

Міністерство освіти і науки України  
Державний вищий навчальний заклад  
"Національний гірничий університет"

Електротехнічний факультет

Кафедра Відновлюваних джерел енергії

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА  
Магістерської дисертації

галузь знань 14 – Електрична інженерія

спеціальність 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка  
(Нетрадиційні та відновлювані джерела енергії)

освітній рівень магістр

кваліфікація 2143.2 Інженер-електрик в енергетичній сфері

на тему Оцінка ефективності використання сонячних електростанцій  
для згладжування піків енергоспоживання підприємства

Виконавець:

студент II курсу, групи 141м-16-3

(підпис)

Гребьонкіна Д.В.

(прізвище та ініціали)

Керівники/консультанти	Прізвище, ініціали	Оцінка	Підпис
Проекту:	Колб А.А.		
розділів:			
Розділ 1:	Колб А.А.		
Розділ 2:	Колб А.А.		
Розділ 3:	Тимошенко Л.В.		
Рецензент			
Нормоконтроль	Ципленков Д.В.		

Дніпро  
2018

**Міністерство освіти і науки України  
Державний вищий навчальний заклад  
"Національний гірничий університет"**

---

**ЗАТВЕРДЖЕНО:**

завідувач кафедри

**Відновлюваних джерел енергії**

---

(повна назва)

Шкрабець Ф.П.

(підпис)

(прізвище, ініціали)

“

січня

2018 року

### **ЗАВДАННЯ**

на виконання кваліфікаційної роботи магістра (магістерської дисертації)

спеціальності 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка  
(Нетрадиційні та відновлювані джерела енергії)

студенту групи 141м-16-3  
(група)

Гребьонкіній Д.В.  
(прізвище та ініціали)

Тема магістерської дисертації Оцінка ефективності використання сонячних  
електростанцій для згладжування піків енергоспоживання підприємства

---

---

#### **1 ПІДСТАВИ ДЛЯ ПРОВЕДЕННЯ РОБОТИ**

Наказ ректора ДВНЗ "НГУ" від 31 жовтня 2017 р № 1806-л

#### **2 МЕТА ТА ВИХІДНІ ДАНІ ДЛЯ ПРОВЕДЕННЯ РОБІТ**

Об'єкт досліджень Процеси генерації та споживання електричної енергії.

---

Предмет досліджень Фотоелектричні станції.

---

Мета НДР Аналіз графіків енергоспоживання типових підприємств та економічного  
ефекту від компенсації споживання електроенергії в піковий та ніпівпіковий  
періоди за рахунок СЕС.

---

Вихідні дані для проведення роботи Дані NASA про сонячну інсоляцію, типові графіки  
електричних навантажень підприємств.

---

#### **3 ОЧІКУВАНІ НАУКОВІ РЕЗУЛЬТАТИ**

Наукова новизна Полягає у аналізі ефективності компенсації піків та напівпіків  
електроспоживання за рахунок сонячних електростанцій.

---

---

**Практична цінність** \_\_\_\_\_ полягає в розробці рекомендацій щодо використання СЕС  
для компенсації пікових та напівпікових навантажень на підприємствах.

#### 4 ВИМОГИ ДО РЕЗУЛЬТАТІВ ВИКОНАННЯ РОБОТИ:

---

---

---

#### 5 ЕТАПИ ВИКОНАННЯ РОБІТ

Найменування етапів робіт	Строки виконання робіт (початок-кінець)
Підготовка. Розробка плану дисертації. Початок виконання	13.09.17-03.10.17
Виконання першого розділу. аналіз формування тарифів на електроенергію	08.10.17-30.10.17
Аналіз споживання електроенергії типовими підприємствами	01.11.17-09.12.17
Розрахунок техніко-економічного обґрунтування. Завершення дисертації. Оформлення записки	11.12.17-20.01.18

#### 6 РЕАЛІЗАЦІЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ТА ЕФЕКТИВНІСТЬ

**Економічний ефект** \_\_\_\_\_ полягає в можливості зменшення витрат на оплату електричної енергії з мережі за рахунок енергії, виробленої СЕС.

---

---

**Соціальний ефект** \_\_\_\_\_ Використання сонячних панелей дозволяє поліпшити екологічну обстановку та підвищити заробітну плату за рахунок економії коштів підприємством.

---

---

#### 7 ДОДАТКОВІ ВИМОГИ

---

---

---

Завдання видав

\_\_\_\_\_ (підпис)

Колб А.А.

\_\_\_\_\_ (прізвище, ініціали)

Завдання прийняв до виконання

\_\_\_\_\_ (підпис)

Гребьонкіна Д.В.

\_\_\_\_\_ (прізвище, ініціали)

Дата видачі завдання: \_\_\_\_\_ 04.09.2017

Термін подання дисертації до ЕК

\_\_\_\_\_ 22.01.2018

## РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка магістерської дисертації складається з:

72 стор., 11 табл., 20 рисунків., 21 літературних джерел.

Тема дисертації: Оцінка ефективності використання сонячних електростанцій для згладжування піків енергоспоживання підприємства.

У першому розділі проведено огляд літературних джерел сонячних панелей. Досліджене формування тарифів на електроенергію.

У другому розділі проведено аналіз споживання електроенергії підприємствами. Приведені графіки типових електронавантажень для підприємств та промисловостей.

У третьому розділі розрахована сонячна електростанція для компенсації піків та напівпіків енергоспоживання. Проведений порівняльний аналіз ефективності компенсації піків та напівпіків енергоспоживання для деревообробного заводу, цеху виробництва сиру та ремонтно-механічного заводу.

У техніко-економічному проведені розрахунки вартості спожитої електроенергії до і після компенсації електроенергією, що була вироблена сонячною електростанцією. Розрахована досягнута економія для кожного тарифного сезону і кожного з підприємств.

Наукова новизна полягає у аналізі ефективності компенсації піків та напівпіків електроспоживання за рахунок сонячних електростанцій.

Ключові слова: СОНЯЧНА ПАНЕЛЬ, ПІКОВІ НАВАНТАЖЕННЯ, КОМПЕНСАЦІЯ ЕЛЕКТРОСПОЖИВАННЯ, ЗОННІ ТАРИФИ, СОНЯЧНА ЕНЕРГІЯ.

## ABSTRACT

The explanatory note of the master's thesis consists of:

72 pages, 11 tables, 20 scripts., 21 literary sources.

Theme of dissertation: Analysis of operational and economic parameters of various types of solar panels taking into account their degradation.

The first section reviews the literary sources of solar panels. Investigate the formation of electricity tariffs.

The second section analyzes electricity consumption by enterprises. The graphs of typical electron trucks for enterprises and industries are presented.

In the third section, a solar power plant is designed to compensate for peak power and half-energy consumption. A comparative analysis of the efficiency of compensation of peaks and semifinished energy consumption for a wood processing plant, a cheese production plant and a repair and mechanical plant was carried out.

In the technical and economic calculations of the cost of consumed electricity before and after compensation by electricity generated by the solar power plant. Estimated savings achieved for each tariff season and each company.

The scientific novelty consists in the analysis of the efficiency of compensation of peaks and semifons of electricity consumption at the expense of solar power plants.

Keywords: SOLAR PANEL, EYE LOADING, ELECTRICITY PAYMENT COMPENSATION, ZONE TARIFFS, SOLAR ENERGY

## ЗМІСТ

Вступ.....	8
1. ФОРМУВАННЯ ТАРИФІВ НА ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЮ.....	10
1.1 Загальні відомості .....	10
1.2 Основні концепції формування тарифних ставок .....	11
1.3 Розрахунок тарифних ставок та види тарифів .....	12
1.4. Тарифи на електроенергію в Україні .....	15
1.5. Перевищення договірної величини споживання електричної енергії .....	22
Висновок за розділом 1.....	23
2. АНАЛІЗ СПОЖИВАННЯ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ ПІДПРИЄМСТВАМИ.....	24
2.1. Загальні відомості .....	24
2.2. Графіки групового навантаження .....	27
2.3. Види електроспоживачів, їх номінальні потужності та режими роботи.....	29
2.3.1. Чорна металургія.....	29
2.3.2. Машинобудування .....	32
2.3.3. Підприємства кольорової металургії. ....	35
2.3.4 Підприємства хімічної та нафтохімічної промисловості... 35	
2.3.5 Нафтопереробна промисловість.....	36
2.3.6 Газова промисловість .....	36
2.3.7 Целюлозно-паперова промисловість .....	37
2.3.8 Будівельна промисловість.....	38
2.3.9 Харчова промисловість .....	39
2.3.10 Текстильна та легка промисловість .....	36
Висновок за розділом 2.....	41
3. КОМПЕНСАЦІЯ ПІКІВ ТА НАПІВПІКІВ	

ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ.....	42
3.1 Основні стратегії компенсації піків та напівпіків енергоспоживання.....	42
3.1.1. Розподіл навантаження за часом.....	42
3.1.2. Споживання за розкладом.....	45
3.1.3. Обмеження споживаної потужності на вимогу.....	45
3.1.4. Споживач-регулятор.....	47
3.1.5. Генерація енергії за місцем використання.....	48
3.2.Компенсація піків та напівпіків за допомогою сонячної електростанції.....	48
3.2.1. Розрахунок фотогальванічної системи.....	49
3.2.2. Порівняльний аналіз ефективності компенсації піків та напівпіків навантаження.....	56
Висновок за розділом 3.....	63
4. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ.....	64
4.1. Вступ.....	64
4.2. Розрахунок вартості електроенергії.....	57
Висновок за розділом 4.....	70
Висновки.....	71
Перелік посилань.....	72

## ВСТУП

**Актуальність теми.** Такого як сьогодні розвитку альтернативних джерел енергії слід було очікувати. Катастрофічне погіршення екологічної ситуації у світі, а також необґрунтована економічна залежність від традиційних джерел, призвели до того, що вчені почали оцінювати енергетичний потенціал природних явищ і поступово знайшли методи його використання. Так, зараз людство має можливість використовувати енергію сонця, вітру, руху води, тепла та ін.

Кількість сонячного випромінювання, що потрапляє на Землю, настільки велика, що в кілька десятків тисяч разів перевищує потребу в ньому всього людства. Це означає, що при правильній організації використання цієї енергії на всій планеті, людство зможе забезпечити себе постійним потоком електроенергії всього з одного джерела. При цьому, завдяки його відновлюваності, ми не зможемо перевищити свої потреби і привести до нестачі ресурсів.

В наш час активно впроваджуються нові екологічно чисті джерела енергії. Вже сьогодні можна сказати, що сонячна енергія є серйозною альтернативою традиційній енергетиці. Потрібно відзначити, що діючі в Україні ціни на традиційне паливо й енергію не вміщують реальні витрати на їх виробництво та не враховують екологічної «вартості» енергії. Оцінки прямих соціальних витрат, зв'язаних зі шкідливим впливом електростанцій, включаючи хвороби і зниження тривалості життя людей, оплату медичного обслуговування, втрати на виробництві, зниження врожаю, відновлення лісів і ремонт будинків у результаті забруднення повітря, води і ґрунту дають величину, що додає близько 75 % світових цін на паливо й енергію. Тому, якщо врахувати ці приховані зараз витрати в тарифах на енергію, то більшість нових технологій у сфері сонячної енергетики стає цілком конкурентноспроможними з існуючими технологіями. У силу розглянутої актуальності, використання сонячної енергії, метою даної роботи є



розрахунок ефективності використання автоматизованих систем орієнтації площини сонячних батареї та колекторів (приймачів) перпендикулярно сонячному промінню.

**Об’єкт дослідження** – процеси генерації та споживання електричної енергії.

**Предмет дослідження** – фотоелектричні станції.

**Мета дослідження.** Метою дослідження є аналіз графіків енергоспоживання типових підприємств та економічного ефекту від компенсації споживання електроенергії в піковий та ніпівпіковий періоди за рахунок СЕС.

*Основні задачі дослідження:*

- виконати аналіз формування тарифів на електроенергію.
- виконати аналіз споживання електроенергії типовими підприємствами.
- розрахувати соняну електростанцію.
- виконати техніко-економічні розрахунки.

**Наукова новизна роботи** полягає у аналізі ефективності компенсації піків та напівпіків електроспоживання за рахунок сонячних електростанцій.

**Практична цінність роботи** полягає в розробці рекомендацій щодо використання СЕС для компенсації пікових та напівпікових навантажень на підприємствах.

**Економічний ефект** полягає в можливості зменшення витрат на оплату електричної енергії з мережі за рахунок енергії, виробленої СЕС.

**Соціальний ефект** – використання сонячних електростанцій дозволяє покращити екологічний стан та підвищити заробітну плату за рахунок економії коштів підприємством.

**Апробація результатів дослідження.** Результати роботи були представлені на Міжнародній науково-практичній конференції «Енергоефективність та енергозбереження 2017», 16-17 листопада 2017 р., м. Дніпро.

## РОЗДІЛ 1

### ФОРМУВАННЯ ТАРИФІВ НА ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЮ

#### 1.1 Загальні відомості

В Україні тарифи на електроенергію встановлює Національна комісія з державного регулювання у сфері енергетики і комунальних послуг (НКРЕКУ). У лютому 2015 року в силу вступила постанова №220 НКРЕКУ, що передбачає поетапне підвищення оплати за використання електроенергії

Крім цього, зростання тарифів на електроенергію залежить від категорії споживачів. Так, різниться вартість електроенергії для населення житлових будинків, багатодітних сімей, гуртожитків, юридичних осіб.

Економічні взаємовідносини між виробником електроенергії, електроенергетичними системами і споживачами регулюються шляхом встановлення відповідних орієнтованих на вирішення комплексу певних завдань тарифів на електроенергію. Тарифом є регульована та/або визначена відповідно до нормативно-правових актів ціна (сукупність цін відповідно до часу доби) на певні види товарів або послуг.

Основними функціями тарифів на електроенергію потрібно вважати [1]:

1. відшкодування реальних витрат на виробництво, передачу та розподіл електроенергії, а також отримання справедливого прибутку енергопостачальними компаніями;
2. стимулювання споживачів до режимам електроспоживання в інтересах роботи енергосистеми;
3. забезпечення охорони навколишнього природного середовища та створення умов для поліпшення його стану;
4. стимулювання споживача до участі в зниженні дефіциту потужності в енергосистемі;
5. стимулювання енергозбереження у споживача.

## 1.2 Основні концепції формування тарифних ставок

У промислово розвинених країнах широко застосовуються три основні концепції формування тарифних ставок [1].

1. Тариф розраховується виходячи з необхідного доходу, достатнього для покриття витрат протягом періоду експлуатації енергоджерела і отримання певного прибутку. Ця концепція побудови тарифів близька до системи тарифів, яка використовувалася в колишньому Радянському Союзі, а також в Україні. Аналогічний підхід до кінця 1950-х років широко застосовувався в більшості зарубіжних країн, зокрема в США, Швейцарії, Греції, Італії, Фінляндії, Німеччині.

Основними недоліками даної концепції є те, що вона орієнтована на окупність вже вкладених коштів і не враховує потребу в коштах для розвитку енергетики. Так що такі тарифи, побудовані на визначенні середніх повних витрат, не враховують нелінійний характер зміни витрат на виробництво електроенергії зі збільшенням її обсягу. Крім того, в умовах великої інфляції витрати на оновлення основних фондів енергосистеми можуть значно перевищувати амортизаційні відрахування.

2. На основі розрахунку короткочасних граничних (маржинальних) витрат встановлюються диференційовані за часом тарифи (добові, сезонні), які відображають зміну навантаження і пов'язаних з цим витрат енергокомпаній на маневрування. Це дозволяє збалансувати попит і пропозицію на ринку електроенергії.

Основною проблемою встановлення таких тарифів є складність прогнозування зміни попиту на електроенергію. Тому найчастіше тарифи, побудовані на основі короткострокових витрат, частково відповідають реальним витратам енергосистеми, крім того, такі тарифи не є стабільними в часі. Починаючи з 1960-х років тарифи на електроенергію, побудовані за такою концепцією, застосовувалися в Великобританії, США,

а починаючи з середини 1980-х, в цих самих країнах з'явилися так звані тарифи реального часу (гнучкі), що міняються щогодини.

3. Ціна на електроенергію встановлюється на основі довгострокових граничних витрат, що враховують витрати на спорудження і введення в експлуатацію нових електрогенеруючих потужностей.

Тарифи, побудовані на основі цієї концепції, використовувалися, починаючи з 1960-х років, у Франції та Швейцарії. Перевагою таких тарифів є їх стабільність в часі, отже доцільно їх застосування в разі необхідності покриття дефіциту потужності в енергосистемі.

Граничні відпускні ціни і сам процес формування цін на електроенергію строго контролюються відповідними організаціями на державному і місцевому рівнях. У більшості країн є законодавчі та нормативні акти, що визначають принципи і порядок формування тарифів. Однак в 1980-х роках середній рівень цін на електроенергію мав тенденцію до зростання. Це пояснювалося в основному інфляцією, різким зростанням (до 1986 року) цін на паливо, збільшенням платежів за відсотками, підвищенням експлуатаційних витрат, більш високими витратами на будівництво, в тому числі в зв'язку з необхідністю впровадження обладнання природоохоронного призначення тощо.

