

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 втрат електричної енергії в АТ «Сумиобленерго»

Виконав

(підпис)

Бабич О.В.
(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

Бабич Олексій Володимирович

(прізвище, ім'я та по батькові)

1. Тема роботи: Дослідження особливостей втрат електричної енергії в АТ «Сумиобленерго»

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 електричної мережі по втратам електричної енергії, нормативні документи для проведення досліджень, стандарти, постанови про забезпечення якості електричної енергії.

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

1 Аналіз основних втрат електроенергії та причин їх виникнення.

2 Дослідження практичних методик для проведення розрахунку витрат електричної енергії.

3 Дослідження втрат електричної енергії в різних елементах мережі АТ «Сумиобленерго».

4 Заходи зниження втрат електричної енергії.

5 Охорона праці.

6 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)

(Бабич О.В.)
(прізвище, ініціали)

(Науковий) керівник
дипломної роботи

(підпис)

(Чепіжний А.В.)
(прізвище, ініціали)

РЕФЕРАТ

Дослідження особливостей втрат електричної енергії в АТ «Сумиобленерго» м. Суми. Магістерська робота / Бабич Олексій Володимирович – Суми: СНАУ, 2024 р. – 52 с.

В роботі проведено аналіз причин виникнення втрат електричної енергії та наведено причини їх виникнення. Визначено втрати електроенергії, що пов'язані з фізичними процесами та наведено технічні втрати, що підлягають усуненню. Саме технічним втратам приділено більшу увагу.

Проведено аналіз основних методів визначення втрат електричної енергії в різних елементах мережі. Наведено основні значення втрат для різних елементів.

Виконано аналіз основних методів боротьби з різноманітними типами втрат електричної енергії та запропоновано основні шляхи зменшення втрат.

Наведено заходи з охорони праці та виконано економічний розрахунок різних варіантів ліній електропередачі.

Ключові слова: втрати електроенергії, лінія електропередачі, трансформатор струму, трансформатор напруги, провід, лічильник, індукція, магнітопровід.

Іл. 6

Табл. 11

Бібл. 26

ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
1 АНАЛІЗ ОСНОВНИХ ВТРАТ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ ТА ПРИЧИН ЇХ ВИНИКНЕННЯ.....	8
1.1 Аналіз особливостей формування балансу електроенергії в АТ «Сумиобленерго».....	8
1.2 Структурний аналіз втрат електроенергії.....	10
Висновок до розділу.....	13
2 ДОСЛІДЖЕННЯ ПРАКТИЧНИХ МЕТОДИК ДЛЯ ПРОВЕДЕННЯ РОЗРАХУНКУ ВИТРАТ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ.....	14
2.1 Особливості проведення визначення втрат методом проведення оперативних розрахунків.....	19
2.2 Особливості застосування методу розрахункової доби.....	20
2.3 Особливості методу середніх навантажень.....	23
2.4 Особливості методу числа годин з найбільшим значенням потужності.....	25
2.5 Проведення оцінки втрат електроенергії методом узагальнення інформації про навантаження та схеми мережі.....	27
2.6 Проведення втрат по електричній енергії залежно від втрат значення напруги в мережі.....	29
Висновки до розділу.....	31
3 ДОСЛІДЖЕННЯ ВТРАТ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ В РІЗНИХ ЕЛЕМЕНТАХ МЕРЕЖІ АТ «СУМИОБЛЕНЕРГО».....	32
3.1 Визначення втрат в трансформаторах при холостому ході.....	33
3.2 Визначення втрат в різних компенсуючих пристроях.....	35
3.3 Аналіз втрат, що виникають в вентильних розрядниках, пристроях обмеження перенапруги.....	36
3.4 Визначення втрат електроенергії в пристроях вимірювання.....	38
3.5 Визначення втрат в ізоляції для кабельних ліній електропередачі.....	38
3.6 Дослідження втрат електричної енергії, зумовлені похибкою систем обліку електроенергії.....	39

	5
Висновки до розділу.....	40
4 ЗАХОДИ ЗНИЖЕННЯ ВТРАТ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ.....	41
Висновки до розділу.....	45
5 ОХОРОНА ПРАЦІ.....	46
Висновки до розділу.....	47
6 ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ.....	48
Висновок до розділу.....	49
ВИСНОВКИ ТА ПРОПОЗИЦІЇ.....	50
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	52

ВСТУП

Актуальність теми. Кожна електрична мережа характеризується певною кількістю елементів для функціонування. При цьому кожен з елементів, що знаходиться під напругою негативно впливає на втрати електричної енергії. Загальна величина втрат електроенергії відповідає сумі втрат по кожному з елементів електричної мережі.

Необхідно зазначити, що існують втрати, що також пов'язані з певними фізичними процесами. Дані втрати є сталими і позбутись їх фактично не можливо. При цьому існують і такі втрати, яких можна позбутись чи зменшити за рахунок певних дій пов'язаних з вдосконаленням обладнання чи різними іншими процесами.

Визначення величини втрат електричної енергії є доволі складним процесом та потребує суттєвих розрахунків з врахуванням показників на приладах обліку електричної енергії. Виходячи з цього можна зазначити, що дана тема є актуальною для продовження дослідженн.

Мета та задачі дослідження. Метою дослідження є визначення величини втрат електричної енергії відповідно до умов АТ «Сумиобленерго».

Для проведення дослідження нами пропонується вирішити наступні задачі:

1. Аналіз основних причин виникнення втрат електричної енергії в електричній мережі.
2. Визначення елементів мережі де виникають втрати електричної енергії.
3. Аналіз методів для визначення втрат електроенергії.
4. Визначення значень втрат електроенергії для елементів мережі.

Об'єктом дослідження в роботі є електричні мережі міста Суми, що належать АТ «Сумиобленерго».

Предметом дослідження в роботі є втрати електроенергії в умовах АТ «Сумиобленерго».

Методи дослідження. При проведенні дослідження використовувались різного роду аналітичні та математичні методи аналізу. Також проводився огляд літературних джерел з вибором необхідних даних.

Практичне значення отриманих результатів полягає в визначенні значень основних втрат в електричній мережі для кожного з її елементів.

1 АНАЛІЗ ОСНОВНИХ ВТРАТ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ ТА ПРИЧИН ЇХ ВИНИКНЕННЯ

1.1 Аналіз особливостей формування балансу електроенергії в АТ «Сумиобленерго»

Як і в будь-якій системі в енергетичних мережах повинен бути сформований певний баланс. В енергетичних мережах створюється певного роду енергетичні баланси пов'язані з електричною енергією. Даний баланс формується між кількістю виробленої електроенергії та кількістю спожитої електричної енергії.

Всі компанії з електропостачання, в тому числі і АТ «Сумиобленерго» формує власний енергетичних баланс. Даний баланс формується з набору різних показників, що описують об'єми виробленої та переданої електричної енергії, а також затрати електричної енергії що виникають при транспортуванні. Величина балансу повинна бути еквівалентна всіх описаним вище величинам. При цьому баланс формується з величини виробленої електричної енергії, зменшеної на кількість електроенергії втраченої при передачі, а також інших втрат пов'язаних з іншими учасниками ринку електричної енергії.

Виходячи з такого твердження можна зазначити, що баланс формується на основі визначення втрат електричної енергії в електричній мережі та інших її елементах. При цьому виявити присутність небалансу чи його величину можливо фактично лише з значення балансу електроенергії.

Визначення балансу в електричних системах електропостачання проводиться відповідними компаніями щомісяця, а також щороку. Кожен з даних видів балансу направлений на вирішення відповідних проблем в енергетичній системі.

Місячні баланси застосовують для забезпечення необхідного значення точності приладів обліку електричної енергії споживачів. При цьому прилади обліку споживачів фактично є приладами для визначення реального значення втрат електричної енергії.

Річний баланс використовується для забезпечення заходів по енергозбереженню. Також річний баланс показує ефективність роботи компанії з електропостачання, в нашому випадку АТ «Сумиобленерго». Річний баланс також має значний вплив на стандартизацію втрат та на формування вартісних показників електричної енергії в регіоні та в цілому в країні.

АТ «Сумиобленерго» фактично формують певну територіальну мережу з певним значенням балансу. Виходячи з цього фактичне значення втрат електричної енергії в подібних мережах можна визначити з рівняння:

$$\Delta W_{\text{факт}} = W_{\text{ос}} - W_{\text{спож}} \quad (1.1)$$

де $W_{\text{ос}}$ – передана кількість електроенергії в електричну мережу,

$W_{\text{спож}}$ – спожита кількість електричної енергії споживачем з мережі.

Виходячи з цього передана кількість електричної енергії в електричну мережу може бути визначена:

$$W_{\text{ос}} = W_{\text{пе}} - W_{\text{оє}} \quad (1.2)$$

де $W_{\text{пе}}$ – наданий обсяг електричної енергії в мережу поза межами балансового значення належності;

$W_{\text{оє}}$ – обсяг електричної енергії, що відпущений з електричної мережі поза межами балансового значення належності.

Виходячи з вищенаведених рівнянь можна сформулювати рівняння»:

$$\Delta W_{\text{факт}} = W_{\text{пе}} - W_{\text{оє}} - W_{\text{спож}} \quad (1.3)$$

При цьому за умови обслуговування електричних мереж маємо наступне рівняння:

$$\Delta W_{\text{факт}} = W_{\text{пе}} - W_{\text{оє}} \quad (1.4)$$

Всі наведені рівняння можна зобразити графічним способом для всіх ситуацій (рис. 1.1).



Рисунок 1.1 – Графічне зображення балансу електроенергії на одному рівні значення напруги

Для всіх типів передачі електричної енергії для умов АТ «Сумиобленерго» втрати можна визначити з рівняння:

$$\Delta W_{\text{факт}} = \Delta W_{\text{факт}}^{\text{ВН}} + \Delta W_{\text{факт}}^{\text{СНІ}} + \Delta W_{\text{факт}}^{\text{СНІІ}} + \Delta W_{\text{факт}}^{\text{НН}} \quad (1.5)$$

Втрати електричної енергії в своїй більшості формуються для всіх типів електричних мереж, що підпорядковані АТ «Сумиобленерго». При цьому формуються відповідні таблиці по кожній електричній мережі за рівнем напруги з врахуванням всіх можливих втрат для кожної з них. Слід зазначити, що співставлення значень фактичних втрат з значенням розрахункових втрат вказує величину технічних втрат електричної енергії.

