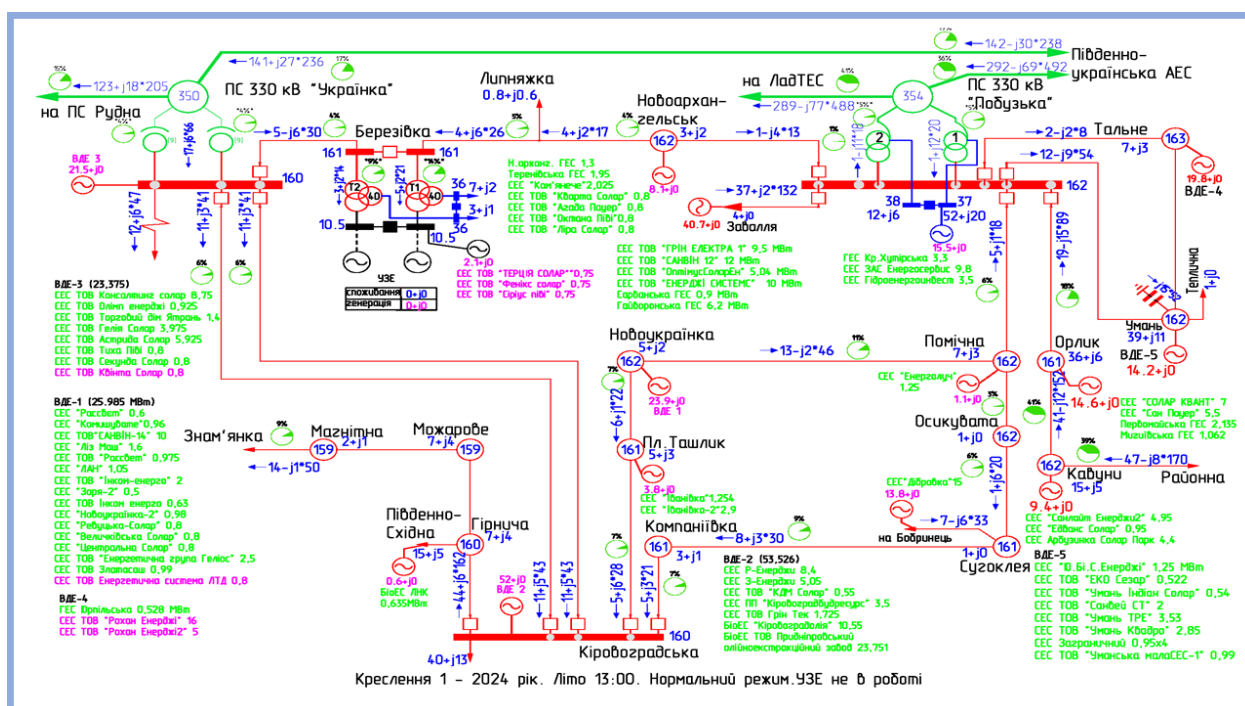
Рисунок В.10 – Однолінійна схема нормального режиму району приєднання
УЗЕ. 2024 рік. Літо 13:00. УЗЕ не в роботі

Рисунок В.12 – Однолінійна схема нормального режиму району приєднання
УЗЕ. 2024 рік. Літо 13:00. УЗЕ в роботі у режимі споживання