### **1.3 Розрахунок тарифних ставок та види тарифів**

Найбільш важливими показниками для розрахунку тарифних ставок є:

- Обсяг споживання електроенергії;
- Потужність обладнання;
- Участь споживача в максимальному використанні потужності енергосистеми;
- Характер використання потужності в часі (базова або пікова);
- Кількість годин використання навантаження;

- Безперервне або дискретне електроспоживання;

- Рівень напруги (до або понад 1000 В), на якому отримують електроенергію споживачі тощо.

Взявши за основу зазначені характеристики споживачів, можна виділити наступні найбільш характерні для більшості розвинених країн види тарифів на електроенергію:

- Добові;

- Сезонні;

- По категоріям споживачів (промисловий, сільськогосподарський, побутової і т. п.);

- По надійності електропостачання (для споживачів, які згодні на перерви в електропостачанні або істотне зниження обсягу електроспоживання в період максимальних навантажень);

- Соціально-орієнтовані.

Як і раніше, на сьогоднішній день основними тарифними системами, які використовуються в більшості країн, є:

1. одноставковий - зазвичай застосовується в побуті і частково в промисловому секторі. При цьому можуть встановлюватися (за згодою сторін):

- Єдина постійна ставка за 1 кВт·год використаної електроенергії;

- Ставка за одиницю часу незалежно від обсягу спожитої енергії;

- Ступенева ставка, розмір якої змінюється паралельно зі збільшенням обсягу електроспоживання;

- Групова - з різною ціною 1 кВт·год в залежності від кількості спожитої електроенергії або від потужності приєднаних установок.

Необхідно відзначити, що застосування одноставкової системи тарифів не дозволяє енергопостачальним компаніям в достатній мірі впливати на економічне регулювання режимів електропостачання. В основному застосування такої системи обумовлено недостатнім рівнем метрологічного обладнання споживача.

2. двоставковий - використовується як для побутових (Франція), так і для промислових споживачів, однак в більшості країн застосовується саме для промислового сектора. Основна ставка залежить від величини приєднаної потужності, додаткова - забезпечує оплату фактично спожитої електроенергії.

Принцип двоставкового тарифу ґрунтується на тому, що деякі компоненти собівартості не залежать від вироблення електроенергії, а визначаються від встановленої потужності, виходячи з максимального навантаження з урахуванням резервів і формують основну ставку тарифу. Іншими словами, ці компоненти є постійними витратами, що враховуються у формулі:

$$C_{ел} = V_{зм}^{пр} + \frac{V_{пост}}{T_{вик} \cdot V_{ел}}, \quad (1.1)$$

де  $C_{ел}$  - собівартість кВт·год енергії, к.;

$V_{зм}^{пр}$  - питомі змінні витрати, тобто витрати, пропорційні розміру виробленої енергії, к. / кВт·год;

$V_{пост}$  - загальні постійні витрати, зокрема амортизаційні відрахування, витрати на ремонт та інші, які залежать від встановленої потужності, к.;

$T_{вик}$  - кількість годин використання встановленої потужності;

$V_{ел}$  - вироблення електроенергії за 1 годину використання встановленої потужності, кВт·год.

Таким чином, двоставковий тариф за спожиту 1 кВт·год енергії ( $\Pi$ ) розраховується за формулою

$$\Pi = \frac{\Pi_{\text{тр}} \cdot P_{\text{в}} \cdot T_{\text{вик}}}{Q_{\text{спож}}} + \pi, \quad (1.2)$$

де  $\Pi_{\text{тр}}$  - тариф за 1 кВ·А трансформаторів у споживача, к ./ (кВ·А)·год;

$P_{\text{в}}$  - обсяг встановленої потужності трансформаторів, кВ·А;

$T_{\text{вик}}$  - кількість годин використання трансформаторів у споживача;

$Q_{\text{спож}}$  - кількість спожитої енергії, врахованої лічильником споживача, кВт·год;

$\pi$  - ставка за кожну спожиту 1 кВт·год, яка врахована лічильником, к. / кВт·год.

На сьогодні двоставкова система тарифів для більшості країн є базовою. Диференціація плати дозволяє постачальникам (виробникам), за винятком вирішення питань управління режимами споживання, виставляти рахунки споживачеві на величину абонентської плати за електричну потужність.

3. триставковий - споживач платить за загальний обсяг використаної електроенергії, за її споживання при пікових навантаженнях енергосистеми і за приєднану потужність.

Крім того, застосовуються також складні тарифні системи на основі розрахунку декількох різних показників, а також індивідуальні - для великих одиничних споживачів, - враховують час використання електроенергії, тривалість контракту та ін.[2]

#### **1.4 Тарифи на електроенергію в Україні**

Починаючи з 1992 року тарифи на електроенергію стали розроблятися в Україні. Був розроблений і затверджений ряд тимчасових методик і положень з розрахунку двоставкових і диференційованих за часом тарифів. Зокрема, в

1993 році розроблено положення про державне регулювання тарифів на електро- і теплову енергію. Цим положенням передбачалося встановлення двоставкового тарифу, виходячи з таких міркувань:

- плата за спожиту електроенергію визначається на підставі вартості нормативної витрати палива на виробництво 1 кВт·год електроенергії;

- місячна плата за заявлену потужність містить всі витрати на виробництво електроенергії, за винятком паливної складової, віднесеної до заявленої потужності споживачів.

В Україні проводяться активні наукові дослідження в галузі вдосконалення як оптових, так і роздрібних тарифів на електроенергію, а також змін, що відбуваються в галузі на межі переходу до ринку електроенергії, створення нової організаційної структури енергетики. Результатами розробок, виконаних за завданням Міненерго, Національного диспетчерського центру, НКРЕКП, стали запропонована концепція побудови багатофункціональної системи тарифів на електричну енергію для України, а також створення численних конкретних методик вдосконалення існуючих оптових і роздрібних тарифів. Серед таких методик, зокрема, можна назвати:

- методику розрахунку роздрібних тарифів на електроенергію, диференційованих за ступенями напруги у споживача;
- методику встановлення знижок до тарифів на електроенергію за участь споживачів у зменшенні дефіциту електричної потужності в енергосистемі;
- методику встановлення знижок і надбавок за споживання реактивної потужності;
- методику встановлення екологічної складової в тарифи на електроенергію.

Діючі на сьогодні в Україні, диференційовані за часом доби, тарифи на електричну енергію повинні сприяти вирівнюванню добової нерівномірності



графіків навантаження об'єднаної енергосистеми. Таким чином, зниження попиту на електричну потужність в години пікового навантаження і його підвищення в нічні години призводить до зменшення використання дорогих в експлуатації енергоустановок пікового навантаження і більш стабільного використання установок з проміжним навантаженням. Наслідком таких більш економічних режимів виробництва електроенергії є зниження ціни на неї для кінцевих споживачів, підвищення надійності і якості енергопостачання[3].

В Україні для визначення рівня ставок тарифів, диференційованих за періодами часу, згідно з постановою НКРЕ від 20.12.2001 N 1241 (із змінами та доповненнями) ДП НЕК "Укренерго" встановлені за погодженням з НКРЕ (лист від 05.11.2009 N 7309/09/17-08) наступні межі тарифних зон для розрахунків споживачів (крім населення) за електричну енергію за:

**- тризонними тарифами, диференційованими за періодами часу:**

*- січень, лютий, листопад та грудень:*

пікова зона	8.00 - 10.00; 17.00 - 21.00;
напівпікова зона	6.00 - 8.00; 10.00 - 17.00; 21.00 - 23.00;
нічна зона	23.00 - 6.00;

*- березень, квітень, вересень та жовтень:*

пікова зона	8.00 - 10.00; 18.00 - 22.00;
напівпікова зона	6.00 - 8.00; 10.00 - 18.00; 22.00 - 23.00;
нічна зона	23.00 - 6.00;

- травень, червень, липень та серпень:

пікова зона	8.00 - 11.00; 20.00 - 23.00;
напівпікова зона	7.00 - 8.00; 11.00 - 20.00; 23.00 - 24.00;
нічна зона	24.00 - 7.00.

- двозонними тарифами, диференційованими за періодами часу:

денний період	7.00 - 23.00;
нічний період	23.00 - 7.00.

Для визначення рівня ставок тарифів, диференційованих за періодами часу, для кожного періоду (нічний, денний, напівпіковий, піковий) та всіх сезонів установлюються такі тарифні коефіцієнти та тривалість періодів, згідно Постанови НКРЕ № 1241 від 20.12.2001 Про диференційовані тарифи:

Період часу	нічний	денний	напівпіковий	піковий
Двозонні тарифи, диференційовані за періодами часу				
Тарифні коефіцієнти	0,4	1,5	-	-
Тривалість періоду, год.	8	16	-	-
Тризонні тарифи, диференційовані за періодами часу				
Тарифні коефіцієнти	0,35	-	1,02	1,68
Тривалість періоду, год.	7	-	11	6

Ставки тарифів, диференційованих за періодами часу, визначають, помноживши значення роздрібного тарифу на тарифний коефіцієнт для відповідного періоду часу. Застосування багатотарифного обліку дає можливість істотно скоротити витрати на електроенергію підприємствам, що працюють цілодобово або мають можливість основну частину навантаження перенести на нічний час. До таких підприємств належать: АЗС, хлібопекарні, насосні станції, сталеливарні підприємства, водонапірні станції і т. Їм досить обмежити споживання в години пік. Застосовуючи багатотарифний облік, можна скоротити витрати на електроенергію майже в 4 рази[4].

Застосування диференційованих за часом доби тарифів обумовлює зміну середнього тарифу на електроенергію для підприємства ( $T_{\text{сер}}$ ), який може бути розрахований за формулою:

$$T_{\text{сер}} = \frac{\sum_{i=1}^3 T_i \cdot Q_i}{\sum_{i=1}^3 Q_i}, \quad (1.3)$$

де  $T_i$  - тариф по  $i$ -й зоні доби, к. / кВт·год;  $Q_i$  - кількість годин використання встановленої потужності або обсяг спожитої електроенергії по  $i$ -й зоні доби, кВт·год.

Так, якщо підприємством застосовується одноставковий тариф в розмірі 1 грошова одиниця за спожиту 1 кВт·год, то середній тариф дорівнює його величині:  $T_{\text{сер1}} = 1$  (рис. 1.1).

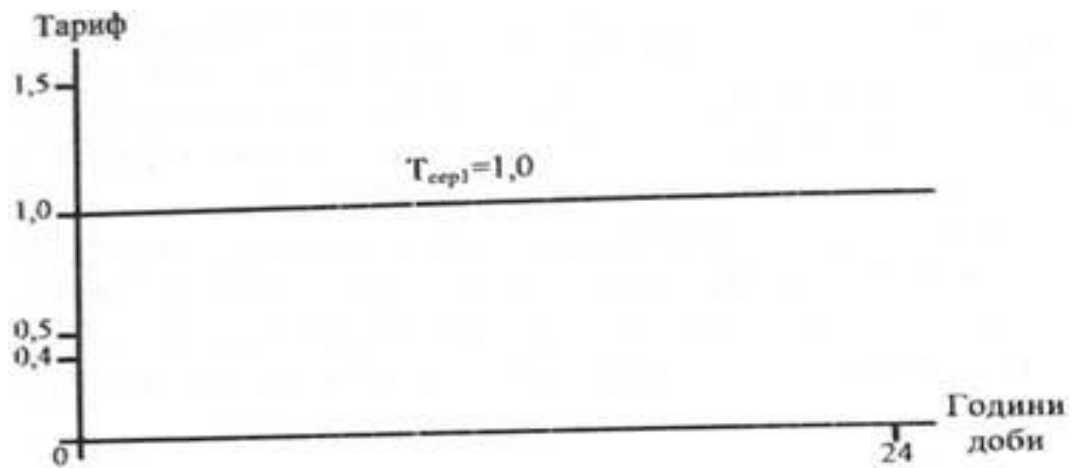
При застосуванні двоставкового тарифу середній тариф складе, наприклад, для підприємств, що працюють цілодобово і споживають однакову потужність:

$$T_{\text{сер2}} = (0,4 \cdot 8 + 1,5 \cdot 16) / 24 = 1, \text{ С грош, од.};$$

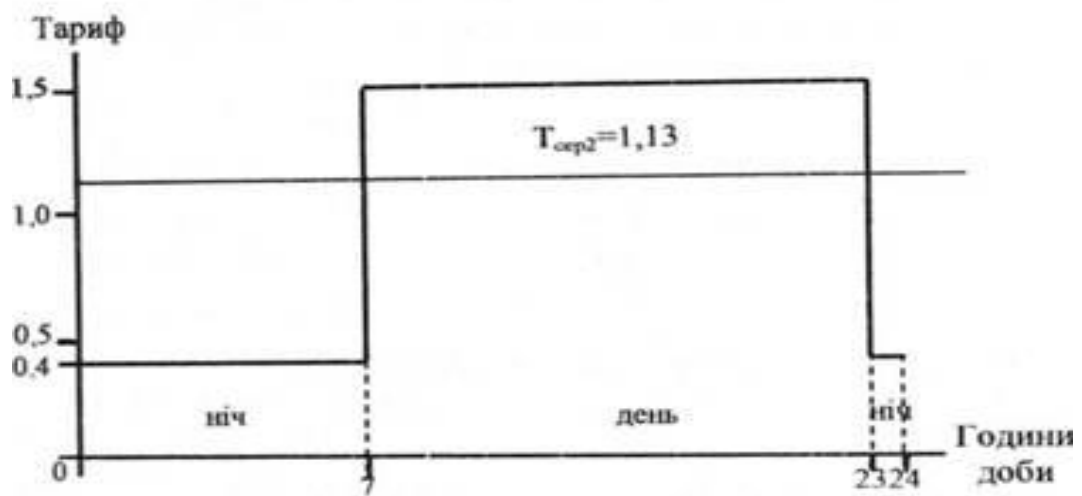
а при застосуванні триставкових тарифів:

$$T_{\text{сер3}} = (0,4 \cdot 7 + 1,0 \cdot 11 + 1,5 \cdot 6) / 24 = 0,95 \text{ грош, од.}$$

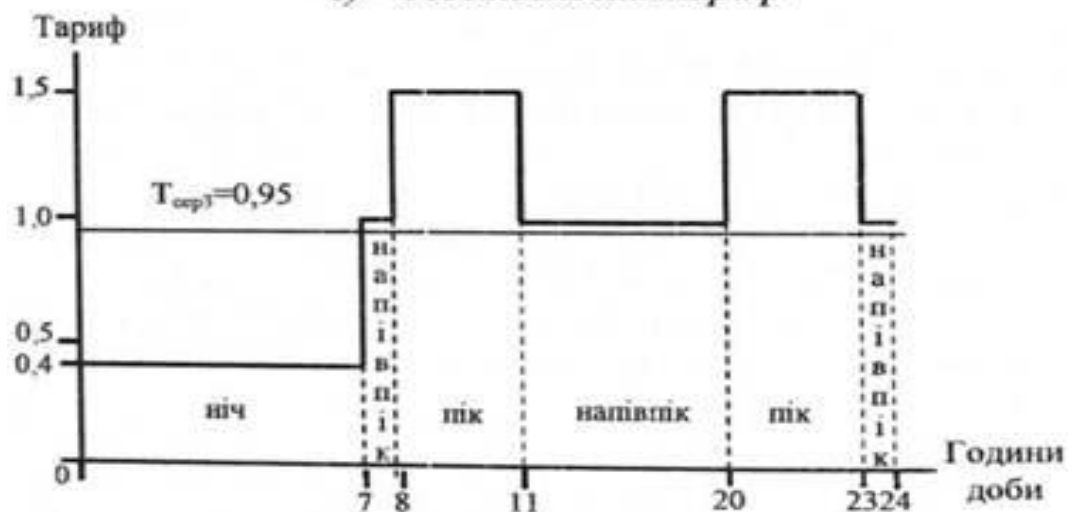
Таким чином, за умови цілодобового режиму роботи і постійного обсягу споживання потужності, підприємству вигідно використовувати триставкові тарифи, економлячи 5% на оплаті електроенергії. У разі застосування двоставкового тарифу переплата складе 13%, в порівнянні з застосуванням одноставочного тарифу. Якщо підприємство має можливість змінювати споживану потужність і перенести навантаження на непікові зони доби, економія на оплаті за електроенергії, за рахунок введення двох або тріставочних тарифів, може вирости в кілька разів, пропорційно знизивши середній тариф.



а) – одноставковий тариф



б) – двоставковий тариф



в) – треставковий тариф

Рисунок 1.1 - Зміна рівня середнього тарифу на електроенергію при застосуванні багатозонних тарифів (на прикладі з цілодобовим режимом роботи і постійним у часі обсягом енергоспоживання)

## **1.5 Перевищення договірної величини споживання електричної енергії**

Згідно п. 6.6 Правил користування електричною енергією, затверджених постановою Національної комісії з питань регулювання електроенергетики України (НКРЕ) від 31.07.1996 № 28, зі змінами та доповненнями (далі – ПКЕЕ), Оплата електричної енергії, яка відпускається споживачу, здійснюється споживачем у формі попередньої оплати у розмірі вартості заявленого обсягу споживання електричної енергії на відповідний розрахунковий або плановий період.