1.2 Структурний аналіз втрат електроенергії

Необхідно зазначити, що за умови увімкнення електричного обладнання в мережу спостерігаються втрати електричної енергії. Певна частина від загальної величини втрат виникає через потужності розподілені по

електричній мережі. Іншою частиною є втрати, що не мають залежності від обладнання, що підключене до електричної мережі. Даний тип втрат визначається показниками напруги, певних частот струму або навіть кліматичними умовами. При цьому цих причин доволі велика кількість.

Виходячи з цього на сьогодні існує певна класифікація витрат електричної енергії відповідно до фізичної суті та методик їх визначення. Їх поділяють на чотири групи:

- I група – втрати електричної енергії, що виникають під дією фізичних явищ, що виникають при передачі електричної енергії;
- II група – втрати електроенергії пов'язані з потребами підстанцій, що необхідні для їх роботи, а також втрати, що виникають при роботі персоналу обслуговування;
- III група – втрати пов'язані з допустимими похибками при обліку електричної енергії, що виникає через неповний облік та певні метрологічні втрати;
- IV група – втрати комерційного характеру пов'язані з недоліками керування та контролю за споживанням електроенергії, а також втрати що виникають в результаті різного роду крадіжок.

Виходячи з подібного розподілу на групи втрат електричної енергії можна зробити висновок, що перші три групи можна визначити з аналізу різноманітних законів фізики, електротехніки та інших статистичних даних, що можна отримати провівши певні вимірювання.

Визначити втрати четвертої групи можливо лише з рівняння балансу електричної енергії. Тобто через різницю загальних втрат електричної енергії та суми втрат визначених за I-III групами.

Необхідно зазначити, що втрати з допустимими похибками є технічними втратами на внутрішні потреби наприклад на систему обліку електроенергії. При цьому необхідно зазначити, що у кожній з чотирьох категорій втрат є певна частина технічних втрат, а отже під дією певних фізичних явищ чи інших процесів виникають так звані технічні втрати. Також на величину втрати мають доволі великий вплив набір зовнішніх чинників, що

фактично коментуються назвами в кожній з наведених груп, а також можна побачити з особливостей розрахунку подібних втрат.

Для прикладу наведемо структуру витрат в електричних мережах АТ «Сумиобленерго» (рис. 1.2).

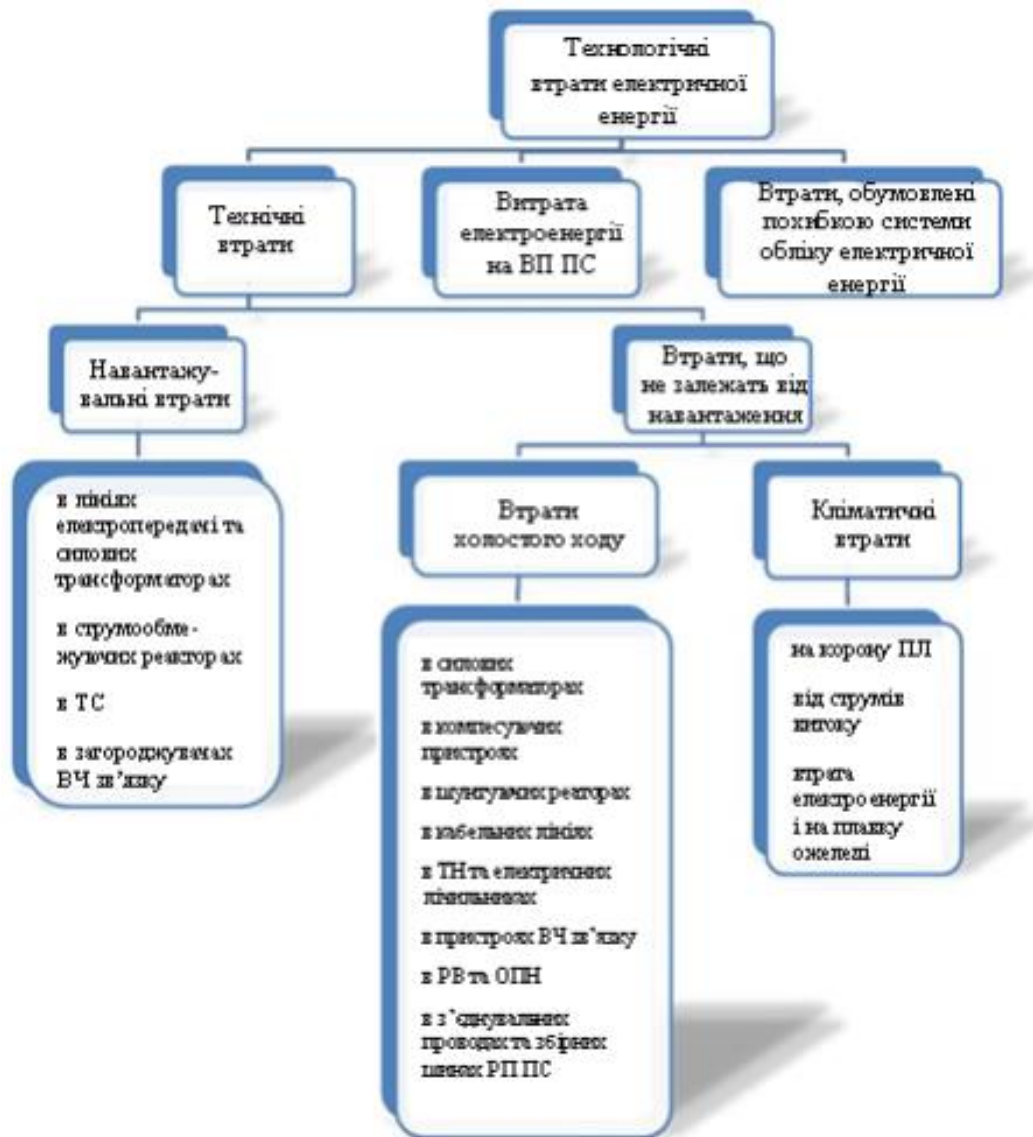


Рисунок 1.2 – Загальна структура що пов'язана з технологічними втратами

Загалом технологічні втрати в основному виникають як правило в різних лініях електропередачі. Також дані втрати виникають в силових трансформаторах. В електричних мережах розподіл втрат АТ «Сумиобленерго» наведено на рисунку 1.3.

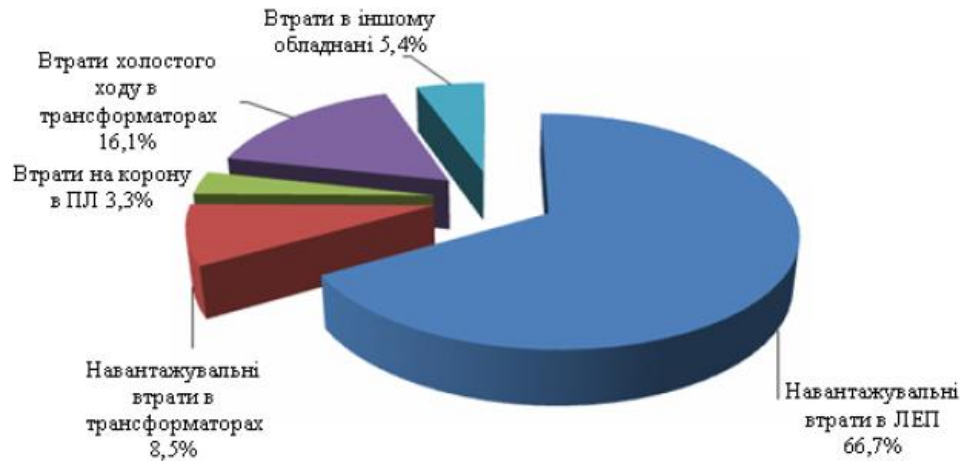


Рисунок 1.3 – Діаграма втрат електроенергії в електричних мережах АТ «Сумиобленерго», що залежать від різного типу електричного обладнання

Виходячи з рисунку 1.3 необхідно зазначити, що найбільшу кількість втрат електроенергії виникає саме в різних лініях електропередач. Наступними за кількісними значеннями втрат є втрати в трансформаторах.

Висновок до розділу

Виходячи з аналізу втрат електричної енергії існує певна їх кількість, яких неможливо позбутись. При цьому визначення загальних втрат формує фактично баланс в електричній системі. Для визначення витрат електричної енергії, що мають певний випадковий характер необхідно користуватись різницею між загальною кількістю втрат та технічних. Основна кількість втрат електричної енергії фактично виникає при передачі електричної енергії в електричних мережах, а також в різноманітних трансформаторах. Необхідно зазначити, що частина технологічних витрат електричної енергії є в усіх групах електричного обладнання, а отже визначення втрат потребує дослідження.

2 ДОСЛІДЖЕННЯ ПРАКТИЧНИХ МЕТОДИК ДЛЯ ПРОВЕДЕННЯ РОЗРАХУНКУ ВИТРАТ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ

Практичні методики полягають в формуванні методик до визначення витрат електричної енергії. Виходячи з цього втрати електричної енергії відбуваються в мережах при проходженні по ним струму. Для трифазних електричних мереж, що мають певне значення опору втрати потужності можна визначити з рівняння:

$$\Delta P = I_A^2 R + I_B^2 R + I_C^2 R = (I_A^2 + I_B^2 + I_C^2) R \quad (2.1)$$

де I_A^2, I_B^2, I_C^2 – величина струмів трифазної мережі відповідно до фаз в кожному конкретному з елементів мережі.

За умови рівномірності завантаження по фазам електричної мережі $I_A = I_B = I_C = I$, можливо визначити втрати електроенергії з врахуванням часових проміжків T :

$$\Delta W = \Delta P T = 3 I^2 R T \quad (2.2)$$

Необхідно зазначити, що втрати визначені в рівнянні (2.2) змінюються в часовому проміжку, а отже отримаємо наступне рівняння:

$$\Delta W = \int_0^T \Delta P(t) dt = 3R \int_0^T I^2(t) dt \quad (2.3)$$

Враховуючи криву $\Delta P(t)$ отримуємо певну відповідність площі у вигляді прямокутника. Даний прямокутник матиме певні сторони, що описуються певними величинами $\Delta P_{\text{ср}}$, а також T . При цьому, для опису даних величин пропонується побудувати графік залежності двох даних величин (рис. 2.1).

