

Міністерство освіти і науки України
Український державний університет науки та технологій

Управління енергетичними та економічними процесами

Інтелектуальні системи енергопостачання

Пояснювальна записка
до кваліфікаційної роботи
магістра

на тему: Побудова інтелектуальної системи управління енергозабезпеченням
за освітньою програмою Енергетичні та електромеханічні системи на
транспорті

зі спеціальності: 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

Виконав: студентка групи EE2226

 / Марія СЕВЕРИН /

Керівник:

 / доцент Андрій АНТОНОВ /

Нормоконтролер:

 / к.т.н., доцент Ірина ПОТАПЧУК /

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

Студент

 /

Ministry of Education and Science of Ukraine
Ukrainian State University of Science and Technologies

Energy and economic process management

Intellectual power supply systems

Explanatory Note
to Master's Thesis

on the topic: Building an intelligent energy management system

according to educational curriculum Energy and electromechanical systems in transport

in the Speciality: 141 Electrical energetics, electrical engineering and electromechanics

Done by the student of the group EE2226:

/ Mariia Severyn /

Scientific Supervisor:

/ Ass. Prof Andrii Antonov /

Normative controller:

/ Ass. Prof Iryna Potapchuk /

Міністерство освіти і науки України
Український державний університет науки і технологій

Факультет: Управління енергетичними та економічними процесами

Кафедра: Інтелектуальні системи енергопостачання

Рівень вищої освіти: Другий (магістерський)

Освітня програма: Енергетичні та електромеханічні системи на транспорті

Спеціальність: 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

ICE

Дмитро БОСІЙ

Дата 18.01.23

З А В Д А Н Н Я

на кваліфікаційну роботу магістр з електроенергетики, електротехніки та електромеханіки

студенту Северин Марії Володимирівні

1. Тема роботи: Побудова інтелектуальної системи управління енергозабезпеченням

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

затверджені наказом від

" 18 " 01 2023 р. № 55ст

2. Строк подання студентом роботи: 09.01.2024 р.

3. Вихідні дані до роботи:

Параметри розглядуваного об'єкту

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

4.1 Проведення огляду існуючих систем управління енергозабезпеченням

4.2 Визначення недоліків існуючих систем

4.3 Розробка основ алгоритмічного управління енергозабезпеченням.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень): 1.Графік споживання електричної енергії об'єктом. 2. Результати розрахунків різних джерел живлення. 3. Алгоритм вибору джерела живлення

6. Консультанти розділів роботи:

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

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Огляд існуючих систем управління енергозабезпеченням	20.09.2023	
2	Розробка основ алгоритмічного управління енергозабезпеченням	10.10.2023	
3	Апробація побудованого алгоритму	07.11.2023	
4	Подання кваліфікаційної роботи до кафедри	09.01.2024	
5	Захист кваліфікаційної роботи на засіданні Екзаменаційної комісії	17.01.2024	

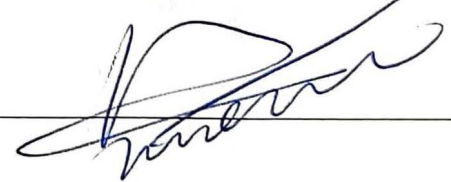
Студент

Марія СЕВЕРИН



Керівник роботи

Андрій АНТОНОВ



РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до кваліфікаційної роботи магістра:

47с., 24 рис., 9 табл., 14 джерел.

Актуальність роботи. Актуальність теми дослідження зумовлено необхідністю пошуку нових напрямків управління підприємством в умовах загострення конкуренції на ринку, нестабільності зовнішнього середовища, зміни технологій.

Об'єкт розробки – магазин міні-маркет.

Мета роботи – розробка алгоритму вибору джерела живлення, який дозволить організовувати оптимізацію використання електричної енергії, розподілу ресурсів, забезпечуватимеб сталий розвиток та створення ефективних і надійних енергетичних систем.

Методи дослідження – статистичний та математичний аналіз даних щодо виробництва енергії, витрат та інших параметрів.

Одержані результати – проведено огляд існуючих систем управління енергозабезпеченням та їх недоліків, проаналізовано сучасні тенденції в галузі енергетики, визначено різницю між споживанням, генерацією, накопиченням та експортом електричної енергії, побудовано графіки цих різниць для графічного відображення коливань виробництва енергії, розроблено алгоритм вибору джерела живлення.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: СИСТЕМА, ДЖЕРЕЛО, АЛГОРИТМ, СПОЖИВАННЯ, ГЕНЕРАЦІЯ, НАКОПИЧЕННЯ, УПРАВЛІННЯ.

ЗМІСТ

Вступ.....	7
1 Огляд існуючих систем управління енергозабезпеченням.....	9
1.1 Визначення недоліків існуючих систем.....	15
2 Розробка основ алгоритмічного управління енергозабезпеченням.....	17
2.1 Споживання електричної енергії.....	17
2.2 Генерація електричної енергії.....	18
2.3 Накопичення електричної енергії.....	20
2.4 Експорт електричної енергії.....	22
2.5 Розрядження накопичувача.....	24
2.6 Різниця між споживанням та генерацією електричної енергії.....	26
2.7 Різниця між споживанням та накопиченням електричної енергії.....	28
2.8 Різниця між споживанням та експортом електричної енергії.....	31
2.9 Різниця між генерацією та накопиченням електричної енергії.....	33
3 Апробація побудованого алгоритму.....	42
ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ.....	45
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	46

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до кваліфікаційної роботи магістра:

47с., 24 рис., 9 табл., 14 джерел.

Актуальність роботи. Актуальність теми дослідження зумовлено необхідністю пошуку нових напрямків управління підприємством в умовах загострення конкуренції на ринку, нестабільності зовнішнього середовища, зміни технологій.

Об'єкт розробки – магазин міні-маркет.

Мета роботи – побудова алгоритму вибору джерела живлення для споживачів трьох категорій.

Методи дослідження - математичний опис причинних зав'язків між вхідними, змінними і вихідними характеристиками різноманітних процесів, знаходження оптимального співвідношення вхідних змінних для забезпечення заданих вимог до процесу.

Одержані результати – проведено огляд існуючих систем управління енергозабезпеченням та їх недоліків, визначено різницю між споживанням, генерацією, накопиченням та експортом електричної енергії, побудовано графіки цих різниць, побудовано алгоритм вибору джерела живлення.

ВСТУП

Енергетична галузь працює цілодобово в усіх сферах своєї діяльності — від нагляду за енергетичними мережами до збуту енергії.

Прогрес не стоїть на місці, і настане день, коли мережа перестане бути централізованою і повинна буде підтримувати передачу енергії різних джерел: від високоефективних газотурбінних і парогазових установок до сонячних електростанцій, і енергії, що виробляється вітровими електростанціями. Тому її інфраструктура і керування повинні ставати все більш «розумними», щоб забезпечити розподіл енергії, отриманої з різних джерел. Мережі повинні вміти керувати передачею енергії та її споживанням, при чому, робити це в режимі реального часу, з максимальною ефективністю та на основі використання нових вимірювальних технологій.

У зв'язку зі зростаючими енерговитратами, а також суворими екологічними нормами, у всьому світі зростає потреба у підвищенні ефективності використання ресурсів, що робить необхідними енергоефективні рішення. Таким чином, підвищується роль інновацій, заснованих на технологіях, призначених для енергозбереження, таких як Smart Grid. В останні роки в усьому світі прискорила технічна, економічна та ринкова трансформація електроенергетичного сектору, пов'язана з концепцією розвитку відновлювальної енергії Smart Grid. Відновлювальні джерела енергії, такі як енергія вітру та сонячна енергія, мають технічні якості, що надають їм переваги перед більш традиційними формами виробництва електроенергії.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: СИСТЕМА, ДЖЕРЕЛО, АЛГОРИТМ, СПОЖИВАННЯ, ГЕНЕРАЦІЯ, НАКОПИЧЕННЯ, УПРАВЛІННЯ.

					02.15.EE2226.KPM.2023 - ПЗ	
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

1 ОГЛЯД ІСНУЮЧИХ СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ ЕНЕРГОЗАБЕЗПЕЧЕННЯМ

Виділяють чотири напрями енергетики: традиційна енергетика на органічному паливі (вугілля, газ, нафта, нафтопродукти), гідроенергетика, атомна енергетика і відновлювальні джерела енергії. Під нетрадиційною енергетикою розуміють чотири основні напрями: відновлювальні джерела (сонячна енергія, геотермальна, вітрова, біомаса, низькопотенціальне тепло Землі, води, повітря, гідравлічна, включаючи міні-ГЕС, хвилі, припливи, відливи морської води); вторинні відновлювальні джерела енергії (тепло промислових і побутових стікань, тепло і газ вкляції, тверді побутові відходи); нетрадиційні технології використання не відновлюваних і відновлюваних джерел енергії (воднева енергетика, газифікація і піроліз, каталітичні методи спалювання і переробки органічного палива, синтетичного палива); енергетичні установки (чи перетворювачі), наприклад, теплові насоси, гідропарова турбіна, установки прямого перетворення енергії - паливні елементи, фотоелектричні перетворювачі, термоелектричні генератори, термоємійні генератори.

Для України потенціал енергозбереження просто величезний. Він складає понад 40% від загального енергоспоживання. Це означає, що майже половина виробленої енергії витрачається на обігрів навколишнього середовища.

Існуючі системи енергозабезпечення, зокрема система електропостачання (Об'єднана енергетична система України), характеризуються централізованістю виробництва та одно направленістю потоку енергії від великого виробника енергії до кінцевого споживача. Мережі передачі (магістральні лінії високої напруги; оператор – НЕК «Укренерго») та регіонального розподілу (розподільні лінії низької напруги; оператори – обленерго) розвивались відповідно до цього ж принципу. ОЕС складала вісім регіональних енергетичних систем – Дніпровська, Донбаська, Західна, Кримська, Південна, Південно-Західна, Північна, Центральна, що охоплюють усю територію країни та поєднані між собою лініями електропередачі напругою 750 кВ і 330-500 кВ. Централізоване

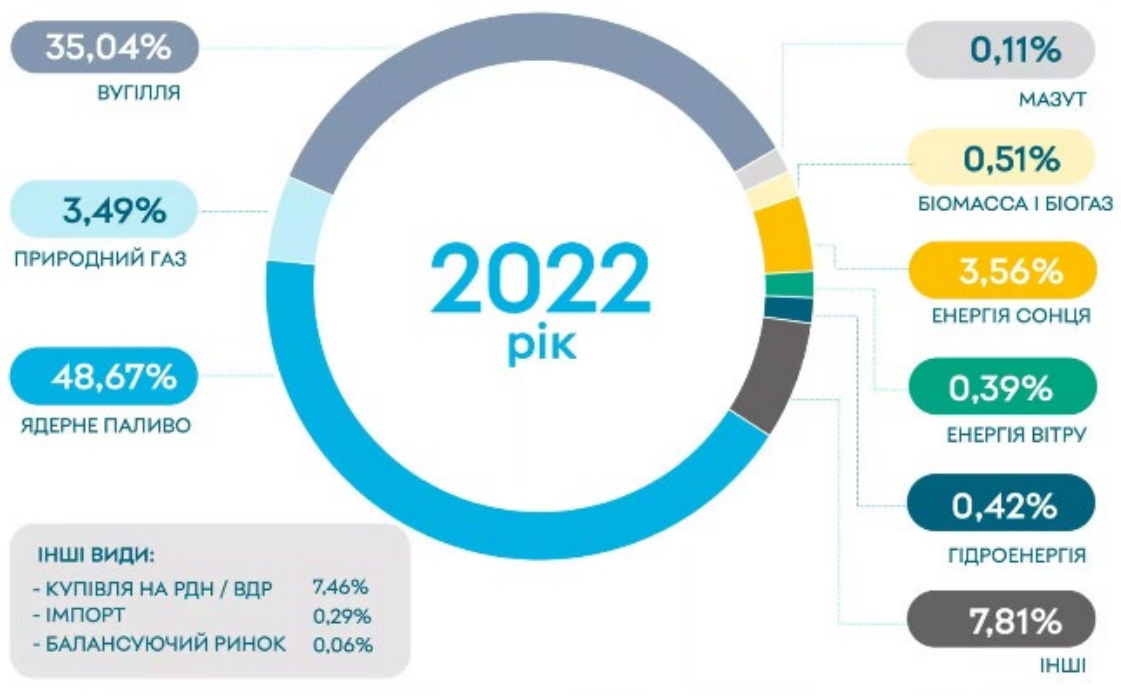
					02.15.EE2226.KPM.2023 - ПЗ	
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

виробництво електроенергії здійснюють насамперед 17 найбільших теплових електростанцій (чотирнадцять ТЕС і три ТЕЦ), чотири атомних (АЕС) і вісім гідравлічних (ГЕС і ГАЕС). Порівняно невелику частку електроенергії виробляють також малі ТЕЦ, ГЕС і станції, що працюють з використанням відновлюваних джерел енергії (ВДЕ) – вітрові (ВЕС), сонячні (СЕС) та ті, що виробляють електроенергію з біомаси.

Особливістю ОЕС України є дефіцит маневрених і регулюючих потужностей. Частка гідроелектростанцій у загальному балансі потужностей не перевищує 9%, коли оптимальним для підтримки необхідного рівня маневрених потужностей вважається 15%. Джерела енергії використані для виробництва електричної енергії відображено на рис 1.1. Як видно з діаграм, значну частку в структурі виробництва електроенергії займають атомні електростанції, що не можуть бути використані в якості потужностей для покриття навантаження в вечірній час доби.

ДЖЕРЕЛА ЕНЕРГІЇ

використані для виробництва електричної енергії, частка витрат на 1 кВт*год



Джерело: Оператор ринку, Укренерго, інформація контрагентів

Рисунок 1.1 – Використані для виробництва енергії джерела енергії
Наявну в Україні енергосистему розроблено для з'єднання відносно

Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата	02.15.EE2226.KPM.2023 - ПЗ	

невеликої кількості великих електростанцій з великою кількістю споживачів. При цьому особливістю функціонування такої енергосистеми є: нерівномірність графіків навантаження; технологічна відповідність структури генеруючих потужностей графіку навантаження, зокрема базових, напівпікових та пікових потужностей. Така нерівномірність потребує застосування окремих організаційно-технічних рішень для балансування попиту – пропозиції енергопостачання в режимі реального часу.

Така структура системи енергозабезпечення створювалася для роботи за принципово інших умов, аніж ті, в яких їй доводиться функціонувати сьогодні. Серед нових тенденцій, що впливають на функціонування систем енергозабезпечення України сьогодні, є зміна структури споживання енергії, зокрема збільшення частки споживання побутовими та іншими непромисловими споживачами за відповідного зменшення частки решти груп споживачів (зокрема промисловості).