П. 4.2 ПКЕЕ - відомості про обсяги очікуваного споживання електричної енергії в наступному році з помісячним або поквартальним розподілом подаються споживачами постачальнику електричної енергії за регульованим тарифом у термін, обумовлений договором.

П. 6.17 ПКЕЕ У разі перевищення договірної величини споживання електричної енергії за розрахунковий період споживачем, який розраховується за тарифами, диференційованими за періодами часу, або якщо відповідно до договору для споживача протягом розрахункового періоду змінювався тариф, він за обсягом перевищення сплачує на поточний рахунок із спеціальним режимом використання постачальника електричної енергії підвищену згідно з законом вартість різниці між фактично спожитим та договірним обсягами електричної енергії за середньозваженим тарифом.

Середньозважений тариф розраховується як частка від ділення всієї нарахованої за розрахунковий період суми оплати за електричну енергію на обсяг всієї електричної енергії, спожитої за цей період.

## **Висновок за розділом 1**

Був проведений аналіз формування тарифів на електроенергію, розглянуті основні функції тарифів на електроенергію.

Були досліджені основні концепції формування тарифних ставок.

Проаналізований розрахунок тарифних ставок та види тарифів.

Досліджені двоставковий та триставковий тарифи. Досліджені принципи розрахунку за електроенергію підприємствами з урахуванням пікових та напікових зон доби.

## РОЗДІЛ 2

### АНАЛІЗ СПОЖИВАННЯ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ ПІДПРИЄМСТВАМИ

#### 2.1 Загальні відомості

За формою графіків навантажень розрізняють п'ять груп споживачів:

- промислового навантаження,
- комунально-побутове споживання,
- електричний транспорт,
- вуличне освітлення,
- сільськогосподарські потреби.

Промислове навантаження за рахунок одно- і двозмінних підприємств знижується в нічний і вечірній час. Комунально-побутове споживання, значно зростає в ранковий і вечірній час, вечірній пік - більш тривалий. Транспортні перевезення мають піки в ранкові та вечірні години. Вуличне освітлення має максимум в нічні години. Сільськогосподарські графіки споживання досить рівномірні з сезонною зміною його величини.

Сумарний графік навантажень отримують шляхом погодинного складання навантажень всіх споживачів для типово зимових і типово літніх місяців

Типовий графік навантаження - усереднений за часом і набором електроприймачів графік навантаження аналогічних за режимом роботи споживачів.

При великій кількості електроприймачів, що входять в групу (цех, завод, житловий будинок, район), їх груповий графік навантаження стає стійким, майже періодичним.

Розрізняють типові графіки сільськогосподарських споживачів, промислових споживачів (по галузях) і споживачів комунально-побутового



сектора. Дані типових графіків навантаження наводяться в довідковій літературі в відносних одиницях і використовуються при проектуванні систем електропостачання споживачів.

Навантаження типового графіка, як правило, нормується щодо максимального значення і видається в процентах.

На відміну від промислових споживачів, вечірній максимум навантаження споживачів комунально-побутового сектора більше, ніж ранковий.

При розгляді типових графіків навантаження мають місце характерні графіки за літній і зимовий дні. Для відмінності графіків навантаження за минулими сезонами року використовують коефіцієнт сезонності (в основному, для споживачів сільського господарства).

У практиці електропостачання, як правило, використовують групові графіки навантаження (ГГН), але враховуючи, що вони формуються окремими електроприймачами, необхідно розглянути індивідуальні графіки навантаження (ІГН).

Розрізняють 4 види ІГН (рис. 2.1):

- періодичні;
- циклічні;
- нециклічні;
- нерегулярні.

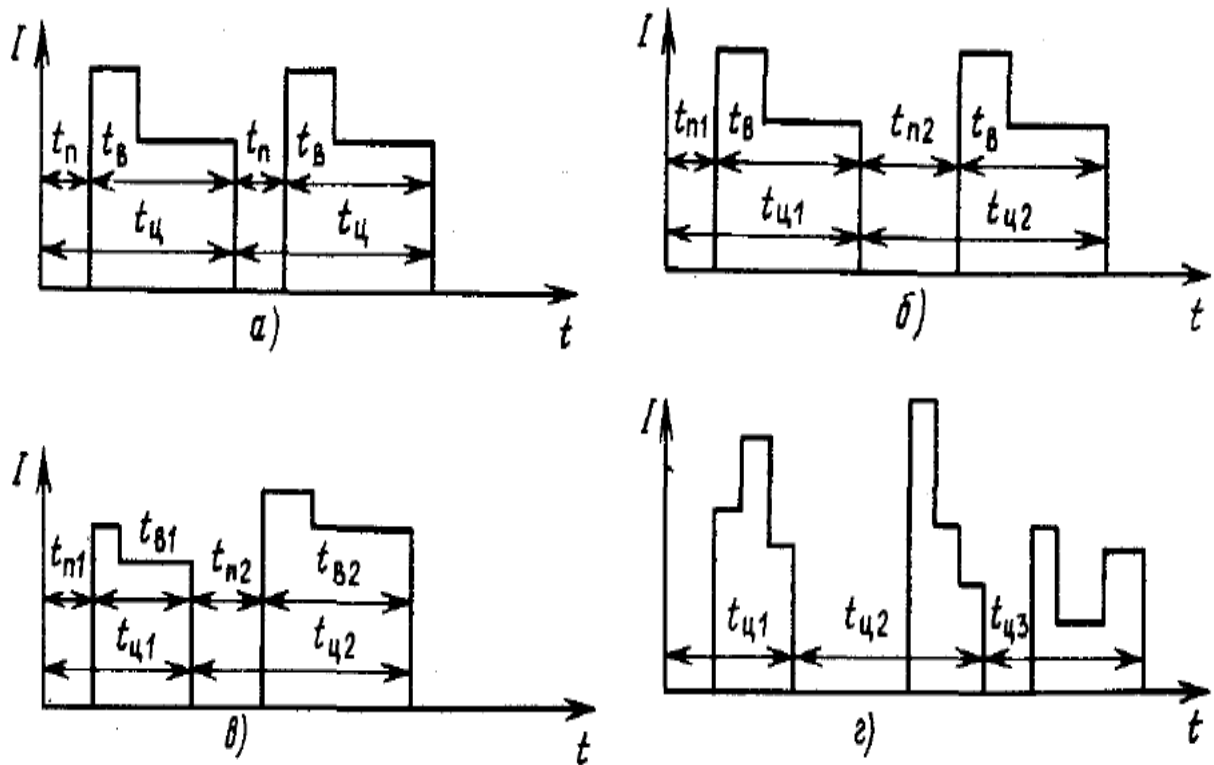


Рисунок 2.1 – Індивідуальні графіки навантаження різних типів,

а - періодичні; б - циклічні; в - нециклічні; г – нерегулярні.

Періодичні графіки (рис. 2.1, а) відповідають строго ритмічному виробництву з однаковими струмами і часом  $t_{п}$ ,  $t_{в}$ ,  $t_{ц}$  за різні цикли:

$$t_{п1} = t_{п2} = \text{const}, t_{в1} = t_{в2} = \text{const}, t_{ц1} = t_{ц2} = \text{const}, W_1 = W_2 = \text{const}.$$

Такі графіки мають, наприклад, окремі верстати в автоматичних поточних лініях.

Циклічні графіки (рис. 2.1, б) характерні для електроспоживачів поточних ліній, де є ручні операції, наприклад, установка, підгонка деталей, їх зйом і т. д. Час пауз  $t_{п}$  і циклів  $t_{ц}$  у таких графіків за різні цикли не рівні і змінюються за випадковим законом:

$$t_{п1} \neq t_{п2} \neq \text{const}, t_{в1} = t_{в2} = \text{const}, t_{ц1} \neq t_{ц2} \neq \text{const}, W_1 = W_2 = \text{const}.$$

Нециклічні графіки (рис. 2.1, в) мають електроприймачі, коли операції вони виконують строго не регламентовані, наприклад, верстати на ремонтних

ділянках. В цьому випадку  $t_b$ ,  $t_n$  і  $t_c$  являються випадковими, змінюється і величина навантаження від циклу до циклу.

При цьому нециклічний графік, подібно періодичному і циклічному, характеризується стабільністю споживання електроенергії за середній час циклу:

$$t_{n1} \neq t_{n2} \neq \text{const}, t_{b1} \neq t_{b2} \neq \text{const}, t_{c1} \neq t_{c2} \neq \text{const}, W_1 = W_2 = \text{const}.$$

Нерегулярні графіки (рис. 2.2, г) зустрічаються рідко. їх мають електроприймачі, які обслуговують технологічні процеси з несталим характером. При цьому умова стабільності споживання електроенергії вже не дотримується:

$$t_{n1} \neq t_{n2} \neq \text{const}, t_{b1} \neq t_{b2} \neq \text{const}, t_{c1} \neq t_{c2} \neq \text{const}, W_1 \neq W_2 \neq \text{const}.$$

Наприклад, електропривод для буріння свердловин великої глибини буде створювати нерегулярний графік навантаження, так як твердість породи і її товщина весь час змінюються.

## 2.2 Графіки групового навантаження

Для групових графіків навантаження ступінь регулярності визначається не тільки типами складових його індивідуальних графіків, а й взаємозалежностями навантажень окремих електроприймачів.

За періодичністю розрізняють наступні типи групових графіків навантаження:

- нерегулярні;
- майже періодичні.

У більшості випадків мають місце майже періодичні групові графіки навантаження (рис. 2.2).

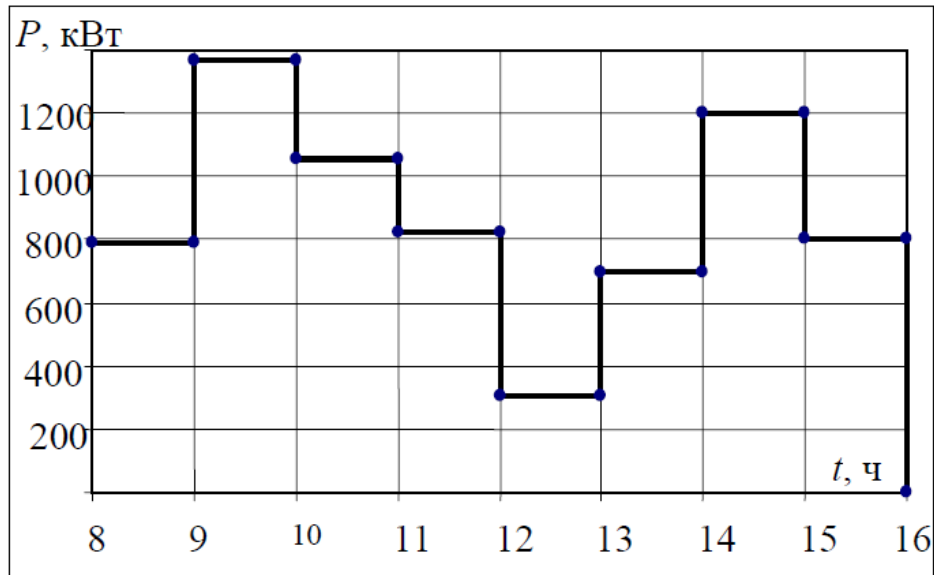


Рисунок 2.2 - Графік навантаження споживача електроенергії за зміну.

Групові графіки навантаження, для яких характерна повторюваність навантаження протягом різних змін в певні часові інтервали, називають майже періодичними.

Групові графіки навантаження, використовувані для вирішення практичних завдань електропостачання, діляться на добові (змінні), річні (по місяцях), впорядковані, типові.

Добові (змінні) графіки навантаження (рис. 2.2) характеризують зміну навантаження протягом доби (зміни). При цьому слід розрізняти робочу добу, а також вихідні та святкові дні, навантаження в які істотно нижче. Особливістю добових графіків навантаження є їх нерівномірність, коли спостерігаються ранковий і вечірній максимуми. Вночі навантаження істотно знижується. Виняток становлять споживачі з безперервним технічним процесом.

## 2.3 Види електроспоживачів, їх номінальні потужності та режими роботи

Види електроприймачів(ЕП), їх номінальні потужності і режими роботи багато в чому визначаються галуззю промисловості, до якої належить промислове підприємство(ПП).

### 2.3.1 Чорна металургія

Типовий графік навантаження наведений на рис. 2.3.

Основні цехи: агломераційні, коксохімічні, доменні, мартенівські, конвертерні, огрудкування, металізації, електросталеплавильні і прокатні.

**Агломераційні цехи.**

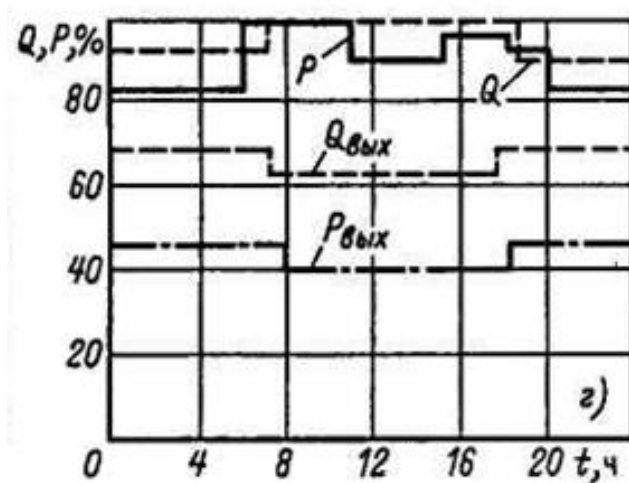


Рисунок 2.3 – Типовий графік навантаження підприємств чорної металургії

Агломерація - це один з методів, що дозволяють перетворювати суміш дрібнокускових руд в великі шматки, які придатні для переділу в доменних печах. Основні ПЕ в цих цехах: агломераційні машини, випалювальні машини, дозатори, живильники, змішувачі, окомкователі, дробарки і млини - мають потужності  $3 \div 180$  кВт. Найбільші ЕП: повітродувки, димососи, турбокомпресори ( $100 \div 8000$  кВт). В основному напруга живлення  $U_{жив} =$

380 В; при потужності електродвигуна понад 200 кВт  $U_{\text{жив}} = 6000 \text{ В}$  або 10000 В. Є ряд ЕП постійного струму - це електропривод випалювальних машин і охолоджувачів. Більшість ЕП працюють в тривалому режимі, частина в режимі ПКР. До першої категорії відносяться: газодувки, охолоджувачі, агломераційні машини, димососи. Решта ЕП відносяться до другої категорії.

**Коксохімічні цехи** призначені для отримання коксу з кам'яного вугілля шляхом його нагрівання без доступу повітря в коксових печах. Основні ЕП: вугільні конвеєри, живильники, дозувальні столи, вентилятори, магнітні сепаратори, насоси, компресори, коксові машини ( $2 \div 145 \text{ кВт}$ ). Найбільші ЕП: дробарки і газодувки ( $250 \div 1000 \text{ кВт}$ ). Напруга живлення ЕП змінне 380, 6000 або 10000 В. Більшість ЕП працюють в тривалому режимі, частина механізмів працює в режимі повторно-короткочасний(ПКР) (коксові машини, вугільні перевантажувачі, крани). До першої категорії 14 відносяться: газодувки, насоси охолодження, коксові машини. Решта ЕП відносяться до другої категорії.

**Доменні цехи** призначені для виплавки з руди чавуну в доменних печах. Основні ЕП: скіпові підйомники, насоси, рудні перевантажувачі, електрофільтри, трансферкара, пиловловлювачі, зондові лебідки, вагон - ваги, вентиляція ( $2 \div 1200 \text{ кВт}$ ). Найбільші ЕП: повітродувки ( $3000 \div 12000 \text{ кВт}$ ). Напруга живлення ЕП 380, 6000 або 10000 В. Є ЕП постійного струму: скіпові підйомники, рудні перевантажувачі, зондові лебідки. Режим роботи ЕП в основному тривалий, але є і ПКР (скіпові підйомники, зондові лебідки, крани і т.д.). До першої категорії відносяться: насоси водопостачання та охолодження печей, повітродувки, агрегати газоочистки. Решта ЕП відносяться до другої категорії.

**Мартенівські цехи** призначені для виплавки сталі з чавуну і скрапу (металобрухту). Основні ЕП: різні крани (завалочні, заливальні, розливні, збиральні); лебідки для перекидання клапанів; насоси; вентилятори.

Потужності електродвигунів від 3 до 150 кВт. Напруга живлення ЕП 380 В. Крани і лебідки працюють в ПКР, інші ЕП - в тривалому режимі. До першої категорії відносяться заливальні і розливні крани. Решта ЕП відносяться до другої категорії. Конвертерні цеху призначені для виплавки сталі з чавуну. Основними технологічними установками є кисневі конвертери, міксери і обслуговуюче їх обладнання. Основними ЕП є приводи повороту конвертерів і нахилу міксерів, що харчуються постійним струмом (100 ÷ 700 кВт). Наступна група ЕП: заливальні і розливні крани (до 470 кВт), димососи (до 2000 кВт), насоси і вентилятори (20 ÷ 200 кВт). Напруга живлення ЕП - 380, 6000 або 10000 В. Приводи повороту конвертерів і нахилу міксерів, а також крани працюють в режимі ПКР, інші ЕП в тривалому режимі. До першої категорії відносяться електроприводи конвертерів і міксерів, а також розливні і заливальні крани. Решта ЕП відносяться до другої категорії.