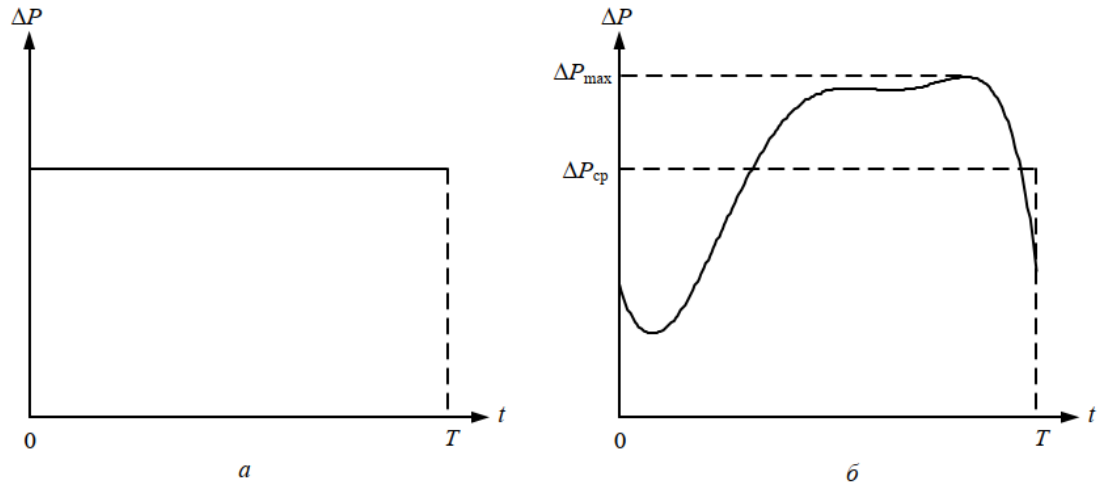


Рисунок 2.1 – Графіки для визначення втрат електроенергії

Виходячи з даних графіків необхідно зазначити, що величина ΔP_{cp} враховує значення середніх втрат відповідно до часового проміжку T . Втрати потужності в результаті складуть:

$$\Delta W = \Delta P_{\text{cp}} T \quad (2.4)$$

Необхідно зазначити, що величина ΔP_{cp} визначається з наступного рівняння:

$$\Delta P_{\text{cp}} = \frac{1}{T} \int_0^T \Delta P(t) dt = \frac{3R}{T} \int_0^T I^2(t) dt \quad (2.5)$$

де $\frac{1}{T} \int_0^T I^2(t) dt$ – середній струм за певний часовий проміжок.

Величину середньоквадратичного струму можна визначити з рівняння:

$$I_{\text{ср.кв}} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T I^2(t) dt} \quad (2.6)$$

Виходячи з цього отримаємо наступний вираз:

$$\Delta W = 3I_{\text{ср.кв}}^2 RT \quad (2.7)$$

Проведення оцінки за попередніми рівняннями можливо лише за умови застосування графіку кроку струму, що описується рівнянням $I_i (i = 1, 2, \dots, N)$. При цьому необхідно щоб величина N описує кількість ступенів з графіку зміни струму. Виходячи з цього отримуємо рівняння:

$$I_{\text{ср.кв}} = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N I_i^2} \quad (2.8)$$

В результаті виникає певна можливість сформулювати залежність між середнім значенням струму та його середньоквадратичним що формується за певний часовий проміжок. Для цього необхідно ввести в рівняння параметр відхилення струму від його середнього значення: $\Delta I_i = I_i - I_{\text{ср}}$. Дана дія надасть можливість отримати необхідну залежність від середнього його значення. В результаті отримаємо відповідне рівняння:

$$\begin{aligned} \Delta I_{\text{ср.кв}}^2 = \sigma_I^2 = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \Delta I_i^2 = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (I_i - I_{\text{ср}})^2 = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N I_i^2 - 2I_{\text{ср}} \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N I_i + \\ \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N I_{\text{ср}}^2 \end{aligned} \quad (2.9)$$

В результаті розв'язання рівняння (2.9) отримаємо:

$$\Delta I_{\text{ср.кв}}^2 = I_{\text{ср.кв}}^2 - 2I_{\text{ср}}^2 + I_{\text{ср}}^2 = I_{\text{ср.кв}}^2 - I_{\text{ср}}^2 \quad (2.10)$$

Виходячи з отриманого рівняння (2.10) можна зробити висновок:

$$I_{\text{ср.кв}}^2 = I_{\text{ср}}^2 + \sigma_I^2 \quad (2.11)$$

При цьому рівняння (2.11) для електричних втрат буде мати наступний вигляд:

$$\Delta W = 3I_{\text{ср.кв}}^2 RT = 3(I_{\text{ср}}^2 + \sigma_I^2) RT \quad (2.12)$$

Виходячи з вищенаведеної методики можна запропонувати декілька методів визначення втрат електричної енергії. Першим методом є застосування середніх значень навантажень. Відповідно до даного методу маємо рівняння:

$$\Delta W = 3I_{\text{ср}}^2 \left(1 + \frac{\sigma_I^2}{I_{\text{ср}}^2} \right) RT = 3I_{\text{ср}}^2 k_{\Phi}^2 RT = \Delta P_{\text{ср}} k_{\Phi}^2 T \quad (2.13)$$

де k_{Φ}^2 – квадрат для коефіцієнта, що враховує форму графіка струму для певного проміжку часу.

Значення k_{Φ}^2 обчислюється з виразу:

$$k_{\Phi}^2 = 1 + \frac{\sigma_I^2}{I_{\text{ср}}^2} = \frac{I_{\text{ср.кв}}^2}{I_{\text{ср}}^2} \quad (2.14)$$

Відповідно, другий метод ґрунтується на рівнянні (2.12) в певному часовому проміжку та з максимальним значенням струму:

$$I_{\text{max}} = \max(I_i), i = 1, 2, \dots, N$$

$$\Delta W = 3I_{\text{ср.кв}}^2 RT \frac{I_{\text{max}}^2}{I_{\text{max}}^2} = 3I_{\text{max}}^2 \left(\frac{I_{\text{ср}}^2 + \sigma_I^2}{I_{\text{max}}^2} \right) RT = 3I_{\text{max}}^2 \tau_0 RT = \Delta P_{\text{max}} \tau_0 T \quad (2.15)$$

де τ_0 – відносне значення часу для втрат за найбільшим значенням.

ΔP_{max} – втрати максимальної потужності за певний часовий проміжок.

Значення τ_0 обчислюється за рівнянням:

$$\tau_0 = \frac{I_{\text{ср}}^2 + \sigma_I^2}{I_{\text{max}}^2} = \frac{I_{\text{ср.кв}}^2}{I_{\text{max}}^2} \quad (2.16)$$

Другий метод, що описується рівнянням (2.15) отримав ще назву метод часу з найбільшими втратами.

Всі наведені методи фактично описують втрати що є навантажувальними, що викликані різноманітними фізичними законами при протіканні струму через різноманітні елементи мережі. Основні методи визначення втрат наведені в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Зведенні дані опису існуючих методів визначення втрат електроенергії

Загальний метод для визначення втрат електроенергії	Величини, що визначаються за методом
За величиною середньоквадратичного значення струму $\Delta W = 3I_{\text{ср.кв}}^2 RT$	$I_{\text{ср.кв}} = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N I_i^2}$
За величиною середніх навантажень $\Delta W = 3I_{\text{ср}}^2 k_{\phi}^2 RT$	$I_{\text{ср}} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N I_i; k_{\phi}^2 = \frac{I_{\text{ср.кв}}^2}{I_{\text{ср}}^2}$
За величиною часу з найбільшими втратами $\Delta W = 3I_{\text{max}}^2 \tau_0 RT$	$I_{\text{max}} = \max(I_i), i = 1, 2, \dots, N; \tau_0 = \frac{I_{\text{ср.кв}}^2}{I_{\text{max}}^2}$

У випадку, якщо є певний графік значень струмів за певний проміжок часу то обирають метод середньоквадратичних значень струму. При цьому розрахунки за іншими методами дадуть взагалі результат, що має однакові значення. При цьому ці інші методи не мають достатньо даних про стан та кількість елементів для електричної мережі за часовий проміжок.

Коефіцієнти k_{ϕ}^2 і τ_0 є певного роду множниками інтегрування, а отже їх враховують в методах де є певна множина неточностей. Значення даних коефіцієнтів отримують на підставі побудови інших графіків для активної та реактивної потужності. Також дані коефіцієнти можуть обиратись за умови інтуїтивного підходу з опиранням на досвід.

Необхідно сказати, що в основному при обрахуванні втрат електроенергії дуже часто стикаються з проблемою нестачі інформації, що необхідна для точності. Виходячи з цього формується велика кількість підходів щодо врахування їх заміни та тенденцій розвитку, а отже виникає

потреба в великій кількості різнонаправлених методик визначення втрат електроенергії.

Існує також методика, що пропонується в різноманітних технологічних картах та при організації технологічних процесів. Виходячи з цього втрати електроенергії за навантаженням за певний часовий проміжок можна визначити одним з основних шести методів:

1. Проведення оперативних розрахунків.
2. Застосування методу розрахункової доби.
3. Застосування методу середніх значень навантаження.
4. Значення годин з найбільшими втратами потужності;
5. Проведення оцінювання втрат електроенергії за загальною інформацією навантаження в мережі.
6. Проведення втрат по електричній енергії залежно від втрат значення напруги в мережі.

Вище перераховані методи наведено в послідовності, що характеризує їх ефективність та точність при визначенні витрат електроенергії. Пропонується попередньо розглянути їх більш детально.

2.1 Особливості проведення визначення втрат методом проведення оперативних розрахунків

Даний метод в основному застосовують при умові, коли наявна повна інформація по обчисленню втрат електричної енергії в різних елементах мережі. Оцінка втрат за даним методом виконується в основному за допомогою вимірювання значень струмів, потужностей, а також напруг. При цьому виникає можливість проведення визначення втрат при навантаженні для кожного елемента в мережі окремо. Також при цьому можливо проводити модулювання стану для кожного елементу мережі чи загальної системи в цілому. Все це дозволяє проводити обчислення втрат електроенергії в певному часовому проміжку, особливо в короткому.

В результаті отримуємо фактично метод розрахунку за середньоквадратичними значеннями струму. Але при використанні даного

методу необхідно звертати увагу на елементи мережі з певним опором, що не може бути визначений безпосередньо за допомогою вимірювання. Основним зауваженням при моделюванні загальної системи мережі для визначення втрат електроенергії необхідною умовою є врахування не лише значення опору кожного елемента, а і інші величини. В загальній мережі включаються струми витоків чи зарядні, прилади для обліку, що потребують проведення певних допоміжних розрахунків.

