

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**СУМСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**  
**Інженерно-технологічний факультет**  
**Кафедра енергетики та електротехнічних систем**

До захисту  
Допускається  
Завідувач кафедри енергетики та  
електротехнічних систем

---

доцент Чепіжний А.В.

**ДИПЛОМНА РОБОТА**  
за магістерським рівнем вищої освіти

На тему: «Дослідження особливостей синхронізації  
гідроелектростанції з основною мережею»

Виконав

---

(підпис)

Гнезділов С.Л.  
(прізвище, ініціали)

Група

ЕТЕС 2301-2м

(Науковий) керівник:

---

(підпис)

Чепіжний А.В.  
(прізвище, ініціали)

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**СУМСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**  
**Інженерно-технологічний факультет**  
**Кафедра енергетики та електротехнічних систем**

Ступінь вищої освіти «Магістр»

Спеціальність 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

завідувач кафедри енергетики та  
електротехнічних систем

доцент \_\_\_\_\_ Чепіжний А.В.  
(підпис, вчене звання, прізвище, ініціали)

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 202\_\_ року

**ЗАВДАННЯ**  
**НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ**  
**ЗДОБУВАЧУ ВИЩОЇ ОСВІТИ**

Гнезділов Сергій Леонідович

(прізвище, ім'я та по батькові)

**1. Тема роботи:** Дослідження особливостей синхронізації гідроелектростанції з основною мережею

керівник роботи: Чепіжний Андрій Володимирович, к.т.н., доцент  
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджено наказом по закладу вищої освіти від «26» \_\_\_\_\_ 02 \_\_\_\_\_ 2024 р. № 572/ос

**2. Термін подання здобувачем закінченої роботи** «11» \_\_\_\_\_ 11 \_\_\_\_\_ 2024 р.

**3. Вихідні дані до роботи** показники з роботи гідроелектростанцій, технічні характеристики обладнання, нормативні документи для проведення досліджень, стандарти, постанови про забезпечення якості електричної енергії.

**4. Зміст пояснювальної записки** (перелік питань, що підлягають розробці):

ВСТУП.

1. АНАЛІЗ ОСОБЛИВОСТЕЙ ВИРОБІТКУ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ ГІДРОЕЛЕКТРОСТАНЦІЯМИ.

2. АНАЛІЗ ОСОБЛИВОСТЕЙ РОБОТИ ГІДРО-ЕЛЕКТРОСТАНЦІЙ.

3. АНАЛІЗ ОСОБЛИВОСТЕЙ СИНХРОНІЗАЦІЇ РОБОТИ ГІДРОЕЛЕКТРОСТАНЦІЙ З ЗАГАЛЬНОЮ СИСТЕМОЮ.

4. ОХОРОНА ПРАЦІ.

5. ЕКОНОМІЧНЕ ОБґРУНТУВАННЯ.

ВИСНОВКИ ТА ПРОПОЗИЦІЇ.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.

## 5. Перелік графічного (ілюстративного) матеріалу:

Презентаційний матеріал виконаний в програмі Power Point

---

## 6. Консультанти розділів роботи:

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата

## КАЛЕНДАРНИЙ ГРАФІК

№ з/п	Назва етапів дипломної роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітки
1	Аналіз літературних джерел з обраної тематики	до 15.08.2024 р.	
2	Складання плану роботи	до 23.08.2024 р.	
3	Написання вступу	до 26.08.2024 р.	
4	Підготовка розділу «Розділ 1»	до 28.08.2024 р.	
5	Підготовка розділу «Розділ 2»	до 16.09.2024 р.	
6	Підготовка розділу «Розділ 3»	до 14.10.2024 р.	
7	Підготовка розділу «Розділ 4»	до 21.10.2024 р.	
8	Написання висновків та пропозицій	до 28.10.2024 р.	
9	Подання роботи на перевірку унікальності до експертної ради факультету	до 01.11.2024 р.	
10	Подання роботи на рецензування	до 05.11.2024 р.	
11	Подання до попереднього захисту	до 12.11.2024 р.	

Здобувач вищої освіти

\_\_\_\_\_

(підпис)

(Гнезділов С.Л.)

(прізвище, ініціали)

(Науковий) керівник  
дипломної роботи

\_\_\_\_\_

(підпис)

(Чепіжний А.В.)

(прізвище, ініціали)

## РЕФЕРАТ

Дослідження особливостей синхронізації гідроелектростанції з основною мережею. Магістерська робота / Гнезділов Сергій Леонідович – Суми: СНАУ, 2024 р. – 41 с.

В роботі наведено основні відомості про основні гідроелектростанції, що виробляють електроенергію та загальний розподіл ВДЕ при визначенні частки гідроенергетики. Проведено аналіз особливостей організації «зеленого» тарифу для гідроелектростанцій.

Визначено вплив роботи гідроелектростанцій для роботи в загальній електромережі з аналізом особливостей генерації електроенергії. Запропоновано заходи по регулювання та особливостям визначення заходів синхронізації роботи гідроелектростанцій.

Проведено аналіз особливостей виробітку електроенергії від гідроелектростанцій в мережі. Та запропоновано аналіз показників напруги в мережі. Виконано узгодження роботи гідроелектростанцій в залежності від навантаження споживачів.

Наведено заходи по охороні праці та економічному обґрунтуванні. По роботі виконано висновки та запропоновано основні пропозиції.

**Ключові слова:** гідроелектростанція, зелений тариф, напруга, синхронізація, генерація, гідрогенератор, електрична мережа, споживачі, параметри.

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
1 АНАЛІЗ ОСОБЛИВОСТЕЙ ВИРОБІТКУ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ ГІДРОЕЛЕКТРОСТАНЦІЯМИ.....	7
1.1 Відомості про гідроелектростанції що виробляють електроенергію.....	7
1.2 Загальний розподіл ВДЕ в енергетичній системі України.....	9
1.3 Характеристика зеленого тарифу для гідроелектростанцій.....	12
Висновки до розділу.....	13
2 АНАЛІЗ ОСОБЛИВОСТЕЙ РОБОТИ ГІДРО-ЕЛЕКТРОСТАНЦІЙ.....	14
2.1 Визначення основних параметрів впливу на електричні мережі.....	14
2.2 Особливості забезпечення короткочасного регулювання.....	21
Висновки до розділу.....	23
3 АНАЛІЗ ОСОБЛИВОСТЕЙ СИНХРОНІЗАЦІЇ РОБОТИ ГІДРОЕЛЕКТРОСТАНЦІЙ З ЗАГАЛЬНОЮ СИСТЕМОЮ.....	24
3.1 Аналіз впливу роботи гідроелектростанцій на енергетичну мережу.....	24
3.2 Особливості відхилення показників напруги в електричній мережі.....	28
3.3 Виконання узгодження роботи гідроелектростанцій з споживачами мережі.....	30
Висновки до розділу.....	32
4 ОХОРОНА ПРАЦІ.....	33
Висновки до розділу.....	34
5 ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ.....	35
Висновки до розділу.....	38
ВИСНОВКИ ТА ПРОПОЗИЦІЇ.....	39
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	41

## ВСТУП

*Актуальність теми.* Загальна електрична система України має доволі хиткий баланс за значеннями потужностей. При цьому баланс потужностей фактично формується різноманітними генеруючими джерелами. До основних джерел генерації відноситься фактично атомні електростанції та теплові електростанції. Вони фактично формують загальний баланс. При цьому в умовах виникнення пікових режимів швидке регулювання системи не можливе, а отже виникає необхідність використання більш гнучких джерел генерування потужностей. До таких джерел генерації можуть відноситись фактично гідроелектростанції, що дозволяють швидко отримати необхідну потужність.

Доцільно зазначити, що більшість гідроелектростанцій України є малими по потужностям і використовуються фактично поблизу невеликих населених пунктів для підтримання необхідного значення навантаження та напруги для них.

Виходячи з такого використання гідроелектростанцій необхідною умовою є виконання синхронізації потужностей з іншими джерелами генерації електроенергії. А отже дана тема на сьогодні є доволі актуальною та повинна мати продовження в дослідженнях.

*Мета та задачі дослідження.* Метою роботи є проведення дослідження по синхронізації роботи малих гідроелектростанцій з основними мережами електропостачання.

Для проведення дослідження нами пропонується вирішити наступні задачі:

1. Виконати аналіз особливостей виробітку електроенергії різними гідроелектростанціями.
2. Провести аналіз особливостей генерування електроенергії гідроелектростанціями в різних часових проміжках.
3. Визначити загальний вплив гідроелектростанцій на електричну мережу та навести основні особливості їх синхронізації з мережею.

**Об'єктом дослідження** в роботі є параметри генерування електроенергії малими гідроелектростанціями Сумського регіону з врахуванням особливостей їх синхронізації з мережею

**Предметом дослідження** в роботі є можливість синхронізації гідроелектростанцій з мережею для забезпечення підтримки основних її параметрів.

**Методи дослідження.** Основними методами проведення досліджень були графічні методи з використанням аналітичних залежностей визначення генерування електроенергії.

**Практичне значення отриманих результатів** полягає в визначенні особливостей роботи гідроелектростанцій в загальній мережі для забезпечення якості електроенергії в місцях їх розташування.

# **1 АНАЛІЗ ОСОБЛИВОСТЕЙ ВИРОБІТКУ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ ГІДРОЕЛЕКТРОСТАНЦІЯМИ**

## **1.1 Відомості про гідроелектростанції що виробляють електроенергію**

Доволі бурхливого розвитку набула галузь гідроенергетики за радянського союзу. При цьому в основному виконувалось будівництво, як малих так і великих електростанцій. Додатково розбудовувались атомні електростанції та теплоелектростанції.

Основну кількість електроенергії фактично виробляли атомні електростанції, а всі інші використовувались для підтримання пікових навантажень в електричній мережі при споживанні електроенергії.

Так великі гідроелектростанції на рівні з основними електростанціями мережі виконувати фактично функцію забезпечення електроенергією основних галузей країни з передачею електроенергії в мережу. При цьому необхідною особливістю є використання різноманітних водних ресурсів для підтримання загального виробітку електроенергії протягом часового проміжку.