**Цехи огрудкування і металізації** є на ПП, де, поряд з металобрухтом, для виплавки сталі застосовуються металізовані окатиші. Основні ЕП: мішалки, грохоти, огрудкувачі, шахтні і трубчасті печі, конвеєри, насоси, компресори, вентилятори, повітродувки, димососи, скрубери (2 ÷ 400 кВт). Найбільшу потужність (до 3000 кВт) мають повітродувки і ротаційні компресори. Напруга живлення ЕП - 380, 6000 або 10000 В. Режим роботи більшості ЕП тривалий, підйомно-транспортні механізми працюють в режимі ПКР. До першої категорії відносяться: трубчасті печі, повітродувки, димососи. Решта ЕП відносяться до другої категорії.

**Електросталеплавильні цехи** призначені для виплавки сталей різних марок з скрапу і металізованих окатишів. Основними технологічними агрегатами є дугові сталеплавильні печі (ДСП) і обслуговуючі їх механізми. Потужності ДСП складають 10 ÷ 100 МВ · А. Обслуговуючі механізми: насоси, повітродувки, вентилятори, димососи, крани, конвеєри (4 ÷ 1200 кВт). Напруга живлення 380, 6000 або 10000 В. 15 Напруга живлення ДСП - 6, 10, 35 або 110 кВ. Режим роботи ДСП різко-змінний. Решта ЕП мають

тривалий режим або ПКР (крани). До першої категорії відносять димососи і системи автоматики і охолодження ДСП. Решта ЕП відносяться до другої категорії.

**Прокатні цехи** призначені для отримання зі сталевих заготовок різних профілів (куточки, прутки, труби, дрiт і т.д.). У цехах є дві групи ЕП: головний привід прокатних станів і приводи допоміжних механізмів прокатних станів. Потужності електродвигунів головних приводів досягають 12000 кВт, вони харчуються постійним струмом по системі УТВД або змінним струмом. Приводи допоміжних механізмів (крани, рольганги, кантувателі, моталки і ін.) Мають потужність 10 ÷ 2500 кВт. Головні приводи працюють в різко-змінному режимі. Решта механізми працюють в основному в режимі ПКР. Напруга живлення ЕП 380, 6000 або 10000 В. До першої категорії відносяться головні приводи станів гарячої прокатки. Решта ЕП відносяться до другої категорії. Широко використовуються установки безперервного розливання сталі (УНРС). Потужності електродвигунів цих установок 10 ÷ 700 кВт.

### **2.3.2 Машинобудування**

Це найбільша група ПП. По виду продукції, що випускається підприємства машинобудування поділяються на такі класи: автомобільні, авіаційні, кораблебудівні, суднобудівні і судноремонтні, важкого машинобудування, верстатно-інструментального, сільськогосподарського машинобудування, дорожньо-будівельного машинобудування, хімічного машинобудування, енергетичного машинобудування, атомного машинобудування, приладобудівні, електротехнічні та ряд інших. Основними цехами машинобудівних підприємств є: ливарні, термічні, ковальські, механічні, механоскладальні, пресові, зварювальні, інструментальні та ряд інших.



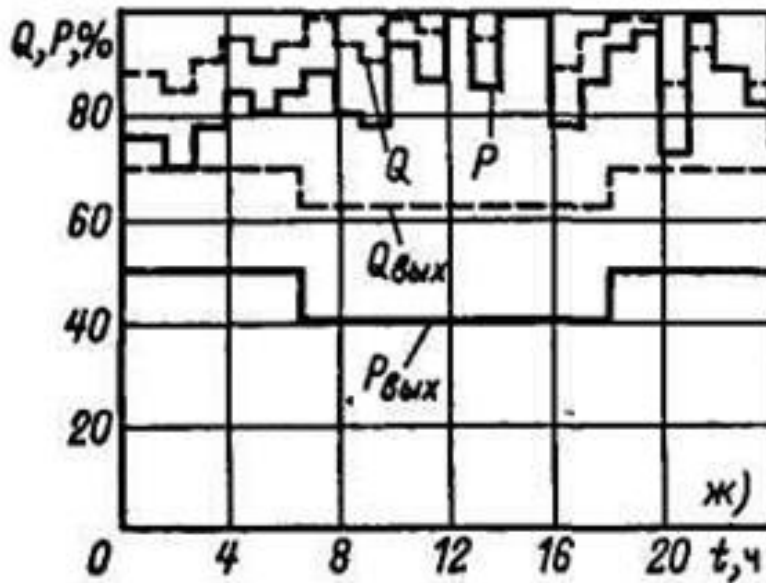


Рисунок 2.4 – Типовий графік навантаження підприємств важкого машинобудування

**Ливарні цехи.** Основне призначення - виплавка різних деталей з чорних і кольорових металів. Основні ЕП: різні електричні печі (дугові, індукційні, опору), автоматичні формувальні лінії, бігуни, конвеєри, транспортери, насоси, вентилятори, повітрорудки, крани. Електроприводи вентиляторів, насосів і повітрорудок мають діапазон потужностей  $11 \div 200$  кВт, режим роботи - тривалий. Потужності приводів транспортерів, конвеєрів, кранів  $1,7 \div 30$  кВт, режим роботи ПКР. Потужності бігунів і формувальних ліній  $17 \div 75$  кВт. Потужності електричних печей  $40 \div 20000$  кВт·А. Режим роботи - тривалий. Напруга живлення ЕП 380, 6000 або 10000 В. Категорія безперебійності ЕП - друга.

**Термічні цехи** призначені для хіміко-термічної і термічної обробки металевих виробів. Основні ЕП: різні гартівні печі і установки ( $10 \div 10000$  кВт) і обслуговуючі їх механізми: вентилятори, конвеєри, крани, насоси та ін. ( $5 \div 40$  кВт). Режим роботи більшості механізмів тривалий. Категорія безперебійності - друга. Напруга харчування - 380, 6000 або 10000 В. Гартівні установки живляться від перетворювачів частоти.

**Цехи механічної обробки.** Основні ЕП: різні види верстатів і автоматичних ліній. Потужності окремих верстатів  $0,25 \div 45$  кВт. У важкому і енергетичному машинобудуванні є великі обробні комплекси з сумарною потужністю електродвигунів до 1000 кВт. Напруга живлення ЕП 380 В. Режим роботи тривалий і ПКР. Категорія безперебійності друга на великих підприємствах і третя на середніх і дрібних ПП.

**Пресові цехи.** Основні ЕП: преси, вентилятори, насоси, металообробні комплекси, електрозварювальні установки, крани і ряд інших. Преси застосовуються наступних видів: холодного штампування ( $28 \div 180$  кВт), гарячого штампування ( $28 \div 500$  кВт) і гідропреси ( $250 \div 1500$  кВт). Решта ЕП мають потужності електродвигунів  $1 \div 55$  кВт. Потужності електрозварювальних установок  $10 \div 600$  кВт·А. Режим роботи більшості ЕП ПКР, але є і тривалий. Напруга живлення ЕП 380, 6000 або 10000 В. Категорія безперебійності - друга.

**Зварювально-складальні цехи.** Основні ЕП: електрозварювальні установки дугового ( $4 \div 165$  кВт·А) і контактного електрозварювання. Установки контактного зварювання поділяються: на одноточкові ( $3 \div 190$  кВт·А), рельєфні ( $100 \div 800$  кВт·А), шовні ( $30 \div 400$  кВт·А), стикові ( $30 \div 1000$  кВт·А). Для складання і зварювання великогабаритних виробів (кузова автомобілів, літаків, вагонів та ін.) Застосовуються потокові автоматичні складально-зварювальні лінії, мають потужність зварювальних трансформаторів  $500 \div 20000$  кВт·А. Напруга живлення електрозварювальних установок 380 В. Режим роботи ПКР. Підйомно-транспортні механізми цих цехів (тельфери, крани, перевантажувачі, установки навісу і знімання) мають потужності  $1 \div 30$  кВт. Зварювальні і складальні роботи мають потужності  $0,4 \div 100$  кВт. Категорія безперебійності ЕП друга.

### 2.3.3 Підприємства кольорової металургії

За видами одержуваних металів розрізняють: алюмінієву, мідну, цинкову, свинцеву, титаномagneзійову і ряд інших підгалузей. Найбільш енергоємними на цих підприємствах є електролізні цехи. Основними ЕП цих цехів є електролізні ванни. Залежно від одержуваного металу вони діляться на ванни невеликої потужності на ток 30-40 кА, ванни середньої потужності на ток 50-90 кА і ванни великої потужності на ток 100- 200 кА, випрямлена напруга становить від 230 до 850 В. Живляться від напівпровідникових перетворювачів напругою 6, 10, 35 кВ. Режим роботи - тривалий. Категорія безперебійності - перша. До розряду інших ЕП відносяться: млини, дробарки, дозатори, живильники, електричні печі опору, повітрорудувки, димососи, вентилятори, насоси ( $3 \div 1000$  кВт). Режим роботи ЕП в основному тривалий. Напруга харчування - 380, 6000 або 10000 В.

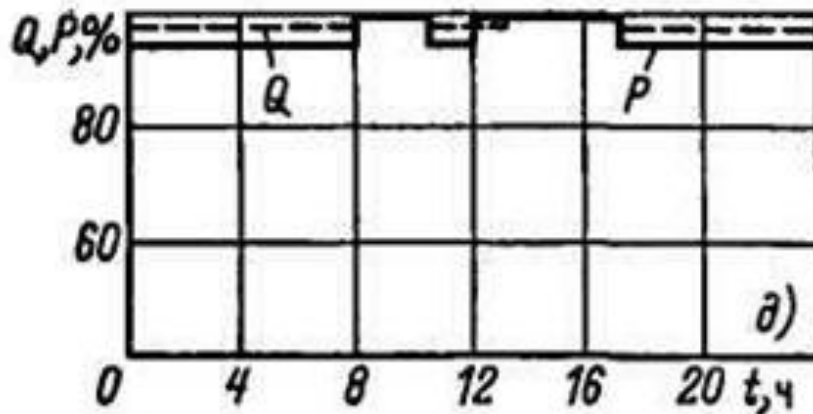


Рисунок 2.5 – Типовий графік навантаження підприємств кольорової металургії

### 2.3.4 Підприємства хімічної та нафтохімічної промисловості

На цих підприємствах основними ЕП є: електролізних ванни ( $50 \div 15000$  кВт • А); мішалки, центрифуги ( $1 \div 55$  кВт); насоси відцентрові ( $6 \div 500$  кВт); компресори поршневі ( $200 \div 6300$  кВт); турбокомпресори ( $700 \div 12000$  кВт),

вентилятори (2 ÷ 200 кВт). Напруга живлення ЕП 380, 6000 або 10000 В. Категорія безперебійності в основному перша. Режим роботи ЕП - тривалий.

### 2.3.5 Нафтопереробна промисловість

Ці підприємства виробляють різні види палива (бензин, гас, дизельне паливо, мазут і т.д.), мастила, гудрон і ін. Основні ЕП: засувки (0,4 ÷ 2 кВт); відцентрові насоси (2 ÷ потужність 2000 кВт); вентилятори (2 ÷ 45 кВт); компресори (200 ÷ потужність 2000 кВт); електрообезсіллюючих установки (100 ÷ 800 кВт). Напруга живлення ЕП - 380, 6000 або 10000 В. Режим роботи - тривалий, у засувок - короткочасний. Приблизно 25% ЕП відноситься до першої категорії, решта - до другої.

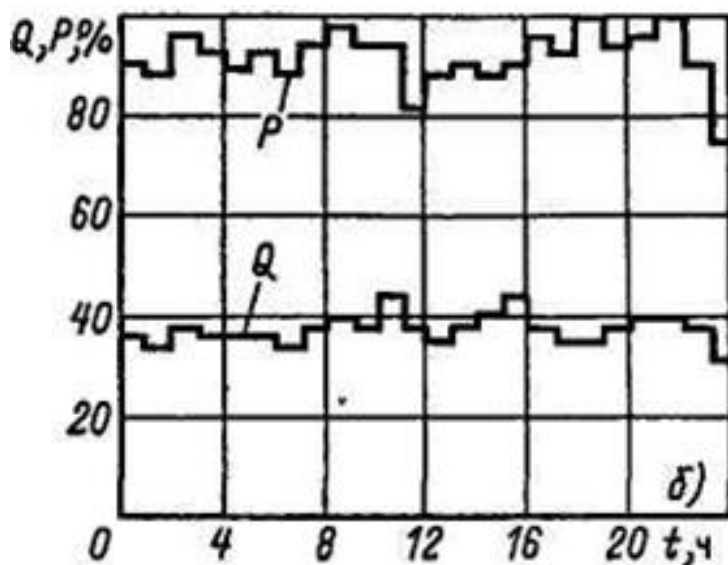


Рисунок 2.6 – Типовий графік навантаження підприємств нафтопереробної промисловості

### 2.3.6 Газова промисловість

Основними споживачами є газокompресорні станції (КС). Характер електроспоживання КС залежить від типу приводу газоперекачувальних агрегатів (ГПА). Розрізняють три групи ГПА: газотурбінні установки,

електропривідні агрегати (ЕГПА) і газомотокомпресорні установки. Найбільш енергоємними є КС з ЕГПА (сумарна встановлена потужність ЕП досягає 300000-400000 кВт). Як електроприводу використовуються СД потужністю 4000 ÷ 25000 кВт. Напруга живлення 10 кВ. До загальних споживачам ЕЕ для ГПА всіх типів відносяться мастильні маслонасоси, пускові насоси, вентилятори, валоповоротний пристрій та ін. (5 ÷ 100 кВт) напругою живлення 380 В. Режим роботи ЕП тривалий. Категорія безперебійності споживачів перша.

### **2.3.7 Целюлозно-паперова промисловість**

Основні ЕП: корообдиральні барабани, рубильні машини, млини, поздовжньо-різальні машини, каландри (5 ÷ 400 кВт); насоси, змішувачі, щіпколовки, сортувальні машини, сепаратори, дробарки, бобинорізки, пакувальні машини (4 ÷ 75 кВт); дефібрери (500 ÷ 5000 кВт); папероробні та картоноробні машини (100 ÷ 5000 кВт). Напруга живлення ЕП 380, 6000 або 10000 В. Режим роботи ЕП тривалий. У ПКР працюють крани, ліфти. Папероробні і картоноробні машини є споживачами постійного струму, вони живляться від перетворювачів по системі УТВД. Категорія безперебійності споживачів в основному друга.

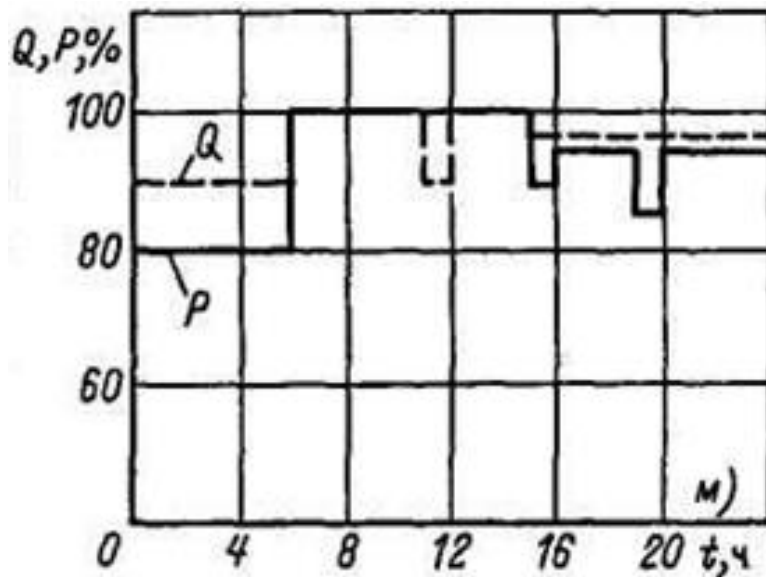


Рисунок 2.7 – Типовий графік навантаження підприємств целюлозно-паперової промисловості

### 2.3.8 Будівельна промисловість

До цієї групи підприємств належать ПП, що виробляють цемент, скло, залізобетонні вироби, цегла та ін. На цементних підприємствах найбільшими ЕП є млини, дробарки, що обертаються цементні печі, вентилятори (400 ÷ 1600 кВт). Мішалки, живильники, елеватори, транспортери мають потужності 2 ÷ 150 кВт. До числа електротехнологічних установок відносяться електрофільтри. На склозаводах специфічними ЕП є склотягачі та склопрокатні машини. Вони вимагають регулювання швидкості, тому харчуються постійним струмом по системі УТВД. Потужності електродвигунів цих машин 1,5 ÷ 5 кВт. Автоматизований конвеєр шліфування й полірування скла має більше сотні заблокованих приводів змінного струму загальною потужністю до 5000 кВт, потужності одиничних двигунів 2 ÷ 60 кВт. На заводах залізобетонних виробів характерними ЕП є: конвеєри, бетономішалки, бетоновкладувачі, формувальні машини з вібраторами, електрозварювальні установки (5 ÷ 200 кВт). Для живлення вібраторів застосовується підвищена частота 200 Гц, 220 В. Напряга

живлення ЕП будівельної промисловості 380, 6000 або 10000 В. Більшість ЕП працюють в тривалому режимі. До ЕП першої категорії відносяться приводи обертових печей цементних заводів, машин для витягування і прокату скла, всі механізми, що обслуговують скловарну піч, конвеєри шліфування й полірування скла.