Сучасні умови диктують нові вимоги, за яких має бути забезпечена надійна та безпечна робота енергетичної системи України. Для цього щонайменше необхідне введення в експлуатацію високоманеврових потужностей з можливістю швидкого запуску (включення з нуля та вихід на номінальну потужність за 10– 15 хвилин) та швидкодійних резервів на базі систем накопичення електричної енергії надаватимуть можливість забезпечити Об'єднану енергетичну систему (ОЕС) України необхідними резервами регулювання. Однак підвищення гнучкості енергосистеми у такий спосіб не вирішує проблеми тривалих профіцитів потужності, зокрема через сезонність навантаження. Її вирішення потребує впровадження систем перенесення потужності з періодів графіку електричного навантаження, де має місце профіцит енергії, до періодів, де наявний її дефіцит. Ще однією важливою тенденцією, що формує майбутнє енергетики загалом, і систем енергозабезпечення зокрема, є розвиток цифрових технологій та їх застосування в енергетиці. Автоматизація технологічних процесів, розвиток розумних мереж (Smart-Grids), штучний інтелект (Artificial intelligence) дозволять ефективно керувати режимами постачання та споживання енергії. Цифровізація сприяє

					02.15.EE2226.KPM.2023 - ПЗ	
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

децентралізації системи енергозабезпечення та розширенню використання ВДЕ, підвищенню гнучкості реагування на потреби споживачів, суттєво впливає на функціонування існуючих централізованих систем енергозабезпечення.

На основі аналізу інформаційних матеріалів Міжнародного енергетичного агентства та провідних організацій, що досліджують розвиток енергетичного сектору, можна зазначити, що в сфері енергетики та енергоефективності постає питання щодо активного реагування на наступні виклики: вичерпання доступних ресурсів, збільшення викидів парникових газів, відсутність стимулів у споживача для самостійного управління виробництвом енергоресурсів. Наразі можна стверджувати про те, що відбувається зміна парадигми розвитку енергетики. Про це свідчить поява нових технологічних рішень, прогнозів та стратегічних планів розвитку енергетичного сектору. Наразі відбувається зміна ролі споживачів енергії, які можуть перетворюватись на її виробників. Так споживачі купують не тільки енергетичні ресурси в централізованій енергетичній системі, а й купують потужності для виробництва енергоресурсів. Це дозволяє підвищити саморегулюючу роль споживання, мобілізувати технології децентралізованого виробництва енергії, підвищити цінність локальних ресурсів, а також перейти до «розумного споживання» в містах.

Передумовами впровадження технологій інтелектуальних систем слід вважати наступні: електрифікація енергетичного попиту, збільшення відновлювальних джерел енергії в енергобалансі, зростання попиту на цифрові технології в сфері енергозабезпечення, будівництво нерухомості зі значно меншими показниками споживання енергетичних ресурсів.

Науковці визначають два основних варіанта відповіді на питання про розвиток енергозабезпечення в майбутньому. Перший варіант відомий під назвою «енергоефективність плюс». Він передбачає модернізацію існуючих енергосистем, в основу яких покладені централізовані мережі енергозабезпечення, масштабна генерація та «вуглецева енергетика». Другий варіант являє собою парадигму, що передбачає формування нової енергетики, в якій основою повинні бути відновлювані джерела енергії, енергосистеми на базі децентралізованої інтелектуальної мережі та «розумної» інфраструктури

					02.15.EE2226.KPM.2023 - ПЗ	
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

мегаполісів. Також передбачається перехід до будинків з меншими витратами енергії та з інтегрованими технічними рішеннями по автономному енергозабезпеченню. В провідних країнах вже передбачено перехід на новий тип нерухомості («ресурсовироблюваний»). Напрями розвитку відповідно до концепції відображені на рис 1.2.



Рисунок 1.2 – Напрямки розвитку енергетичних мереж

Традиційна система генерації та розподілу електричної та теплової енергії поступово відходить в минуле, на зміну їй приходять нові технології. Для розвитку існуючої електроенергетичної системи та функціонування на більш якісному рівні доцільним є впровадження інформаційно-комунікаційних технологій в сфері постачання електроенергії та моніторингу електричної мережі. Нова модернізована електроенергетична система повинна задовольняти вимогам щодо енергоефективного та більш економічного функціонування за рахунок скоординованого управління. Також за допомогою комунікацій повинна відбуватись взаємодія між електростанціями, компаніями, що займаються транспортуванням та розподілом електроенергії та споживачами.

Інтелектуальна система управління та контролю енергії в основному використовується для підтримки будівництва центрів управління та контролю енергії на промислових підприємствах. Зв'язки у всьому процесі інтегрованого

Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата	02.15.EE2226.KPM.2023 - ПЗ	

управління та контролю енергоспоживання включають збір енергетичних даних, моніторинг, статичний аналіз, контроль оптимізації цих даних та інші ланцюги для створення повної системи управління енергоспоживання промислового підприємства.

Інтелектуальне управління та контроль енергоспоживання засноване на платформі автоматичного завантаження даних про енергоспоживання. На цій платформі різноманітні типи енергетичних носіїв організовані у відповідності до різних видів використання енергії. Ця система розділена на три рівні:

1. Ввід енергоносіїв, тобто різноманітні енергоносії подаються до установки ззовні;
2. Витрати енергії енергоносіїв у кожному виробничому процесі;
3. Для енергоносія, що виробляється підприємством прилади обліку в ключових вузлах кожного енергоносія на кожному рівні інтелектуалізовані та дані можуть автоматично завантажуватись, накопичуватись та аналізуватись в режимі реального часу.

Інтелектуальна мережа — це сучасна мережа, заснована на нових інформаційних та комунікаційних технологіях, являє собою перехід до інтелектуальних та цифрових технологій, які використовуються для постачання споживачів електроенергією через двосторонній зв'язок. Мікромережа є важливим блоком інтелектуальної мережі та відіграє важливу роль у прийнятті відновлювальних джерел енергії. Мікромережа — це енергомережа нового типу, низьковольтна мережева система, зазвичай розташована на стороні споживача, яка складається із системи зберігання, розподілених генераторів (включаючи енергію вітру, сонячну енергію, топливні елементи, мікротурбіни та гідроелектростанції) та блоки управління енергоспоживанням.

Інтелектуальна мережа надійніше за звичайну мережу та може скоротити викиди парникових газів до 211 млн тон, саме це спонукає інвесторів робити вклади в цю передову технологію.

Узагальнюючи все вищезгадане, можна зробити висновок, що інтелектуальна мережа є невід'ємною частиною розвитку енергетики у сучасному світі.

					02.15.EE2226.KPM.2023 - ПЗ	
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

2 НЕДОЛІКИ ІСНУЮЧИХ СИСТЕМ

Системи енергозабезпечення мають свої недоліки, які можуть вплинути на їх ефективність та надійність. Ось деякі з них:

- 1) залежність від джерел живлення - багато систем енергозабезпечення покладаються на обмежені джерела живлення, такі як паливо для генераторів або енергія з сонячних батарей. Це може призводити до проблем, коли джерела живлення недоступні або їх потужності недостатньо для виконання потреб системи.
- 2) нестабільність джерел живлення - деякі джерела живлення, зокрема відновлювані джерела, такі як сонячні або вітрові електростанції, можуть бути залежними від погодних умов або часу доби. Це може призводити до непередбачуваності в постачанні енергії та недостатньої стабільності системи.
- 3) втрати енергії - передача електроенергії від джерела до споживача супроводжується певними втратами енергії. Втрати в електричних мережах, перетворювачах та інших компонентах можуть знижувати ефективність системи та забезпечувати незначні втрати енергії.
- 4) вартість - розгортання та підтримка систем енергозабезпечення може бути дорогим. Вартість електричного обладнання, палива для генераторів, обслуговування та інфраструктури може бути значною, особливо в віддалених або важкодоступних районах.
- 5) екологічні проблеми - деякі джерела живлення, зокрема традиційні паливні ресурси, можуть мати негативний вплив на довкілля. Викиди парникових газів та інші забруднення пов'язані з енергетикою можуть спричиняти зміну клімату та інші проблеми навколишнього середовища.
- 6) вразливість до збоїв - системи енергозабезпечення можуть бути вразливими до збоїв, таких як переривання електропостачання, технічні поломки або кібератаки. Це може призвести до відключення електроенергії та недоступності для споживачів.

					02.15.EE2226.KPM.2023 - ПЗ	
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

7) обмежена ємність - деякі системи енергозабезпечення мають обмежену ємність, що означає, що вони можуть бути неспроможними задовольнити збільшену потребу в електроенергії під час пікових навантажень. Враховуючи ці недоліки, важливо розробляти та вдосконалювати системи енергозабезпечення з урахуванням надійності, ефективності, стійкості до збоїв та довкілля для забезпечення оптимального функціонування та задоволення потреб споживачів.

Недоліки систем енергозабезпечення можна перетворити на переваги, впроваджуючи відповідні стратегії та технології. Ось декілька шляхів, як це можливо зробити:

- 1) диверсифікація джерел живлення - можливість використання різних джерел живлення, включаючи відновлювані джерела енергії, такі як сонячна електростанція або вітрові турбіни. Це дозволить залежати від різних джерел живлення та зменшить ризик збоїв у постачанні енергії.
- 2) енергоефективність - спрямування зусиль на збільшення енергоефективності споживання енергії. Це може включати використання енергоефективного обладнання та освітлення, ізоляцію будівель та впровадження систем управління енергією. Зменшення споживання енергії допоможе знизити вартість та залежність від обмежених джерел живлення.
- 3) системи зберігання енергії - використання систем зберігання енергії дозволить зберігати надлишкову енергію, отриману від відновлюваних джерел, для використання під час пікових навантажень або в разі збоїв. Це підвищить надійність системи та дозволить ефективніше використовувати енергію.
- 4) управління навантаженням - використання систем управління навантаженням дозволить розподілити електроенергію між різними споживачами в оптимальний спосіб. Це може включати відкладення енергозатратних операцій на часи, коли доступне достатньо енергії, а також попереднє сповіщення споживачів про планові вимкнення.
- 5) розумні мережі - впровадження розумних мереж, які використовують цифрові технології для моніторингу та керування енергією, може покращити ефективність, надійність та стійкість систем енергозабезпечення. Це дозволить

					02.15.EE2226.KPM.2023 - ПЗ	
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

більш точно прогнозувати потреби у споживанні енергії та управляти її розподілом.

					02.15.EE2226.KPM.2023 - ПЗ	
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

3 РОЗРОБКА ОСНОВ АЛГОРИТМІЧНОГО УПРАВЛІННЯ ЕНЕРГОЗАБЕЗПЕЧЕННЯМ

Перед побудовою алгоритму управління енергозабезпеченням, необхідно провести розрахунки різниць споживання, генерації, накопичення, розряду та експорту електричної енергії, спираючись на наявні табличні дані та графіки цих процесів.

3.1 Споживання електричної енергії

Таблиця 3.1 – Споживання електричної енергії

	Години																							
Місяць	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
Січень	47	47	47	47	47	47	62	108	108	108	105	105	105	105	105	105	105	105	100	100	100	100	62	47
Лютий	42	42	42	42	42	42	56	98	98	98	104	104	104	104	104	104	104	98	98	98	98	56	42	42
Березень	47	47	47	47	47	47	47	93	93	93	102	102	102	102	102	102	102	102	102	102	93	93	47	47
Квітень	45	45	45	45	45	45	45	90	90	90	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	90	90	45	45
Травень	47	47	47	47	47	47	47	93	93	93	104	104	104	104	104	104	104	104	104	104	93	93	47	47
Червень	30	30	30	30	30	30	30	60	60	60	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	60	60	60
Липень	31	31	31	31	31	31	31	62	62	62	93	93	93	93	93	93	93	93	93	93	93	62	62	62
Серпень	31	31	31	31	31	31	31	62	62	62	93	93	93	93	93	93	93	93	93	93	93	62	62	62
Вересень	45	45	45	45	45	45	45	90	90	90	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	90	90	45	45
Жовтень	47	47	47	47	47	47	47	93	93	93	104	104	104	104	104	104	104	104	104	104	93	93	47	47
Листопад	45	45	45	45	45	45	45	90	90	90	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	90	90	45	45
Грудень	47	47	47	47	47	47	62	108	108	108	105	105	105	105	105	105	105	105	100	100	100	100	62	47
Рік	502	502	502	502	502	502	5047	10088	10088	10088	100588	100588	100588	100588	100588	100588	100588	100588	100583	100583	100583	100583	6094	594

Споживання - це кількість електроенергії, яку система витрачає або споживає у певний період часу. Включає в себе енергію, яка використовується для живлення різних пристроїв, обладнання тощо.