Необхідною та важливою особливістю використання малих річок є встановлення на них гідроелектростанцій з малою потужністю. При цьому всі ці гідроелектростанції розкидані по території України та пов'язуються з електричними мережами фактично в їх місці розташування.

Враховуючи основні особливості влаштування гідроелектростанцій необхідно зауважити, що даний тип джерел енергії потребує використання в першу чергу великої кількості води, а отже необхідно враховувати місце під водосховище.

Для більш детального розгляду питання забезпечення водними ресурсами України для реалізації можливості використання її в галузі гідроенергетики нами розглянуто на рисунку 1.1.



Рисунок 1.1 – Забезпечення території України водними ресурсами для реалізації гідроенергетики

З рисунку 1.1 бачимо доволі велику кількість водних ресурсів на території України. При цьому найбільшою річкою є Дніпро, що утворює певну територію з її басейном. До басейну Дніпра фактично належить доволі велика кількість територій.

Виходячи з цього найбільші гідроелектростанції фактично знаходяться на ній. В результаті такого розташування фактично використовуються і відповідні водосховища, що утворюються в результаті встановлення даних гідроелектростанцій. На карті вони також зображені по руслу річки Дніпро.

Велика гідроенергетика потребує великих об'ємів водних ресурсів та великих річок. Більшість річок України є малими чи навіть середніми. При цьому на таких річках доволі часто встановлюються різного роду та розмірів гідроелектростанції.

Подібні малі гідроелектростанції мають певний вплив на електричні мережі, оскільки вони в основному використовуються для підтримки рівня напруги в мережі та загальних показників якості електричної енергії.

Для більшого розуміння особливостей розподілу гідроелектростанцій по параметру потужностей та кількості виробленої електроенергії, що направляється в електричну мережу. Данні наведено в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Відомості про виробництво електроенергії малими гідроелектростанціями на території України

Групи ГЕС відомча підпорядкованість	Кількість		Потужність		Виробництво електроенергії (орієнтовно)	
	ГЕС	% від загальної кількості	тис. кВт	% від загальної потужності	всього, млн. кВт·год	% від загального виробництва
Діючі	49	100	93,3	100	248,9	100
у тому числі:						
Міненерго	36	73,5	86,1	92,3	227,6	91,4
Мінсільгосп	11	22,4	3,3	3,5	3,1	1,3
інші відомства	2	4,1	3,9	4,2	18,2	7,3
Не діючі	101	100	26,3	100	-	-
у тому числі:						
Міненерго	18	17,8	8,5	32,3	-	-
Мінсільгосп	81	80,2	17,2	65,4	-	-
інші відомства	2	2,0	0,6	2,3	-	-
Всього	150	-	119,6	-	-	-

Як видно з даних таблиці 1.1 на території України розташовуються фактично діючих 49 гідроелектростанцій. В загальному випадку дані гідроелектростанції виробляють більше 240 млн. кВт·год електроенергії, що подається в електричну мережу в різних регіонах та областях України. При цьому загальна їх потужність, що визначена підсумовуванням потужностей всіх міні-гідроелектростанцій становить більше 93 тис. кВт.

Також в даній таблиці вказано власника даних гідроелектростанцій. При цьому ми бачимо, що більшість електростанцій належать та розташовуються відповідно в сільськогосподарських територіях. А отже потрібно враховувати цю їх особливість та прийняти їх за основу аналізу.

## 1.2 Загальний розподіл ВДЕ в енергетичній системі України

Необхідно зауважити, що гідроелектростанції всіх розмірів та типів фактично належать до джерел енергії, що характеризуються як відновлювальні. Виходячи з цього необхідно зауважити, що всі ВДЕ мають

значний вплив на роботу електричної мережі. При цьому для подальших досліджень визначимо частку основних з них в енергетичній галузі, що використовуються на сьогодні. Данні по розподілу ВДЕ наведено на рисунку 1.2.

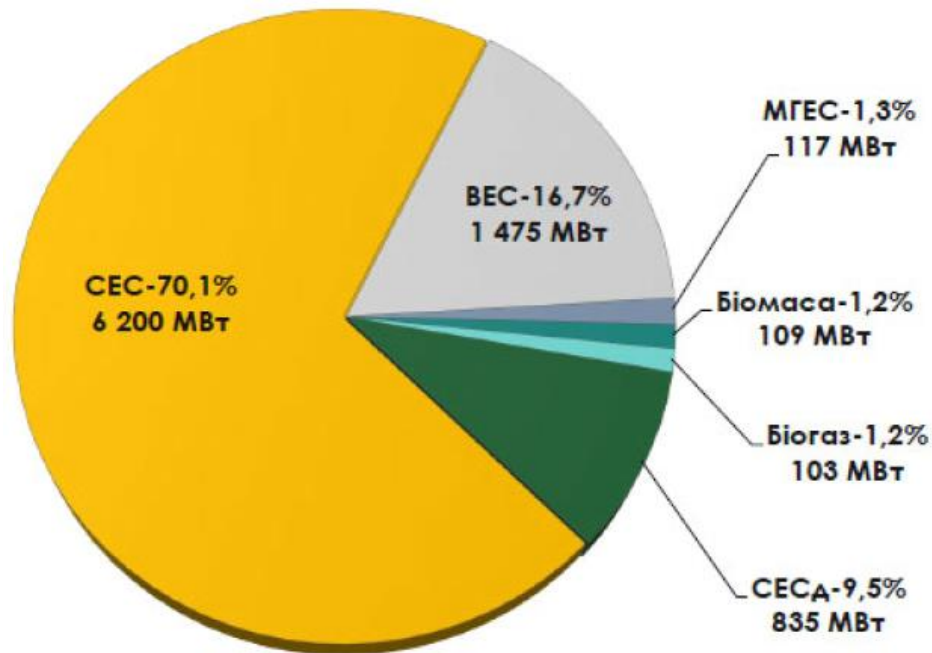


Рисунок 1.2 – Діаграма для врахування розподілу ВДЕ за значенням потужності

З аналізу рисунку 1.2 бачимо, що більшість потужностей, що виробляється від ВДЕ припадає саме на сонячні станції по виробітку електроенергії. Наступним показником по потужності є вітроелектростанції.

Враховуючи таку особливість, потрібно в аналізі загальної передачі електроенергії в мережу адже дані електростанції мають значний вплив на роботу електромережі. При цьому і гідроелектростанції додають певного дисбалансу по коливанню параметрів в електричній мережі.

Малі гідроелектростанції фактично по кількості показнику потужності становить фактично 1,3 %, а отже вплив на загальну електромережу України від них є незначним. Тому необхідною умовою є аналіз місцевих електричних мереж оскільки саме на них виникає значний вплив.

Так для аналізу пропонується обрати фактично Сумську область з основними типами ВДЕ. При цьому додатково необхідно врахувати генерацію від розташованих в даній області гідроелектростанцій.

На сьогодні в Сумській області використовується фактично три малих гідроелектростанцій, що встановлені на річці Псел. Необхідно сказати, що загальна їх потужність на сьогодні складає 1,96 МВт потужності. При цьому всі вони розосереджені по різним населеним пунктам вздовж течії річки.

Необхідно зазначити, що річка Псел сьогодні використовується доволі активно в плані гідроенергетики. На її руслі встановлено фактично 11 гідроелектростанцій але діючих з них на сьогодні залишається 8 шт. Так в таблиці 1.2 наведено основні гідроелектростанції для річки Псел з вказанням їхньої потужності.

Таблиця 1.2 – Основні гідроелектростанції розташовані річці Псел (дані НКРЕ)

ГЕС	Потужність, кВт
Низівська (діюча)	480
Маловорожбянська (діюча)	350
Михайлівська (діюча)	180
Бродівська (діюча)	180
Рашівська	300
Великосорочинська (діюча)	360
Шишацька (діюча)	550
В. Багачанська	300
Білоцерківська	300
Остап'євська (діюча)	218
Сухорабівська (діюча)	330
Всього	3548

Виходячи з даних таблиці 1.2 бачимо, що з даних НКРЕ найбільш потужною з всіх малих гідроелектростанцій річки Псел є Низівська гідроелектростанція. А отже можна зробити певного роду невеликі корективи для визначення основних напрямків дослідження, що пропонується виконати дослідження саме на даній гідроелектростанції.

### 1.3 Характеристика зеленого тарифу для гідроелектростанцій

Оскільки мала гідроенергетика підпадає фактично під ВДЕ то доцільно розглянути основні параметри зеленого тарифу для продажу отриманої енергії від станції в мережу.

Необхідно сказати, що основною проблемою використання гідроелектростанцій малих розмірів є першочергове врахування особливостей споживання регіону, а саме споживання смт Низи Сумської області.

Данна гідроелектростанція слугує для забезпечення значення напруги в електричній мережі даного населеного пункту та підтримання в живленні основних підприємств даного регіону. А отже при виробітку певного надлишку електроенергії виникає можливість продажу її в мережу за зеленим тарифом.

Політика України полягає в тому щоб стимулювати та всіляко підтримувати малі гідроелектростанції, а отже і запроваджує для них зелений тариф. При цьому додатково дані гідроелектростанції мають пільги для виконання приєднання до мереж та гарну систему оподаткування.

Для гідроелектростанцій запроваджується зелений тариф відповідно до загального параметру та потужності гідроелектростанції (таблиця 1.3)

Таблиця 1.3 – Загальні значення зеленого тарифу для гідроенергетики

Категорія ВДЕ	Потужність електростанції	Мінімальний розмір «зеленого» тарифу (євроцентів за 1 кВт·год) для об'єктів або їх пускових комплексів, введених у експлуатацію					
		вкл до 31.03.2013	01.04.2013 – 31.12.2014	01.01.2015 – 30.06.2015	01.07.2015 – 31.12.2019	01.01.2020 – 31.12.2024	01.01.2025 – 31.12.2029
ГЕС	Мікро-ГЕС (менше 200 кВт)	11,63	19,39	17,45	17,45	15,72	13,95
	Міні-ГЕС (200 – 1000 кВт)	11,63	15,51	13,95	13,95	12,55	11,15
	Малі-ГЕС (1 – 10 МВт)	11,63	11,63	10,44	10,44	9,42	8,35

Відповідно до наведених даних бачимо, що станом на сьогодні доволі гарно фінансуються гідроелектростанції мікророзмірів. Дане фінансування

спостерігається тому, що ці електростанції фактично направлені на реалізацію живлення одного об'єкту а не населеного пункту.