### 2.3.9 Харчова промисловість

Сюди відносяться елеватори, млини, круп'яні та комбікормові підприємства, хлібозаводи, макаронні фабрики, цукрові заводи, молочні комбінати, м'ясокомбінати, спиртові заводи, олійно-жирові комбінати та ін. Склад ЕП дуже різноманітний. Основні ЕП мають потужності від 0,2 до 30 кВт. Великими ЕП є: насоси, вентилятори, дробарки, сушарки, жаровні, центрифуги потужністю до 100 кВт. Напруга живлення ЕП змінне 380 В. Режим роботи ЕП тривалий, ПКР і короткочасний. До першої категорії відносяться великі хлібозаводи, аварійне освітлення і протипожежні насоси.

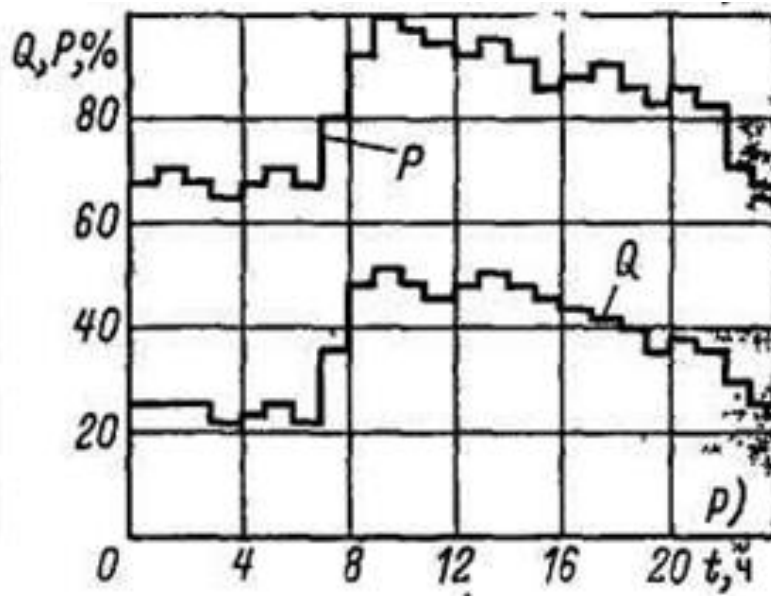


Рисунок 2.8 – Типовий графік навантаження підприємств целюлозно-паперової промисловості

### 2.3.10 Текстильна та легка промисловість

Сюди відносяться прядильні і ткацькі фабрики, взуттєві, галантерейні і хутряні фабрики. Потужність ЕП на цих ПП не перевищує 15 кВт, багато двигунів потужністю до 1 кВт. Для приводу ряду механізмів (фрезерні верстати) застосовується частота до 400 Гц. Напруга живлення ЕП змінне 220 і 380 В. До першої категорії відносяться деякі виробництва оздоблювальних і фарбувальних фабрик, а також протипожежні насоси і аварійне освітлення. Більшість ЕП працюють в тривалому режимі.

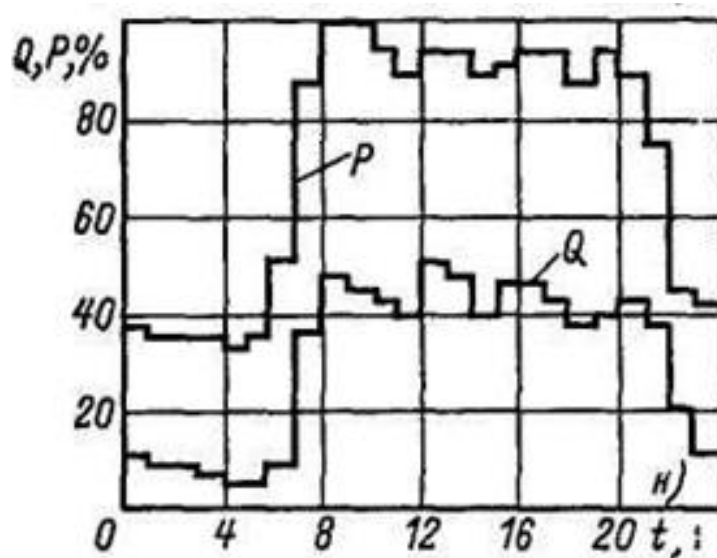


Рисунок 2.9 – Типовий графік навантаження підприємств легкої промисловості



## **Висновок за розділом 2**

Виконаний аналіз споживання електроенергії підприємствами.

Розглянуті основні причини, що впливають на відмінності графіків добового енергоспоживання різних підприємств.

Були досліджені графіки навантажень таких підприємств, як підприємств чорної металургії, кольорової металургії, хімічної та нафтохімічної промисловості, нафтопереробної, газової, целюлозно-паперової, будівельної та харчової промисловостей.

## **РОЗДІЛ 3**

### **КОМПЕНСАЦІЯ ПІКІВ ТА НАПІВПІКІВ ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ**

На сьогоднішній день накопичення електроенергії в досить великих обсягах економічно недоцільно, а часто і технічно неможливо, тому електроенергія повинна вироблятися в чіткій відповідності з її споживанням. У зв'язку з цим постачальники електроенергії змушені забезпечувати рівень генерації, рівній максимальному навантаженні, яке не так часто зустрічається. В інший час енергія може бути зайвою і непотрібною, нагадуючи капітал, заморожений в обладнанні промислових підприємств, що не використовується. З цієї причини постачальникам електроенергії вигідно згладжувати піки енергоспоживання. Розподіл навантаження по часу є активним підходом до енергозбереження, тому що навіть високотехнологічні пристрої можуть створювати максимуми споживання.

#### **3.1 Основні стратегії компенсації піків та напівпіків енергоспоживання**

##### **3.1.1 Розподіл навантаження за часом**

Одним із способів, яким енергетичні компанії змушують споживачів уникати піків в споживанні, полягає в тому, що витрати на підтримку потенційно високої потужності генерації електроенергії перекладаються на тих, хто створює найбільш більший розкид споживаної потужності. Рахунки за електроенергію складаються з декількох статей витрат. Однією з них є реально спожита електроенергія, інша (максимально допустима потужність) зазвичай розраховується виходячи з пікової потужності споживання в попередній період, який може становити рік або квартал. Рахунки за максимально допустиму потужність виставляються компаніям з досить великим енергоспоживанням за те, що постачальник підтримує надлишковий

рівень генерації енергії і містить необхідну інфраструктуру для забезпечення максимально можливого споживання в будь-який час, навіть якщо це потрібно досить рідко. Якщо споживачеві вдається уникати піків в споживанні електроенергії, він може уникнути додаткових витрат за максимально допустиму потужність споживання, навіть якщо фактичне споживання залишиться на тому ж рівні. Слід зауважити, що різке одноразове збільшення потужності споживання електроенергії змушує нести додаткові витрати протягом довгого часу, тому що це піднімає плату за максимально допустиму потужність не тільки в наступному місяці, але і в наступний період часу, який визначається тарифом, який доходить до року. Це означає, що одноразовий сплеск споживання, тривалістю нехай і кілька хвилин, може мати досить довгі наслідки в рахунках за електроенергію.



Рисунок 3.1 - Приклад стратегії розподілу навантаження за часом.

Для зниження сплесків споживання електроенергії застосовуються автоматичні системи управління і розподілу електроенергії, побудовані на програмованих логічних контролерах. Максимально допустима потужність розраховується як точне значення споживання електроенергії за певний

проміжок часу, наприклад, кВт·год за 15 хвилин. Метою управління є утримання загального споживання електроенергії в будь-який такий проміжок часу нижче певного рівня. Якщо споживач витрачає більший обсяг енергії за один з тимчасових інтервалів, система визначає це як назрівання піку споживання. В цьому випадку включається сигнал тривоги і, якщо диспетчер не зробить певні дії, система контролю починає відключати неважливі навантаження в заздалегідь установленому порядку до тих пір, поки стан тривоги не буде скинуто, або не закінчиться часовий відрізок. Все навантаження споживача поділяються на три категорії: критичні, важливі і неважливі. Зазвичай відключаються тільки неважливі споживачі енергії, причому порядок відключення може бути запрограмований заздалегідь.



Рисунок 3.2 - Вплив максимально споживаної потужності на рахунок за електроенергію.

Якщо у споживача електроенергії є достатня кількість неважливих навантажень, щоб впливати на сплески споживання, можна зменшити плату за максимально можливу потужність на 10-30%, яка може становити до 60%

від загальної суми рахунку за електроенергію. Установка подібної системи зазвичай має термін окупності менше року.

### **3.1.2 Споживання за розкладом**

Багатьом компаніям зазвичай пропонують тарифи на електроенергію, що залежать від часу дня. Під час робочого дня тарифи максимальні. Багато користувачів переносять час включення навантажень, щоб скористатися більш дешевим тарифом. Зазвичай це відноситься тільки до навантажень, не вимогливим до часу включення.

### **3.1.3 Обмеження споживаної потужності на вимогу**

Інша тактика недопущення створення піків споживання - відключення навантажень за запитом, що означає розподіл і управління електроенергією в залежності від запитів користувачів з урахуванням можливостей мережі живлення. Користувачам можуть бути представлені певні пільги, за те, щоб вони зменшували споживану потужність, коли у мережі немає можливості забезпечити електроенергією всіх споживачів. В основному така ситуація виникає в найбільш жарку погоду, коли обивателям і бізнесу необхідна додаткова потужність на вентиляцію і кондиціонування. У деяких країнах існують спеціальні сторонні компанії, які аналізують параметри електричної мережі і визначають ціну електроенергії в кожен момент.

Споживачам, які погодилися на відключення навантаження при необхідності, надаються певні пільги, а у постачальника з'являється додаткова енергія, яку можна продати. У будь-якому випадку у такій компанії повинен бути договір зі споживачем, який повинен скоротити енергоспоживання до заздалегідь визначеного рівня на першу вимогу постачальника. Подібні контракти можуть містити як аварійні схеми

споживання (споживач повинен зменшити навантаження під загрозою високих штрафів), так і опціональні (зниження споживання стимулюється матеріально, а споживач вирішує сам наскільки йому необхідно знизити навантаження). Зазвичай контракти лімітують тривалість обмежень в межах 2 - 4 годин і кількість подібних обмежень (від 3 до 5) на рік. У промисловості більше можливостей щодо застосування зазначеної схеми, в той час як офісні або житлові будинки не можуть різко скоротити енергоспоживання без істотного впливу на комфорт людей, що знаходяться в них.

Повідомлення про необхідність введення обмеження споживання електроенергії надходить по телефону або автоматично з вузла обліку і моніторингу. Зазвичай воно приходить заздалегідь, за 30-60 хвилин до моменту, коли необхідно знизити споживану потужність. Після отримання повідомлення споживач або вручну, або за допомогою програмованої автоматики послідовно відключає або скорочує енергоспоживання своїх навантажень до досягнення потрібного рівня. Після цього автоматика вузла обліку і моніторингу або диспетчерська служба постачальника електроенергії починає відлік часу обмеження споживання енергії.

Після його завершення та ж автоматика або диспетчерська служба надсилає повідомлення про завершення режиму обмеження, і споживач електроенергії може відновити нормальну роботу обладнання або виробництва.

Вигода від застосування обмеження споживання електроенергії залежить від конкретних умов і тарифів. Застосовуються різні варіанти заохочення клієнтів за використання подібної схеми. Якщо у споживача є достатня кількість некритичних до часу роботи навантажень, відключення яких дозволяє уникнути піку споживання в електромережі, його вигода може скласти до 30% від загальної суми.

Термін окупності систем автоматичного зниження споживання електроенергії, як правило, не перевищує одного року. Без використання автоматичних систем відключення навантаження доводиться проводити вручну, що призводить до певних ризиків, наприклад, якщо диспетчер не встигне відреагувати на введення режиму обмеження за певний час. Якщо споживач, який працює за такою схемою, що не обмежить споживання електроенергії, на нього будуть накладені досить високі штрафи. Таким чином, установка автоматизованої системи, що дозволяє уникнути сплеску споживання і забезпечити обмеження споживання енергії на запит постачальника, є досить вигідним вкладенням коштів.

Спільне використання обладнання контролю та управління електромережею та веб-сайту зниження споживання на вимогу робить участь споживача в схемах зниження навантаження на запит мережі живлення зручнішим. Подібний сайт дає можливість постачальнику електроенергії повідомити своїх споживачів про аварійні або опційні обмеження електроенергії. Користувачі, дізнавшись необхідність і умови опційного обмеження, можуть перевірити і проаналізувати своє енергоспоживання і, в залежності від різних умов, більш оперативно прийняти рішення про опційне обмеження споживання електроенергії. Подібний сайт також підтримує функції аудиту та запису минулих подій, які демонструють функціонування мережі.

### **3.1.4 Споживач-регулятор**

Одним із шляхів зниження піків навантаження є використання на промислових підприємствах споживачів-регуляторів, тобто такого електротехнологічного обладнання, яке може працювати в режимі регулювання відповідно до потреб енергосистеми. При цьому одержувана в

енергосистемі економія коштів може перевищувати додаткові витрати споживача-регулятора.

### **3.1.5 Генерація енергії за місцем використання**

Вироблення електроенергії безпосередньо на виробництві дозволяє досягти певної гнучкості. Наявність локального генератора дозволяє забезпечити електроенергією навантаження, які були б відключені для недопущення піку споживання або згідно зі схемою зниження споживаної потужності на запит постачальника. Автоматизована система електричної мережі підприємства може бути розширена для впровадження системи управління генераторними установками, включеними в єдину електричну мережу підприємства. Автоматична система управління може бути запрограмована для постійного порівняння вартості електроенергії, що поставляється енергетичною компанією, з вартістю енергії, що виробляється додатковим джерелом енергії, наприклад, автономною сонячною електростанцією. Якщо тариф постачальника електроенергії перевищує номінальну вартість енергії, що виробляється автономним джерелом енергії, автоматика перемикає навантаження на живлення від локального джерела енергії. Коли вартість енергії від постачальника знижується, навантаження автоматично перемикаються на штатний режим роботи, а сонячні панелі відключаються.

### **3.2 Компенсація піків та напівпіків за допомогою сонячної електростанції**

Наявність локального джерела енергії, яким являтиметься автономна сонячна електростанція, може компенсувати не тільки пікові навантаження, а й напівпікові. Ціль дослідження – провести аналіз для трьох видів промислових споруд з різними типовими графіками, який полягає в тому,



щоб дізнатися скільки електроенергії зможуть зкомпенсувати сонячні панелі, які розміщені на поверхні дахів цих споруд.

### 3.1.2 Розрахунок фотогальванічної системи

Для розрахунку візьмемо типове приміщення з параметрами:

- Довжина  $c = 50\text{м} = 50 \cdot 10^3 \text{ мм}$ ;

- Ширина  $d = 40\text{м} = 40 \cdot 10^3 \text{ мм}$ .

Вихідні дані:

Кут нахилу панелі:  $\alpha = 15^\circ$ ;

Горизонтальна довжина масиву:  $B = 49600 \text{ мм}$ ;

Висота від поверхні до масиву:  $a = 0,5\text{мм}$ ;

Широта місцевості розміщення: ФЭМ  $N = 48^\circ 47'$ ;

Параметри обраної панелі(В\*Ш\*Т): 1650x992x35 мм.

Визначаємо кут нахилу сонця влітку

$$\beta_{max} = 90 + \theta_l - N = 90 + 23,45 - 48,47 = 65^\circ \quad (3.1)$$

Визначаємо кут нахилу сонця взимку

$$\beta_{min} = 90 + \theta_z - N = 90 - 23,45 - 48,47 = 18^\circ \quad (3.2)$$

$\theta_l, \theta_z$  - кут нахилу земної осі влітку і взимку відповідно

$$(\theta_l = 23,5^\circ; \theta_z = -23,5)$$

Визначаємо проекцію масиву на поверхню

$$B' = \cos\left(\frac{\alpha \cdot \pi}{180}\right) \cdot B = \cos\left(\frac{15 \cdot 3,14}{180}\right) \cdot 1984 = 1916,5 \text{ мм} \quad (3.3)$$

Знаходимо лінійну довжину масиву

$$D = \sin\left(\frac{\alpha \cdot \pi}{180}\right) \cdot B = \sin\left(\frac{15 \cdot 3,14}{180}\right) \cdot 1984 = 513,5 \text{ мм} \quad (3.4)$$

Розраховуємо відстань від поверхні до верхньої точки масиву

$$A = D + a = 513,5 + 0,5 = 514 \text{ мм} \quad (3.5)$$

На підставі зроблених розрахунків і наявних даних знаходимо необхідну відстань між масивами сонячних панелей:

$$l = \frac{D}{\tan\left(\frac{\beta_{min} \cdot \pi}{180}\right)} = \frac{513,5}{\tan\left(\frac{18 \cdot 3,14}{180}\right)} = 1581,2 \text{ мм} \quad (3.6)$$

Тоді загальна періодичність розстановки знаходиться за формулою:

$$L = l + B' = 1581,2 + 1916,5 = 3497,7 \text{ мм} \quad (3.7)$$

Відповідно, кількість рядів, розміщених на даху будівлі

визначається:

$$N_m = \frac{d}{L} = \frac{40 \cdot 10^3}{3497,7} = 5,7 \approx 11 \quad (3.8)$$

Розстановка масивів сонячних панелей з горизонтальним

розташуванням модулів з урахуванням зони затінення представлена на рис.