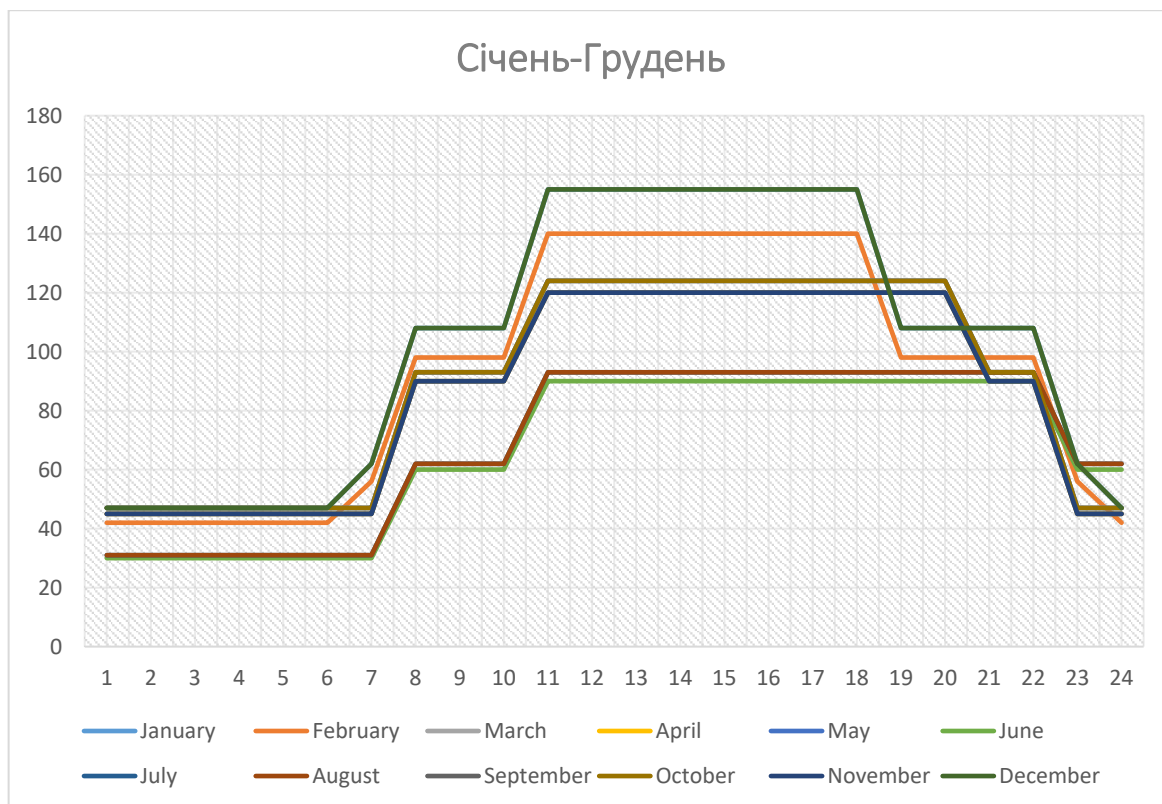


Рисунок 3.1 – Графік помісячного споживання

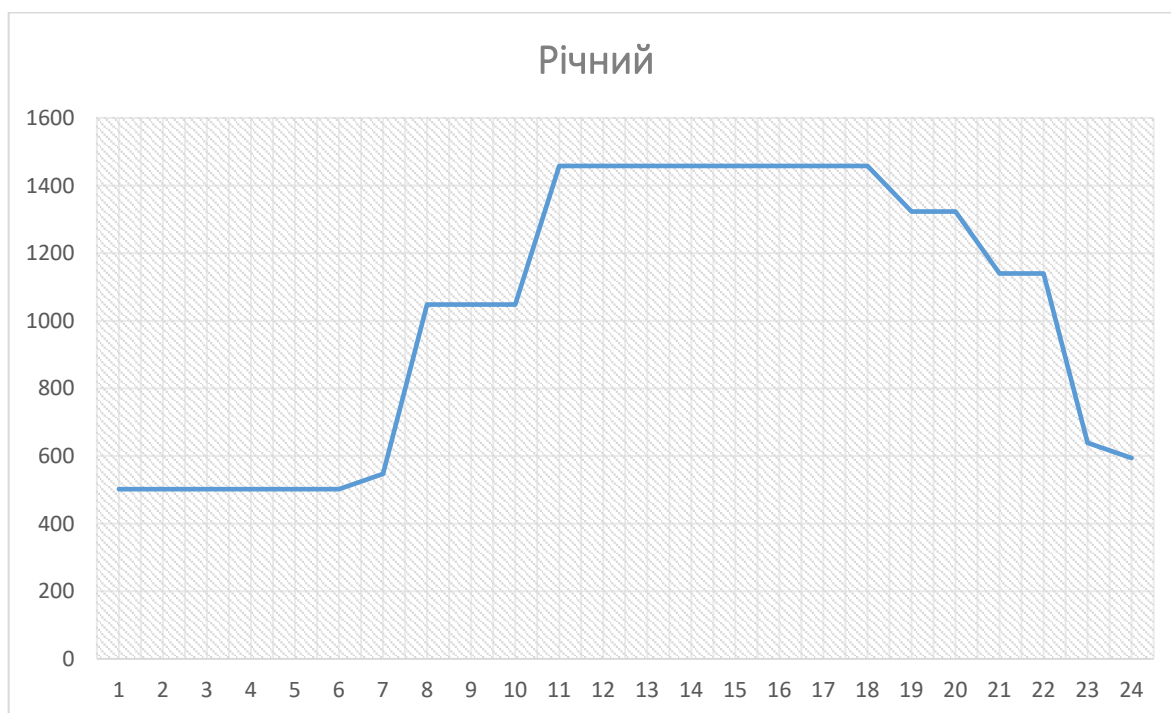


Рисунок 3.2 – Графік річного споживання

					02.15.EE2226.KPM.2023 - ПЗ	
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

3.2 Генерація електричної енергії

Це процес виробництва електроенергії, яку система виробляє або генерує у певний період часу з використанням сонячних панелей, вітрових турбін, генераторів тощо. Під час генерації енергія перетворюється з одного виду в інший і стає доступною для використання.

Таблиця 3.2 – Генерація електричної енергії

	Години																								
Місяць	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	
Січень	62	59	56	53	53	53	62	82	36	14	16	9	9	6	23	84	17	14	18	12	18	18	19	80	63
Лютий	72	70	70	70	67	67	76	51	15	5	17	7	8	5	10	33	13	17	12	12	12	12	85	73	
Березень	87	87	87	87	87	87	43	15	4	3	3	3	3	4	8	11	31	15	63	16	32	13	32	87	87
Квітень	84	84	84	84	84	39	0	5	0	0	2	0	0	2	3	2	19	55	15	57	17	28	12	84	84
Травень	87	87	87	87	64	0	0	0	0	0	0	0	0	1	5	4	10	17	13	63	13	32	77	88	87
Червень	68	68	68	68	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	2	71	12	12	12	98	98	8
Липень	70	70	70	70	31	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	71	13	13	13	100	100	2
Серпень	70	70	70	70	70	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	9	17	13	13	13	100	100	2
Вересень	84	84	84	84	84	78	2	3	0	0	3	0	2	0	0	1	18	13	15	57	12	28	12	84	84
Жовтень	87	87	87	87	87	87	51	14	9	7	7	3	1	0	0	19	14	16	66	13	33	33	87	87	7
Листопад	62	62	61	59	59	59	59	40	12	9	4	5	5	8	28	96	13	13	22	12	92	92	59	59	9
Грудень	20	20	20	20	16	14	16	23	7	0	0	0	1	7	63	15	13	11	80	64	52	46	26	21	21
Рік	851	845	843	838	706	487	310	233	83	38	53	27	31	33	141	409	802	114	116	143	149	143	943	940	5

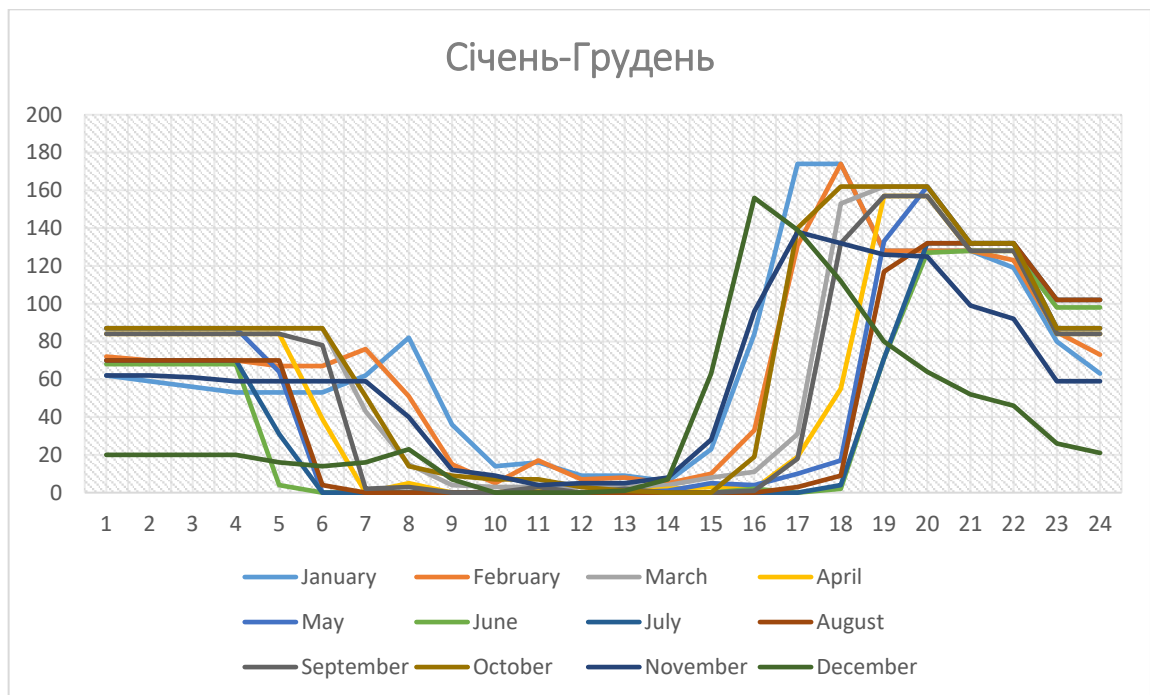


Рисунок 3.3 – Графік помісячної генерації електричної енергії



Рисунок 3.4 – Графік річної генерації електричної енергії

3.3 Накопичення електричної енергії

Це процес зберігання надлишкової електроенергії, яка була вироблена системою, але не використана в той момент часу. Накопичена енергія може бути збережена у акумуляторах чи накопичувачах для подальшого використання в майбутньому.

					02.15.EE2226.KPM.2023 - ПЗ	
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Таблиця 3.3 – Накопичення електричної енергії

	Години																							
Місяць	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
Січень	0	0	0	0	0	0	0	0	28	139	244	297	304	363	172	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Лютий	0	0	0	0	0	0	0	11	182	139	435	273	205	267	158	38	0	0	0	0	0	0	0	0
Березень	0	0	0	0	0	0	18	196	456	388	188	144	120	94	43	11	0	0	0	0	0	0	0	0
Квітень	0	0	0	0	0	2	158	411	516	322	627	199	24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Травень	0	0	0	0	-1	57	357	613	150	500	100	0	0	0	0	2	2	0	0	0	0	0	0	0
Червень	0	0	0	0	-13	84	362	413	84	30	15	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Липень	0	0	0	0	-7	57	339	499	105	24	8	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Серпень	0	0	0	0	0	13	244	543	231	81	8	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Вересень	0	0	0	0	0	0	102	368	520	66	38	52	79	26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Жовтень	0	0	0	0	0	0	133	167	445	252	138	144	133	52	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Листопад	0	0	0	0	0	0	0	17	145	294	270	141	177	70	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Грудень	0	0	0	0	0	0	0	0	26	142	225	220	193	21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Рік	0	0	0	0	-21	213	1596	3255	284	2288	1733	1325	1123	534	704	2	0	0	0	0	0	0	0	0

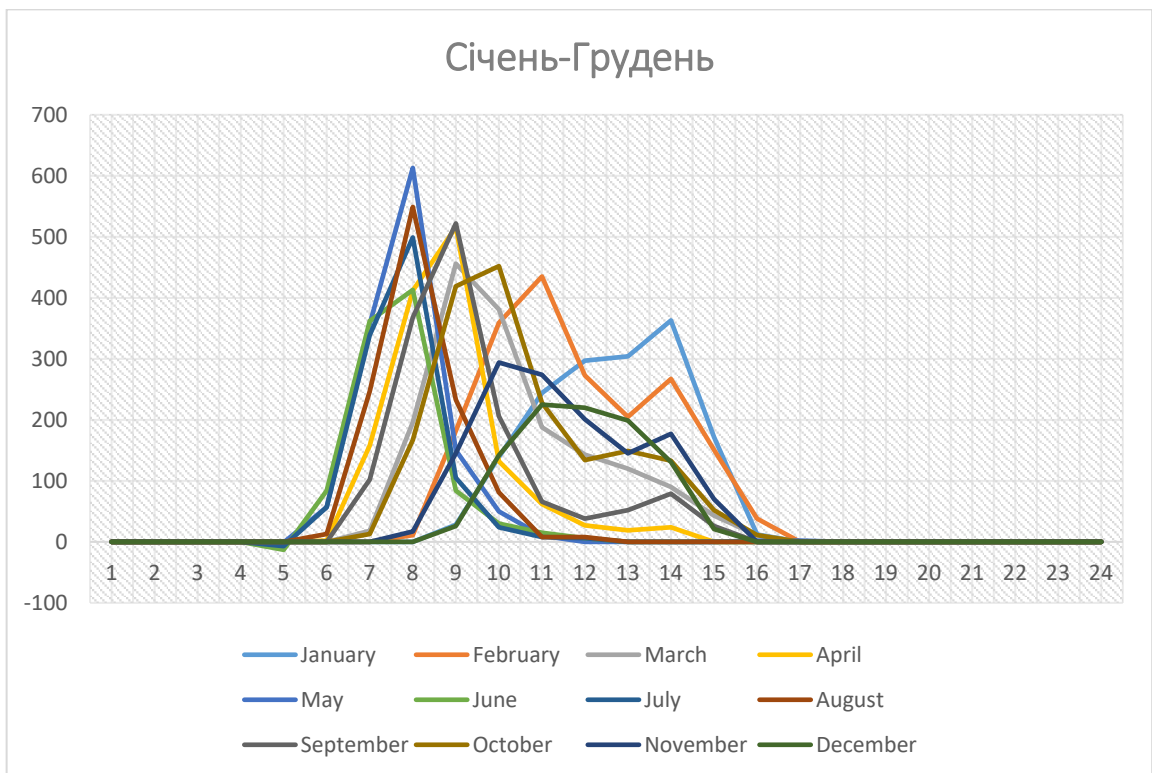


Рисунок 3.5 – Графік помісячного накопичення електричної енергії

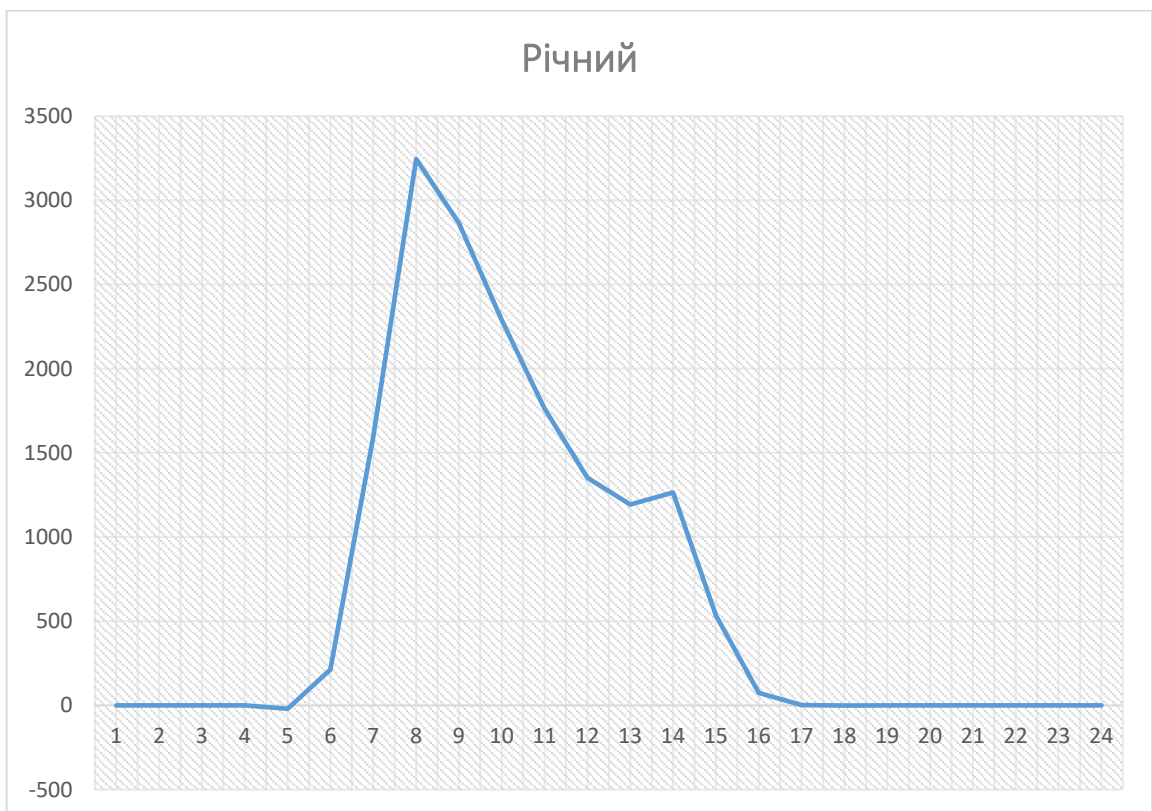


Рисунок 3.6 – Графік річного накопичення електричної енергії

3.4 Експорт електричної енергії

Це процес передачі надлишкової енергії, яка була вироблена системою, на зовнішню мережу або іншим споживачам. Якщо система генерує більше енергії, ніж споживає, то ця надлишкова енергія може бути експортована для використання в інших місцях або для продажу.