Проведення розрахунків втрат електроенергії в реальному часі не є методом, а є відповідно певним засобом для проведення організації подібних обчислень.

2.2 Особливості застосування методу розрахункової доби

В результаті роботи електричних мереж застосовуються певну конфігурацію для добових графіків по потужності чи струмах з різних елементах. При цьому спостерігається певна залежність різноманітних факторів сезонності таких, як температура навколишнього середовища, тривалість годин світлового дня та інше. Виходячи з такої проблематики необхідною умовою визначення добових графіків та врахування їх при визначенні втрат електроенергії. Зазначимо, що річний досліджуваний період повинен бути розділений на певну кількість розрахункових проміжків чи інтервалів. Кожен з цих інтервалів повинен мати свій характерний графік по навантаженнях.

В енергетичних підприємствах рік зазвичай поділяється на два періоди: зимовий та літній. При цьому зимовий період позначається як «І», а літній – «ІІ». Данні для даних періодів в основному використовують за базові наступні місяці: для літнього періоду обирають червень, а для зимового – грудень.

У випадку, якщо протягом зимового періоду тривалістю 7 місяців (січень-квітень та жовтень-грудень) відпуск електроенергії в мережу описується величиною W_{oc12} . При цьому середнє значення відпуску електричної енергії описується рівнянням $W_{ср.д} = \frac{W_{oc12}}{31}$. При цьому графік для

навантаження описується даними $P_i (i = 1, 2, \dots, 24)$, що характеризує день для проведення контрольного заміру. При цьому описати графік можна з використанням замірів при перетворенні на певного роду відносні значення одиниць:

$$P_{*i} = \frac{P_i}{P_{max}} \quad (2.17)$$

де P_{max} – максимальне значення потужності за добовий часовий проміжок.

Використовуючи дані середньодобової витрати електроенергії $W_{ср.с}$ а також з використанням необхідних графіків в контрольних замірах при відносних одиницях $P_{*i} (i = 1, 2, \dots, 24)$ маємо графік для розрахункової доби.

Необхідно зазначити, що з кожною годиною доби визначаються втрати значення потужності мережі ΔP_i , та втрати електроенергії за добу, що мають вигляд:

$$\Delta W_{доб} = \sum_{i=1}^{24} \Delta P_i \Delta t_i \quad (2.18)$$

де Δt_i – певний інтервал часу, що є одногодинним.

Втрати величини потужності визначають в точках з'єднання в певних і-тих годинах часового проміжку. За умови використання простих схем мережі можна застосовувати наближений розрахунок втрат по величині номінального значення напруги.

Для розрахунку втрат електричної енергії за певний розрахунковий інтервал можна визначити з рівняння:

$$\Delta W_I = \Delta W_{доб} \cdot D_{еквI} \cdot k_{\phi 12}^2 \cdot k_L \quad (2.19)$$

де $D_{еквI}$ – чисельність еквівалентних днів за певний розрахунковий I період;

$k_{\phi 12}^2$ – коефіцієнт величина втрат в елементах повітряних ліній.

Чисельність еквівалентних днів за певний розрахунковий період визначається з виразу:

$$D_{\text{еквI}} = \sum_{i=1}^{N_I} \left(\frac{W_{\text{mi}}}{W_{\text{м12}}} \right)^2 \cdot D_{\text{mi}} \quad (2.20)$$

де W_{mi} – кількість відпущеної електроенергії в мережу за i -ий місяць аналізу з D_{mi} кількістю днів;

$W_{\text{м12}}$ – кількість відпущеної електроенергії за місяць, що є базовим;

N_I – кількість місяців, що включено до розрахункового I періоду.

При виконанні розрахунків втрати електроенергії приймають значення за місяць $D_{\text{еквI}} = D_{\text{м12}} = 31$.

Значення $k_{\phi 12}^2$ визначають з рівняння:

$$k_{\phi 12}^2 = \frac{\sum_{i=1}^{D_{\text{м12}}} W_i^2}{W_{\text{ср.с}}^2 \cdot D_{\text{м12}}} \quad (2.21)$$

де W_i – кількість електроенергії, що відпущена в мережу за певний i -ий місячний день.

За умови відсутності даних по відпуску електроенергії доволі часто використовують наступне рівняння:

$$k_{\phi 12}^2 = \frac{(D_{\text{р}} + k_w^2 \cdot D_{\text{н.р}}) D_{\text{м12}}}{(D_{\text{р}} + k_w \cdot D_{\text{н.р}})^2} \quad (2.22)$$

де $D_{\text{р}}$ і $D_{\text{н.р}}$ – кількість відповідно днів за місяць робочих та вихідних.

k_w – значення співвідношення кількості спожитої електроенергії за робочий та вихідний день.

Звідси виходить, що:

$$D_{\text{м12}} = D_{\text{р}} + D_{\text{н.р}} \quad (2.23)$$

$$k_w = \frac{W_{н.р}}{W_p} \quad (2.24)$$

Для II періоду розрахунок фактично є аналогічним. При цьому для II періоду втрати електроенергії визначаються з рівняння:

$$\Delta W_{II} = \Delta W_{добр} \cdot D_{еквII} \cdot k_{\phi 6}^2 \cdot k_l \quad (2.25)$$

де $D_{еквII}$ – еквівалентна чисельність днів за визначений період II;

$k_{\phi 6}^2$ – квадрат кривої графіка середніх показників за день в червні.

Дані коефіцієнти визначають за формулами подібними до розрахунку I періоду.

2.3 Особливості методу середніх навантажень

За даним методом проводять початкові розрахунки виходячи з рівняння:

$$\Delta W = \Delta P_{ср.н} T k_{\phi}^2 k_k k_l \quad (2.26)$$

де $\Delta P_{ср.н}$ – величина втрат відповідно до середнього навантаження в певних вузлах електричної мережі;

k_{ϕ}^2 – величина квадрату форми для графіку загального значення навантаження за певний період розрахунку;

k_k – коефіцієнт врахування певної різниці між графіками активного та графіками реактивного навантаження в різних гілках мережі;

T – тривалість періоду для аналізу втрат електричної енергії.

При цьому втрати для потужності розраховують за формулою:

$$P_{ні} = \frac{W_{ні}}{T} \quad (2.27)$$

де W_{hi} – кількісний показник електроенергії спожитої і-им споживачем;

T – тривалість для розрахункового періоду.

За умови аналізу простої мережі можна застосовувати певне орієнтовне значення втрат потужності за номінальним значенням напруги в електричній системі.

Показник для форми графіка загального навантаження в електричній мережі за певний період розрахунку знаходять з рівняння:

$$k_{\Phi}^2 = \frac{\sum_{i=1}^m P_i^2 \Delta t_i}{P_{cp}^2 T} \quad (2.28)$$

де P_i – значення навантаження на певній і-й точці графіку за певну тривалість Δt_i .

P_{cp} – значення середнього навантаження в мережі за певний розрахунковий період.

При проведенні розрахунків в більшості випадків параметр k_k зазвичай обирають рівним 0,99. Для мереж з напругою 6..20 кВ та радіальних мереж 35кВ величина параметру k_k приймають рівним 1,02.

Алгоритм для визначення показника форми для графіку можна використати наступний:

$$k_{\Phi}^2 = k_{\Phi c}^2 \cdot k_{\Phi m}^2 \cdot k_{\Phi N}^2 \quad (2.29)$$

де $k_{\Phi c}^2$ – величина квадрату для форми добового графіка;

$k_{\Phi m}^2$ – величина квадрату для форми місячного графіка;

$k_{\Phi N}^2$ – величина квадрату для форми віддачі електроенергії в мережу за місяць.

Дані величини визначаються з наступних рівнянь:

$$k_{\Phi c}^2 = \frac{\sum_{i=1}^{24} P_i^2}{P_{cp.c}^2 24} \quad (2.30)$$

$$k_{\phi N}^2 = \frac{\sum_{i=1}^N W_{mi}^2}{W_{cp.m}^2 \cdot N} \quad (2.31)$$

За умови відсутності вищезазначених графіків навантаження розрахунок проводять за рівнянням:

$$k_{\phi}^2 = \frac{1+2k_3}{3k_3} \quad (2.32)$$

де k_3 – коефіцієнт, що враховує завантаження для графіка навантаження.

Коефіцієнт $2k_3$ розраховують:

$$k_3 = \frac{W_{oc}}{P_{max}T} = \frac{T_{max}}{T} = \frac{P_{cp}}{P_{max}} \quad (2.33)$$

де W_{oc} – відпущена кількість електроенергії за певний часовий проміжок T ;

T_{max} – кількість годин, за якого використовується максимальне навантаження.

2.4 Особливості методу числа годин з найбільшим значенням потужності

Для даного методу основною формулою є вираз:

$$\Delta W = \Delta P_{max} T \tau_0 k_k k_l \quad (2.34)$$

де ΔP_{max} – величина максимальних втрат по потужності при максимальному навантаженні;

τ_0 – значення відносної кількості годин з піковою величиною втрат по потужності.

Величина τ_0 визначається з рівняння:

$$\tau_0 = \frac{\sum_{i=1}^m P_i^2 \Delta t_i}{P_{max}^2 T} \quad (2.35)$$

де P_{max} – значення, що є найбільшим з значень величини P_i , за певний проміжок часу.

При використанні даного методу застосовують коефіцієнти k_k , що дорівнює 1,03. А для мереж 6...20 кВ та радіальних мереж 35 кВ значення даного коефіцієнту становить 1.

Для визначення величини τ_0 можна застосовувати також наступне рівняння:

$$\tau_0 = \tau_{0.c} \tau_{0.m} \tau_{0.N} \quad (2.36)$$

де $\tau_{0.c}$ – відносне значення числа з найбільшими втратами по потужності.

Необхідно зазначити, що величини $\tau_{0.m}$ та $\tau_{0.N}$ визначають з наступних рівнянь:

$$\tau_{0.m} = \frac{D_p + k_w^2 D_{н.р}}{D_m} \quad (2.37)$$

$$\tau_{0.N} = \sum_{i=1}^N \frac{W_{mi}^2}{W_{м.р}^2 N} \quad (2.38)$$

де N – кількісний показник по кількості місяців за певний період.

$W_{м.р}$ – відпущена кількість електроенергії в мережу за певний місяць в розрахунковому періоді.