3.1

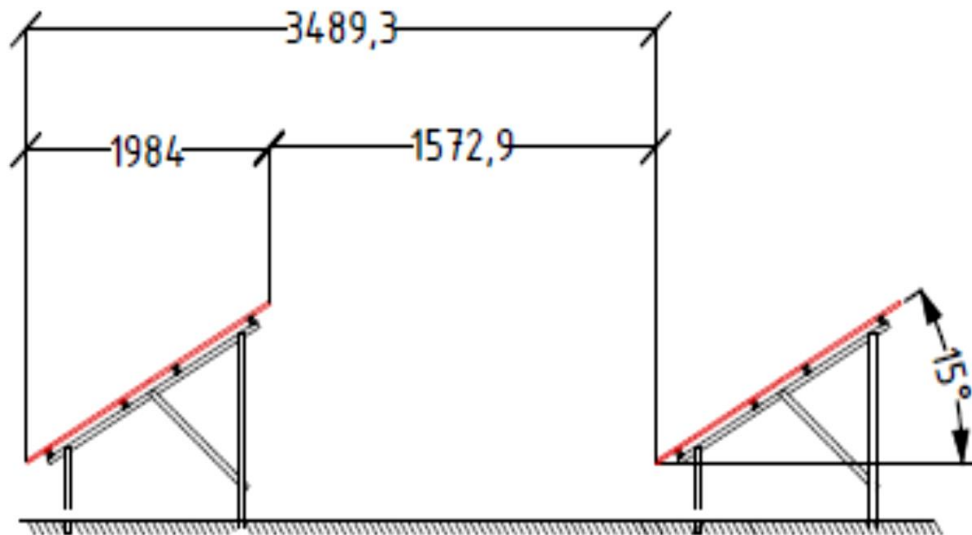


Рисунок 3.1. Розташування ФЕМ на покрівлі об'єкту

Обрана панель TRINA SOLAR 260P, характеристики якої зазначені в табл. 3.1

Встановлена потужність ФЕМ TRINA SOLAR 260P розраховується наступним чином:

$$\sum P_{\text{ФЕМ}} = N_{\text{ФЕМ}} \cdot P_{\text{НП}} \quad (3.9)$$

де - загальна кількість ФЕМ дорівнює  $N_{\text{ФЕМ}} = 550 \text{ шт.}$ ;

- номінальна потужність однієї сонячної панелі, 260 Вт;

Таблиця 3.1 - Основні параметри фотогальванічних панелей типу TRINA SOLAR 260P.

п/п	Найменування показника	TRINA SOLAR 260P
	Максимальна потужність, $P_m$ , Вт	260
	Струм короткого замикання, $I_k$ , А	9,00
	Напруга холостого ходу, $U_{xx}$ , В	38,2
	Напруга в режимі максимальної потужності, $U_{мп}$ , В	30,6
	Струм в режимі максимальної потужності, $I_{мп}$ , А	8,50
	Габарити (ДхШхТ), мм	1650x992x35
	Маса, кг	18,6
	Відносне значення ефективності, %	15,9

Встановлена потужність:

$$\sum P_{\phi\Delta M} = 550 \cdot 260 = 143 \text{ кВт} \quad (3.10)$$

Виходячи з отриманого значення встановленої потужності вибираємо інвертор з урахуванням втрат в ньому. Параметри обраного інвертора наведені в табл. 3.2.

Таблиця 3.2 - Основні параметри інвертора типу Sunny Tripower 15000TL-30

<b>Вхідні параметри інвертора Sunny Tripower 15000TL</b>	
Номінальна потужність, кВт	15,34
Максимальне значення напруги при постійному струмі, В	1000
Оптимальний діапазон напруги, В	360-800
Максимальне значення струму, А	33
<b>Вихідні параметри інвертора Sunny Tripower 15000TL</b>	
Номінальна активна потужність, кВт	15
Номінальна повна потужність, кВА	15
Максимальний вихідний змінний струм, А	24
Значення вихідної напруги, В	380
ККД,% (max),	98,2
Допустима частота в мережі, Гц	44÷55

Кількість інверторів: 7шт. Обраний інвертор має 2 МРРТ входи, до кожного з яких може приєднати 3 ланцюжка з послідовно з'єднаних ФЕМ. Напруга ланцюжка має бути достатньою для отримання максимальних значень вироблення енергії. Діапазон напруг, що відповідає виробленню максимальних значень енергії з ФЕМ сонячного випромінювання, що надходить на поверхню, становить 360-800 В для кожного приєднання. Таким чином доцільно використовувати 3 з'єднання по 25 ФЕМ для одного входу МРРТ для кожного інвертора.

Напруга одного ланцюга, що підключається до інвертора, розраховується за формулою:

$$U_{\text{ц}} = U_{\text{мп}} \cdot N_{\text{ц}} = 30,6 \cdot 25 = 765 \text{ В} \quad (3.11)$$

Отримана напруга знаходиться в межах:

$$360 < 765 < 800$$

Для двох інших підприємств дані аналогічні, приведені в таблиці 3.3

Горизонтальна довжина масиву:  $B=49600$  мм;

Параметри даху:

- Довжина  $c = 50\text{м} = 24 \cdot 10^3$  мм;
- Ширина  $d = 40\text{м} = 20 \cdot 10^3$  мм;

Таблиця 3.3 – Щомісячне усереднене значення інсоляції в Дніпропетровську на горизонтальній поверхні в зазначені GMT-години (кВт / м<sup>2</sup>)

	Січень	Лютий	Березен	Квітень	Травень	Червень	Липень	Серпень	Вересен	Жовтен	Листопа	Грудень
03.00		0.00	0.00	0.03	0.07	0.08	0.07	0.04	0.01	0.00		
06.00	0.04	0.09	0.18	0.28	0.43	0.43	0.42	0.36	0.26	0.16	0.07	0.04
09.00	0.20	0.28	0.39	0.49	0.60	0.57	0.61	0.57	0.47	0.33	0.19	0.17
12.00	0.15	0.24	0.32	0.39	0.49	0.48	0.51	0.48	0.36	0.23	0.12	0.11
15.00	0.00	0.02	0.06	0.12	0.20	0.22	0.23	0.18	0.07	0.02	0.00	0.00
18.00	-	-	-	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	-	-	-	-

На основі даних з табл.3.4 порахуємо середньомісячну денну кількість сонячної енергії, яку вироблятиме фотоелектрична система для кожного об'єкта з урахуванням втрат та коефіцієнта перерахунку з горизонтальної площини на площину під нахилом.

Таблиця 3.5 – Середньомісячна денна сумарна кількість сонячної енергії для кожного з об'єктів

Січень, кВт	Лютий, кВт	Березень, кВт	Квітень, кВт	Травень, кВт	Червень, кВт	Липень, кВт	Серпень, кВт	Вересень, кВт	Жовтень, кВт	Листопад, кВт	Грудень, кВт
205,2	205,2	536,25	536,25	789,22	789,22	789,22	789,22	536,25	536,25	205,2	205,2

Таблиця 3.6 – Приклад розрахунків для побудування графіків для кожного підприємства

Час доби	Споживання без компенсації, кВт	Потужність ФЕМ, кВт	Споживання з компенсацією ФЕМ, кВт	Інсоляція, кВт·год/м2	Панелей, шт.	P панелі, кВт
03.00	32	0	32	0	550	0,26
04.00	30	0	30	0	550	0,26
05.00	48	0	48	0	550	0,26
06.00	70	8,58	61,42	0,06	550	0,26
07.00	70	14,3	55,7	0,1	550	0,26
08.00	80	22,88	57,12	0,16	550	0,26
09.00	90	30,03	59,97	0,21	550	0,26
10.00	100	30,03	69,97	0,21	550	0,26
11.00	100	28,6	71,4	0,2	550	0,26
12.00	85	28,6	56,4	0,2	550	0,26
13.00	80	21,45	58,55	0,15	550	0,26
14.00	90	14,3	75,7	0,1	550	0,26
15.00	82	7,15	74,85	0,05	550	0,26
16.00	75	0	75	0	550	0,26
17.00	70	0	70	0	550	0,26
18.00	80	0	80	0	550	0,26
19.00	70	0	70	0	550	0,26
20.00	72	0	72	0	550	0,26
21.00	70	0	70	0	550	0,26
22.00	78	0	78	0	550	0,26
23.00	58	0	58	0	550	0,26
24.00	40	0	40	0	550	0,26
<b>Всього:</b>	<b>1570</b>	<b>205,92</b>	<b>1364,08</b>	<b>1,44</b>	<b>12100</b>	<b>5,72</b>

### 3.2.2 Порівняльний аналіз ефективності компенсації піків та напівпіків навантаження

На основі даних інсоляції в зазначені години були побудовані графіки для кожного з досліджуваних підприємств, на яких зображено:

1. Споживання електроенергії підприємством без компенсації фотоелектричною системою, кВт;
2. Потужність, що виробляє фотоелектрична система, кВт;
3. Споживання електроенергії підприємством, скомпенсоване фотоелектричною системою.

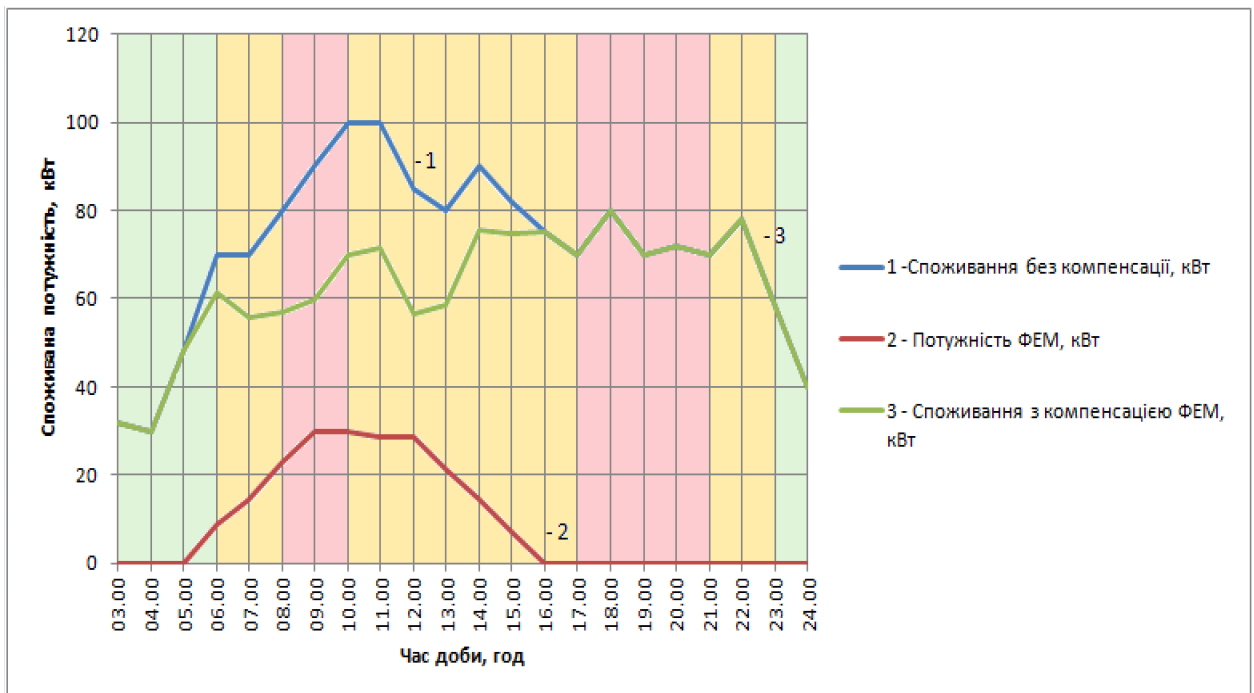


Рисунок 3.2 – Порівняльний графік навантаження для деревообробного заводу в тарифний сезон 1 (січень, лютий, листопад, грудень)



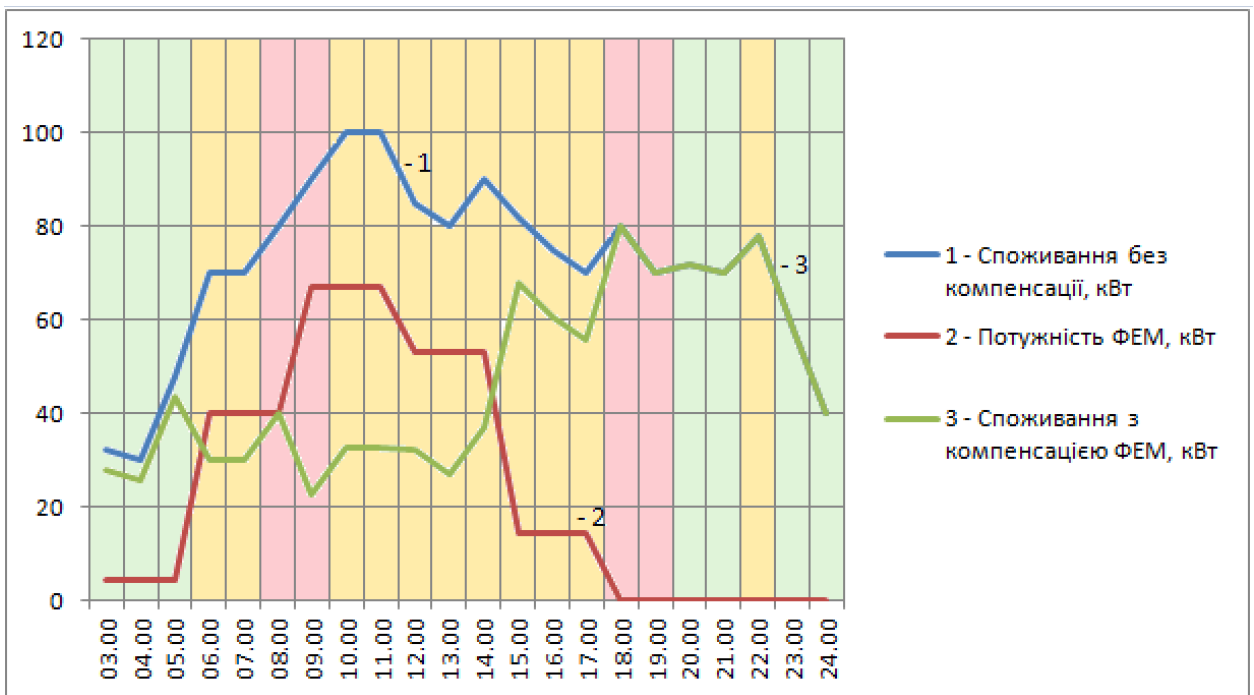


Рисунок 3.3 – Порівняльний графік навантаження для деревообробного заводу в тарифний сезон 2 (березень, квітень, вересень та жовтень)

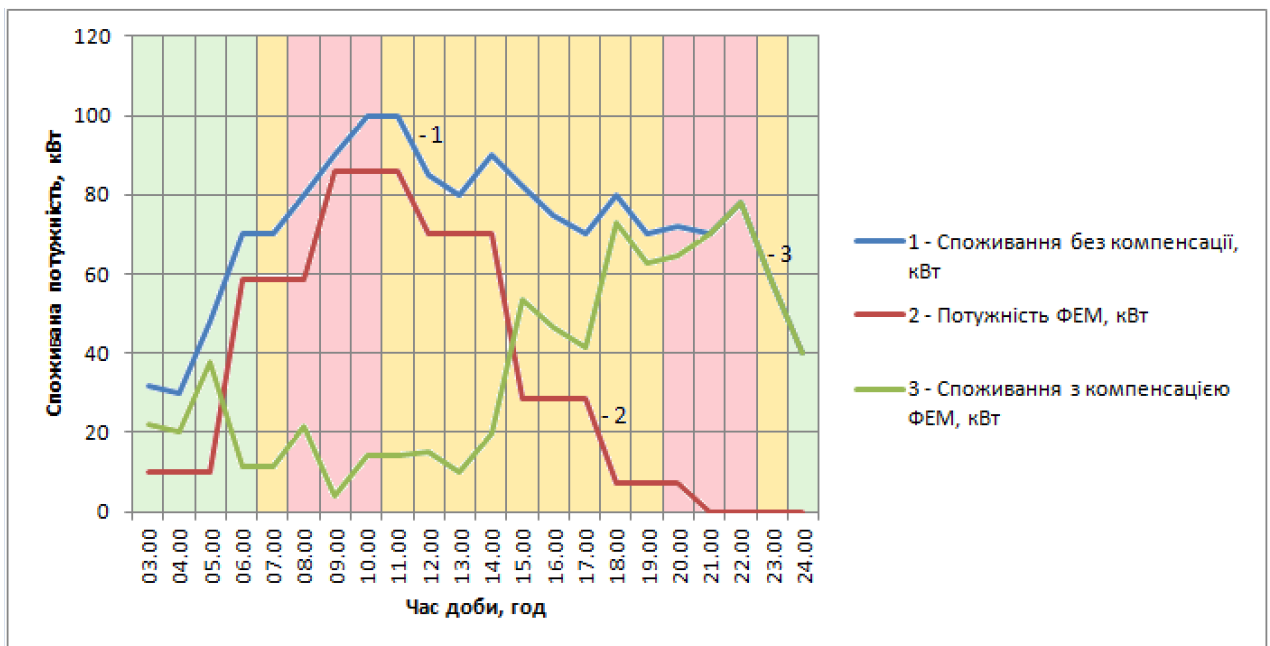


Рисунок 3.4 – Порівняльний графік навантаження для деревообробного заводу в тарифний сезон 3 (травень, червень, липень та серпень)