При цьому міні та малі гідроелектростанції мають дещо зменшений тариф продажу електроенергії, хоча фактично він є доволі суттєвим. Основним параметром для здійснення даного фінансування є ефективний та сталий виробіток електроенергії цими гідроелектростанціями. При цьому малі гідроелектростанції фактично можуть виконувати живлення невеличких населених пунктів регіону.

### **Висновки до розділу**

Особливості гідроенергетики України дають можливість враховувати всі потужності станцій та виконувати живлення від них регіонів та різного роду об'єктів. При цьому основною особливістю впливу на енергосистему є використання малих гідроелектростанцій. Для аналізу пропонується обрати Сумський регіон з його гідроелектростанціями, що позиціонуються як малі. При цьому найбільш потужна з них знаходиться саме в Сумській області на річці Псел. А отже для проведення подальшого аналізу обрана саме дана мала гідроелектростанція з аналізом її впливу на електромережу.

Необхідною умовою проведення дослідження є врахування різноманітних видів ВДЕ, що працюють в даному регіону адже синхронізація їх в загальному вигляді потребує врахування і їх.

## **2 АНАЛІЗ ОСОБЛИВОСТЕЙ РОБОТИ ГІДРО-ЕЛЕКТРОСТАНЦІЙ**

### **2.1 Визначення основних параметрів впливу на електричні мережі**

При використанні доволі потужних гідроелектростанцій їх загальна робота виконується з використанням паралельної роботи з іншими джерелами енергії для регіону їх використання.

Для забезпечення загальної роботи гідроелектростанцій в системі електропостачання та забезпечення паралельної їх роботи необхідно використовувати різноманітні додаткові електростанції з обладнанням для виконання синхронізації.

Районні системи для забезпечення електропостачання поєднуються з високовольтними мережами з утворенням певних загальних систем, що є електроенергетичними. Результатом такого об'єднання є єдина система електропостачання України.

Оперативну роботу даних систем забезпечують фактично групи диспетчерських пунктів та служб. Їх загальне поєднання дає можливість утворення системи диспетчерського керування загальною системою. Дана служба забезпечує оперативне керування всіма електростанціями для виконання підтримання необхідного рівня навантаження, що є ефективним для забезпечення роботи всіх споживачів. До функцій даної служби входить також виконання розрахунків та на їх основі визначення режимів роботи всієї електричної мережі.

Для розвитку загальної енергосистеми виникає потреба в збільшенні енергетичних потужностей та розвиток необхідних ліній електропередачі. Розвиток ліній електропередачі відбувається фактично за умови збільшення їх протяжності. При цьому ріст величини довжини ліній сприяє значним втратам електричної енергії. Виходячи з такого розподілу чим нижчий рівень напруги лінії електропередачі тим більше втрат в лінії відбувається.

Найбільшою проблемою в енергетичній мережі є графік навантаження. При цьому дотримання його та підтримка загальної ефективної роботи всієї енергетичної системи потребує значних втрат.

Основними параметрами, що потребують виконання підтримки є величина напруги необхідна для кожної мережі і в кінцевому випадку для споживача, а також значення частоти в електричній мережі. Для вирішення подібних питань використовуються саме гідроелектростанції різних потужностей. Їх особливості роботи дозволяють фактично повністю виконувати поставлену перед ними задачу по регулюванню даних питань в галузі енергетики.

Для характеристики гідроелектростанції використовують поняття встановленої потужності. Дане поняття фактично охоплює потужність всіх агрегатів гідроелектростанції, що на ній встановлені. При цьому необхідно враховувати той факт, що додатковий вплив на даний параметр має пропускання здатність кожного окремого турбінного агрегату гідроелектростанції.

Виходячи з цього твердження величина встановленої потужності складає:

$$N_{\text{вст}} = N_{\text{гар}} + N_{\text{дод}} + N_{\text{рез}} \quad (2.1)$$

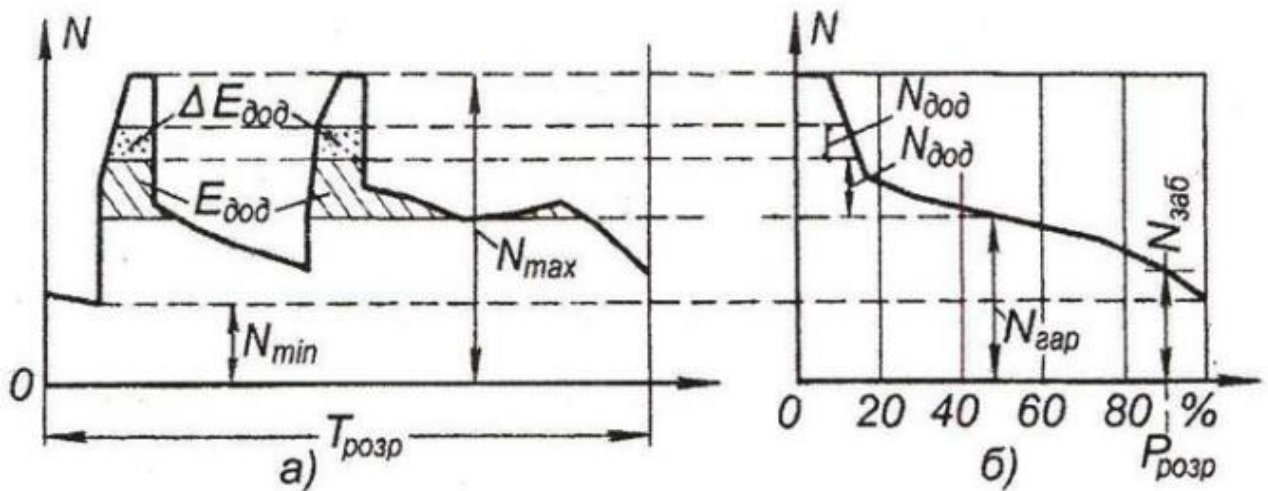
де  $N_{\text{гар}}$ ,  $N_{\text{дод}}$ ,  $N_{\text{рез}}$  – види потужностей гідроелектростанції.

Необхідно зауважити, що всі ці потужності є обов'язковими при загальному визначення роботи та характеристиці гідроелектростанції. Кожну з потужностей можна знайти окремо. При цьому необхідно враховувати величину ступеню регулювання витоку води в річці та загальною роботою електростанції у енергосистемі з врахуванням інших електростанцій.

Така постановка питання має певний вплив на параметр встановленої потужності, що в кінцевому випадку може біти визначений, як залежність витоку води та параметрів регулювання.

Іншим не менш важливим параметром є гарантована потужність, що враховується з залежності рівня води та водного дзеркала водосховища гідроелектростанції.

При врахуванні всіх факторів можна визначити графік для виконання забезпечення необхідної потужності гідроелектростанції при багаторічному витoku та з врахуванням його регулювання. Графік середньодобової потужності наведено на рисунку 2.1.



а – графік розподіленої потужності гідроелектростанції за певний період розрахунку;

б – загальний графік забезпеченості величини потужності гідроелектростанції.

Рисунок 2.1 – Графік середньодобової величини потужності гідроелектростанції

Даний графік фактично характеризує повний діапазон всіх можливих варіантів потужностей для гідроелектростанції. При цьому в розрахунок та побудову графіків вкладається параметр рівня забезпеченості з значеннями 100 % та 0 %.

Відповідно до всіх отриманих потужностей, що визначаються по витoku води з гідроелектростанції для розрахунків краще обирати потужність, що є забезпеченою. Дана потужність призначається виходячи з розрахункового значення забезпеченості.

В результаті за значенням забезпеченості виконують вибір потужностей для різноманітних часових проміжків чи інших параметрів, що реалізуються в моделі роботи гідроелектростанції.

Так виникає можливість провести визначення добової потужності, що виробляється на гідроелектростанції:

$$E_{\text{заб}} = 24N_{\text{заб}} \quad (2.2)$$

В результаті визначення параметру забезпеченості виконують складання різних графіків. При цьому початковим графіком є добовий графік. на перспективу можна складати також графіки на рік або п'ять років. В деяких випадках складаються графіки навіть на 10 чи 15 років. Початком відліку для даних графіків обирають фактично дату запуску гідроелектростанції.

Але для складання подібного роду графіків необхідно врахувати повну відсутність на регулювання витоку води в гідроелектростанції. В результаті такого регулювання величина забезпечення може бути в будь якій частині графіка для добового періоду.

Для аналізу ефективності роботи гідроелектростанцій є добові графіки загальної енергосистеми. При цьому в них враховуються всі можливі потужності та джерела генерування потужності.

Так початковим варіантом генерування потужності є наприклад теплоелектростанції, що виробляють постійно певну потужність та кількість електроенергії. При цьому в певні пікові моменти за недостачі потужності до мережі направляється потужність від гідроелектростанцій або від гідроакumuлюючих електростанцій. Це забезпечує виконання та підтримання необхідного рівня потужності в загальній мережі.

Добові графіки для загальної енергосистеми мають регулювати загальні показники потужності кожного джерела енергії (рис. 2.2 та 2.3).