За умови відсутності графіку з навантаження користуються виразом:

$$\tau_0 = \frac{k_3 + 2k_3^2}{3} \quad (2.39)$$

2.5 Проведення оцінки втрат електроенергії методом узагальнення інформації про навантаження та схеми мережі

При аналізі електричних мереж 0,38 кВ спостерігається доволі велика кількість точок з підключення споживачів, що за своєю характеристикою є однофазними. Далі мережі характеризуються певною невизначеністю по значенням потужностей та відповідно споживанням електроенергії. Виходячи з такої невизначеності даний метод застосовують саме для аналізу таких електричних мереж. При аналізі одним з обмежень є використання великої кількості ліній більше 100 шт.

Для визначення втрат електричної енергії для мережі 0,38 кВ необхідно скористуватись даним рівнянням:

$$\Delta W = k_{0,38} \left(\frac{W_{0,38}}{N} \right)^2 \cdot \frac{(1-d_H)^2 (1+tg^2 \varphi) L_{екв}}{F_{г.ср} \cdot D} \cdot \frac{1+2k_3}{3k_3} \quad (2.40)$$

де $L_{екв}$ – сумарна еквівалентна довжина ліній, км;

$tg \varphi$ – середнє значення коефіцієнта врахування реактивної потужності;

$k_{0,38}$ – коефіцієнта врахування способу для розподілу величини навантажень по довжині лінії мережі;

d_H – величина спожитої електроенергії, що виникла на перших двох прольотах лінії починаючи від трансформаторної підстанції по відношенню до загального обсягу спожитої електроенергії мережі 0,38 кВ.

Сумарна еквівалентна довжина ліній знаходяться з рівняння:

$$L_{екв} = L_M + 0,44L_{2-3} + 0,22L_1 \quad (2.42)$$

де L_M – загальна довжина мережі 0,38 кВ;

L_{2-3} – загальна довжина двофазних та трифазних відходів на лінії мережі 0,38 кВ;

L_1 – загальна довжина однофазних відходів на лінії мережі 0,38 кВ.

Реалізація даного методу необхідно керуватись наступними умовами:

1. При знаходженні магістральної лінії для мережі 0,38 кВ необхідно враховувати величину найбільшої відстані від шини 0,38 кВ підстанції (6-20)/0,4 кВ до споживача, що є приєднаним до двофазної чи трифазної лінії та є найбільш віддаленим.

2. При визначенні величини $L_{екв}$ не враховуються мережі загальнобудинкового майна в багатоквартирних будинках та різноманітні розгалудження житлових будинків.

При розрахунках магістральних ліній у еквівалентну довжину включають додаткові значення, а рівняння приймає вигляд:

$$L = L_a + 4L_c + 0,6L_{мід} \quad (2.43)$$

де $L_a, L_c, L_{мід}$ – відповідно значення довжин для ліній з алюмінієвими, сталевими та мідними проводами.

Величину коефіцієнта $k_{0,38}$ визначають з виразу:

$$k_{0,38} = k_u(7,78 - 2,67d_p - 1,48d_p^2)(1,25 + 0,14d_p) \quad (2.44)$$

де d_p – відносне значення кількості електричної енергії що відпущене в мережу 0,38 кВ;

k_u – коефіцієнт врахування співвідношення різних ліній мережі.

Величину коефіцієнта $F_{г.ср}$ визначають за рівнянням:

$$F_{г.ср} = \frac{\sum_{i=1}^N F_{Ti} L_{Ti}}{\sum_{i=1}^N L_{Ti}} \quad (2.45)$$

де F_{Ti} – величина перерізу ділянки, що є головною;

L_{Ti} – величина довжини ділянки, що є головною.

За умови відсутності графіку та необхідних коефіцієнтів реактивної потужності величини коефіцієнтів $k_3 = 0,5$ та $tg\varphi = 0,6$.

При відсутності проведення обліку електричної енергії в мережі 0,4 кВ визначення втрат проводять по значенню переданої в неї електричної енергії з ліній 6-20 кВ та кількості спожитої електричної енергії споживачами в мережі 0,4 кВ.

2.6 Проведення втрат по електричній енергії залежно від втрат значення напруги в мережі

Реалізація даного методу можлива лише для ліній електропередачі 0,38кВ. При цьому виконують заміри різних рівнів для величини фазних напруг. Загальний принцип проведення вимірювань та схема електричної мережі наведена на рисунку 2.2.

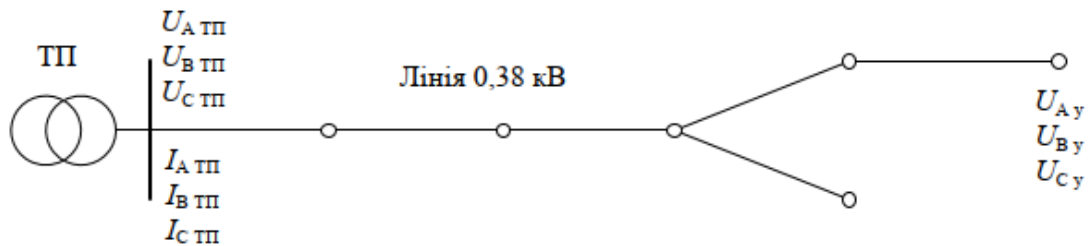


Рисунок 2.2 – Особливості реалізації методу для ліній 0,38 кВ

Даний метод дозволяє визначати втрати напруги відносного та абсолютного значення.

Відповідно до схеми електричної мережі (рис. 2.2) втрати електроенергії можна визначити з рівняння:

$$\Delta W_{\%} = 0,7k_{\text{нер}}\Delta U \frac{\tau}{T_{\text{max}}} \quad (2.46)$$

де $k_{\text{нер}}$ – коефіцієнт для врахування нерівномірності навантажень відповідно до фаз;

τ – час з максимальними втратами по потужності;

T_{max} – час коли використовується максимальне значення навантаження.

Відносне значення втрат напруги знаходять з рівняння:

$$\Delta U_{\%} = \frac{\Delta U}{U_{\text{ср.ТП}}} 100 = \frac{U_{\text{ср.ТП}} - U_{\text{нм.у}}}{U_{\text{ср.ТП}}} 100 \quad (2.47)$$

де $U_{\text{нм.у}}$ – фазна величина напруги для самої віддаленої точки на магістральній лінії з врахуванням режиму максимального навантаження.

Відповідно до даного методу значення коефіцієнту $k_{\text{нер}}$ визначається з рівняння:

$$k_{\text{нер}} = 3 \frac{I_A^2 + I_B^2 + I_C^2}{I_A + I_B + I_C} \left(1 + 1,5 \frac{R_{\text{н}}}{R_{\text{ф}}} \right) - 1,5 \frac{R_{\text{н}}}{R_{\text{ф}}} \quad (2.48)$$

де I_A, I_B, I_C – значення струмових навантажень по фазах мережі;

$\frac{R_{\text{н}}}{R_{\text{ф}}}$ – відповідне відношення опору проводів для нульового та фазного їх типів.

Необхідно зазначити, що співвідношення $\frac{R_{\text{н}}}{R_{\text{ф}}}$ характеризується коефіцієнтом нерівномірності. Для ліній $\frac{R_{\text{н}}}{R_{\text{ф}}} = 1$ даний коефіцієнт становить 1,13, а при $\frac{R_{\text{н}}}{R_{\text{ф}}} = 2$ становить 1,2.

При цьому необхідно зазначити, що на сьогодні це співвідношення $\frac{\tau}{T_{max}}$ характеризується наступними значеннями, що наведено в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Значення коефіцієнтів $\frac{\tau}{T_{max}}$

T_{max} , год	2000	3000	4000	5000	6000
$\frac{\tau}{T_{max}}$	0,46	0,52	0,6	0,72	0,77

Величина відносних втрат електроенергії для ліній 0,38 кВ можна знайти з рівняння:

$$\Delta W_{\%} = \frac{\sum_{i=1}^k \Delta W_{\%i} I_i}{\sum_{i=1}^k I_i} \quad (2.40)$$

де $\Delta W_{\%i}$ – відносна величина втрат для i -ої лінії з мережі;

I_i – максимальне значення навантаження для i -ої лінії з мережі.

Необхідно вказати, що при аналіз ліній електропередачі 0,38 кВ необхідно враховувати певні правила:

- струм має бути не меншим 2,5 А, у випадку іншого значення струму необхідно виконати детальний розгляд для всіх результатів розрахунку;
- довжина лінії не повинна бути більшою за 1,5 км;
- кількість ліній для проведення аналізу повинна бути в межах 2-5 шт, а при аналізі міських ліній має бути ще більша їх кількість;
- переріз даних ліній електропередачі повинен бути в межах 16-50 мм² для повітряних ліній та 35-70 мм² – для магістральних;
- втрати величини напруги по довжині лінії електропередачі не повинні бути більше 5%.

Висновки до розділу

Проведений аналіз можливих методів визначення витрат електричної енергії показує певні переваги та недоліки кожного з них. Необхідно зазначити, що аналіз втрат електричної енергії необхідно проводити для кожної лінії електропередачі з мережі. При цьому необхідно для кожного аналізу типу лінії проводити вибір необхідного методу.

3 ДОСЛІДЖЕННЯ ВТРАТ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ В РІЗНИХ ЕЛЕМЕНТАХ МЕРЕЖІ АТ «СУМІОБЛЕНЕРГО»

При підключенні електричних приладів до напруги в мережу виникають втрати електричної енергії. Струм навантаження може і не протікати через підключені прилади але при цьому може під дією електромагнітного поля виникати певні втрати електроенергії. Слід сказати, що дані втрати є невеликими але спостерігаються певний ріст на фоні високих значень напруги. В більшості випадків ці втрати є певною мірою умовними та постійними втратами, що дає певну незалежність від струму. При цьому за певних умов дані втрати можуть бути доволі значними. На дані втрати впливають погодні умови, технічний стан обладнання, його забруднення та ін. Також значний вплив має і розміщення обладнання на електростанціях та те обладнання, що розміщується поруч з ним. Подібне обладнання може викликати значні індукції в магнітних полях, що сприяють розсіюванню та втратами електричної енергії.

Також вплив даних втрат електроенергії має на термін служби обладнання. З плином часу доволі часто змінюється в елементах обладнання, що може бути пов'язане з старінням ізоляційних матеріалів, окисненням елементів та інше.