Таблиця 3.4 – Експорт електричної енергії

	Години																							
Місяць	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
Січень	0	0	0	0	0	0	0	0	1 1 7	2 5 7	4 0 1	4 6 7	4 7 5	5 5 0	3 4 0	1 0 9	0	0	0	0	0	0	0	0
Лютий	0	0	0	0	0	0	0	7 4	3 0 3	4 8 9	6 3 5	7 3 4	6 9 4	7 2 1	5 5 1	2 8 5	4 8	0	0	0	0	0	0	0
Березень	0	0	0	0	0	0	6 4	3 1 9	5 9 6	8 3 0	1 0 7	1 0 6	1 0 3	1 0 7	8 0 0	5 2 7	2 4 6	1 5	0	0	0	0	0	0
Квітень	0	0	0	0	0	4 7	2 5 7	5 5 9	8 8 0	1 0 4	1 1 5	1 3 0	1 2 9	1 1 2	9 4 8	6 5 0	3 5 7	1 1 2	2	0	0	0	0	0
Травень	0	0	0	0	2 7	1 5 2	4 7 4	8 4 0	1 1 4	1 4 3	1 6 3	1 4 8	1 4 3	1 2 8	1 0 2	8 0 9	5 0 0	2 1 0	4 2	0	0	0	0	0
Червень	0	0	0	0	5 1	1 7 2	4 6 3	8 0 4	1 1 2	1 3 8	1 5 5	1 5 2	1 5 0	1 4 0	9 1 7	5 2 5	2 9 6	7 7 3	1	0	0	0	0	0
Липень	0	0	0	0	3 4	1 4 3	4 4 6	7 9 4	1 1 4	1 3 9	1 5 0	1 4 3	1 5 0	1 4 1	9 2 6	6 5 5	2 1 6	7 8 9	1	0	0	0	0	0
Серпень	0	0	0	0	0	7 7	3 4 9	7 1 1	1 0 5	1 5 3	1 5 9	1 5 9	1 4 2	1 3 6	1 1 9	8 5 6	4 9 2	1 9 5	2 4	0	0	0	0	0
Вересень	0	0	0	0	0	9	2 0 0	5 2 5	7 9 6	1 0 1	1 1 6	1 1 9	1 1 3	1 1 3	9 4	6 0 4	2 8 8	3 3	0	0	0	0	0	0
Жовтень	0	0	0	0	0	0	5 3	3 0 0	5 7 1	7 1 7	8 5 5	9 2 1	9 3 9	9 3 7	6 3 1	3 0 8	2 7	0	0	0	0	0	0	0
Листопад	0	0	0	0	0	0	0	7 4	2 5 2	4 1 9	5 3 5	5 3 6	4 7 9	4 6 9	2 6 6	5 4	0	0	0	0	0	0	0	0
Грудень	0	0	0	0	0	0	0	1	2 8 6	4 0 7	4 0 7	3 0 4	3 8 3	3 1 8	1 4 5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Рік	0	0	0	0	1 1 1	5 9 9	2 3 0 6	4 9 0 9	8 0 6 9	1 0 1 7	1 2 3 7	1 2 5 3	1 2 5 8	1 2 5 9	9 8 4	6 0 8 3	3 1 6 6	1 1 3 1	2 1 8	2	0	0	0	0

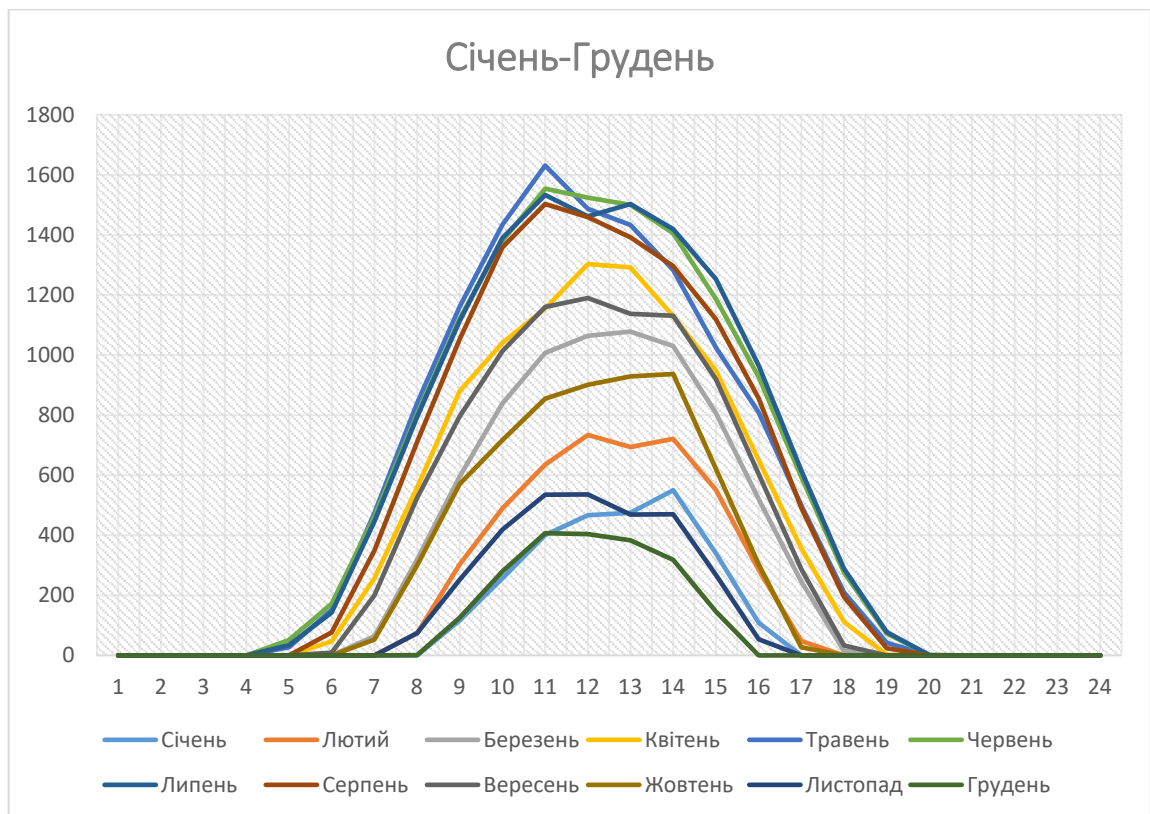


Рисунок 3.7 – Графік помісячного експорту електричної енергії

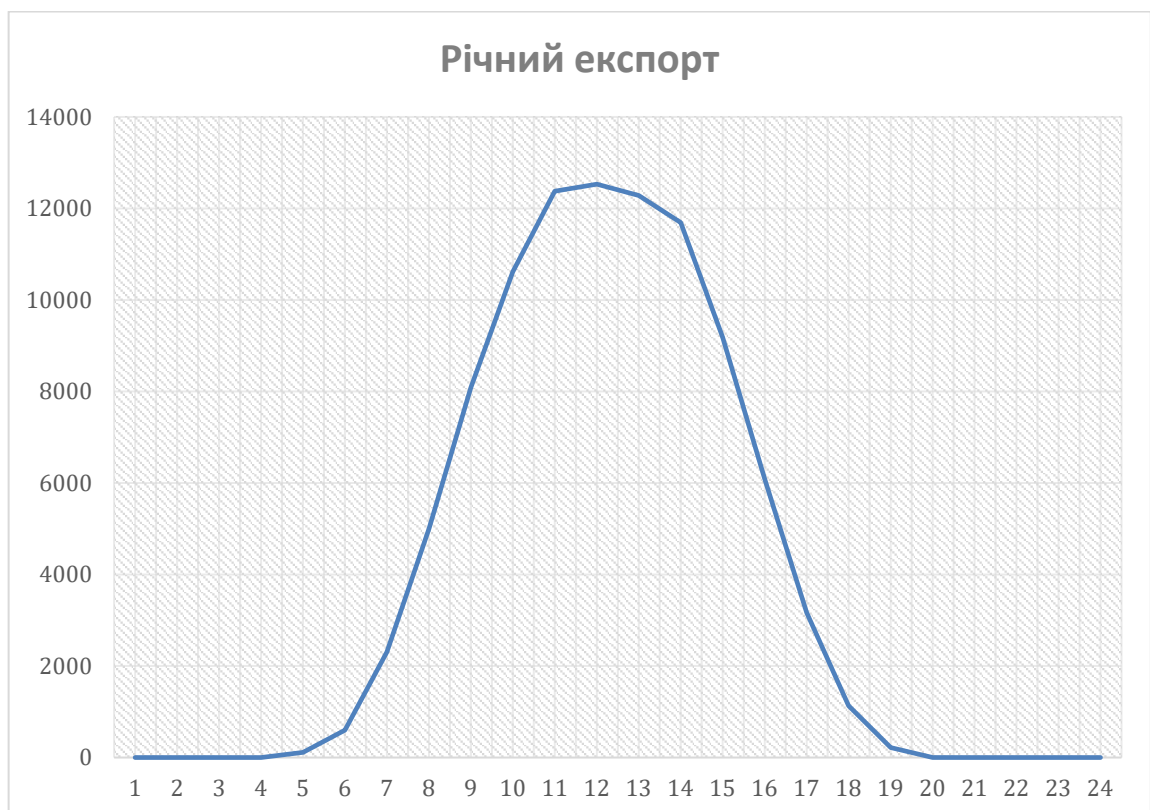


Рисунок 3.8 – Графік річного експорту електричної енергії

3.5 Розрядження накопичувача

Це процес вивільнення електроенергії, яка була збережена у накопичувачі. Під час розрядки накопичувач віддає електроенергію на зовнішні пристрої або систему для живлення різних електричних пристроїв або споживачів. Після розрядки рівень заряду накопичувача зменшується і його необхідно знову зарядити для подальшого використання.

Таблиця 3.5 – Розрядження накопичувача

	Години																							
Місяць	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
Січень	62	59	56	53	53	53	62	82	36	14	16	9	9	6	23	84	17	17	12	12	12	11	80	63
Лютий	72	70	70	70	67	67	76	51	15	5	17	7	8	5	10	33	13	17	12	12	12	12	85	73
Березень	87	87	87	87	87	87	43	15	4	3	3	3	3	4	8	11	31	15	16	16	13	13	87	87
Квітень	84	84	84	84	84	39	0	5	0	0	2	0	0	2	3	2	19	55	17	15	12	12	84	84
Травень	87	87	87	87	64	0	0	0	0	0	0	0	0	1	5	4	10	17	13	16	13	13	87	87
Червень	68	68	68	68	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	2	71	12	12	12	98	98	
Липень	70	70	70	70	31	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	71	13	13	10	10	
Серпень	70	70	70	70	70	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	9	11	13	13	10	10	
Вересень	84	84	84	84	84	78	2	3	0	0	3	0	2	0	0	1	18	13	15	15	22	18	84	
Жовтень	87	87	87	87	87	87	51	14	9	7	7	3	1	0	0	19	14	16	16	13	13	87	87	
Листопад	62	62	61	59	59	59	59	40	12	9	4	5	5	8	28	96	13	13	12	12	99	99	59	
Грудень	20	20	20	20	16	14	16	23	7	0	0	0	1	7	63	15	13	11	80	64	52	46	26	
Рік	851	845	843	838	706	487	310	233	83	38	53	27	31	33	141	409	802	114	146	164	144	943	984	

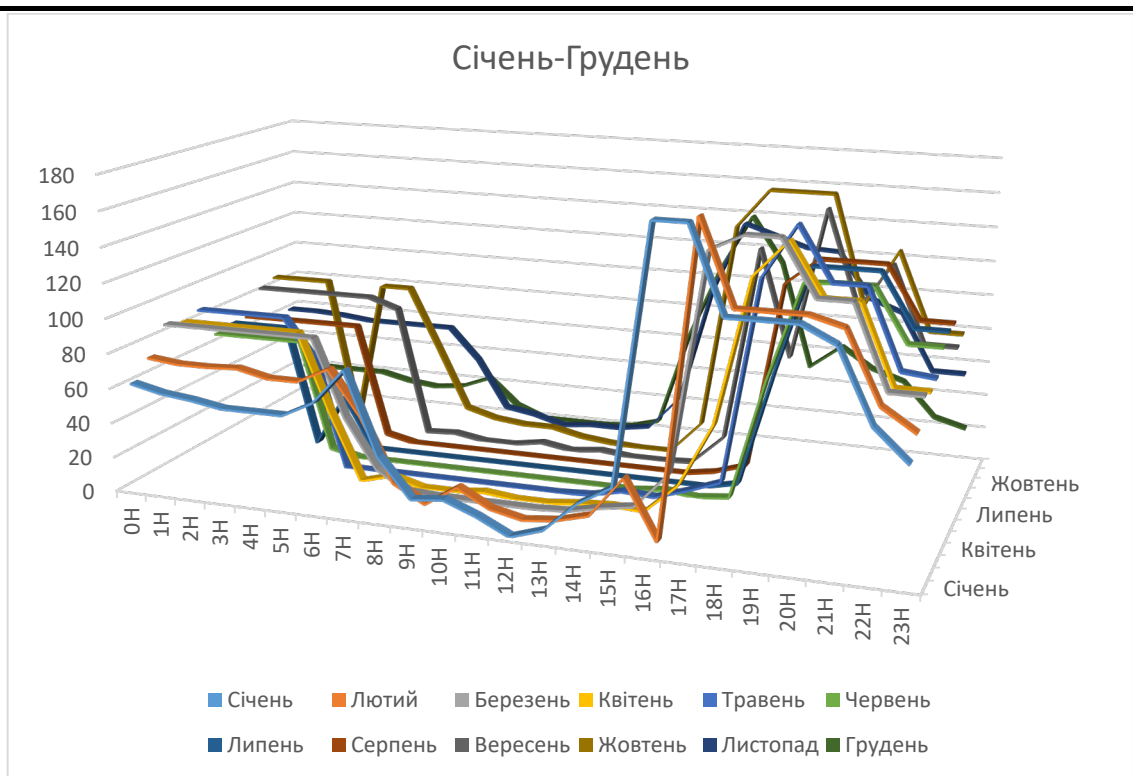


Рисунок 3.9 – Графік помісячного розрядження накопичувача

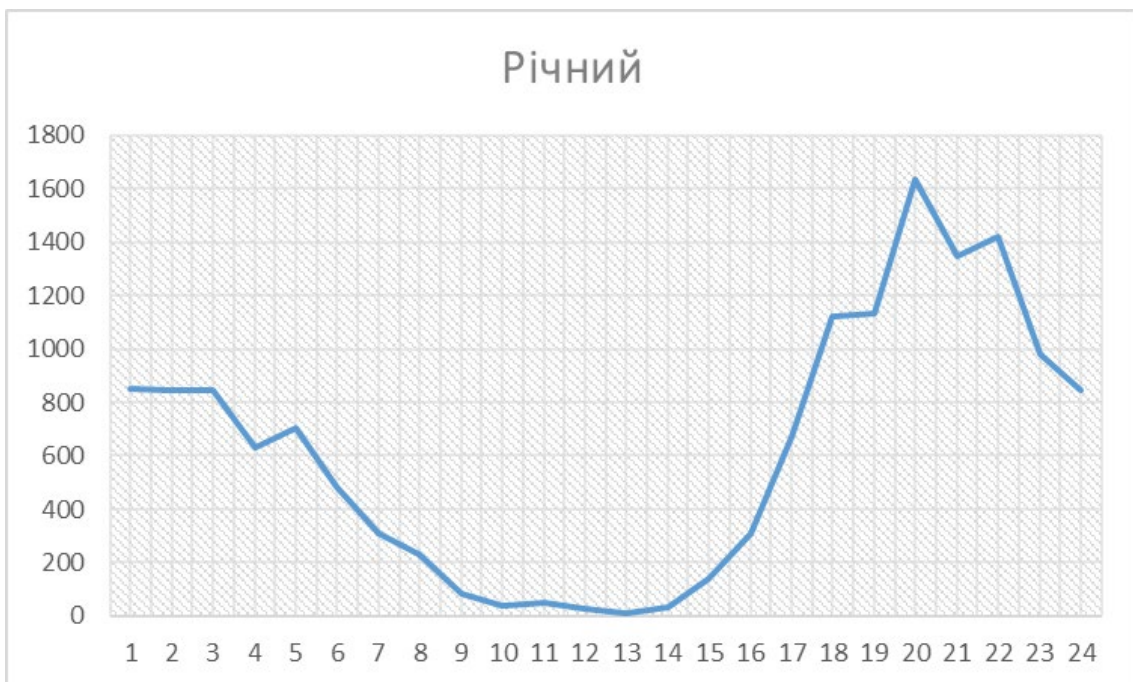


Рисунок 3.10 – Графік річного розрядження накопичувача

Маючи усі необхідні дані, можемо провести розрахунки.