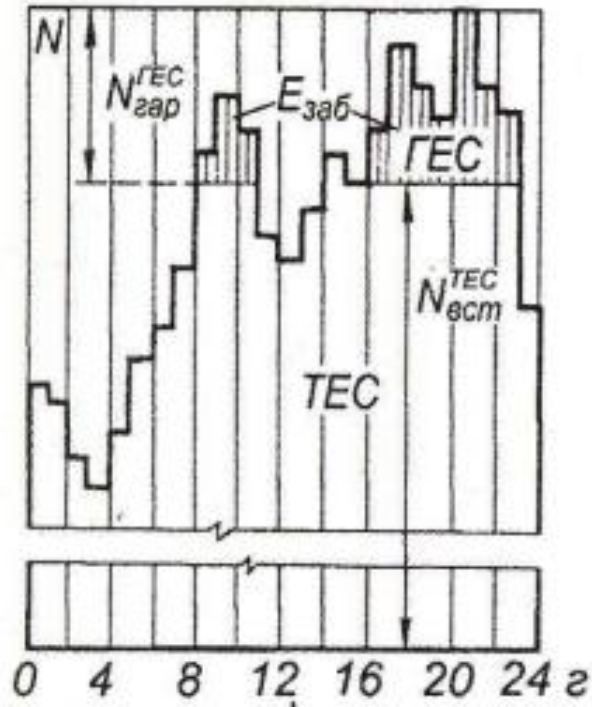


Рисунок 2.2 – Графіки навантаження загальної енергосистеми за добу за умови роботи гідроелектростанції в піковий період

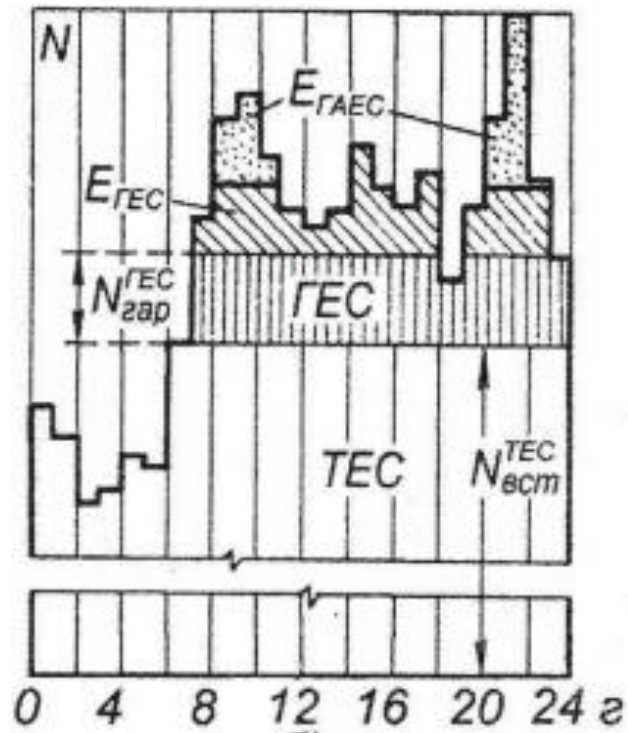


Рисунок 2.3 – Графіки навантаження загальної енергосистеми за добу за умови роботи гідроелектростанції в напівпіковий період

З даних графіків видно, що фактично використання гідроелектростанцій має ефективність при врахуванні їх роботи в певні пікові періоди споживання потужності.

Також данні графіки дають гарну можливість для проведення розрахунків гарантованого значення потужності. При цьому є певна залежність даної величини, що враховує щільність графіка. Отже чим більша щільність даного графіку тим гарантована потужність матиме такі ж значення як і величина гарантування.

Коливання відношення різних потужностей в добовому графіку може відбуватись в значних межах. Але гарантована потужність приймається до розгляду в різних енергосистемах та враховується для вибору основних потужностей інших джерел енергії. Взагалі всі джерела генерування потужностей мережі мають свій показник потужності гарантування а отже здатні виконувати визначення загального показника електричної мережі при її роботі.

Необхідно також враховувати особливості використання гідроелектростанцій при різних порах року. При цьому існують фактично періоди з великою кількістю водних ресурсів та період з незначною кількістю водних ресурсів. Кількість води в водосховищі має безпосередній вплив на ефективність роботи та генерування енергії гідроелектростанцією.

Так в періоди, коли виникають певні посухи зменшується потужність забезпечення гідроелектростанції. Виходячи з такої ситуації і відповідно потужність для забезпечення матиме значно менші параметри. Відповідно до цього підтримання пікових періодів гідроелектростанція виконати фактично не здатна.

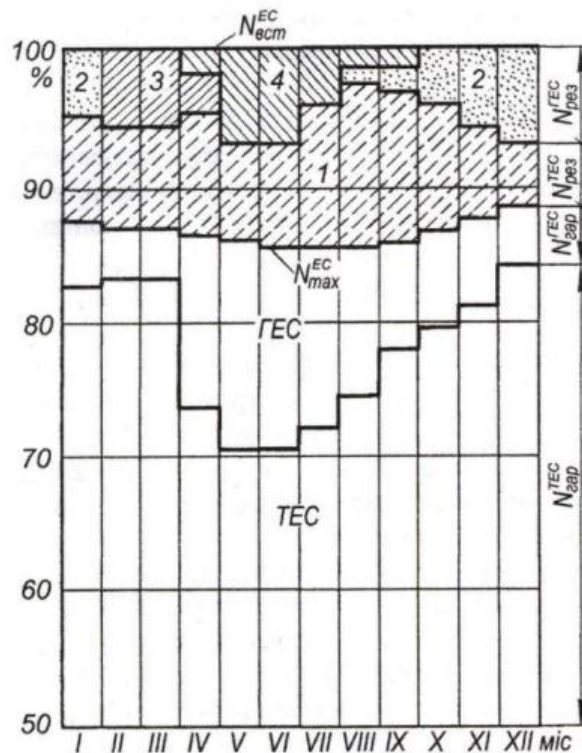
Виходячи з такої ситуації в загальну схему регулювання фактично повертаються диспетчерські служби та відповідно виконують перерозподіл потужностей на інші джерела. Такими чином фактично формується річний графік загального навантаження системи.

Необхідно зазначити, що складання подібних графіків фактично диктує необхідність складання добових графіків для кожного окремого сезону та врахування кількості опадів.

Також добові графіки формують фактично місячні графіки, які враховуються при формуванні річних графіків. При цьому в річних графіках обов'язково виконують вказання основних періодів з перепадами по рівню води. Так в загальній системі електропостачання фіксуються декілька місяців з річними максимумами, що відбуваються фактично в грудні та вересні.

При складанні графіків виконують додатково регулювання параметрів по погодним умовам, а саме аналіз повенів та засушливі періоди. До даних періодів на гідроелектростанції готуються завчасно. При збільшенні води в водосховищі виникає необхідність поступового скидання води через платину, що забезпечить безпечний необхідний рівень води. За умови підходу до посушливого періоду виконують накопичення рівня води.

Так загальний вигляд річного графіку потужностей гідроелектростанції наведено на рисунку 2.4.



1 - експлуатаційний резерв (аварійний) ТЕС; 2 - експлуатаційний резерв (аварійний та частотний) ГЕС; 3 - ремонтний резерв ГЕС; 4 - ремонтний резерв ТЕС

Рисунок 2.4 – Графік річних потужностей загальної енергосистеми

Відповідно при аналізі графіку річної потужності виникають певні періоди в енергосистемі, що потребують забезпечення певної резервної потужності для забезпечення максимуму. В ці періоди фактично гідроелектростанції не можуть забезпечити потужності, яких не вистачає в загальній електричній системі.

## 2.2 Особливості забезпечення короткочасного регулювання

Як зазначалось вище, гідроелектростанції фактично забезпечують лише невелику частину максимальної потужності енергосистеми в якій вона працює. Але підтримання загальної потужності системи забезпечується фактично постійно з підтриманням необхідного її рівня. При цьому інша частина потужності фактично покривається різного роду підстанціями:

$$N_{max\ ec} = \sum N_{гарГЕС} + \sum N_{гарТЕС} + \sum N_{гарАЕС} \quad (2.3)$$

Виходячи з даної формули можна сказати, що максимальна потужність енергетичної системи забезпечується першочергово атомними електростанціями, далі забезпечення йде від різного роду ТЕС і в кінці додається частка потужності, що генерується гідроелектростанціями.

Необхідно також додатково враховувати потужність, що виробляється від різноманітних ВДЕ, оскільки в певні періоди часу доби, місяця вони вступають в гру та виконують певний дисбаланс системи. При цьому враховується їх загальна потужність в енергосистемі та завчасно виконується необхідний перерозподіл основних показників її роботи.

Але для розуміння особливості роботи та генерування потужностей дана схема повністю підходить. Виходячи з цього необхідною умовою коригування потужності гідроелектростанцій є використання водних ресурсів. При цьому в години піків чи напіпків виконується генерація електроенергії а в інші години доби виконується фактично накопичення води в водосховищі до моменту виникнення наступного значення піку.

Для подолання подібних закономірностей складають відповідні графіки навантаження (рис. 2.6).

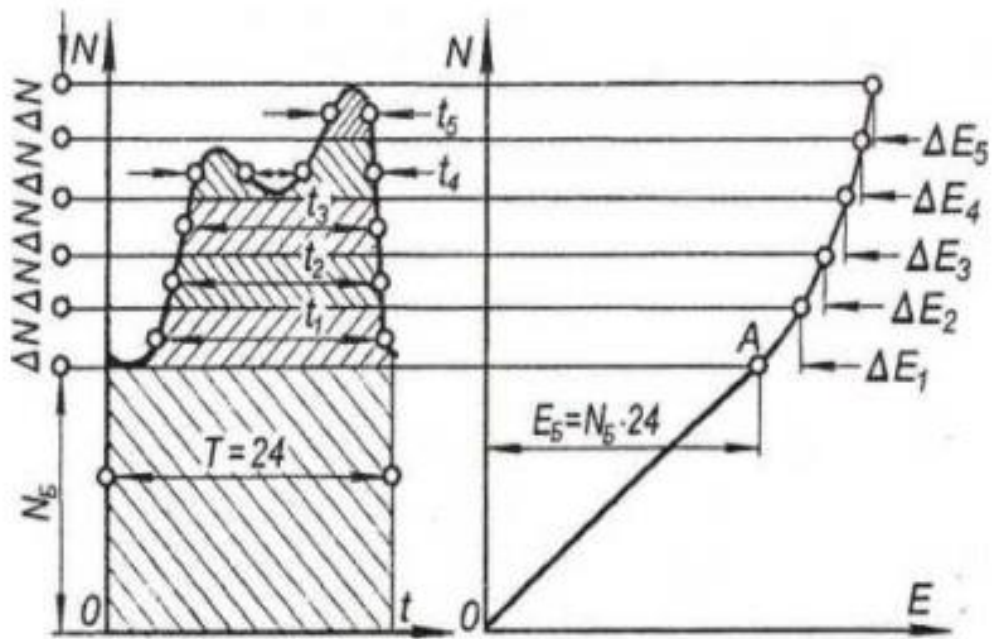


Рисунок 2. 6 – Загальний вигляд добового графіка навантаження гідроелектростанції

При забезпеченні необхідного навантаження в добовому графіку потужності можна виконати розташування величини навантаження гідроелектростанції в будь-якій годині доби, а також забезпечити це навантаження.