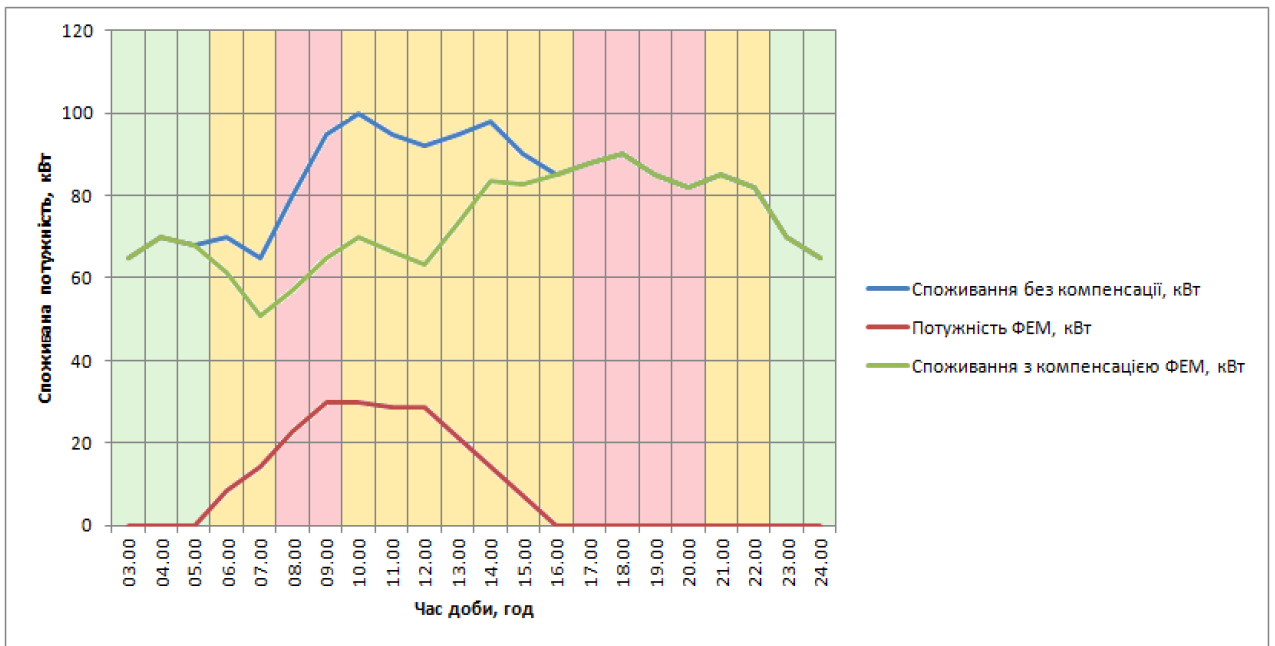


Рисунок 3.5 – Порівняльний графік навантаження для цеху виробництва сиру в тарифний сезон 1 (січень, лютий, листопад, грудень)

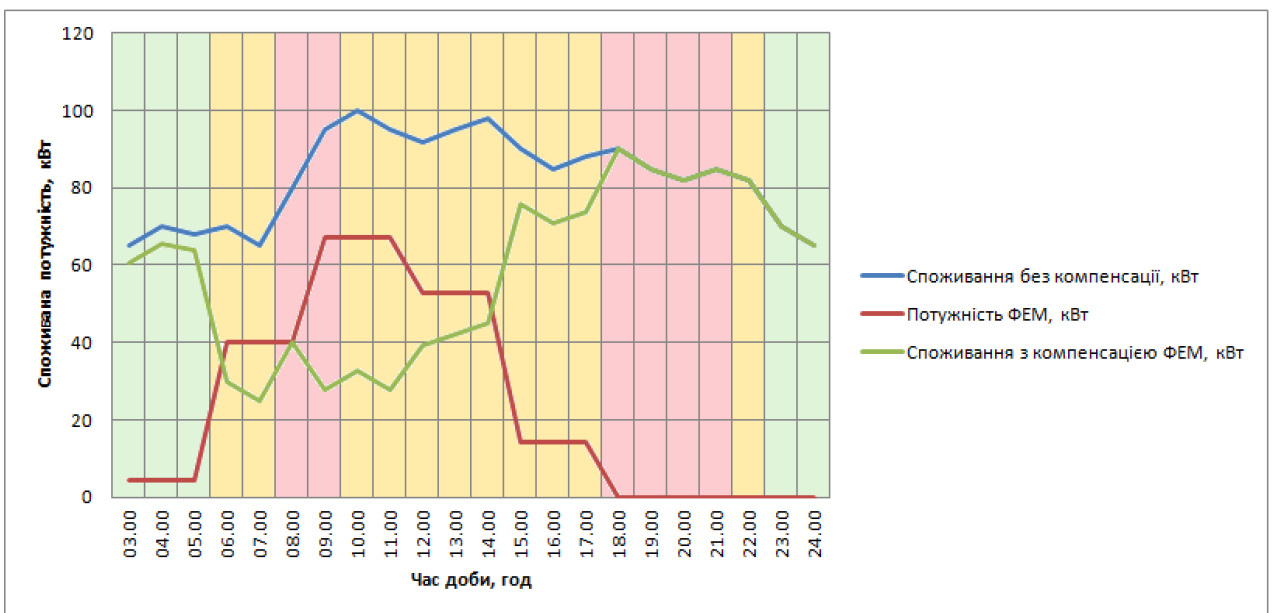


Рисунок 3.6 – Порівняльний графік навантаження для цеху виробництва сиру в тарифний сезон 2 (березень, квітень, вересень та жовтень)

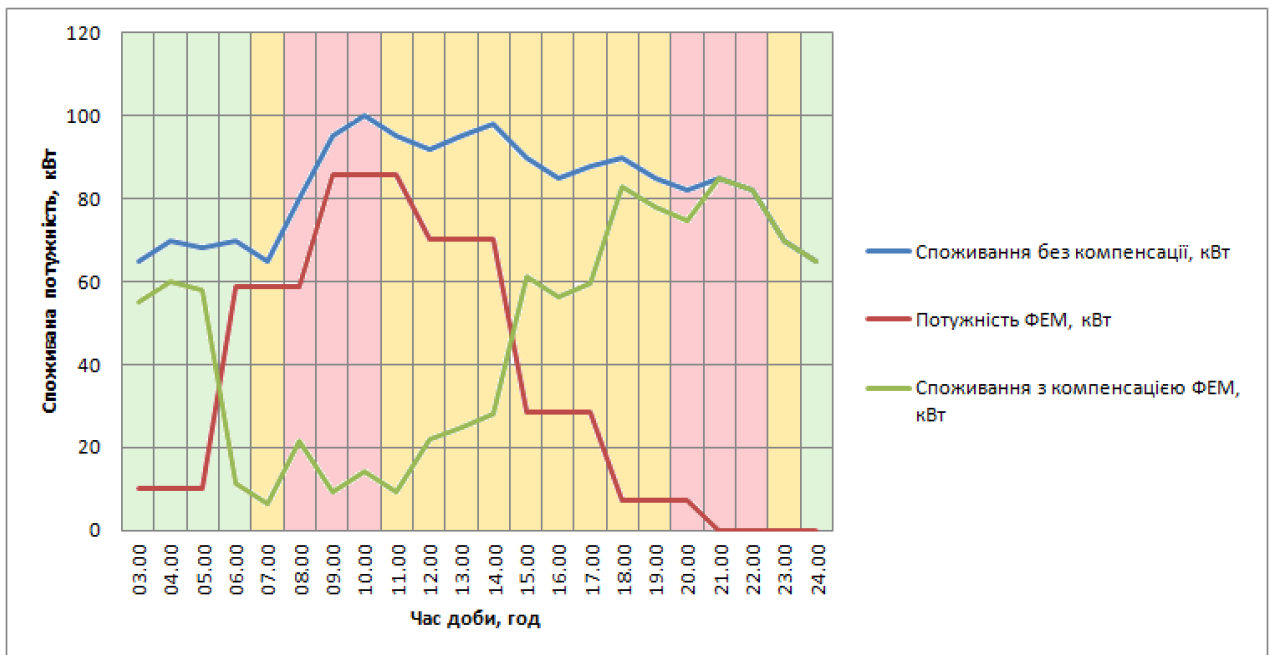


Рисунок 3.7 – Порівняльний графік навантаження для цеху виробництва сиру в тарифний сезон 3 (травень, червень, липень та серпень)

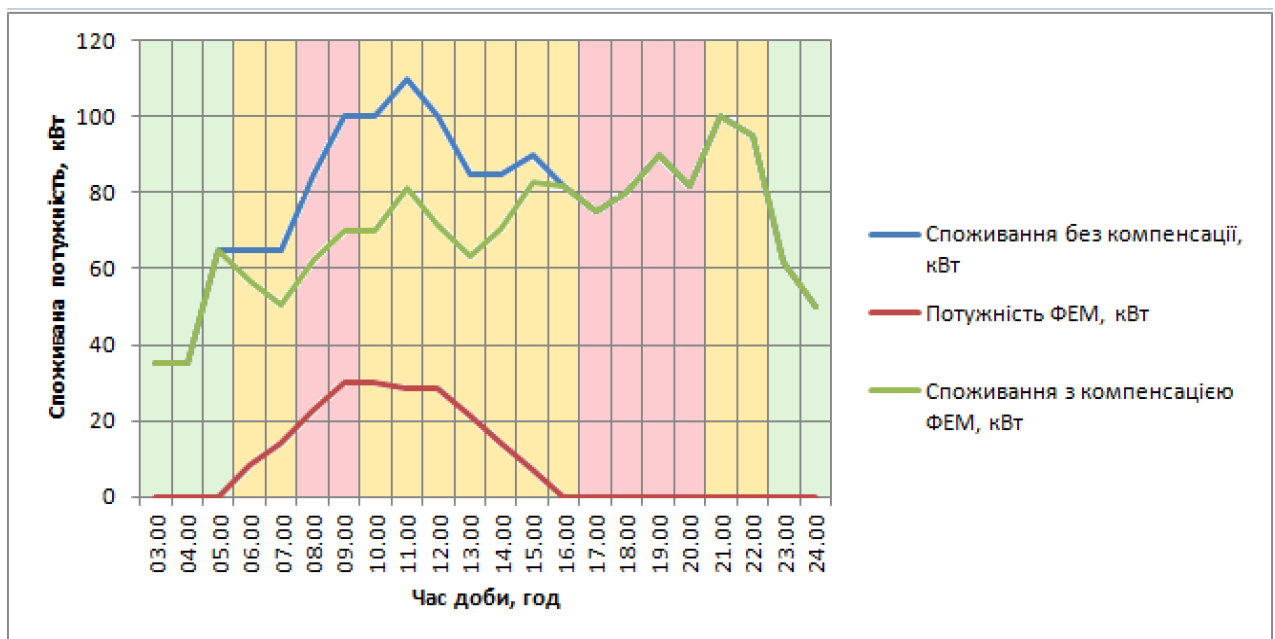


Рисунок 3.8 – Порівняльний графік навантаження для ремонтно-механічного заводу в тарифний сезон 1 (січень, лютий, листопад, грудень)

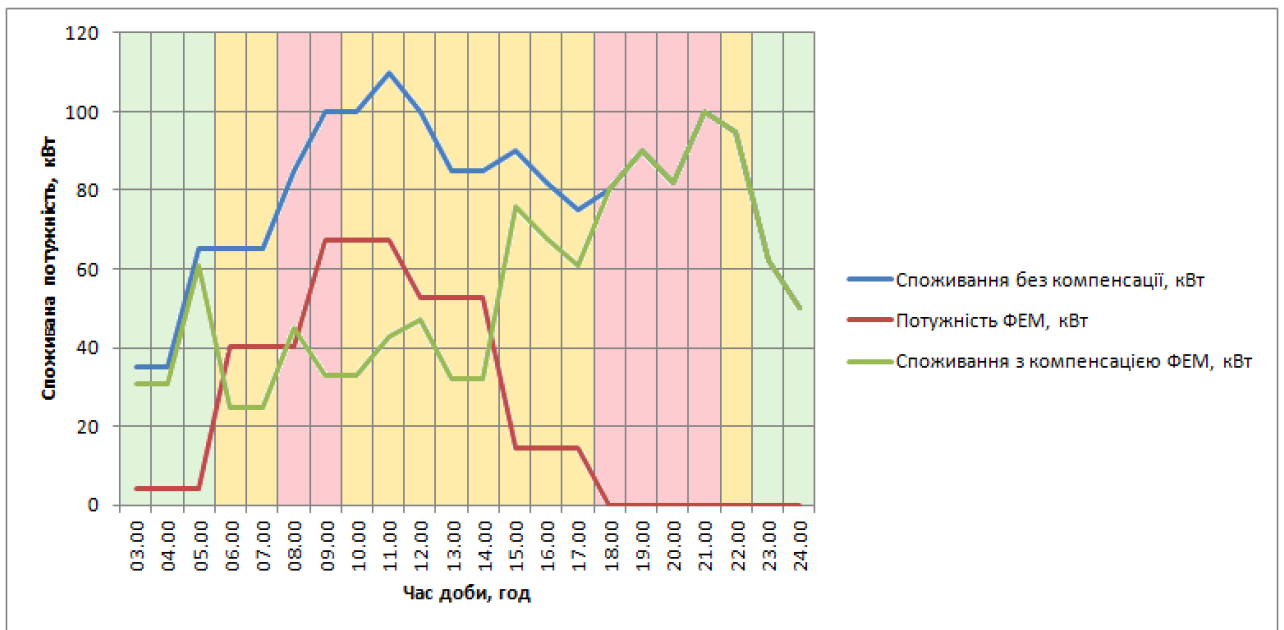


Рисунок 3.9 – Порівняльний графік навантаження для ремонтно-механічного заводу в тарифний сезон 2 (березень, квітень, вересень та жовтень)

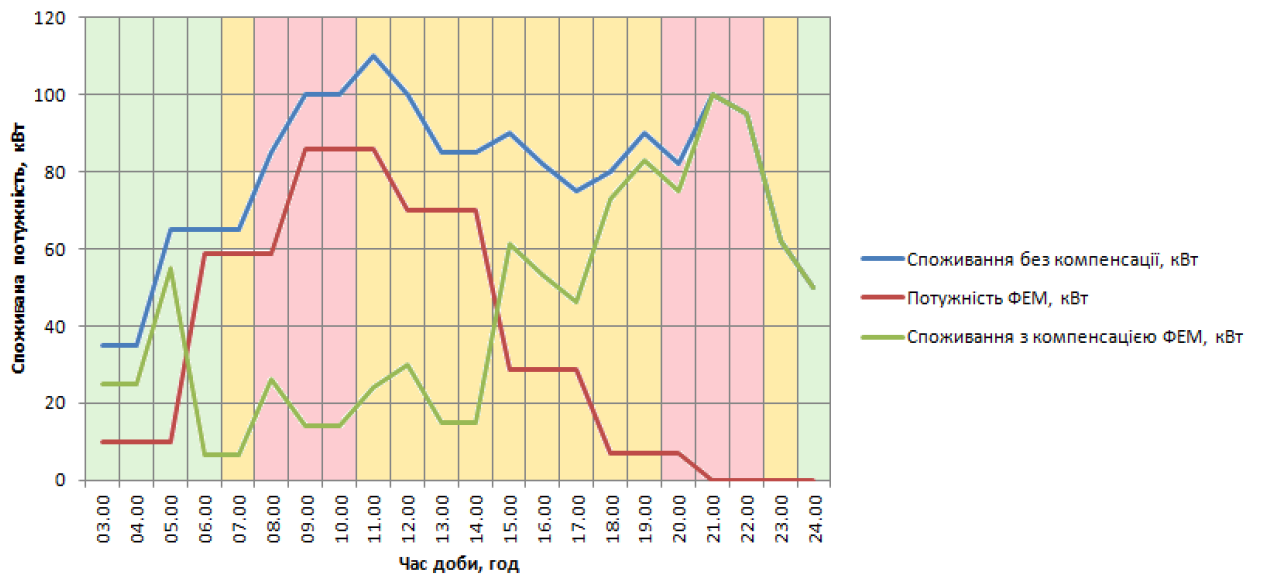


Рисунок 3.10 – Порівняльний графік навантаження для цеху виробництва сиру в тарифний сезон 3 (травень, червень, липень та серпень)

На основі графіків, розрахуємо кількість спожитої енергії до компенсації, для деревообробного заводу за сезон, за формулою:

$$W_{\text{б.к.}} = P_{\text{спож.}} \cdot T \cdot n, \quad (3.12)$$

, де  $P_{\text{спож}}$  – споживана потужність, кВт·год/доба;  $T$  – період роботи споживача, дів,  $T = 22$  доби;  $n$  – кількість місяців в сезоні,  $n = 4$ .

$$W_{\text{б.к.}} = 1570 \cdot 22 \cdot 4 = 138,16 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

Кількість енергії, що була вироблена фотоелектричною системою за сезон:

$$W_{\text{ФЕМ}} = P_{\text{вир.}} \cdot T \cdot n, \quad (3.13)$$

, де  $P_{\text{вир.}}$  – вироблена потужність, кВт·год/доба;  $T$  – період роботи підприємства, дів,  $T = 22$  доби;  $n$  – кількість місяців в сезоні,  $n = 4$ .

$$W_{\text{ФЕМ}} = 205,9 \cdot 22 \cdot 4 = 18,12 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

Кількість енергії, спожитої деревообробним заводом за сезон, з урахуванням компенсації:

$$W_{\text{к.}} = W_{\text{б.к.}} - W_{\text{ФЕМ}} \quad (3.14)$$

$$W_{\text{к.}} = 138,6 - 18,12 = 120 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

Аналогічно, проведені розрахунки для двох інших підприємств і двох інших сезонів, результати занесені в таблицю 3.7.