3.6 Різниця між споживанням та генерацією електроенергії

Вказує, чи більше енергії споживається, ніж генерується (якщо різниця негативна), або чи більше енергії генерується, ніж споживається (якщо різниця позитивна). Це важлива інформація для управління системою та визначення, чи

					02.15.EE2226.KPM.2023 - ПЗ	
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

необхідно використовувати накопичувачі або постачати додаткову енергію з інших джерел. Розраховується за формулою:

$$\text{Різниця} = \text{Споживана енергія} - \text{Генерована енергія} \quad (3.1)$$

Розрахунки були виконані в Microsoft Excel на основі даних з табл. 3.1 і табл. 3.2.

Таблиця 3.6 – Різниця між споживанням та генерацією електричної енергії

	Години																							
Місяць	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
Січень	-15	-12	-9	-6	-6	-6	0	26	72	94	139	146	146	144	132	71	-19	-19	-20	-20	-20	-11	-18	-16
Лютий	-30	-28	-28	-28	-25	-25	-20	47	83	93	123	113	133	132	110	9	9	-34	-33	-33	-30	-22	-23	-31
Березень	-40	-40	-40	-40	-40	-40	4	78	89	90	121	111	111	110	111	93	9	-29	-28	-28	-29	-33	-40	-40
Квітень	-39	-39	-39	-39	-39	6	45	85	90	90	118	110	110	110	111	105	6	5	-37	-37	-38	-33	-33	-33
Травень	-40	-40	-40	-40	-17	47	47	93	93	93	122	122	122	122	121	110	11	9	-3	-3	-3	-3	-4	-4
Червень	-38	-38	-38	-38	6	30	30	60	60	60	90	90	90	90	90	80	9	8	19	-3	-3	-3	-3	-3
Липень	-39	-39	-39	-39	0	31	31	62	62	62	93	93	93	93	93	93	9	8	22	-3	-3	-3	-4	-4
Серпень	-39	-39	-39	-39	-3	27	31	62	62	62	93	93	93	93	93	9	8	-4	-2	-3	-3	-3	-4	-4
Вересень	-39	-39	-39	-39	-3	33	33	87	90	90	117	110	110	110	110	109	1	1	32	3	3	3	3	3
Жовтень	-40	-40	-40	-40	-4	44	44	99	84	86	117	112	113	114	114	105	1	3	38	38	39	39	40	40
Листопад	-17	-17	-16	-14	-14	-14	-14	50	78	81	116	115	115	112	92	24	18	-12	-6	-5	-9	-2	-1	-1
Грудень	27	27	27	27	31	33	46	85	100	101	115	115	115	114	92	-1	16	43	28	44	56	62	36	26
Рік	-349	-344	-341	-343	-204	15	23	81	96	105	110	111	111	111	110	6	3	-8	-3	-3	-3	-3	-3	-3

На графіку відображені зміни різниці між споживаною та згенерованою енергією з часом. Коли різниця позитивна, це означає, що генерація перевищує споживання і на графіку бачимо позитивний пік. Коли різниця негативна, це вказує на те, що споживання перевищує генерацію, і на графіку бачимо негативний пік.

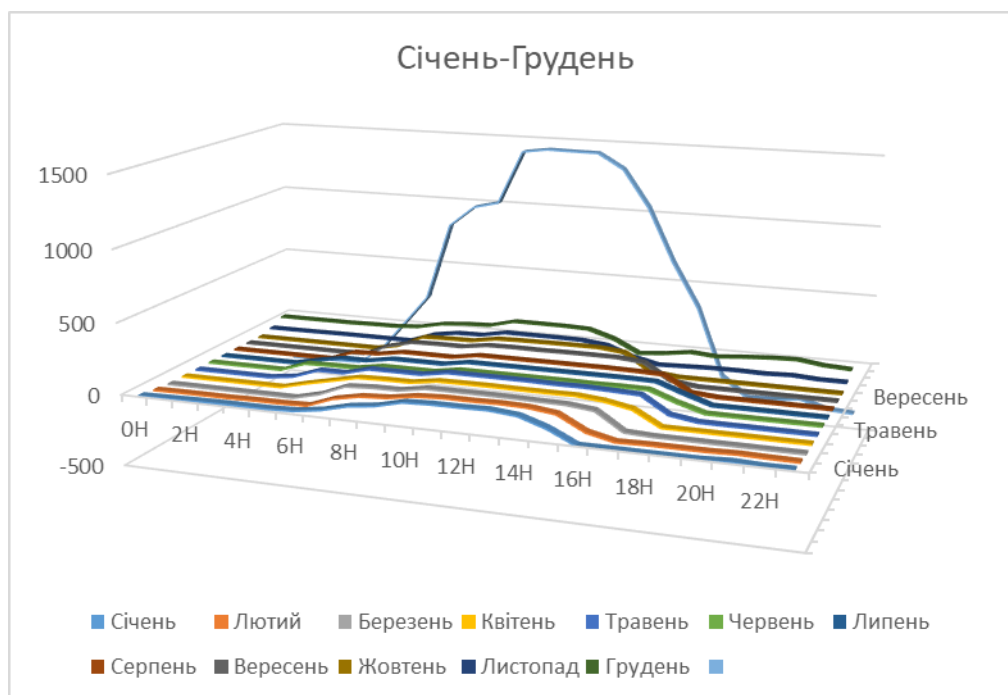


Рисунок 3.11 - Графік різниці між споживанням та генерацією (помісячний)

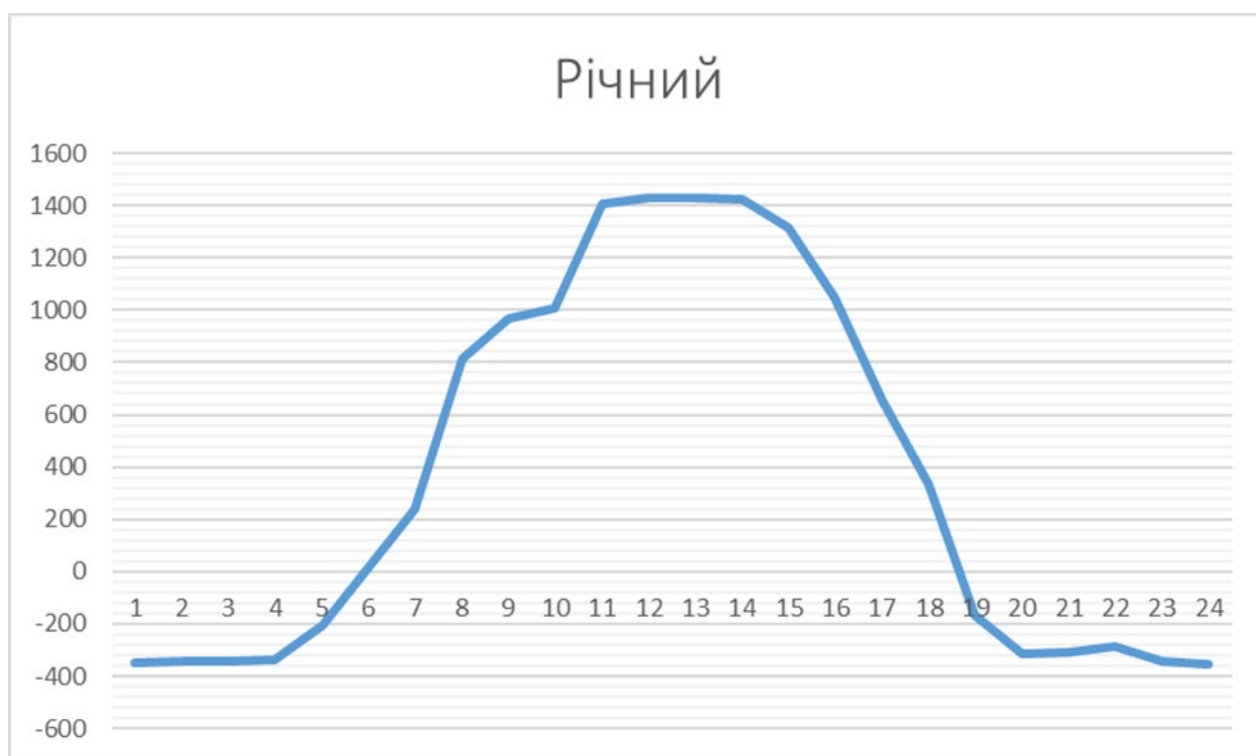


Рисунок 3.12 - Графік різниці між споживанням та генерацією (річний)

					02.15.EE2226.KPM.2023 - ПЗ	
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

3.7 Різниця між споживанням та накопиченням енергії

Визначення різниці між споживанням та накопиченням енергії важливо для оптимізації та контролю електроенергетичних систем, збереження відновлюваної енергії, забезпечення надійності та ефективності, а також для економічного управління енергією. Розраховується за формулою:

$$\text{Різниця} = \text{Споживана енергія} - \text{Накопичена енергія} \quad (3.2)$$

Розрахунки були виконані в Microsoft Excel на основі даних з табл. 3.1 і табл. 3.3.

Якщо різниця між споживаною та накопиченою енергією є негативною (споживання перевищує обсяг накопиченої енергії), це означає, що система не має достатньої кількості накопиченої енергії для задоволення поточних потреб споживання. У таких ситуаціях важливо вживати заходи для оптимізації генерації та накопичення енергії (збільшення виробництва енергії, покращення систем зберігання та оптимізацію споживання в моменти пікового навантаження). Якщо різниця є позитивною (накопичена енергія перевищує споживання), важливо правильно керувати та оптимізувати накопичення і використання накопиченої енергії для забезпечення ефективного та надійного використання ресурсів.

					02.15.EE2226.KPM.2023 - ПЗ	
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Таблиця 3.7 – Різниця між споживанням та накопиченням електричної енергії

	Години																							
Місяць	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
Січень	47	47	47	47	47	47	62	108	80	-31	-89	-142	-149	-208	-107	143	155	155	108	108	108	108	62	47
Лютий	42	42	42	42	42	42	56	87	-84	-261	-295	-133	-65	-127	-111	102	140	140	98	98	98	98	56	42
Березень	47	47	47	47	47	47	29	-103	-363	-264	-684	-19	4	34	81	113	124	124	124	124	93	93	47	47
Квітень	45	45	45	45	45	43	-113	-322	-346	58	93	101	96	9	122	120	120	120	120	120	90	90	45	45
Травень	47	47	47	47	48	-10	-350	-527	-57	43	114	124	124	124	124	122	122	124	124	124	93	93	47	47
Червень	30	30	30	30	43	-54	-332	-335	-24	30	75	84	90	90	90	90	90	90	90	90	90	60	60	60
Липень	31	31	31	31	38	-26	-303	-437	-433	38	85	87	93	93	93	93	93	93	93	93	93	62	62	62
Серпень	31	31	31	31	31	18	-216	-487	-171	-19	85	85	93	93	93	93	93	93	93	93	93	62	62	62
Вересень	45	45	45	45	45	45	-57	-277	-438	-116	54	82	68	41	94	120	120	120	120	120	90	90	45	45
Жовтень	47	47	47	47	47	47	34	-74	-324	-39	-104	-100	-25	-9	72	113	124	124	124	124	93	93	47	47
Листопад	45	45	45	45	45	45	45	73	-55	-204	-185	-81	-25	-57	50	120	120	120	120	120	90	90	45	45
Грудень	47	47	47	47	47	47	62	108	82	-34	70	-65	-44	24	134	155	155	155	155	155	155	62	47	47
Рік	502	502	502	502	522	289	-1049	-2197	-1816	-1240	-305	106	265	194	924	1384	1456	1459	1323	1323	1140	1140	639	594

Графік зміни накопичувача з часом, допоможе візуалізувати, як змінюється рівень заряду накопичувача протягом певного періоду часу. Коли різниця позитивна (споживана енергія менше, ніж накопичена), рівень заряду збільшується і на графіку бачимо підйом. Коли різниця негативна (споживана енергія більше, ніж накопичена), рівень заряду зменшується і на графіку бачимо спад.