Оскільки виробіток електричної енергії має пряму залежність від кількості води в руслі водосховища, то її коливання значно впливають на загальну роботу енергосистеми. Виходячи з цього до моментів забезпечення необхідного значення потужності можна виконувати в певні години доби. Такий підхід фактично забезпечує безперервний рівень та необхідну кількість води в енергетичній системі.

Розрахунок для навантаження проводиться фактично аналогічно попередньому розрахунку потужності.

Результатом подібних розрахунків є отримання певних наближених графіків навантаження в загальній енергосистемі, що виконується по дням тижня відповідно до загального значення максимального навантаження.

Загальний вигляд подібного графіка наведено на рисунку 2.7.

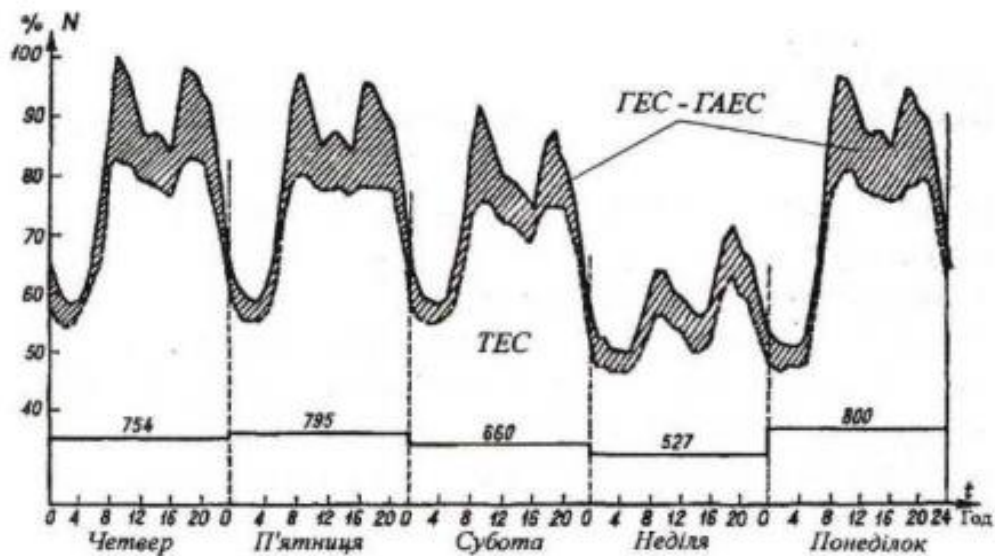


Рисунок 2.7 – Загальний графік навантажень в системі за тиждень

З даного рисунку видно певні пікові періоди по навантаженню за кожен з днів тижня, а також загальний за тижневий період. При цьому виникає можливість накопичення певної кількості енергії води для вирішення питань по забезпеченню параметрів роботи енергосистеми.

### Висновки до розділу

Виходячи до даного розподілу врахування основних показників роботи енергосистеми виникає можливість визначення режимів загальної роботи з різноманітними гідроелектростанціями. Визначення основних показників роботи гідроелектростанцій за параметрами потужності необхідно враховувати рівень води в водосховищі. При цьому загальний контроль та синхронізацію роботи системи виконує фактично диспетчерська служба конкретного регіону чи місцевості.

### **3 АНАЛІЗ ОСОБЛИВОСТЕЙ СИНХРОНІЗАЦІЇ РОБОТИ ГІДРОЕЛЕКТРОСТАНЦІЙ З ЗАГАЛЬНОЮ СИСТЕМОЮ**

При проведенні загального аналізу роботи гідроелектростанцій та всіх інших ВДЕ потрібно враховувати особливості їх роботи. Так наприклад гідроелектростанції доволі сильно залежать від кількості води в водосховищі. При цьому існують періоди з значною кількістю води в водосховищі гідроелектростанції при яких необхідно виконувати фактично скидання води.

Додатково необхідно враховувати особливості енергосистеми з її значеннями максимумів, що аналізувалась в попередньому розділі. При цьому пропонується додатково розглянути інші типи ВДЕ, що формують максимумами потужності енергосистеми.

#### **3.1 Аналіз впливу роботи гідроелектростанцій на енергетичну мережу**

Гідроелектростанції, як було наведено в попередніх розділах є певного роду відновлювальними та розосередженими. Виходячи з такого твердження розосередженими джерелами є ті джерела, що фактично встановлюються в місцях визначених умовами та можливостями їх використання.

При цьому розосереджені джерела фактично виконують функції джерела для підвищення показників якості електричної енергії та величини напруги. Додатково всі розосереджені джерела енергії дозволяють зменшити втрати електроенергії в мережі, до якої вони підключені.

В якості об'єкту дослідження було обрано найбільшу гідроелектростанцію Сумської області з найбільшою потужністю. При цьому вона встановлена в населеному пункті, що має додатково інші види ВДЕ такі, як сонячні панелі. При цьому вітроустановки не мають значного впливу, але для загального розгляду та аналізу пропонується провести аналіз і для них.

Узгодження роботи всіх видів джерел енергії в енергетичній системі потребує значних зусиль через велику складність процесів. З загальних графіків енергосистеми видно, що використання традиційних джерел енергії

має певну стабільність. А отже регулювання потрібно виконувати саме гідроелектростанціями чи іншими джерелами до достатнього рівня забезпечення максимумів.

Виходячи з загального розуміння основних процесів в енергетичній системі можна визначити основні параметри синхронізації з іншим обладнання генерування.

Оскільки гідроелектростанція Низівська має невелику потужність, то і вплив на енергосистему буде доволі не значним то ж для розрахунку потрібно брати всі гідроелектростанції регіону. Подібні процеси узгодження потребують використання різноманітної методології дослідження. Основним параметром, що враховує ефективність роботи енергосистеми є її стійкість.

При аналізі стійкості енергосистеми необхідною умовою є врахування погодних умова, та інших параметрів, що впливають на генерування електроенергії гідроелектростанціями.

Виходячи з вищенаведеного необхідною умовою початкового аналіз ефективності генерування електроенергії є побудова добового графіку для загального розуміння особливостей роботи енергетичної системи регіону. При формуванні даних графіків необхідною умовою є першочергове визначення навантаження мережі району.

Додатково на графіку не планується зображувати виробіток електроенергії від традиційних джерел енергії, оскільки в результаті пошкодження енергетичної мережі області виникають певного роду відключення, а отже пропонується розглянути можливість забезпечення роботи енергосистеми саме від ВДЕ.

Так для Сумської області загальний графік добової генерації електроенергії різними типами ВДЕ наведено на рисунку 3.1.

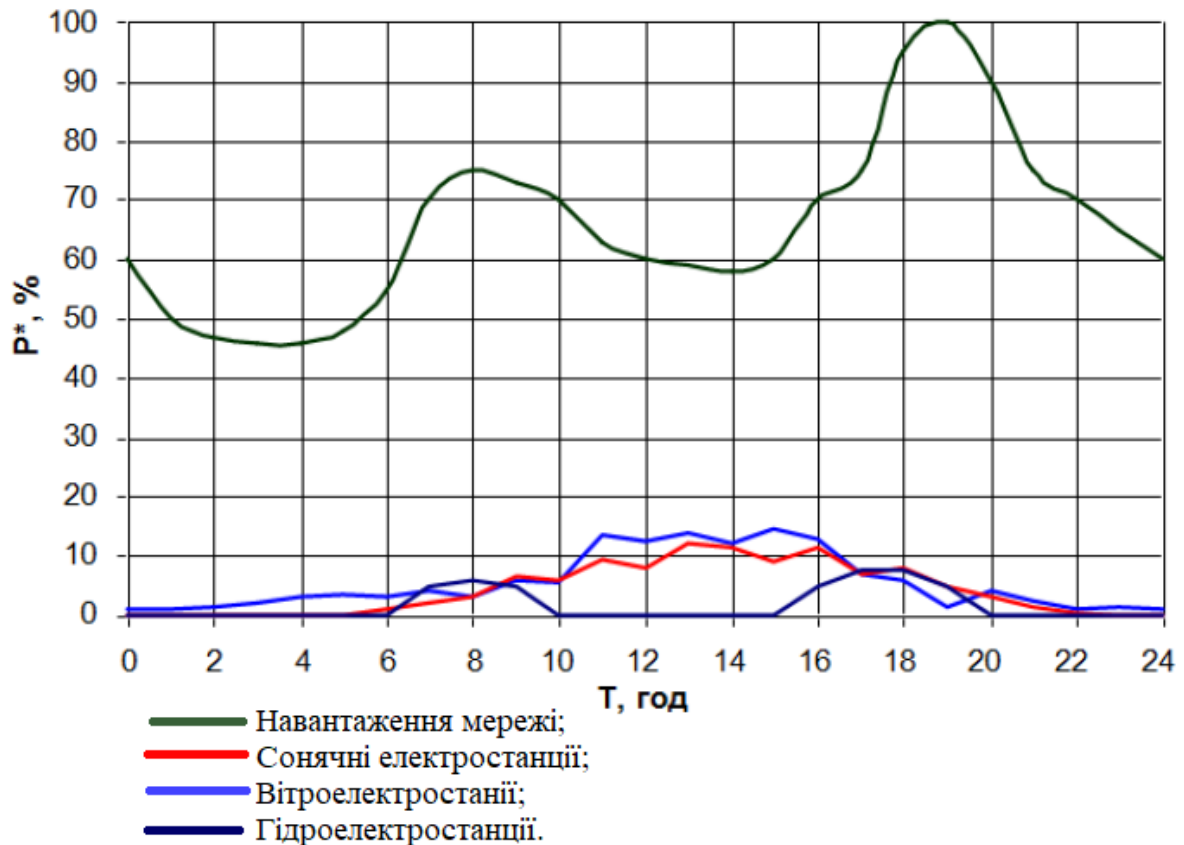


Рисунок 3.1 – Особливості формування добового графіку навантаження Сумської області

З даного графіку видно, що фактично потужності гідроелектростанцій не вистачає і навантаження залишається фактично постійно низьким. При цьому є в енергосистемі регіону певні два піки по навантаженню в мережі, а отже і спостерігаються подібні піки в роботі гідроелектростанцій.