Зазначимо, що втрати електроенергії, яке не має залежності від величини навантаження. При цьому втрати поділяються на наступні групи:

1. Втрати на холостий хід, що виникають в силових трансформаторах.
2. Втрати, що виникають в пристроях компенсації.
3. Втрати, що виникають в реакторах шунтування.
4. Втрати, що виникають в проводах при з'єднанні та різних шинах пристроїв на підстанціях.
5. Втрати, що виникають на обмежувальних пристроях перенатруг.
6. Втрати, що виникають в трансформаторах струму та різних лічильниках при прямому підключенні.
7. Втрати, що пов'язані з діелектричними матеріалами в мережах.

8. Втрати, що виникають через кліматичні умови.

9. Втрати зі споживанням електричної енергії різними підстанціями.

Необхідно також вважати втрати в трансформаторах при їх роботі на холостому ході. Наступними є втрати в кабельних лініях та їх ізоляції та втрати в ізоляторах з повітряних ліній.

Після цього аналізу необхідно обрати певні методи, що дозволять провести оцінку даних втрат та визначити інші типи втрат, що не є характерними для даного типу втрат.

При цьому необхідно враховувати, що певні втрати підраховуються лічильниками, що встановлюються з боку більшої напруги на трансформаторах.

3.1 Визначення втрат в трансформаторах при холостому ході

Втрати в трансформаторах за умови їх холостого ходу визначаються виходячи з рівняння:

$$\Delta W_x = \Delta P_x \sum_{i=1}^m T_{pi} \left(\frac{U_i}{U_{ном}} \right)^2 \quad (3.1)$$

де T_{pi} – кількість робочих годин для трансформатора;

U_i – величина напруги на вищій стороні в трансформатора;

ΔP_x – втрати активної величини потужності в трансформаторі.

Величина напруги в трансформаторі вимірюється виходячи з усталеного режиму їх роботи. Дозволяється також визначати втрати виходячи з їх технічного стану, тривалості експлуатації та інших подібних показників.

Сучасні трансформатори мають доволі низькі втрати. При цьому втрати для різних типів трансформаторів наведено на рисунку 3.1.

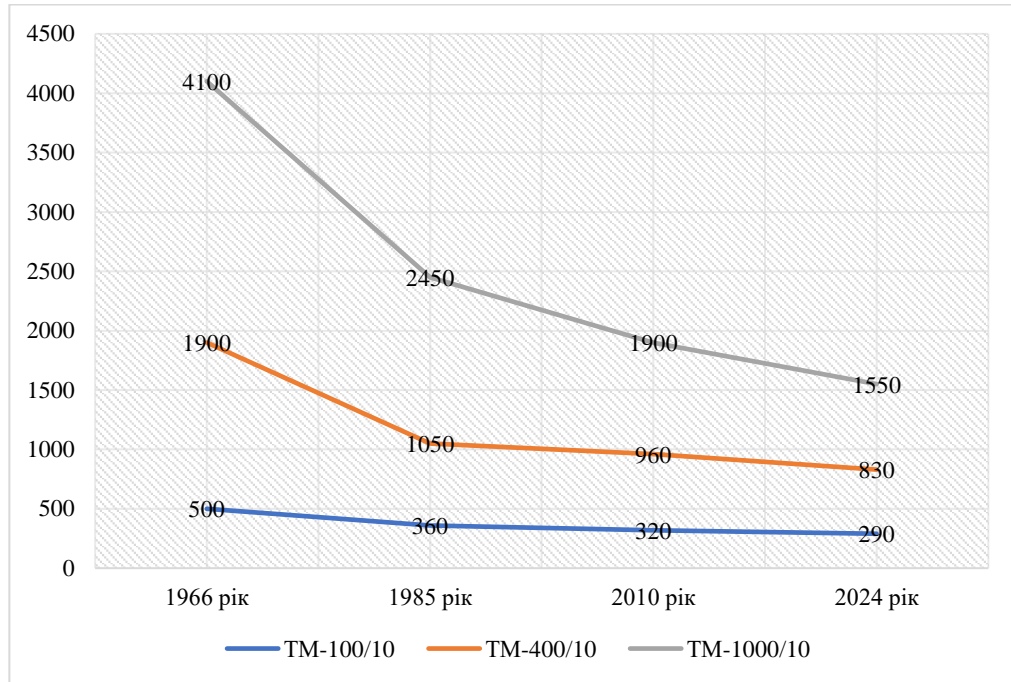


Рисунок 3.1 – Тенденція зниження втрат в трансформаторах різних типів по роках

Виходячи з рисунку 3.1 необхідно зазначити значне зниження втрат для різних типів трансформаторів. Саме це спостерігається в нових трансформаторах через нові технології та матеріали, що використовуються в трансформаторах даного типу. Всі ці затрати стосуються лише роботи трансформатора в режимі холостого ходу. Фактично на сьогодні спостерігається значне майже в 2,5 рази зниження всіх втрат.

Однією з технологій зниження втрат є використання магнітопроводів в трансформаторі, що виконаний з аморфної сталі. Використання даної пристрою дозволяє знизити втрати фактично в 4 рази.

Втрати при проведенні перемагнічування магнітопроводів становлять від 0,2 до 0,25 Вт/кг. В порівнянні для електротехнічної сталі даний показник становить 1,15 Вт/кг.

При аналізі трансформаторів необхідно враховувати, що трансформатори з магнітопроводом мають суттєвий недолік пов'язаний з підвищеною вартістю. Їх вартість фактично на 30 % більша в порівнянні з іншими трансформаторами. На сьогодні в АТ «Сумиобленерго» використовуються всі типи трансформаторів.

Термін експлуатації трансформатора також має доволі великий вплив. При експлуатації трансформаторів з терміном більше 30 років спостерігається збільшення втрат на величину до 4 разів.

Необхідно вказати, що для визначення втрат встановлено певну регресивну залежність, що має вигляд:

$$\delta\Delta P_x = a + bT_{\text{сл}} \quad (3.2)$$

Величину перевищення втрат можна визначити з наступного рівняння:

$$\delta\Delta P_{x\%} = \frac{\Delta P_x - \Delta P_{x.\text{пасп.}}}{\Delta P_{x.\text{пасп.}}} 100 \quad (3.3)$$

де $\Delta P_{x.\text{пасп}}$ – паспортне значення втрат у трансформаторі.

Величина $\delta\Delta P_{x\%}$ змінюється щорічно, при цьому чисельно вона коливається в межах 1,5-2%. При цьому в розрахунках доволі часто приймають середнє річне її значення на рівні 1,75 %. Необхідно також зазначити, що даний тип втрат фактично на сьогодні не наводиться в нормативних документах.

Втрати електроенергії, що виникають в шунтуючих реакторах визначають виходячи з рівняння (3.1). При цьому втрати потужності вказуються з паспортних даних.

3.2 Визначення втрат в різних компенсуючих пристроях

Втрати в компенсаторах визначають з рівняння:

$$\Delta W_{\text{ск}} = (0,4 + 0,1\beta_Q^2)\Delta P_{\text{ном}} T_p \quad (3.4)$$

де β_Q^2 – величина коефіцієнту, що враховує максимальне навантаження.

$\Delta P_{\text{ном}}$ – величина втрат значення потужності за умови номінального навантаження компенсаторів.

Визначення втрат виконують відповідно до даних таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Річні втрати електроенергії за умови номінальної потужності

$S_{ск.ном}$	5	7,5	10	15	30	50	100	160	320
$\Delta W_{ск}, \text{ тис. кВт} \cdot \text{год}$	400	540	675	970	1570	2160	3645	4725	10260

Втрати електроенергії для статичних компенсаторів розраховуються за формулою:

$$\Delta W_{кп} = \delta P_{кп} \cdot S_{кп} \cdot T_p \quad (3.5)$$

де $\delta P_{кп}$ – величина питомих втрат значення потужності з паспортних даних.

$S_{кп}$ – значення потужності компенсаторів.

Існують випадки, при яких значення $\delta P_{кп}$ може не вказуватись в паспортних даних. Виходячи з цього дані значення приймаються в межах 0,003...0,006 кВт/квар.

3.3 Аналіз втрат, що виникають в вентильних розрядниках, пристроях обмеження перенапруги

Втрати в вентильних розрядниках, пристроях обмеження перенапруги та пристроях високочастотного типу зв'язку доволі часто вказуються в паспортних даних. Існують ситуації коли дані можуть не вказуватись, а отже необхідною умовою є використання відповідних табличних даних (таблиця 3.2).

Таблиця 3.2 – Дані для визначення втрат електроенергії для вентиляльних розрядників, пристроях обмеження перенапруги та пристроях високочастотного типу зв'язку

Клас напруги, В	Річні втрати електроенергії, тис. кВт·год				
	вентильні розрядники	пристрої обмеження перенапруги	трансформатори струму	трансформатори напруги	пристрої високочастотного типу зв'язку
6	0,009	0,001	0,06	1,54	0,01
10	0,021	0,001	0,1	1,9	0,01
15	0,033	0,002	0,15	2,35	0,01
20	0,047	0,004	0,2	2,7	0,02
35	0,091	0,013	0,4	3,6	0,02
110	0,60	0,22	1,1	11,0	0,22
154	1,05	0,40	1,5	11,8	0,30
220	1,59	0,74	2,2	13,1	0,43
330	3,32	1,80	3,3	18,4	2,12
500	4,93	3,94	5,0	28,9	3,24
750	4,31	8,54	7,5	58,8	4,93

Передачу різних високочастотних сигналів здійснюють по проводах повітряних ліній. Обладнання даного типу зв'язку включає в себе різного роду загороджувачі, конденсатори та фільтри. В кожному з даних типів обладнання виникають певні втрати електроенергії. При цьому втрати в пристроях високочастотного зв'язку фактично є постійними і основна частина їх припадає саме на конденсатори зв'язку.

Виходячи з цього щорічне споживання електроенергії конденсаторами зв'язку можна визначити з рівняння:

$$\Delta W_{\text{КП}} = 8760 U_{\text{ф}}^2 b_c t g \delta \quad (3.6)$$

де $U_{\text{ф}}$ – значення фазної напруги.

b_c – величина провідності для конденсатора.

$t g \delta$ – значення кута для втрат діелектричного характеру.

В загальному випадку використовують значення $tg\delta = 0,003$.