					02.15.EE2226.KPM.2023 - ПЗ	
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

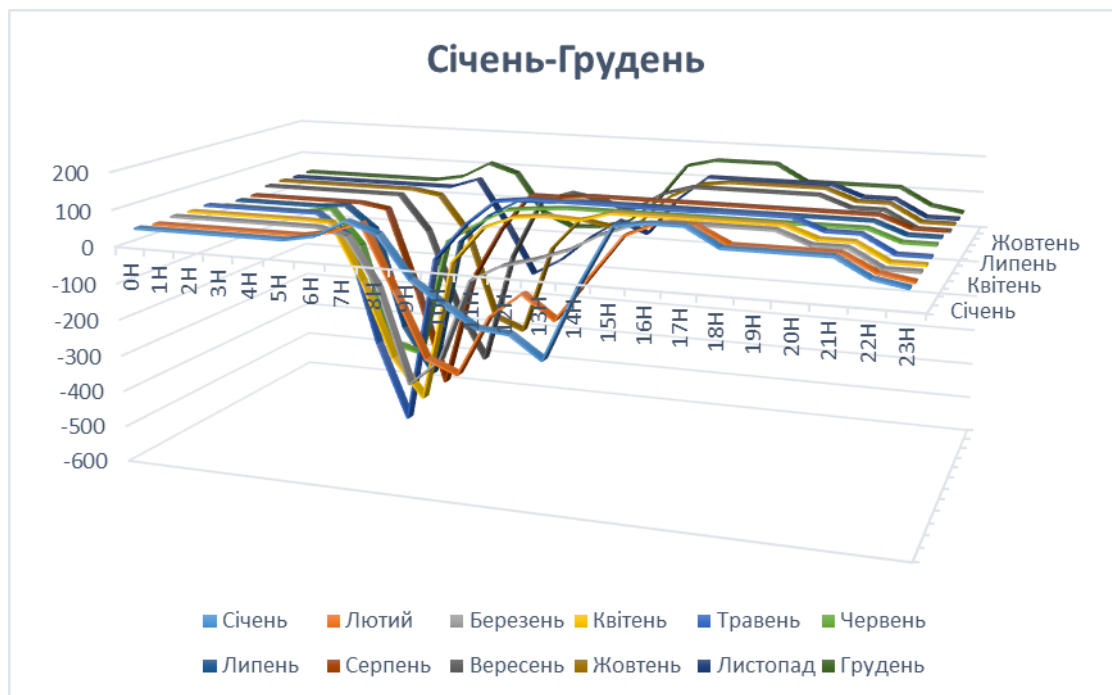


Рисунок 3.13 - Графік різниці між споживанням та накопиченням (помісячний)

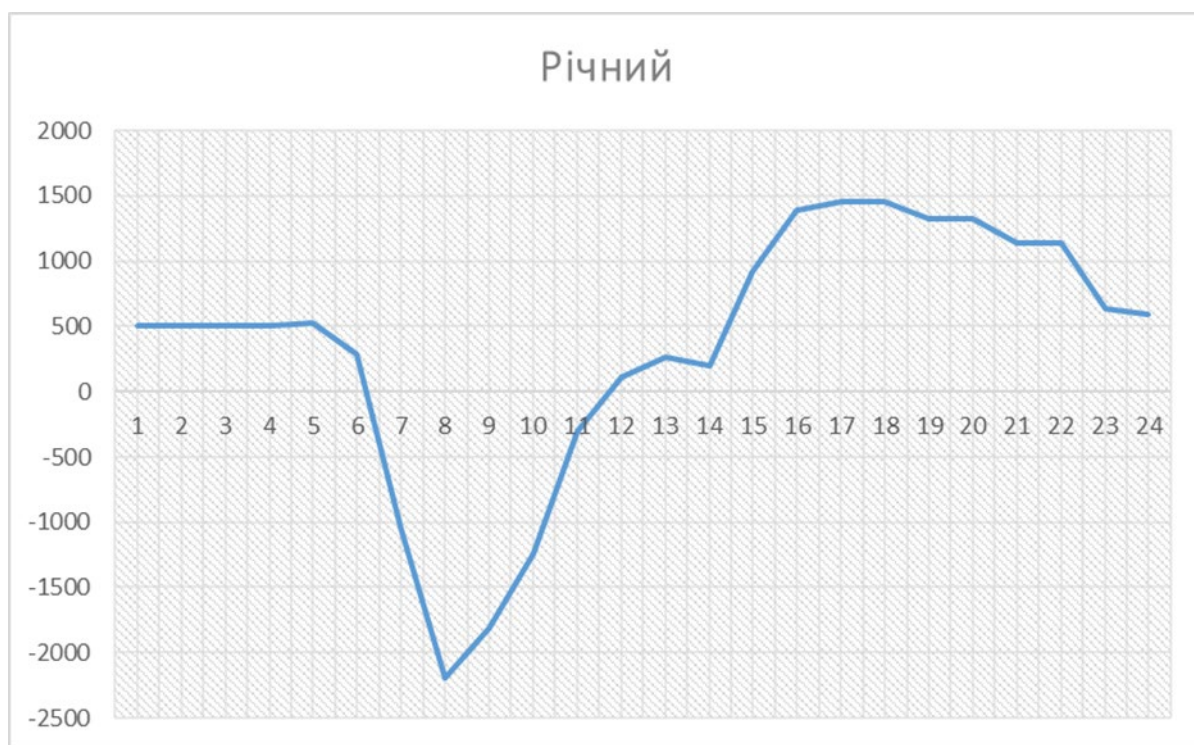


Рисунок 3.14 - Графік різниці між споживанням та накопиченням (річний)

					02.15.EE2226.KPM.2023 - ПЗ	
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

3.8 Різниця між споживанням та експортом електричної енергії

Визначення різниці між споживанням та експортом є важливим інструментом для управління енергетичними ресурсами, забезпечення стабільності системи та досягнення фінансової та екологічної ефективності. Розраховується за формулою:

$$\text{Різниця} = \text{Споживання} - \text{Експорт} \quad (3.3)$$

Розрахунки були виконані в Microsoft Excel на основі даних з табл. 3.1 і табл. 3.4.

Якщо різниця між споживанням та експортом є негативною, то обсяг споживання перевищує обсяг експорту, і система не має надлишкової енергії для експорту на зовнішні ринки або інші системи енергетики. У таких випадках система повинна надалі забезпечувати потреби споживачів внутрішньої системи. Якщо різниця позитивна, то надлишкову енергію можна використовувати для експорту.

					02.15.EE2226.KPM.2023 - ПЗ	
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Таблиця 3.8 – Різниця між споживанням та експортом енергії

	Години																											
Місяць	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23				
Січень	47	47	47	47	47	47	62	108	-9	-149	-246	-312	-330	-335	-318	46	155	155	108	108	108	108	108	62	47			
Лютий	42	42	42	42	42	42	56	24	-205	-399	-455	-444	-455	-411	-415	-92	92	140	98	98	98	98	98	56	42			
Березень	47	47	47	47	47	47	-17	-226	-520	-744	-883	-940	-999	-999	-683	-399	-122	109	124	124	93	93	47	47				
Квітень	45	45	45	45	45	-2	-212	-469	-790	-913	-1038	-1170	-1299	-1382	-850	-523	-237	8	118	120	90	90	45	45				
Травень	47	47	47	47	20	-105	-427	-747	-1060	-1344	-1537	-1690	-1799	-1851	-951	-638	-376	82	124	93	93	47	47					
Червень	30	30	30	30	-21	-142	-433	-744	-1060	-1344	-1537	-1690	-1799	-1851	-850	-523	-237	-186	179	89	90	90	60	60				
Липень	31	31	31	31	-3	-112	-415	-727	-1040	-1344	-1537	-1690	-1799	-1851	-850	-523	-237	-196	152	93	93	93	62	62				
Серпень	31	31	31	31	31	-46	-318	-646	-991	-1247	-1440	-1593	-1702	-1754	-736	-439	-102	69	93	93	93	62	62					
Вересень	45	45	45	45	45	36	-155	-435	-796	-1100	-1344	-1537	-1690	-1799	-1851	-850	-523	87	120	120	90	90	45	45				
Жовтень	47	47	47	47	47	47	-6	-207	-478	-844	-1172	-1457	-1690	-1799	-1851	-850	-523	97	124	124	93	93	47	47				
Листопад	45	45	45	45	45	45	45	16	-162	-329	-441	-495	-549	-593	-637	66	120	120	120	90	90	45	45					
Грудень	47	47	47	47	47	47	62	107	-18	-172	-222	-229	-238	-243	9	155	155	155	108	108	108	108	62	47				
Рік	502	502	502	502	391	-97	-179	-391	-791	-990	-1188	-1382	-1570	-1754	-1933	-476	-171	322	1105	1322	1140	1140	639	594				

Графік може бути корисним для візуалізації динаміки електроенергетичної системи.

					02.15.EE2226.KPM.2023 - ПЗ	
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

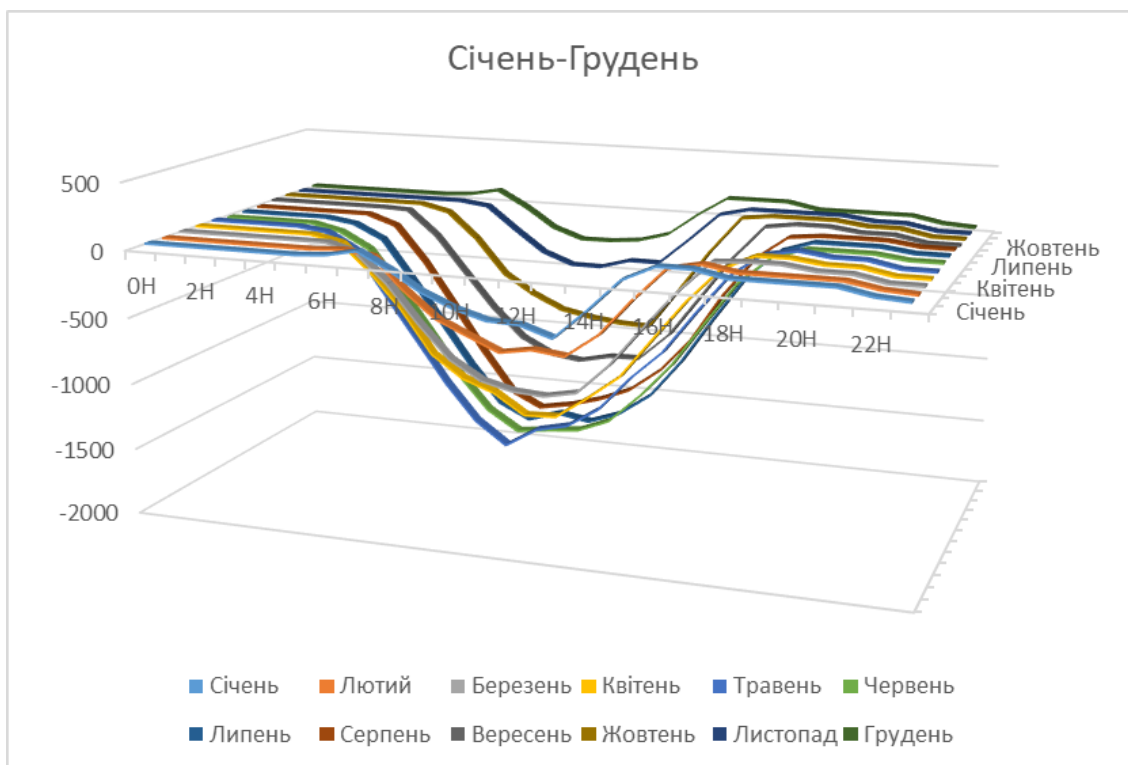


Рисунок 3.14 - Графік різниці між споживанням та експортом (помісячний)

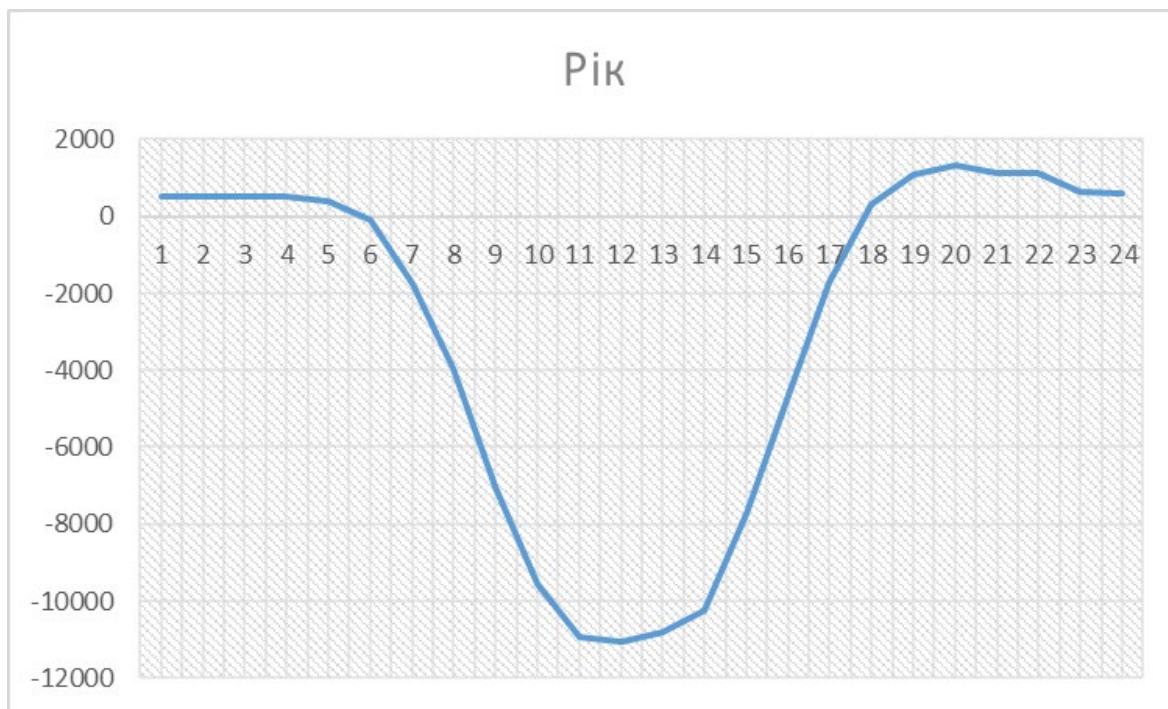


Рисунок 3.15 - Графік різниці між споживанням та експортом (річний)

3.9 Різниця між генерацією та накопиченням електричної енергії

Визначення допомагає оптимізувати використання енергії, забезпечити стабільність та надійність електроенергетичних систем, зменшити витрати та сприяти сталому розвитку. Розраховується за формулою:

					02.15.EE2226.KPM.2023 - ПЗ	
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Розрахунки були виконані в Microsoft Excel на основі даних з табл. 3.2 і табл. 3.3.

Таблиця 3.9 – Різниця між генерацією та накопиченням енергії

	Години																							
Місяць	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
Січень	62	59	56	53	53	53	62	82 5	8	-12 5	-22 8	-22 8	-29 5	-35 7	-14 9	72	17 4	17 4	12 8	12 8	12 8	11 9	80	63
Лютий	72	70	70	70	67	67	76	40	-16 7	-35 4	-41 8	-26 6	-19 7	-26 2	-14 1	-5	13 1	17 4	12 8	12 8	12 8	12 3	85	73
Березень	87	87	87	87	87	87	25	-18 1	-45 2	-37 8	-18 5	-14 0	-11 7	-86 6	-35	0	31	15 3	16 2	16 2	13 2	13 2	87	87
Квітень	84	84	84	84	84	37	-15 8	-40 7	-51 6	-13 2	-60 0	-27 7	-19 2	-22	-3	2	19	55	15 7	15 7	12 8	12 8	84	84
Травень	87	87	87	87	65	-57	-35 7	-61 3	-15 0	-50	-10	0	0	1	5	2	8	17	13 3	16 2	13 2	13 2	87	87
Червень	68	68	68	68	17	-84	-36 2	-41 3	-84	-30	-15	-6	0	0	0	2	0	2	71	12 7	12 8	12 8	98	98
Липень	70	70	70	70	38	-57	-33 9	-49 9	-10 5	-24	-8	-6	0	0	0	0	0	4	71	13 2	13 2	13 2	10	10
Серпень	70	70	70	70	70	-9	-24 7	-54 9	-23 3	-81	-8	-8	0	0	0	0	3	9	11 7	13 2	13 2	13 2	10	10
Вересень	84	84	84	84	84	78	-10 0	-35 5	-20 2	-63 6	-38	-50	-79 8	-26	1	18	13 2	15 7	15 7	12 8	12 8	84	84	
Жовтень	87	87	87	87	87	87	38	-15 3	-41 0	-42 5	-21 1	-14 3	-14 8	-52	8	14 0	16 2	16 2	16 2	13 2	13 2	87	87	
Листопа д	62	62	61	59	59	59	59	23	-13 3	-28 5	-27 0	-19 6	-14 0	-42	9	13 8	13 2	12 6	12 5	99	92	59	59	
Грудень	20	20	20	20	16	14	16	23	-11 9	-24 2	-22 5	-19 2	-19 8	-22	4	15 6	13 9	11 2	80	64	52	46	26	21
Рік	851	846	843	838	726	274	-128 6	-307 2	-221 1	-272 5	-173 0	-112 3	-112 6	-123 3	-333	835	800 5	115 1	146 9	163 6	144 9	942 3	980	946

Ця різниця вказує на те, скільки енергії було згенеровано і чи був її надлишок, який може бути збережений, або навпаки, чи система має дефіцит енергії.