Виходячи з цього вони працюють на подолання пікових навантаження в необхідні для цього години. Вранці це години з 6 до 10, а ввечері це години з 15 до 20. В інші години доби фактично відбувається накопичення води для подолання наступних пікових періодів.

В періоди накопичення води для роботи гідроелектростанції та подолання вечірнього піку можна перекинути навантаження на інші джерела. Такими джерелами можуть бути фактично сонячні електростанції.

При цьому регулювання загальної енергетичної системи можуть виконуватись відповідно до виробітку електроенергії ВДЕ.

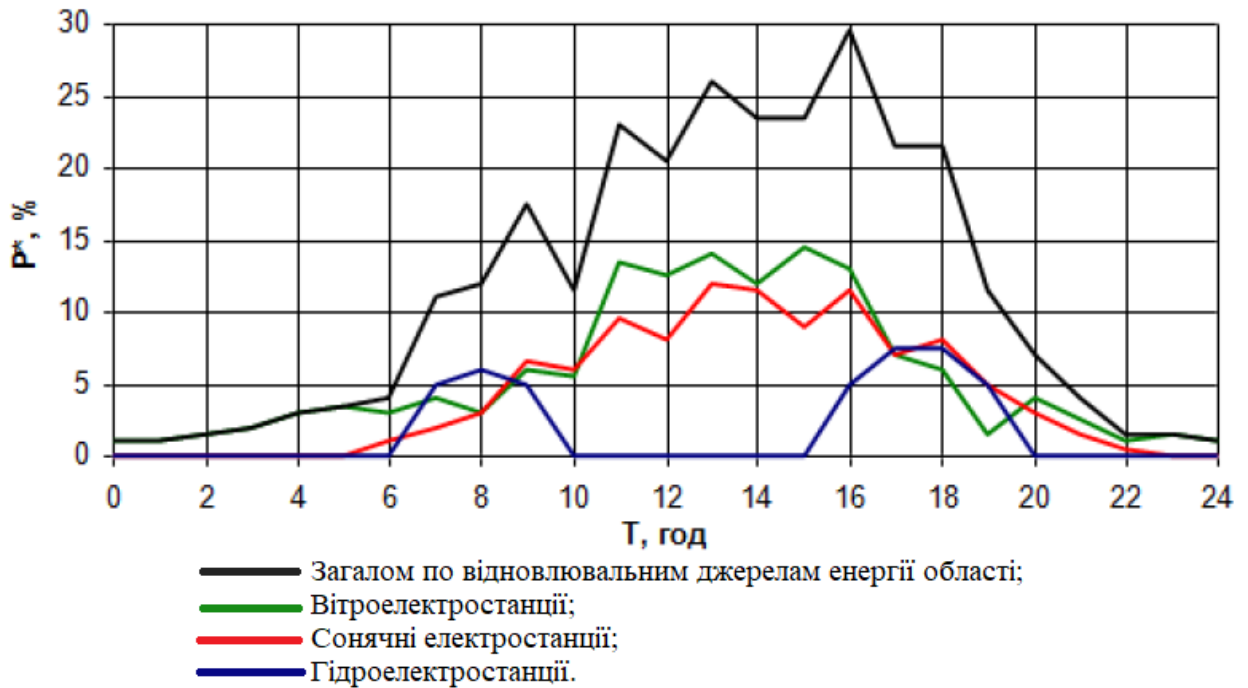


Рисунок 3.2 – Загальне навантаження мережі отримане від ВДЕ

В результаті роботи гідроелектростанцій та інших джерел енергії є необхідність знаходження їх поблизу населених пунктів або поблизу об'єктів для забезпечення живлення. Виходячи з цього всі джерела подібної енергії повинні підключатись фактично до місцевих розподільчих мереж.

Дані розподільчі мережі в основному передають електроенергії для живлення населених пунктів чи інших об'єктів. При цьому в мережі повинна підтримуватись необхідне значення напруги, а отже гідроелектростанції фактично в повній мірі забезпечують виконання даної функції.

Також необхідно зазначити, що окрім вирівнювання значення напруги виникає необхідність вирівнювання і частоти в мережі. Виходячи з такої необхідності пропонується визначити основні графіки зміни напруги та відповідно коливання гармонік електричної мережі загалом.

Так при регулюванні напруги необхідно враховувати її зменшення або збільшення. При цьому збільшення навантаження для гідроелектростанцій в непікові періоди спостерігається значний перепад напруги в електричній мережі. При цьому подібний ріст має значний негативний вплив на всіх споживачів мережі. При цьому цей вплив фактично залежатиме від рівня напруги, що виникла в результаті стрибка.

Виходячи з цього використання в системі електропостачання різних гідроелектростанцій дає можливість виконати загальну підтримку значення напруги в мережі, а також підвищити загальні показники надійності її.

Іншими позитивними сторонами використання гідроелектростанцій є підтримання необхідного рівня розподілу та виконання передачі електроенергіє в мережу. Але все ж основним параметром є підвищення загальної надійності електричної мережі.

Реалізація всіх цих переваг можлива лише за умови синхронізації роботи загальної мережі через диспетчерський пункт.

### **3.2 Особливості відхилення показників напруги в електричній мережі**

Електропостачання та особливості регулювання в електричних мережах виконується в основному трансформаторним підстанціями з використанням додаткових регуляторів. Першочергово всі ці параметри підтримуються на потрібному для цього рівні. Додатково можуть на підстанціях використовуватись різноманітні компенсаційні установки для підтримання необхідного рівня реактивної та активної енергії. На радіальних потоках сьогодні регулювання майже втратило свою ефективність.

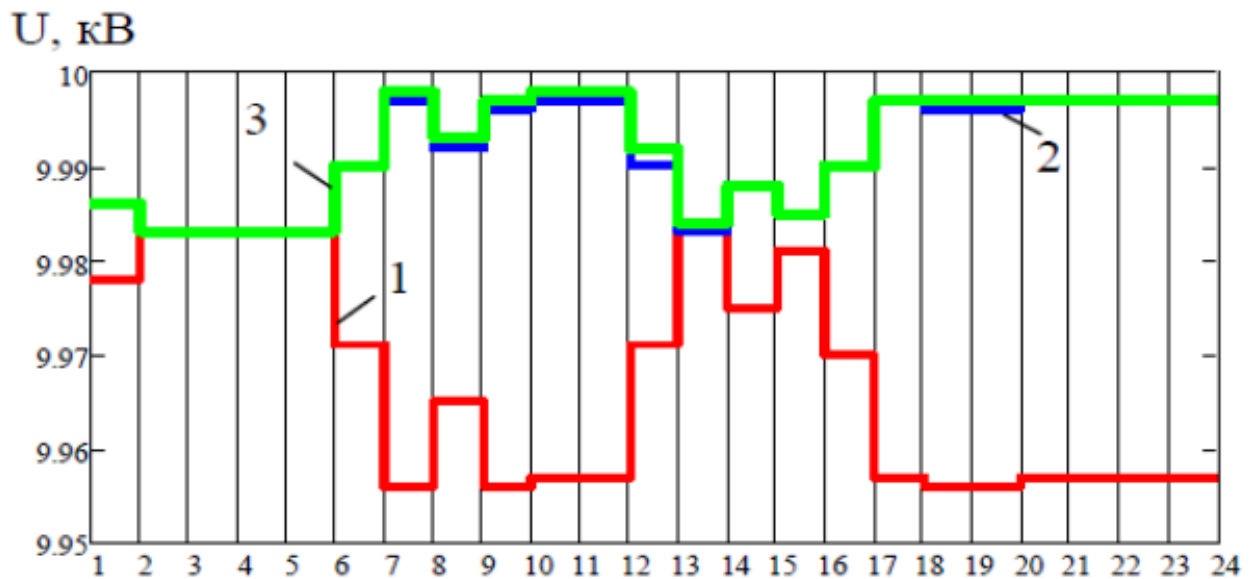
Всі відновлювальні джерела підвищують певним чином потужність електричної мережі. При цьому гідроелектростанції фактично виконують і додаткове її регулювання в години пік. А отже в кінцевому випадку підвищується загальний рівень ефективності стандартної системи.

Для прикладу розглянемо підключення гідроелектростанції після регуляторів напруги до електричної мережі. Врахуємо також і відсутність трансформатора замість регулятора напруги.

В результаті фактично не виконується зовсім компенсація втрат на даній лінії мережі, а отже потреби фідера в такому випадку не враховуються.

Така ситуація призводить до того, що напруга в кінці лінії доволі сильно знижується. Зниження фактично відбувається в результаті зниження навантаження на лінійному регуляторі.

Подібна ситуація, а саме графічне її зображення наведено на рисунку 3.3.



1 - без роботи гідроелектростанції;

2 – за умови підключення гідроелектростанції та максимального значення напруги;

3 – за умови підключення гідроелектростанції та мінімального значення напруги;

Рисунок 3.3 – Графік зміни напруги в мережі

В результаті аналізу роботи гідроелектростанції в електричній мережі отримуємо підвищення напруги у певної групи споживачів. Підвищення в основному відбувається на вторинній стороні трансформатора. Результатом такого підвищення є вирівнювання значення напруги в усій мережі. При цьому зростають зустрічно направлені потужності потоків.

На рисунку виникають певні періоди з високим рівнем напруги, а також з низьким рівнем напруги. А отже перепади потребують виконання операцій по компенсації.

Для вирішення подібного питання можливо використання розрахунків по визначенню загального впливу гідроелектростанцій до приєднання в межах області. В результаті таких процесів спостерігається фактично падіння якісних показників напруги.

За умови виконання розрахунків дане питання вирішується, але необхідно зазначити, що для гідроелектростанцій подібні розрахунки проводяться, а для всіх інших типів ВДЕ не робляться, а отже відбувається значне розбалансування загальної роботи системи. Вирішення даного питання також можливе за умови використання відповідного програмного забезпечення, що здатне виконувати подібні задачі якісно та в найбільш короткі терміни.