3.4 Визначення втрат електроенергії в пристроях вимірювання

До подібних пристроїв відносять трансформатори струму та різноманітні лічильники з можливістю прямого включення. Втрати для даних пристроїв наведено в таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 – Втрати електроенергії в різних пристроях обліку

№ з/п	Пристрій	Річні втрати електричної енергії, кВт·год
1	Трансформатори струму 0,4 кВ	0,05
2	Лічильник однофазний індукційний	18,4
3	Лічильник трифазний, індукційний	92,0
4	Лічильник однофазний, електронний	21,9
5	Лічильник трифазний, електронний	73,6

необхідно зазначити, що дані показники використовуються для подальшого підсумовування втрат електричної енергії в мережі. В більшості випадків величина втрат вказується в паспортних даних до конкретного пристрою обліку. На сьогодні спостерігається максимально можлива заміна лічильників на електронний тип.

3.5 Визначення втрат в ізоляції для кабельних ліній електропередачі

Втрати в ізоляції для кабельних ліній на один ланцюг визначаються з рівняння:

$$\Delta W_{\text{ізолКЛ}} = T \cdot b_c \cdot tg\delta \cdot L \frac{U_1^2 + U_2^2}{2} \quad (3.7)$$

де T – тривалість для періоду проведення розрахунків.

U_1 – величина напруги на початку кабельної лінії електропередачі;

U_2 – величина напруги на кінці кабельної лінії електропередачі;

b_c – величина питомої ємнісної провідності для кабельної лінії;

L – довжина кабельної лінії електропередачі, що досліджується.

За умови відсутності даних доволі часто втрати розраховуються для значення кута тангенсу на рівні 0,003.

3.6 Дослідження втрат електричної енергії, зумовлені похибкою систем обліку електроенергії

Оскільки пристрої обліку здатні давати доволі значну похибку то потрібно її враховувати для загальної її системи. При цьому дані втрати є допустимими і абсолютне їх значення визначається за рівнянням:

$$W_{\text{пох}} = 0,01 \sqrt{\sum_{i=1}^n \delta_i^2 W_i^2 + \sum_{j=1}^m \delta_j^2 W_j^2 + \frac{\delta_3^2}{k_3} W_3^2 + \frac{\delta_1^2}{k_1} W_1^2} \quad (3.8)$$

де n та m – відповідно кількість приладів обліку електричної енергії, що здійснюють фіксацію прийому та віддачі.

δ – величина похибки для каналу вимірювання.

k_1 та k_3 – відповідно кількість приладів обліку для однофазних та трифазних лічильників.

W_1 та W_3 – величина споживання електричної енергії відповідно однофазним та трифазним споживачем.

Величина похибки для каналу при вимірюванні електричної енергії визначається з рівняння:

$$\delta = \pm 1,1 \sqrt{\delta_{\text{сч}}^2 + \delta_{\text{тс}}^2 + \delta_{\text{тн}}^2 + \delta_{\text{л}}^2} \quad (3.9)$$

де $\delta_{\text{сч}}$, $\delta_{\text{тс}}$, $\delta_{\text{тн}}$ – допустимі значення для похибок лічильників, трансформаторів струму та трансформаторів напруги за умови їх нормальної роботи та з врахуванням їх класу точності, %;

$\delta_{\text{л}}$ – величина межі допустимого значення втрат в місцях приєднання, %.

Необхідно зазначити, що втрати пов'язані з дозволеними розбіжностями в загальній системі обліку електроенергії не належать до фізичних втрат. Також вони не належать і до технічних втрат електричної енергії. Виникають вони певною відсутністю збалансованості в електроенергії, що виникає при проведенні обчислення втрат. Певна частина даних втрат зумовлена через неідеальність даних втрат.

Необхідно зазначити, що похибка може мати різні значення та знаки «+» чи «-» при цьому чітко визначити їх з певною точністю неможливо.

Похибка обліку електричної енергії може бути рівна 0 за умови коли фактичні втрати збігаються з технологічному.

Висновки до розділу

Втрати електричної енергії виникають фактично в усіх елементах, що пов'язано з різними фізичними чи технологічними процесами. При цьому робота системи характеризується певною неідеальністю, що також впливає на величину втрат електроенергії. Визначення втрат електричної енергії необхідно проводити для кожного елемента мережі окремо.

4 ЗАХОДИ ЗНИЖЕННЯ ВТРАТ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ

Зменшення втрат електроенергії встановлено як основний показник ефективності з енергозбереження, завдяки здійсненню цільових програм. Основною метою зниження втрат у державній програмі виступає показник частки втрат у електричних мережах. Згідно з цією програмою (в рамках підпрограми «Енергозбереження та підвищення енергетичної ефективності у електричних мережах») передбачено, що рівень втрат у електричних мережах має бути знижений до 8...9 % у результаті реалізації підпрограми.

За програмою, основні організаційні заходи для збереження енергії і покращення енергетичної ефективності у секторі електроенергетики включають:

- встановлення систем моніторингу за заощадженням енергії та ефективності її використання;
- навчання та підвищення кваліфікації керівного складу і професіоналів у сфері збереження енергії та її ефективного використання;
- розроблення та впровадження системи енергетичного менеджменту.

Основні технічні кроки у сфері енергозбереження та підвищення її ефективності в електричних мережах зосереджені на скороченні втрат електроенергії та вдосконаленні систем обліку електроенергії, як комерційного, так і технічного вимірювання у електромережах та для споживачів. План запровадження масштабних робіт з реконструкції електричних мереж для збільшення їхньої надійності та ефективності.

Традиційно заходи щодо скорочення втрат ділили на три категорії: організаційні, технологічні та вдосконалення системи обліку електроенергії. Інший розподіл – це на безвитратні (не потребують капіталовкладень) та витратні (маловитратні, середньовитратні і багатовитратні).

За класифікацією розв'язуваних задач цільово розподілити заходи на такі, що:

- покращують (оптимізують) режими функціонування електромереж та їх обладнання (таблиця 4.1);

- сприяють зменшенню втрат завдяки реконструкції електричних мереж та встановленню новітнього енергозберігаючого обладнання (таблиці 4.2 та 4.3);

- удосконалюють засоби та системи обліку і запобігають крадіжкам електроенергії.

До першої категорії відносяться задачі пов'язані з оптимальним керуванням режимами роботи електромереж, до другої категорії – реконструкцією, модернізацією та проектуванням і, до третьої – поліпшенням методів і засобів обліку електричної енергії, що базуються на автоматизованих інформаційно-вимірвальних системах.

Таблиця 4.1 – Заходи, що поліпшують режими роботи електричних мереж та їх обладнання

№ з/п	Найменування заходу	Визначальний чинник
1	2	3
1	Оптимальне управління по напрузі і потужності в мережі 110 (150) кВ і вище	Зниження навантажувальних втрат потужності в кожному розглянутому режимі
2	Оптимальне управління за місцем розмикання мереж з двостороннім живленням 6...110 (150) кВ	Зниження навантажувальних втрат електроенергії на кожному розглянутому інтервалі часу
3	Проведення перемикань в схемі мережі, що забезпечують зниження втрат електроенергії, за рахунок перерозподілу її потоків по лініях електропередачі	Зниження навантажувальних втрат електроенергії при кожному стані схеми на розглянутому інтервалі часу
4	Здійснення регулювання напруги в центрах живлення мереж 6...110 кВ, що забезпечує мінімальні втрати електроенергії	Зниження навантажувальних втрат електроенергії при кожному стані дискретних засобів регулювання напруги (при безперервному управлінні - відповідно до заданим законом регулювання)
5	Введення в роботу невикористовуваних засобів автоматичного регулювання напруги (АРН) на трансформаторах з РПН	Зниження навантажувальних втрат електроенергії на кожному розглянутому інтервалі часу
6	Відключення в режимах малих навантажень одного з трансформаторів на підстанціях з двома і більше трансформаторами	Зниження суми навантажувальних втрат і втрат ХХ трансформаторів
7	Відключення трансформаторів на підстанціях з сезонною навантаженням	Зниження втрат ХХ в періоді відключення
8	Вирівнювання навантажень фаз в мережах 0,4 кВ	Зниження сумарних навантажувальних втрат потужності та електричної енергії по фазах і нейтральному провіднику на тривалий період

Продовження таблиці 4.1

1	2	3
9	Стимулювання споживачів електроенергії до вирівнювання графіків навантаження	Зниження добових навантажувальних втрат електричної енергії
10	Зниження витрати електроенергії на власні потреби підстанцій	Зменшення електроспоживання

Таблиця 4.2 – Заходи, пов'язані з реконструкцією електричних мереж

№ з/п	Найменування заходу	Визначальний чинник
1	2	3
1	Монтаж та впровадження у роботу пристроїв для компенсації реактивної потужності в мережах енергетичної системи	Поява можливості зниження навантажувальних втрат потужності в кожному розглянутому сталому режимі
2	Заміна проводів на перевантажених лініях	Зниження навантажувальних втрат електроенергії
3	Заміна відгалужень від ПЛ 0,4 кВ до будівель	Зниження навантажувальних втрат електроенергії
4	Заміна перевантажених, установка і введення в експлуатацію додаткових силових трансформаторів на діючих підстанціях	Зниження навантажувальних втрат електроенергії
5	Заміна недовантажених силових трансформаторів	Зниження втрат ХХ
6	Переведення електричних мереж на більш високу номінальну напругу	Зниження навантажувальних втрат електроенергії
7	Розукрупнення розподільних ліній 0,4-35кВ	Зниження навантажувальних втрат електроенергії

Таблиця 4.3 – Заходи з модернізації електричних мереж з супутнім ефектом зниження втрат електричної енергії

№ з/п	Найменування заходу	Обладнання та технології
1	2	3
1	Оновлення обладнання, що застаріло і є неефективним з погляду економічності	1. Провід для ПЛ з підвищеною пропускнуою здатністю. 2. Трансформатори з зниженим рівнем навантажувальних втрат і втрат ХХ. 3. Інтелектуальні лічильники
2	Впровадження інноваційних технологій та пристроїв у розподільних мережах	Мала розподілена енергетика. Мережеві накопичувачі електричної енергії. Кабелі з ізоляцією із зшитого поліетилену. Високотемпературні надпровідникові кабелі, трансформатори, компенсатори і індуктивні накопичувачі енергії. Динамічне управління електромережами (smart grid). Інтегровані АСДТУ/АИИС КУЕ (ТУЕ)

Продовження таблиці 4.3

1	2	3
3	Запровадження інноваційного обладнання та технологій в магістральних електромережах	Керовані (гнучкі) лінії електропередачі змінного струму (пристрої FACTS): - УШР, СТК, СТАТКОМ, ФПУ, УУПК. Вставки постійного струму. Цифрові підстанції
4	Підвищення якості постачання електроенергії	Моніторинг, контроль і аналіз показників якості електричної енергії. Автоматизовані ПС в мережах всіх класів напруг. Фільтрокомпенсуючі пристрої. Регулювальні трансформатори
5	Збільшення ефективності управління об'єктами в електричних мережах	Повноцінні системи моніторингу стану обладнання та його технічного обслуговування. Оцінювання технічного стану кабелів без припинення їхньої експлуатації

Вдосконалення системи розрахункового і технічного обліку споживання електричної енергії:

- організація процесу збору показників лічильників, яке здійснюється по споживачах строго за графіком;
- монтаж інформаційно-вимірювальних систем автоматизації для комерційного та технічного обліку (АИИС КУЕ);
- виділення ланцюгів обліку електроенергії з конкретними обмотками трансформаторів струму;
- відключення перевантаження і недоавантаження ланцюгів струму і напруги;
- монтаж електролічильників підвищених класів точності;
- монтаж додаткових пристроїв: трансформаторів струму, трансформаторів напруги, лічильників;
- організація перевірок та контроль за своєчасним та точним зняттям показників електролічильників;
- монтаж систем обліку на межах мережевої організації з іншими мережевими організаціями та споживачами;
- складання і аналізування балансів енергоспоживання по підстанціям та електростанціям;

- компенсація надлишкового індуктивного навантаження в трансформаторах напруги;
- встановлення на підстанціях з черговими сигналізаціями про несправності високовольтних пристроїв захисту для трансформаторів напруги та інше.