Якщо різниця між генерацією та накопиченням енергії є негативною, це

					02.15.EE2226.KPM.2023 - ПЗ	
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

означає, що обсяг накопичення від'ємний і система не може накопичувати енергію. Тобто, система генерує менше енергії, ніж споживає або потребує, і не має надлишкової енергії для збереження.

Це може виникнути в ситуаціях, коли споживання енергії перевищує потужність генерації, і система не здатна виробляти достатньо енергії для покриття потреб. У таких випадках система може бути вразливою до нестачі енергії, і необхідно приймати заходи для покращення генерації або зменшення споживання енергії.

Графік відображає як змінюється стан накопичувача протягом певного періоду, та як відбувається накопичення або віддача енергії. Він дозволяє бачити, коли накопичувач заряджається та розряджається.

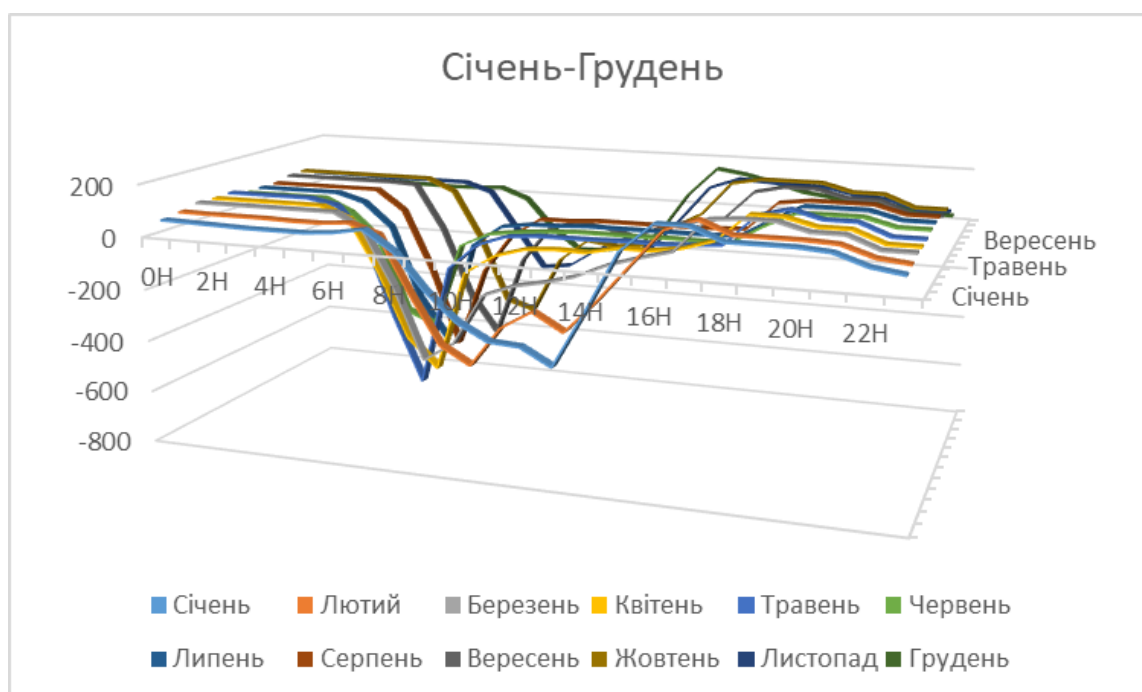


Рисунок 3.16 - Графік різниці між генерацією та накопичення (помісячний)

					02.15.EE2226.KPM.2023 - ПЗ	
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

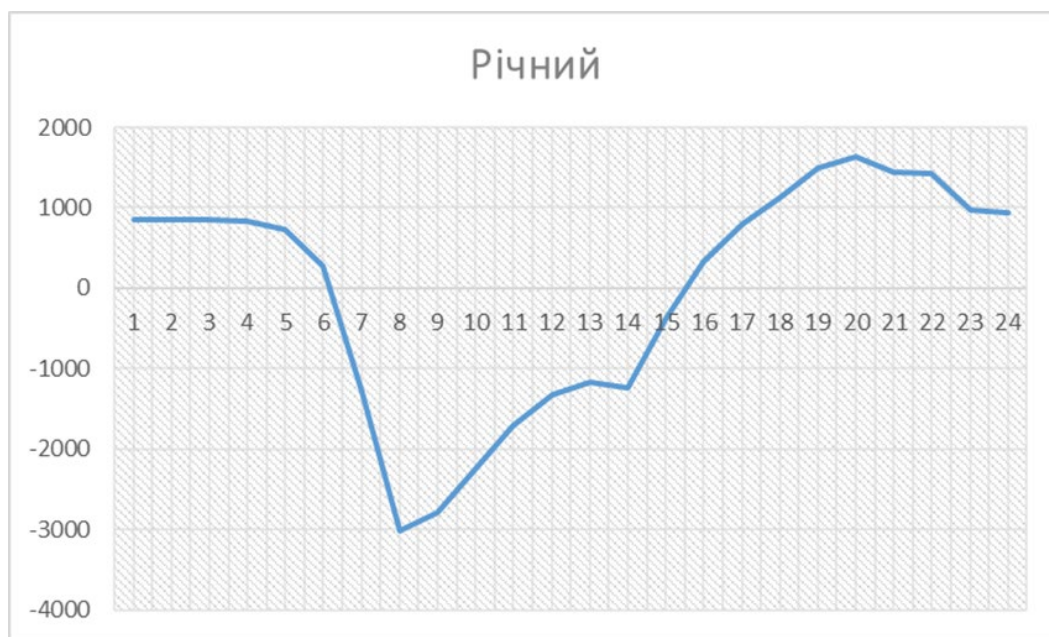


Рисунок 3.17 - Графік різниці між генерацією та накопиченням (річний)

Також за наявними даними можна розрахувати загальну вироблену енергію, що допомагає визначити загальний об'єм електричної енергії, який був згенерований та розподілений в системі. Формула:

$$\text{Загальна вироблена енергія} = \text{Генерація} + \text{Накопичення} - \text{Експорт} \quad (3.5)$$

Та коефіцієнт використання енергії, що показує на скільки ефективно система використовує генеровану енергію. Формула:

$$\text{Коефіцієнт використання} = \frac{\text{Споживання}}{\text{Генерація}} \times 100\% \quad (3.6)$$

Отже, отримавши всі результати необхідних розрахунків можна будувати алгоритми.

Вибраний об'єкт це магазин. Побудувати алгоритм, вибору джерела живлення для споживачів трьох категорій:

- 1 категорія – система аварійного керування освітленням;
- 2 категорія – комп'ютери, термінали та обладнання;
- 3 категорія – холодильники та кухонне обладнання.

Живлення можливе від:

Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата	02.15.EE2226.KPM.2023 - ПЗ	

- а) мережі (зовнішнього живлення);
- б) дизель-генератора;
- в) СЕС.

При відсутності а) працює б) та в).

Теоретичний базис та алгоритм управління енергозбереженням можна розробити, використовуючи підхід, що враховує стан живлення та активність груп споживачів, які були згадані раніше. Основна мета управління енергозбереженням полягає в ефективному використанні доступних джерел живлення та мінімізації споживання енергії.

Основні етапи розробки теоретичного базису та алгоритму управління енергозбереженням:

- 1) визначення джерел живлення: виокремлення доступних джерел живлення, таких як зовнішнє живлення (а), дизель-генератор (б) і сонячна електростанція (в). Визначення параметрів і характеристик кожного джерела живлення;
- 2) класифікація споживачів: розподіл споживачів на групи відповідно до їх характеристик і вимог до живлення. У вашому випадку, це група 1 (аварійне керування освітленням і фрамугами), група 2 (комп'ютери, термінали, обладнання) і група 3 (холодильники, кухонне обладнання);
- 3) визначення пріоритетів: надання пріоритету роботі кожної групи споживачів залежно від їх важливості та необхідності. Наприклад, група 1 (аварійне освітлення) може мати високий пріоритет, тоді як група 3 (холодильники) може мати нижчий пріоритет;
- 4) розробка алгоритму управління: на основі вищезгаданих етапів, розробка алгоритму управління енергозбереженням. Алгоритм повинен приймати рішення про використання джерел живлення та активність кожної групи споживачів відповідно до поточного стану живлення і пріоритетів;
- 5) реалізація алгоритму: перетворення розробленого алгоритму в програмний код або систему керування, яка може взаємодіяти зі споживачами та джерелами живлення. Це може включати автоматичне включення / вимкнення споживачів, керування джерелами живлення та моніторинг енергозбереження;

					02.15.EE2226.KPM.2023 - ПЗ	
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

б) оцінка ефективності: проведення оцінки ефективності алгоритму управління енергозбереженням. Це може включати аналіз споживання енергії до і після впровадження алгоритму, визначення економії енергії, зменшення витрат та інших показників ефективності.

Для побудови алгоритму, що враховує роботу трьох груп споживачів у магазині, з врахуванням різних джерел живлення, можна застосувати наступну схему:

- визначення стану живлення:

- 1) якщо є доступне зовнішнє живлення (а), то переходимо до кроку 2.
- 2) якщо немає доступного зовнішнього живлення (а), перевіряємо, чи працює дизель-генератор (б). Якщо так, переходимо до кроку 2. Якщо ні, переходимо до кроку 3.
- 3) якщо немає доступного зовнішнього живлення (а) та дизель-генератора (б), перевіряємо, чи працює сонячна електростанція (в). Якщо так, переходимо до кроку 2. Якщо ні, переходимо до кроку 3.

- робота з групами споживачів:

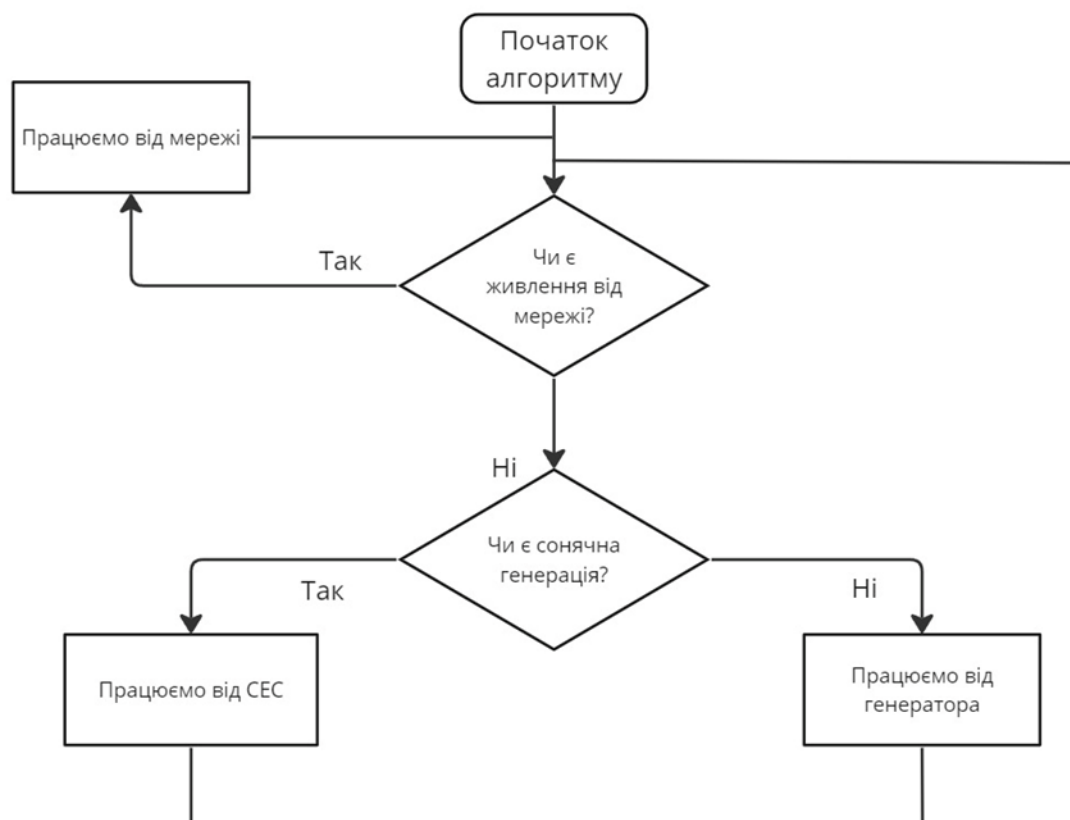
- 1) група 1 (аварійне керування освітленням і фрамугами): Вмикається автоматично при спрацюванні сигналізації, якщо є живлення (а), дизель-генератор (б) або сонячна електростанція (в).
- 2) група 2 (комп'ютери, термінали, обладнання): Працює тільки при наявності живлення (а). Якщо живлення (а) недоступне, але є дизель-генератор (б) або сонячна електростанція (в), то група 2 не працює.
- 3) група 3 (холодильники, кухонне обладнання): Працює тільки при наявності живлення (а) або дизель-генератора (б). Якщо живлення (а) та дизель-генератор (б) недоступні, але є сонячна електростанція (в), то група 3 не працює.

- використання джерел живлення:

- 1) якщо живлення (а) недоступне, але є дизель-генератор (б), то вмикається дизель-генератор і переходимо до кроку 2.
- 2) якщо немає доступного зовнішнього живлення (а), дизель-генератора (б) і

					02.15.EE2226.KPM.2023 - ПЗ	
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

сонячної електростанції (в), то всі групи споживачів не працюють.