Таблиця 3.7 – Показники кількості спожитої енергії до компенсації і після, для трьох підприємств в різні сезони.

Підприємство	Сезон	Кількість спожитої енергії до компенсації, тис. кВт*год/сезон	К-сть енергії, що вироблена фотоелектричною системою, тис. кВт*год/сезон	Кількість спожитої енергії після компенсації, тис. кВт*год/сезон
Деревообробний завод	Сезон 1	138,16	18,12	120
	Сезон 2		47,19	91
	Сезон 3		68,7	69,46
Цех виробництва сиру	Сезон 1	159,7	18,12	141,6
	Сезон 2		47,19	112,5
	Сезон 3		68,7	91
Ремонтно-механічний завод	Сезон 1	152,8	18,12	134,7
	Сезон 2		47,19	105,61
	Сезон 3		68,7	84,1

### **Висновок за розділом 3**

Досліджені основні стратегії компенсації піків та напівпіків енергоспоживання, таких, як розподіл навантаження за часом, споживання за розкладом, обмеження споживаної потужності на вимогу, споживач-регулятор, генерація енергії за місцем використання.

Розрахована сонячна електростанція для компенсації піків та напівпіків енергоспоживання.

Проведений порівняльний аналіз ефективності компенсації піків та напівпіків енергоспоживання для деревообробного заводу, цеху виробництва сиру та ремонтно-механічного заводу.

Розрахована кількість спожитої електроенергії до та після компенсації.

## РОЗДІЛ 4

### ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ

#### 4.1 Вступ

Споживання великої кількості електроенергії в години пікового та напівпікового періоду доби на підприємствах, які не можуть перенести свої максимальні навантаження на інші періоди, виникає значна переплата за спожиту електроенергію, ніж якби вона була спожита в інші години.

Було запропоноване рішення проаналізувати економічний ефект від компенсації споживання електроенергії в піковий та ніпівпіковий періоди, скомпенсоване електроенергією від сонячних електростанцій, встановлених на покрівлі даху підприємств.

Таке рішення має призвести до зменшення кількості спожитої електроенергії, адже саме в періоди піків і напівпіків сонячна інсоляція має найбільше значення за добу.

Отже, у цьому розділі будуть приведені:

1. розрахунки вартості спожитої електроенергії до компенсації електроенергією, що була вироблена сонячною електростанцією;
2. розрахунки вартості спожитої електроенергії після компенсації електроенергією, що була вироблена сонячною електростанцією;
3. досягнута економія завдяки компенсації для кожного тарифного сезону і кожного з підприємств.

#### 4.2 Розрахунок вартості електроенергії

Для визначення меж періодів за годинами доби (нічного, напівпікового та пікового), встановлено такі три сезони: 1-й - січень, лютий, листопад, грудень; 2-й - березень, квітень, вересень, жовтень; 3-й - травень, червень, липень, серпень.



Для визначення рівня ставок тарифів, диференційованих за періодами часу, для кожного періоду (нічний, денний, напівпіковий, піковий) та всіх сезонів встановлюються такі тарифні коефіцієнти та тривалість періодів, табл. 4.1

Таблиця 4.1 – Тарифні коефіцієнти та тривалість періодів

Період часу	нічний	напівпіковий	піковий
Тарифні коефіцієнти	0,25	1,02	1,8
Тривалість періоду, год	7	11	6

Ставка тарифу для кожного періоду часу визначається шляхом множення відповідного тарифу для споживачів на тарифний коефіцієнт. Станом на грудень 2017 року, ставка роздрібного тарифу на електричну енергію становить 164,684 коп./кВтгод.

Тариф для відповідної зони доби визначається за формулою

$$T_i = T \cdot k_i, \text{ (коп./кВт}\cdot\text{год)}, \quad (4.1)$$

де  $T$  - тариф для відповідної категорії побутових споживачів, грн./кВт·год.;

$k_i$  - тарифний коефіцієнт для відповідної зони доби.

Тариф для нічної зони доби, станом на грудень 2017, становитиме:

$$T_n = 164,684 \cdot 0,25 = 41,171 \text{ коп./кВт}\cdot\text{год} = 0,4117 \text{ грн./кВт}\cdot\text{год.}$$

Тариф для напівпікової зони доби, станом на грудень 2017, становитиме:

$$T_{np} = 164,684 \cdot 1,02 = 167,98 \text{ коп./кВт}\cdot\text{год} = 1,6798 \text{ грн./кВт}\cdot\text{год.}$$

Тариф для пікової зони доби, станом на грудень 2017, становитиме:

$$T_n = 164,684 \cdot 1,8 = 296,43 \text{ коп./кВт}\cdot\text{год} = 2,9643 \text{ грн./кВт}\cdot\text{год}.$$

Розмір платежу за електричну енергію, спожиту на відповідній зоні доби, визначається за формулою:

$$P_i = E_i \cdot T_i, \text{ (грн.)} \quad (4.2)$$

, де  $E_i$  - обсяг електричної енергії, спожитої у відповідну зону доби.

До компенсації, середньодобове споживання електричної енергії деревообробним заводом, спожитої у нічну зону доби становить  $E_n = 208$  кВт·год.

Середньодобове споживання електричної енергії деревообробним заводом, спожитої у напівпікову зону доби становить  $E_{nn} = 900$  кВт·год.

Середньодобове споживання електричної енергії деревообробним заводом, спожитої у пікову зону доби становить  $E_n = 462$  кВт·год.

Розмір платежу за електричну енергію, спожиту в нічну зону доби:

$$P_n = 208 \cdot 0,4117 = 85,63 \text{ грн.}$$

Розмір платежу за електричну енергію, спожиту в напівпікову зону доби:

$$P_{nn} = 900 \cdot 1,6798 = 1511,82 \text{ грн.}$$

Розмір платежу за електричну енергію, спожиту в пікову зону доби:

$$P_{nn} = 462 \cdot 2,9643 = 1369,51 \text{ грн.}$$

Загальний розмір платежу за електричну енергію, спожиту за добу:

$$P_\delta = \sum P_i, \text{ (грн.)} \quad (4.3)$$

$$P_\delta = 85,63 + 1511,82 + 1369,51 = 2966,96 \text{ грн.}$$

Загальний розмір платежу за електричну енергію, спожиту за місяць:

$$P_m = P_\delta \cdot 22, \text{ (грн.)} \quad (4.4)$$

, де 22 – середньомісячна кількість робочих днів.

$$P_M = 2966,96 \cdot 22 = 65273 \text{ грн.}$$

Загальний розмір платежу за електричну енергію, спожиту за сезон:

$$P_C = P_M \cdot 4, \text{ (грн.)} \quad (4.4)$$

, де 4 – кількість місяців у сезоні.

$$P_C = 65273 \cdot 4 = 261,092 \text{ тис. грн.}$$

Проводимо аналогічний розрахунок вартості спожитої електроенергії після компенсації, для інших сезонів і підприємств, результати записуємо в табл. 4.2, 4.3, 4.4.

Визначаємо різницю вартості спожитої електроенергії до компенсації і після за сезон і за рік, результати записуємо у відповідні колонки.

Таблиця 4.2 – Результати розрахунків вартості спожитої електроенергії до і після компенсації електроенергією, що була вироблена сонячною електростанцією для деревообробного заводу

Сезон	Вартість спожитої енергії до компенсації, тис. грн.	Вартість спожитої енергії після компенсації, тис. грн.	Економія електроенергії, тис. грн.
Сезон 1	261,092	224,671	36,421
Сезон 2	261,092	171,136	89,956
Сезон 3	261,092	130,562	130,53
Всього за рік	783,276	526,369	256,907

Таблиця 4.3 – Результати розрахунків вартості спожитої електроенергії до і після компенсації електроенергією, що була вироблена сонячною електростанцією для цеху виробництва сиру

Сезон	Вартість спожитої енергії до компенсації, тис. грн.	Вартість спожитої енергії після компенсації, тис. грн.	Економія електроенергії, тис. грн.
Сезон 1	289,372	252,938	36,434
Сезон 2	289,372	199,062	90,31
Сезон 3	289,372	157,454	131,918
Всього за рік	868,116	609,454	258,662

Таблиця 4.4 – Результати розрахунків вартості спожитої електроенергії до і після компенсації електроенергією, що була вироблена сонячною електростанцією для ремонтно-механічного заводу

Сезон	Вартість спожитої енергії до компенсації, тис. грн.	Вартість спожитої енергії після компенсації, тис. грн.	Економія електроенергії, тис. грн.
Сезон 1	286,931	250,51	36,421
Сезон 2	286,931	199,8	87,131
Сезон 3	286,931	159,892	127,039
Всього за рік	858,348	610,202	250,591

#### **Висновок за розділом 4**

Отже, можемо зробити висновок, що такий метод компенсації пікових та напівпікових навантажень за допомогою компенсації електроенергією, що була вироблена сонячною електростанцією, економічно доцільний і може зекономити для деревообробного заводу - 256,907 тис.грн. за рік, для цеху виробництва сиру - 258,662 тис.грн. за рік, а для ремонтно-механічного заводу - 250,591 тис.грн. за рік.

#### **Висновок за розділом 4**

Приведене техніко-економічне обґрунтування дисертації.

Проведені розрахунки вартості спожитої електроенергії до і після компенсації електроенергією, що була вироблена сонячною електростанцією.

Розрахована досягнута економія для кожного тарифного сезону і кожного з підприємств.

## Висновки

Був проведений аналіз формування тарифів на електроенергію, розглянуті основні функції тарифів на електроенергію.

Були досліджені основні концепції формування тарифних ставок.

Проаналізований розрахунок тарифних ставок та види тарифів.

Досліджені двоставковий та триставковий тарифи. Досліджені принципи розрахунку за електроенергію підприємствами з урахуванням пікових та напікових зон доби.

Виконаний аналіз споживання електроенергії підприємствами. Розглянуті основні причини, що впливають на відмінності графіків добового енергоспоживання різних підприємств.

Були досліджені графіки навантажень таких підприємств, як підприємств чорної металургії, кольорової металургії, хімічної та нафтохімічної промисловості, нафтопереробної, газової, целюлозно-паперової, будівельної та харчової промисловостей.

Досліджені основні стратегії компенсації піків та напівпіків енергоспоживання, таких, як розподіл навантаження за часом, споживання за розкладом, обмеження споживаної потужності на вимогу, споживач-регулятор, генерація енергії за місцем використання.

Розрахована сонячна електростанція для компенсації піків та напівпіків енергоспоживання. Проведений порівняльний аналіз ефективності компенсації піків та напівпіків енергоспоживання для деревообробного заводу, цеху виробництва сиру та ремонтно-механічного заводу.

Розрахована кількість спожитої електроенергії до та після компенсації. Приведене техніко-економічне обґрунтування дисертації.

Проведені розрахунки вартості спожитої електроенергії до і після компенсації електроенергією, що була вироблена сонячною електростанцією.

Розрахована досягнута економія для кожного тарифного сезону і кожного з підприємств.

### Список использованной литературы

1. Интернет -энциклопедия по обустройству сетей 2016-2018. [Электронный ресурс]. Режим доступа : <http://sovet-ingenera.com/eco-energy/sun/vidy-solnechnyx-batarej.html#i-5>
2. Виды и типы солнечных панелей. [Электронный ресурс].Режим доступа : <http://batsol.ru/vidy-i-tipy-solnechnyx-batarej.html>
3. Сравнительный обзор солнечных панелей. . [Электронный ресурс].Режим доступа : <http://www.solnpanels.com/sravnitelnyj-obzor-solnechnyh-panelej-dlya-vashego-doma/>
4. Сравнительный обзор солнечных панелей. . [Электронный ресурс].Режим доступа : <http://www.solnpanels.com/sravnitelnyj-obzor-solnechnyh-panelej-dlya-vashego-doma/>
5. Типы солнечных панелей. [Электронный ресурс].Режим доступа : [http://utem.org.ua/materials/show/tipy\\_solnechnyh\\_batarey](http://utem.org.ua/materials/show/tipy_solnechnyh_batarey)
6. Тонкопленочные солнечные панели. [Электронный ресурс]. Режим доступа : <http://greenevolution.ru/enc/wiki/tonkoplenochnye-solnechnye-batarei/>
7. Тонкопленочные солнечные панели. [Электронный ресурс].Режим доступа : <http://greenevolution.ru/enc/wiki/tonkoplenochnye-solnechnye-batarei/>
8. Staebler D.L., Wronski C.R. Reversible conductivity changes in dischargeproduced amorphous Si // Appl. Phys. Lett. 31, 1977. P. 292–294.
9. Stutzmann M. Metastability in amorphous and microcrystalline semiconductors // Amorphous and Microcrystalline Semiconductor Devices: Materials and Device Physics, edited by J. Kanicki, MA: Artech House, Norwood, 1992. P. 129–187.
10. Winer K. Defect formation in a-Si:H // Phys. Rev. B41, 1990. P. 12150–12161. 21.
11. Street R.A. Hydrogenated Amorphous Silicon. Cambridge, UK: Cambridge Univ. Press, 1991.



12. Deposition and extensive light soaking of highly pure hydrogenated amorphous silicon / T. Kamei, N. Hata, A. Matsuda, T. Uchimya et al. // *Appl. Phys. Lett.* 68, 1996. P. 2380–2382.
13. Stutzmann M. Metastability in amorphous and microcrystalline semiconductors // *Amorphous and Microcrystalline Semiconductor Devices: Materials and Device Physics*, edited by J. Kanicki, MA: Artech House, Norwood, 1992. P. 129–187.
14. Kolodziej A. Staebler–Wronski effect in amorphous silicon and its alloys // *OptoElectron. Rev.*, 12, no. 1, 2004.
15. Light induced defect creation kinetics in thin film protocrystalline silicon materials and their solar cells / R. Wronski, J.M. Pearce, R.J. Koval et al. // *Mat. Res. Soc. Symp. Proc.* 715, 2002. P. A.13.4.1–A.13.4.12.
16. Kolodziej A., Krewniak P., Nowak S. Technology of the thin silicon solar cells // Report for the State Committee for Scientific Research on realization of the Goal Orientated Research, Project No. PBZ KBN 05/T11/98, AGH, Kraków, 2003.
17. Kolodziej A., Krewniak P., Nowak S. Improvements in silicon thin film solar cell efficiency // *Opto-Electron. Rev.* 11, 2003. P. 71–79.
18. Street R.A., Guha S. *Technology and Applications of Amorphous Silicon*. Berlin: Springer, 2000. P. 1–100, 252–305.
19. Application of deposition phase diagrams for the optimisation of a-Si:H-based materials and solar cells / R.W. Collins, A.S. Ferlauto, G.M. Ferreira, et al. // *Mat. Res. Soc. Symp. Proc.* 762, 2003. P. A10.1.1–A10.1.12.
20. Karpov V.G. *Physics of CdTe Photovoltaics from Front to Back* // Invited talk F10.1, MRS Spring Meeting, March 28 – April 1, San Francisco, CA. 2005.
21. Shvydka D., Rakotoniaina J.P., Breitenstein O. Lock-in thermography and nonuniformity modeling of thin-film CdTe solar cells // *Appl. Phys. Lett.* 84, 729, 2004.