Необхідною та основною вимогою є контроль місця підключення для гідроелектростанції та інших джерел енергії, що дозволить вирішувати всі подібні питання.

### 3.3 Виконання узгодження роботи гідроелектростанцій з споживачами мережі

Узгодження роботи генеруючих потужностей та споживачів можна виконувати відповідно до трьох основних напрямків:

- передавання надлишкової електроенергії до загальної мережі;
- виконання накопичування електроенергії;
- виконання регулювання величини навантаження.

Дані напрямки можна зробити відповідно до схем (рис. 3.4, 3.5, 3.6).



Рисунок 3.4 – Схема узгодження на основі передавання надлишкової електроенергії до загальної мережі



Рисунок 3.5 – Схема узгодження з виконанням накопичування електроенергії

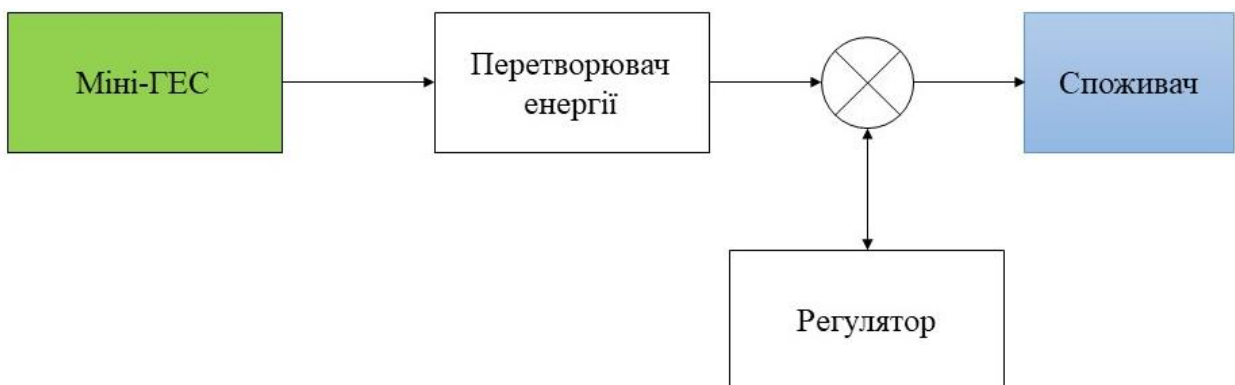


Рисунок 3.6 – Схема узгодження з виконанням регулювання величини навантаження

Необхідно зазначити, що найбільш ефективними в роботі з гідроелектростанціями є схеми зі скиданням електроенергії в мережу та з виконанням регулювання.

Реалізація схем з накопиченням електроенергії може бути реалізована у випадках застосування мікро-ГЕС, оскільки їх потужності може бути недостатньо для забезпечення безперервності прямого споживання електричної енергії.

На більшості гідроелектростанцій Сумської області використовується схема з скиданням електроенергії одразу в мережу до споживача. При цьому також їм доступна функція продажу електроенергії відповідно до зеленого тарифу. Реалізація інших підходів не застосовується для даних електростанцій а отже і не може бити використана, оскільки однією з причин може бути

виникнення певних особливостей по загальному влаштуванню даних гідроелектростанцій.

### **Висновки до розділу**

З проведеного аналізу видно, що гідроелектростанції виконують достатньо важливі функції, що пов'язані з подоланням пікових навантажень. При цьому виконання інших функцій для даних електростанцій неможливо адже для забезпечення сталого виробітку електроенергії необхідний доволі великий запас водних ресурсів, що в умовах малих річок неможливо забезпечити.

В загальному випадку використання міні-гідроелектростанцій має позитивний ефект при підключенні їх до мережі адже вони дозволяють регулювати рівень напруги в електромережі та підтримує частоту необхідну для роботи електроприладів споживачів.

## 4 ОХОРОНА ПРАЦІ

Енергетична галузь має доволі велику кількість різноманітних небезпек. Першочергово вони пов'язані з електричним струмом. Реалізація будь яких заходів в охороні праці пов'язана з чітким дотриманням вимог.

Для проведення різноманітних робіт на електричних мережах необхідною умовою з боку охорони праці є чітке дотримання всіх вимог та інструкцій. При проведенні ремонтних робіт на лініях електропередачі необхідною умовою є знеструмлення конкретної лінії.

Виконання такої безпекової ситуації необхідна чітка організація праці на всіх структурних підрозділах. Необхідно зазначити, що перш ніж направити бригаду на виконання певних робіт на лінії електропередачі виконують визначення ділянки лінії. Далі виконують внесення ремонту в графік відключення електропостачальної організації. Після цього виконується певне узгодження всіх робіт.

Для початку виділяється бригада для проведення конкретної роботи і підтверджується час відключення. Після виїзду бригади на місце виконується зв'язок з диспетчерським пунктом для вирішення задач по узгодженню часу на виконання роботи.

Необхідно зазначити, що до всіх працівників висуваються доволі складні вимоги. По-перше кожен працівник бригади та диспетчерського пункту повинен мати відповідну освіту, та мати групу допуску по знанню правил безпечної та технічної експлуатації.

Іншим необхідним параметром в роботі працівників є чітке знання інструкції по виконанню конкретного типу роботи. Недотримання кожного пункту інструкції має доволі значний вплив на охорону праці.

Недотримання всіх інструкцій, заходів та нормативних документів є виникнення травмонезбезпечних ситуацій з можливими летальними випадками. При виконанні робіт на низьковольтних розподільчих мережах кількість летальних випадків значно більша ніж на високовольтних.

Основною причиною такого розподілу є те, що роботи в низьковольтних системах виконують з меншим дотриманням інструкцій.

Також такий розподіл впливає з того, що більшість робіт виконують під напругою без попередження диспетчерського пункту.

При роботах на високовольтних лініях електропередачі контроль є дуже значним та відповідальність при виконанні робіт є дуже великою, а отже необхідною умовою виконання робіт є чітке дотримання всіх інструкційних карт з здійсненням паралельного контролю іншим працівником. Виходячи з цього всі роботи виконуються з обов'язковим попередженням та узгодженням з диспетчерською службою.

Дослідження різноманітних режимів роботи при зміні параметра напруги виконують в основному в певних вузлах навантаження та здійснюють в автоматичному режимі. В результаті проведення автоматизації процесів контролю та керування на різноманітних елементах ліній електропередачі є збереження людського життя через зменшення контакту людини та струму.

Виходячи з цього необхідно зазначити, що така особливість в майбутньому повинна враховувати подальше зростання рівня автоматизації різноманітних ліній електропередачі.

Виходячи з вищенаведеного можна затвердити одне, що необхідною умовою збереження життя людей при виконанні робіт на електричних мережах та просто при їх експлуатації є чітке дотримання вимог інструкцій та заходів з охорони праці.

### **Висновки до розділу**

Основною умовою забезпечення заходів з охорони праці є чітке дотримання заходів з охорони праці. Все це призводить до збереження життя працівників в галузі енергетики. Необхідною умовою в енергетиці є чітке вказання особливостей проведення операцій та визначення послідовності виконання операцій.

## 5 ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ

При економічних розрахунках проектів приймається той варіант, у якого найменші приведені витрати:

$$Z_i = B_i + E_n K_i \rightarrow \min. \quad (5.1)$$

де  $Z_i$  – приведені витрати згідно варіанту, тис. грн.;

$B_i$  – витрати виробництва згідно варіанту, тис. грн.;

$E_n$  – коефіцієнт ефективності капітальних вкладень,  $E_n = 0,12$ .

$K_i$  – капітальні вкладення у відповідності до варіанту, тис. грн.;

$$K_i = \kappa_p + \kappa_y + \kappa_n, \quad (5.2)$$

де  $\kappa_p$  – вартість придбаного обладнання, грн.;

$\kappa_y$  – вартість монтажних робіт, грн.;  $\kappa_y = 81400$  грн;

$\kappa_n$  – налагодження обладнання з навчанням персоналу, грн.;  $\kappa_n = 20000$  грн.

$$K_i = 109738 + 81400 + 20000 = 211138 \text{ грн.}$$

$$E_e = \kappa_z \cdot \kappa_d, \quad (5.3)$$

де  $E_e$  – втрати електроенергії, кВт\*год;

$\kappa_z$  – години роботи за добу, год;

$\kappa_d$  – кількість днів роботи за рік, 1/рік.

Розраховуємо зміну втрат електроенергії:

$$E_k = E_{e1} - E_{e2}, \quad (5.4)$$

де  $E_k$  – зміна втрат електроенергії, (кВт\*год)/рік;

$E_{e1}$  – втрати електроенергії по базовому варіанту, (кВт\*год)/рік;

$E_{e2}$  – втрати електроенергії по проектному варіанту, (кВт\*год)/рік.

$$E_k = 156454 - 86951 = 69503 \text{ (кВт*год)/рік}$$

$$G_{ee} = E_k \cdot 0,7 \quad (5.5)$$

де  $G_{ee}$  – кількість витрат електроенергії, грн/рік;

$E_k$  – зміна витрат електроенергії, (кВт\*год)/рік.

$$G_{ee1} = 156454 \cdot 0,7 = 109518 \text{ грн./рік}$$

$$G_{ee2} = 86951 \cdot 0,7 = 60866 \text{ грн./рік}$$

Кількість зекономленої електроенергії:

$$G_{ек.ел.} = G_{ee1} - G_{ee2}, \quad (5.6)$$

де  $G_{ee1}$  – кількість витрат електроенергії базового варіанту, грн/рік;

$G_{ee2}$  – кількість витрат електроенергії проектного варіанту, грн/рік.

$$G_{ек.ел.} = 109518 - 60866 = 48652 \text{ грн/рік}$$

Розраховуємо фонд заробітної плати:

$$\Phi_{on} = T_{cm} \cdot 12 \cdot K_p, \quad (5.7)$$

де  $T_{cm}$  – тарифна ставка, грн./місяць, (1600 грн.);

$K_p$  – кількість робітників.

$$\Phi_{on1} = 1600 \cdot 12 \cdot 3 = 57600 \text{ грн./рік}$$

$$\Phi_{on2} = 1600 \cdot 12 \cdot 2 = 38000 \text{ грн./рік}$$

Економія оплати праці від реалізації розробки:

$$\Phi_{ск.он} = \Phi_{on1} - \Phi_{on2} \text{ грн.}, \quad (5.8)$$

де  $\Phi_{on1}$  – заробітний фонд базового варіанту, грн/рік;