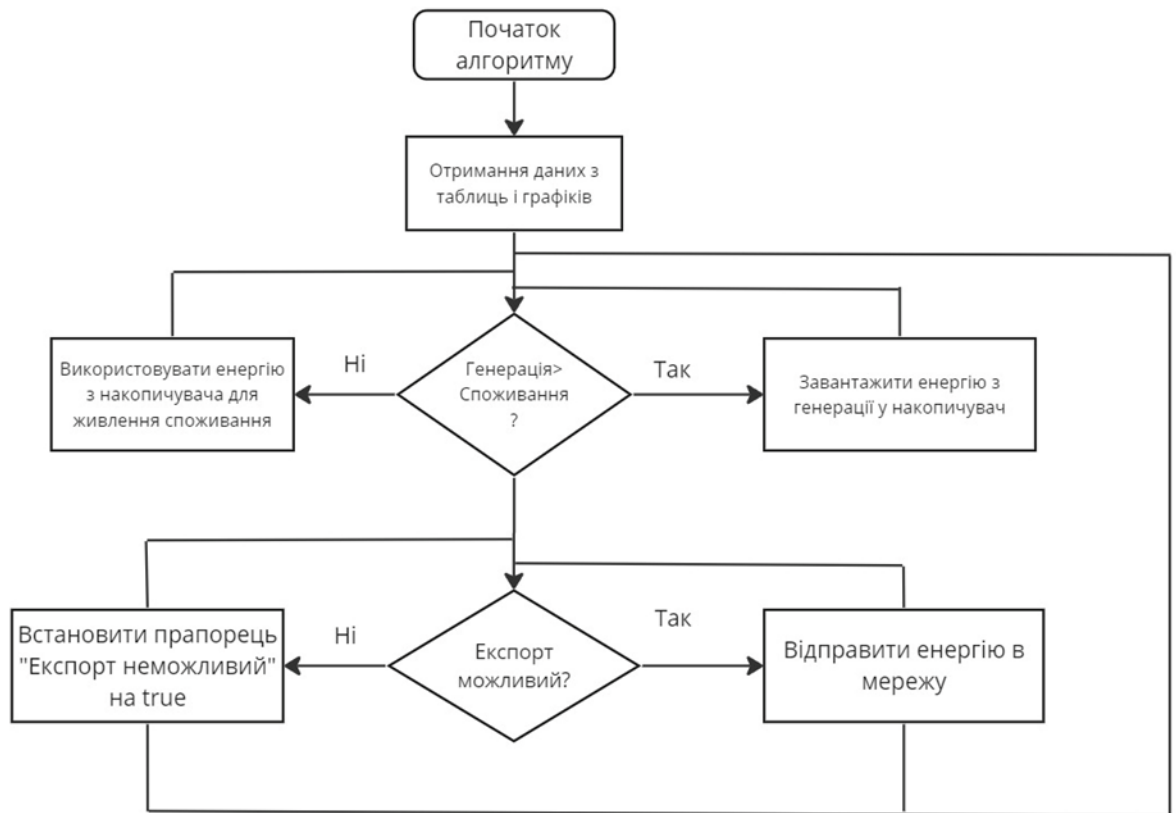


miro

Рисунок 3.18 – Алгоритм вибору джерела живлення

Якщо живлення стає можливим від накопичувача, то алгоритм вибору живлення виглядає наступним чином:

					02.15.EE2226.KPM.2023 - ПЗ	
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		



miro

Рисунок 3.19 – Алгоритм вибору живлення за наявності накопичувача

Умови для алгоритму: якщо споживання 50 кВт, генерація >50 кВт, а накопичувач не заряджений - заряджаємо накопичувач, якщо він заряджений - експортуємо в мережу.

Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата	02.15.EE2226.KPM.2023 - ПЗ	

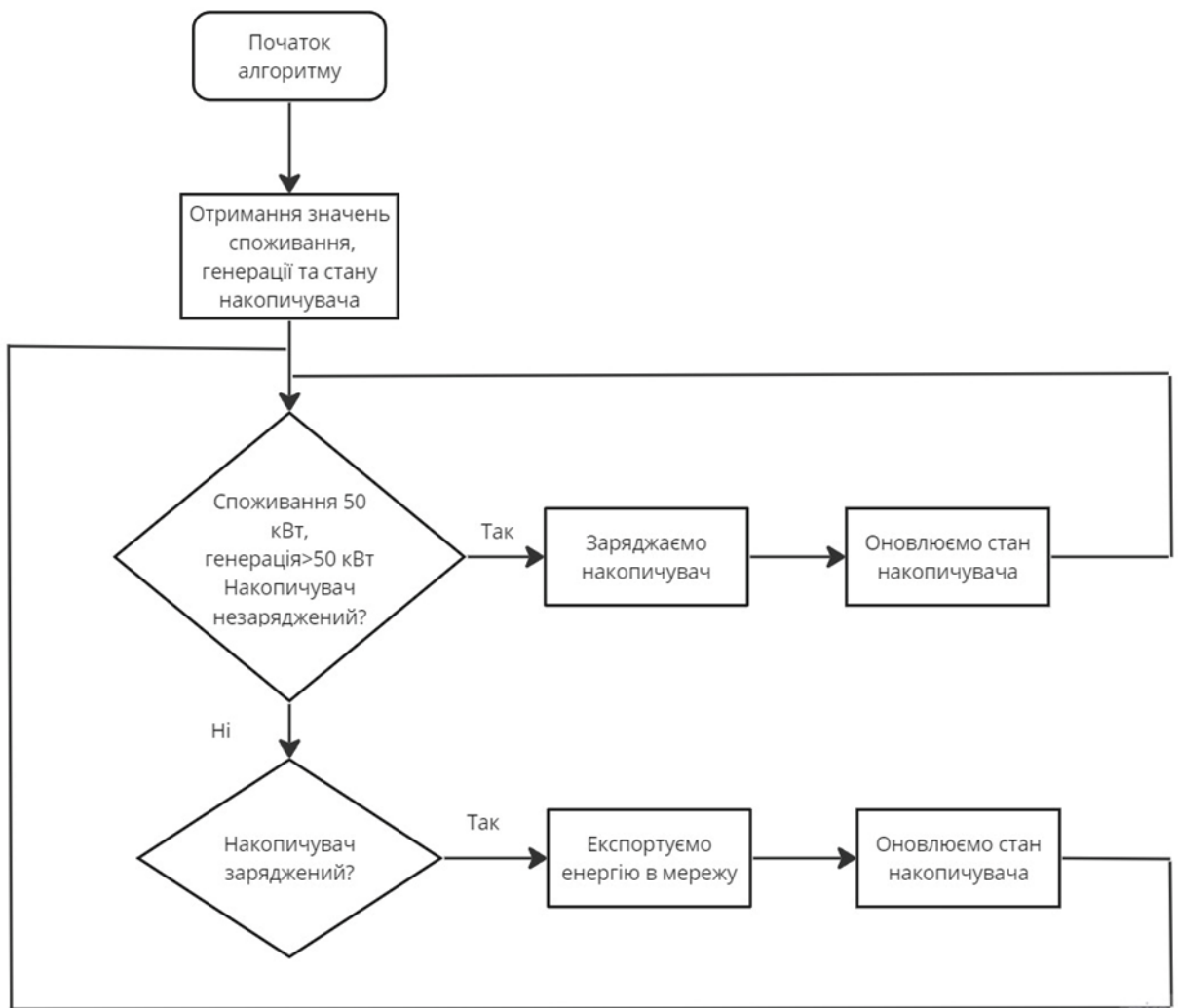


Рисунок 3.20 – Алгоритм вибору джерела живлення за наявних умов

Цей алгоритм враховує, чи є живлення від мережі (grid_power). Якщо живлення відсутнє, а умови для генерації та зарядки накопичувача виконуються, то здійснюється зарядка накопичувача або експорт в мережу. У разі наявності живлення від мережі, використовується енергія з накопичувача або генератора для живлення споживання в залежності від умов.

					02.15.EE2226.KPM.2023 - ПЗ	
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

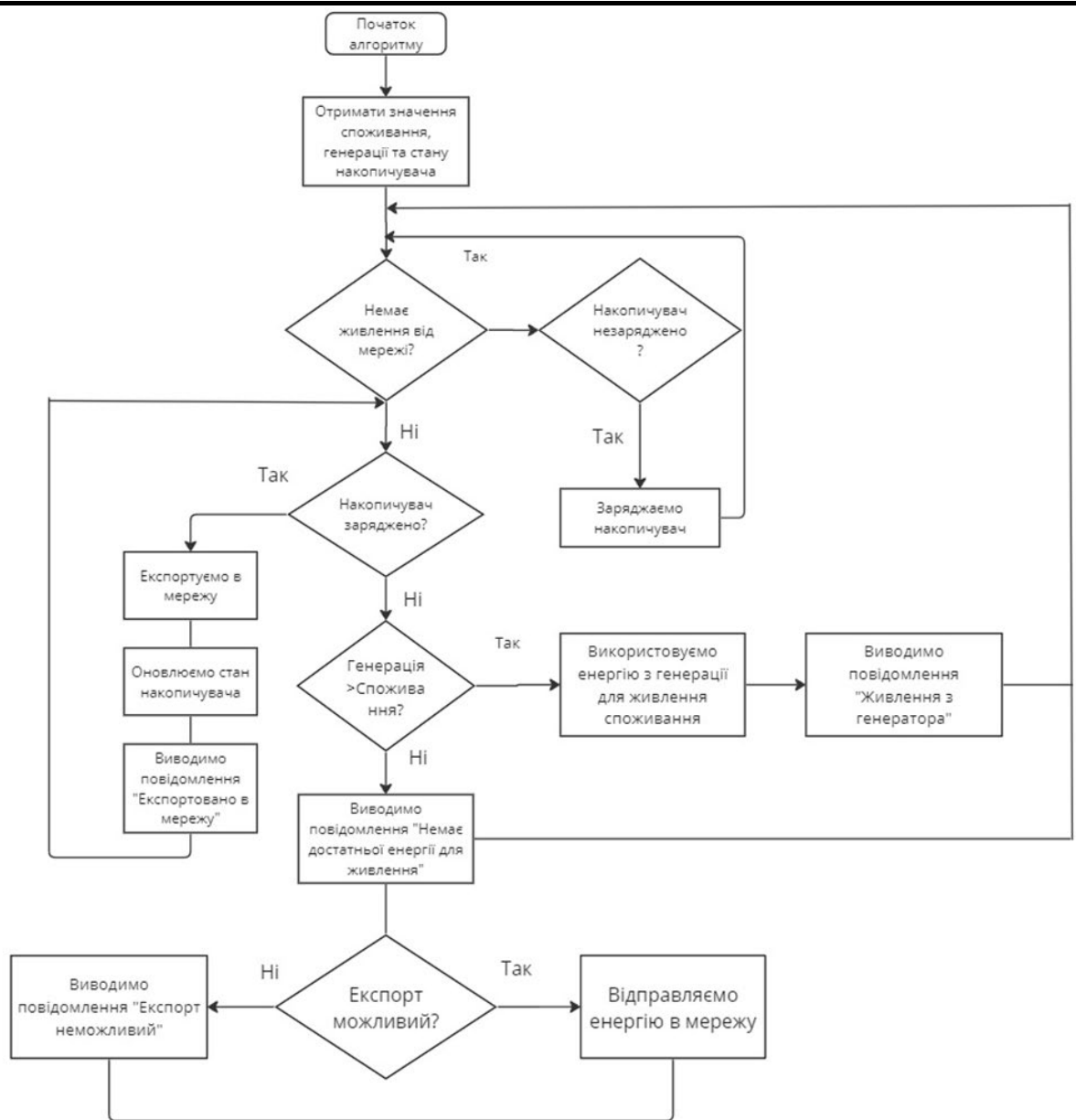


Рисунок 3.21 – Результуючий алгоритм

Реалізація алгоритму відбувається за допомогою програмного коду, написаного в середовищі Python.

Даний програмний код призначений для виконання алгоритму наведеного на рис.3.21. В цьому коді **MainAlgorithm** містить основну логіку управління енергозабезпеченням. Метод перевіряє умови та вирішує, які дії слід виконати в залежності від статусу живлення від мережі та виконання умов. Кожна дія (генерація, зарядка, експорт, використання зберігання, використання генератора) реалізована відповідним методом.

```

# Припустимі функції для взаємодії з даними і графіками
def get_consumption_data_from_graph():
    # Реалізація отримання даних з графіка споживання
    pass

def get_generation_data_from_graph():
    # Реалізація отримання даних з графіка генерації
    pass

def get_storage_data_from_graph():
    # Реалізація отримання даних з графіка накопичення
    pass

def update_graphs(consumption_data, generation_data, storage_data):
    # Реалізація оновлення графіків
    pass

# Основна функція алгоритму
def main_algorithm():
    consumption_data = get_consumption_data_from_graph()
    generation_data = get_generation_data_from_graph()
    storage_data = get_storage_data_from_graph()

```

```

battery_status = "discharged"
grid_power = False

for time_step in range(len(consumption_data)):
    consumption = consumption_data[time_step]
    generation = generation_data[time_step]
    storage = storage_data[time_step]

    if not grid_power and consumption > 50 and generation > 50:
        if battery_status == "discharged":
            load_energy_into_storage(generation)
            battery_status = "charged"
            print("Заряджено накопичувач")
        else:
            send_energy_to_network(generation)
            battery_status = "discharged"
            print("Експортовано в мережу")
    elif grid_power:
        if battery_status == "charged":
            use_energy_from_storage(consumption)
            storage -= consumption
            print("Живлення з накопичувача")
        elif generation > consumption:
            use_energy_from_generation(consumption)
            print("Живлення з генератора")
        else:
            print("Немає достатньої енергії для живлення")

```

					02.15.EE2226.KPM.2023 - ПЗ	
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

```

if export_possible(generation, consumption):
    send_energy_to_network(generation)
else:
    print("Експорт неможливий")

update_graphs(consumption_data, generation_data, storage_data)

```

Рисунок 3.22 – Програмний код з середовища Pyton.

					02.15.EE2226.KPM.2023 - ПЗ	
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ

В першому розділі було розглянуто існуючі системи управління енергозабезпеченням, їх структуру та заходи, яких можна вжити для вдосконалення цих систем і їхнього подальшого розвитку.

В другому розділі проведено огляд недоліків систем управління енергозабезпеченням, що впливають на ефективність та надійність їхньої роботи. Наведено можливі шляхи перетворення недоліків системи у переваги.

У третьому розділі наведено табличні дані та графіки споживання, генерації, накопичення, розряджання та експорту електричної енергії. Проведено розрахунки різниць між споживанням, генерацією, накопиченням, розряджанням та експортом електричної енергії, зведено отримані дані до таблиць та побудовано графіки різниць цих процесів. Наведено основні етапи розробки теоретичного базису та алгоритму управління енергозабезпеченням, а також блок-схеми цих алгоритмів та програмного коду реалізації алгоритму в середовищі Python.

					02.15.EE2226.KPM.2023 - ПЗ	
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. <https://core.ac.uk/download/pdf/339163988.pdf>
2. <https://core.ac.uk/download/pdf/48403299.pdf>
3. <https://cvgaszbut.com.ua/information-business/informacia-sodo-castki-koznogo-dzerela-energii-aka-bula-vikoristana-u-zagalnij-strukturi-balansu-elektroenergii-17>
4. <http://jiks.kart.edu.ua/article/download/76536/72384>
5. <https://www.ukrlogos.in.ua/10.11232-2663-4139.16.23.html>
6. <https://science.lpnu.ua/sites/default/files/journal-paper/2017/jun/3350/0594.pdf>
7. <https://core.ac.uk/download/pdf/48404904.pdf>
8. https://niss.gov.ua/sites/default/files/2022-12/ad_new-energy-technologies_gotove.pdf
9. <http://ief.org.ua/wp-content/uploads/2019/12/Dis-Bykonia-O..pdf>
10. An Intelligent Energy Management System Solution. / N. Gaitan, I. Ungurean, G. Corotinski and C. Roman // Sustainability 2023, 15. 2351/
11. Smart Grid Technology. / M. Kapse, N. Patel, Sh. Narayankar, prof. Sachin A. Malvekar // International Journal of Information technology and Computer engineering, ISSN: 2455-5290.
12. Intelligent Energy Management System / M. Cirrincione, S. Gaglio, M. Cossentino, V. Hilaire // Conference paper, july 2009/ DOI: 10.1109/INDIN.2009.5195809
13. M. G. Simoes, F. A. Farret, Renewable Energy Sources, CRC press, 2004/
14. О.В. Немикіна Поновлювальні та альтернативні джерела енергії: навчальний посібник / Немикіна О. В.- Д: НУ«Запорізька політехніка», 2020.

					02.15.EE2226.KPM.2023 - ПЗ	
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		