Далі аналізуються ключові дії, спрямовані на покращення умов експлуатації електричних мереж і його обладнання з ціллю збільшення енергоефективності. Зокрема, розглядаються стратегії для зниження втрат енергії завдяки модернізації електромереж та встановлення сучасного енергозаощаджувального устаткування. Кількісний аналіз ефективності таких дій вимагає параметрів як для нових, так і для зношеного обладнання, котре перебувало в експлуатації велику частину нормативного терміну служби.

Висновки до розділу

Проведений аналіз основних заходів для зниження втрат електричної енергії в різних елементах мережі дозволяє виконати підбір необхідних заходів для вирішення питань економії електроенергії.

5 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.

6 ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ

Економічний результат капітальних вкладень в енергосистему складається з доходу, отриманого від транспорту електроенергії, а також від зниження затрат, зумовленого скороченням втрат, підвищенням надійності електропостачання споживачів, зменшенням експлуатаційних витрат. У найбільш загальному вигляді критерієм економічної ефективності являється додатне значення ефекту:

$$E = P - Z > 0, \quad (6.1)$$

де E – економічний ефект (прибуток);

P – результати (дохід);

Z – одноразові та щорічні затрати.

Визначимо ефективність капіталовкладень в реконструкцію мереж 0,4 кВ і 10 кВ. Для цього необхідно розрахувати капітальні вкладення в проект та поточні витрати на передавання електричної енергії, а також такі показники проекту як чистий інтегральний прибуток, рентабельність та строк окупності інвестицій. Суму капітальних вкладень K_I на спорудження електричних мереж 0,4 кВ знаходимо за формулою:

$$K_I = K_L + K_{пст} + K_K + K_A, \text{ грн.}, \quad (6.2)$$

де K_L – сумарні капітальні вкладення в ПЛ 0,4 кВ, грн.;

$K_{пст}$ – вартість ТП 10/0,4

K_K – вартість комірки 10 кВ, грн.;

K_A – вартість АСКОЕ та системи АСКОЕ, грн.;

Таблиця 6.1 – Дані по розподільчих мережах

Вид обладнання чи робіт	Довжина, км (кількість, шт.)	Ціна 1 км (1 шт.), грн.	Сумарна вартість, грн.
Провід АС 35	0,23	5120,00	1177,60
Провід АС 50	5,088	6867,5	34941,84
Провід АС 70	1,6	6867,5	10988,00
Провід АС 95	0,704	6867,5	4834,72
Опора з/б 0,4 кВ	52	1750,00	91000,00
Монтажні роботи			26500,00
Сумарні капіталовкладення			169442,16

Визначаємо вартість ТП-10/0,4 кВ. Дані про кількість силових трансформаторів наведено в таблиці 6.2

Таблиця 6.2 – Дані по підстанції 10/0,4 кВ

Марка трансформатора	Кількість трансформаторів, шт.	Ціна трансформатора, грн.	Сумарна вартість, грн.
ТМН 10/0,4	2	39500,00	79000,00
Сумарні капіталовкладення			79000,00

Виконаємо порівняння основних техніко-економічних показників.

Таблиця 6.3 – Порівняння основних техніко-економічних показників

Найменування показників	Мережа 0,38 кВ	Мережа 10 кВ
Сумарні капітальні затрати, грн.	480042,16	526788,00
Собівартість електроенергії, грн./кВт год.	0,656	0,64
Поточні витрати, грн.	41854,52	25248,89
Дохід від транспорту електроенергії грн.	1293120,00	1307520,00
Балансовий прибуток, грн.	1251265,48	1282271,
Поточний річний чистий прибуток, грн.	875885,84	897560,00
Чистий інтегральний прибуток, грн.	8518266,30	8575537,67
Рентабельність інвестицій, %	24	18
Строк окупності капітальних вкладень, роки	4,17	5,7

Висновок до розділу

Розраховані суми капітальних вкладень необхідних для будівництва мережі 0,38 кВ та мережі 10 кВ. Виконані економічні розрахунки підтверджують ефективність запропонованих рішень.

ВИСНОВКИ ТА ПРОПОЗИЦІЇ

1. Виходячи з аналізу втрат електричної енергії існує певна їх кількість, яких неможливо позбутись. При цьому визначення загальних втрат формує фактично баланс в електричній системі. Для визначення витрат електричної енергії, що мають певний випадковий характер необхідно користуватись різницею між загальною кількістю втрат та технічних. Основна кількість втрат електричної енергії фактично виникає при передачі електричної енергії в електричних мережах, а також в різноманітних трансформаторах. Необхідно зазначити, що частина технологічних витрат електричної енергії є в усіх групах електричного обладнання, а отже визначення втрат потребує дослідження.

2. Проведений аналіз можливих методів визначення витрат електричної енергії показує певні переваги та недоліки кожного з них. Необхідно зазначити, що аналіз втрат електричної енергії необхідно проводити для кожної лінії електропередачі з мережі. При цьому необхідно для кожного аналізу типу лінії проводити вибір необхідного методу.

3. Втрати електричної енергії виникають фактично в усіх елементах, що пов'язано з різними фізичними чи технологічними процесами. При цьому робота системи характеризується певною неідеальністю, що також впливає на величину втрат електроенергії. Визначення втрат електричної енергії необхідно проводити для кожного елемента мережі окремо.

4. Проведений аналіз основних заходів для зниження втрат електричної енергії в різних елементах мережі дозволяє виконати підбір необхідних заходів для вирішення питань економії електроенергії.

5. 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.

6. Розраховані суми капітальних вкладень необхідних для будівництва мережі 0,38 кВ та мережі 10 кВ. Виконані економічні розрахунки підтверджують ефективність запропонованих рішень.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Марченко А.А., Труніна Г.О., Тимохіна А.О. Моделювання регулятора напруги розподільної електричної мережі. Вісник Чернігівського державного Технологічного Університету. Технічні науки. Чернігів, 2013. №2(65). С.209-215.
2. Яндульський О.С., Труніна Г.О. Підходи до оптимального керування режимами розподільних електричних мереж з розосередженою генерацією. Вісник Вінницького політехнічного Інституту. Вінниця, 2013. №6. С.62-64.
3. 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, 2017. №5. С.69-73
4. 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, 2017. №3(104).Частина 1. С. 33-38.
5. Global Trends in Renewable Energy Investment: Frankfurt School – UNEP Collaborating Centre. URL: <file:///C:/Users/trunina/Downloads/globaltrendsrenewableenergyinvestment2017.pdf> (дата звернення: 15.01.2018)
6. Варецький Ю. Перенапруги коротких замикань на землю промислової мережі середньої напруги / Юрій Варецький. // Національний університет "Львівська політехніка". – 2019. – С. 6.
7. Димитріадіс П. Вплив перенапруги на споживання енергії: дис. техн. наук / Димитріадіс Панайотис – Лондонський університет Брунеля Великобританія, 2015. – 242 с.
8. Шеллекенс Г. Чи корисний захист від перенапруг у розподільчих обладнаннях середньої напруги? / Г. Шеллекенс, Ж. Біасс, Д. Фулчірон. // 6-а міжнародна конференція з розподілу електроенергії. – 2014. – С. 8

9. 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>.

10. 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.

11. Коновал В. С. Дослідження впливу вітрової електростанції на режимі роботи електричної мережі / В. С. Коновал, А. Ю. Кучинський, О. І. Горак. – С. 64-69.

12. 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.

13. 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 2017.

14. Пантелєєва І.В. Особливості регулювання електродвигунів пристроями силової перетворювальної техніки промислового електроприводу/ І.В. Пантелєєва, Ю.С. Олійник // Комунальне господарство міст. – Х.: 2013 – Вип. 109. С. 89-95.

15. Шматько Н.М. Формування механізму стратегічного управління потенціалом підприємства / Н.М. Шматько, М.С. Пантелєєв // Вісник економіки транспорту і промисловості.- 2013.-№41.-С.209-215

16. Возняк О. М. Дослідження графоаналітичного методу визначення стандартних W- параметрів чотириполюсника / О. М. Возняк, А. А. Видмиш, А. А. Штуць. // Техніка, енергетика, транспорт АПК. – 2019. – С. 67–78

17. Денисюк С. П. Технологічні орієнтири реалізації концепції Smart Grid в електроенергетичних системах/С.П/ Денисюк//Енергетика: економіка,

технології, екологія. – 2014. – № 1. – С. 7–20. www.oe.energy.gov/SmartGrid.htm

18. Денисюк С. П. Аналіз проблем впровадження віртуальних електростанцій/С. П. Денисюк, Д. С. Горенко.//Енергетика: економіка, технології, екологія. – 2016. – №2. – С. 25–33.

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

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

21. 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.

22. Микитишин А.Г., Митник М.М., Стухляк П.Д. Телекомунікаційні системи та мережі. Тернопіль: Вид-во ТНТУ імені Івана Пулюя, 2016. 384 с.

23. 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, 2016. – 400 p.

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

25. 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.

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