$\Phi_{on2}$  – заробітний фонд проектного варіанту, грн/рік.

$$\Phi_{ск.он} = 57600 - 38000 = 19600 \text{ грн./рік}$$

Визначаємо економічний ефект від реалізації запропонованих заходів:

$$E_p = \Gamma_{ек.ел.} + \Phi_{ек.он} + \Pi_{доод}, \quad (5.9)$$

де  $\Gamma_{ек.ел.}$  – економія електроенергії, грн./рік;

$\Phi_{ек.он}$  – економія оплати праці при реалізації розробки, грн/рік;

$\Pi_{доод}$  – додатковий прибуток при реалізації проектних рішень, грн/рік.

$$E_p = 48652 + 58000 + 10000 = 116652 \text{ грн/рік}$$

Розрахунок терміну окупності проектних рішень:

$$T_0 = K_{ск}/E_p, \quad (5.10)$$

де  $K_{ск}$  – вкладення капітальні для впровадження проектних рішень, грн;

$E_p$  – економічний ефект впровадження запропонованих рішень, грн/рік.

$$T_0 = 211138 / 124101 = 1,7 \text{ року}$$

### **Висновки до розділу**

Запропонований заходи по виконанню синхронізації гідроелектростанцій дає економічний ефект в розмірі 48652 грн від впровадження заходів. Сучасні технології виготовлення електрообладнання сприяють його здешевленню та полегшують монтажні роботи, що позитивно впливає на економічні показники.

## ВИСНОВКИ ТА ПРОПОЗИЦІЇ

1. Особливості гідроенергетики України дають можливість враховувати всі потужності станцій та виконувати живлення від них регіонів та різного роду об'єктів. При цьому основною особливістю впливу на енергосистему є використання малих гідроелектростанцій. Для аналізу пропонується обрати Сумський регіон з його гідроелектростанціями, що позиціонуються як малі. При цьому найбільш потужна з них знаходиться саме в Сумській області на річці Псел. А отже для проведення подальшого аналізу обрана саме дана мала гідроелектростанція з аналізом її впливу на електромережу.

Необхідною умовою проведення дослідження є врахування різноманітних видів ВДЕ, що працюють в даному регіону адже синхронізація їх в загальному вигляді потребує врахування і їх.

2. Виходячи до даного розподілу врахування основних показників роботи енергосистеми виникає можливість визначення режимів загальної роботи з різноманітними гідроелектростанціями. Визначення основних показників роботи гідроелектростанцій за параметрами потужності необхідно враховувати рівень води в водосховищі. При цьому загальний контроль та синхронізацію роботи системи виконує фактично диспетчерська служба конкретного регіону чи місцевості.

3. З проведеного аналізу видно, що гідроелектростанції виконують достатньо важливі функції, що пов'язані з подоланням пікових навантажень. При цьому виконання інших функцій для даних електростанцій неможливо адже для забезпечення сталого виробітку електроенергії необхідний доволі великий запас водних ресурсів, що в умовах малих річок неможливо забезпечити.

В загальному випадку використання міні-гідроелектростанцій має позитивний ефект при підключенні їх до мережі адже вони дозволяють регулювати рівень напруги в електромережі та підтримує частоту необхідну для роботи електроприладів споживачів.

4. Основною умовою забезпечення заходів з охорони праці є чітке дотримання заходів з охорони праці. Все це призводить до збереження життя працівників в галузі енергетики. Необхідною умовою в енергетиці є чітке вказання особливостей проведення операцій та визначення послідовності виконання операцій.

5. Запропонований заходи по виконанню синхронізації гідроелектростанцій дає економічний ефект в розмірі 48652 грн від впровадження заходів. Сучасні технології виготовлення електрообладнання сприяють його здешевленню та полегшують монтажні роботи, що позитивно впливає на економічні показники.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Кудря С. О. Стан та перспективи розвитку відновлюваної енергетики в Україні // Вісник НАН України. –2021р. –№12. – С. 19-26.
2. Стан і перспективи розвитку малої гідроенергетики, сонячної, вітрової та інших джерел поновлюваної енергії зарубіжних країн та України// Державне підприємство «Національна Енергетична Компанія «УКРЕНЕРГО». –Київ – 2021 –№ 08 –103с.
3. Енергетика: історія, сучасність і майбутнє. Розвиток теплоенергетики та гідроенергетики / [Є.Т. Базеєв Білека Б.Д та ін.] . - Фенікс. -Київ. - 2020. - 399 с
4. Лежнюк П.Д., Нгома Жан-П'єр., Килимчук А.В. Автоматизація малих ГЕС як засіб підвищення ефективності їх роботи в електричній мережі// Наукові праці ВНТУ. - 2022. - № 3.- С. 1-5.
5. Бриль А.О., Васько П.Ф., Мороз А.В. Технічний потенціал гідроенергетичних ресурсів малих річок України з урахуванням природоохоронних обмежень. Гідроенергетика України. 2019. № 3-4. С.47–51.
6. Guiding Principles on Sustainable Hydropower [Електронний ресурс] // International Commission for the. Protection of the Danube River. – Режим доступа: <http://www.icpdr.org/main/activities-projects/hydropower>.
7. Paul Breeze. Hydropower. Academic Press, 2019.
8. В. Вовчак, О. Тесленко, О. Самченко. Мала гідроенергетика України. Інститут проблем екології та енергозбереження. - К., 2020. - Т. II. Технологічні особливості малих ГЕС. - 145 с.
9. Платонова Є.О. Правові проблеми та перспективи використання енергії малих річок в Україні. Юридичний науковий електронний журнал. 2021. № 7.
10. Гаврилюк, Р.Б., Веремійчик, Г.К. та інші (2018). Гідроенергетичний потенціал річок України: розвінчання міфів: аналітичний документ. Київ: Видавництво «Фенікс».

11. Яндульський О.С., Труніна Г.О. Підходи до оптимального керування режимами розподільних електричних мереж з розосередженою генерацією. Вісник Вінницького політехнічного Інституту. Вінниця, 2020. №6. С.62-64.
12. Яндульський О.С., Нестерко А.Б., Труніна Г.О., Тимохін О.В. Зменшення кількості спрацювань системи РПН трансформатора в електричній мережі з джерелами розосередженого генерування. Вісник Вінницького політехнічного інституту. Вінниця, 2019. №5. С.69-73
13. Яндульський О.С., Нестерко А.Б., Труніна Г.О. Зменшення кількості перемикань системи РПН трансформатора в електричній мережі з джерелами розосередженого генерування. Вісник КрНУ імені Михайла Остроградського. Кременчук, 2019. №3(104).Частина 1. С. 33-38.
14. Global Trends in Renewable Energy Investment: Frankfurt School – UNEP Collaborating Centre. URL: <file:///C:/Users/trunina/Downloads/globaltrendsrenewableenergyinvestment2017.pdf> (дата звернення: 15.01.2020)
15. Office of Electricity Delivery and Energy reliability by the National Energy Technology Laboratory. Provides power quality for the digital economy. [Electronic resource] / Available at: <http://www.netldoe.gov/research/energyefficiency/energy-delivery/smart-grid>.
16. Стогній Б. С. Інтелектуальні електричні мережі електроенергетичних систем та їхнє технологічне забезпечення [Текст] / Б. С. Стогній, О. В. Кириленко, С. П. Денисюк // Технічна електродинаміка. – 2010. – № 6. – С. 44–50.
17. Кириленко О. В. Технічні аспекти впровадження джерел розподільної генерації в електричних мережах. [Текст] / Кириленко О. В., Павловський В. В., Лук'яненко Л. М. // Технічна електродинаміка. – 2011. – №1. – С. 46–51.
18. Marco A. Rodriguez-Guerrero, Rene Carranza-Lopez-Padilla, Renede J. Romero-Troncoso. A novel methodology for modeling waveforms for power

quality disturbance analysis/Original research article Electric Power Systems Research Volume 143 Pages 14-24 February 2020.

19. Денисюк С. П. Технологічні орієнтири реалізації концепції Smart Grid в електроенергетичних системах/С.П/ Денисюк//Енергетика: економіка, технології, екологія. – 2018. – № 1. – С. 7–20. [www.oe.energy.gov/SmartGrid.htm](http://www.oe.energy.gov/SmartGrid.htm)

20. Денисюк С. П. Аналіз проблем впровадження віртуальних електростанцій/С. П. Денисюк, Д. С. Горенко//Енергетика: економіка, технології, екологія. – 2019. – №2. – С. 25–33.

21. Building the firmware - NodeMCU Documentation. URL: <https://nodemcu.readthedocs.io/en/dev/en/build/> (дата звернення 10.10.2021 р.).

22. Диспетчерська інформація УкрЕнерго. URL: <https://ua.energy/diyalnist/dyspetcherska-informatsiya/dobovyj-grafik-vyrobnystva-spozhyvannya-e-e/> (дата звернення 14.06.2021 р.)

23. Луцків А.М., Волощук А.В., Мельник Ю.Р. Принципи організації розумних електричних мереж. Матеріали Х міжнародної науково - технічної конференції молодих учених і студентів «Актуальні задачі сучасних технологій» (24-25 листопада 2021 р.) Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя. Тернопіль: ТНТУ. 2021. С. 104.

24. Bazyuk T., Blinov I., Butkevich O., Denysiuk S. et al. Intelligent Power Networks: Elements and Modes / By ed. acad. NAS of Ukraine O. Kyrylenko. – К.: IED of NAS of Ukraine, 2022. – 400 p.

25. Denysiuk S. Energy transition – requirements for quality changes in energy sector development // Power engineering: economics, technique, ecology. – 2019. – № 1. – p. 7–28.

26. Denysiuk S., Sokolovskyi P. Analysis of the variable generation function on the step of transition to intellectual networks Smart Grid // Electrification of transport. – 2018. – № 15. – p. 31–42.

27. Oliynyk D. International experience in financing sustainable community development (for example, network infrastructure development): an analyst. report / Oliynyk D. – К.: NISD, 2017. – 48 p.