

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

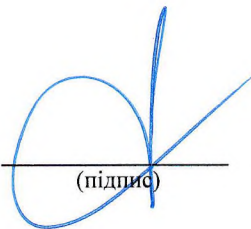
До захисту
Допускається
Завідувач кафедри енергетики та
електротехнічних систем

доцент Чепіжний А.В.

ДИПЛОМНА РОБОТА
за магістерським рівнем вищої освіти

На тему: «Аналіз методів та розробка заходів з
підвищення ефективності роботи автоматизованої
системи комерційного обліку електроенергії»

Виконав



(підпис)

Луценко С.В.
(прізвище, ініціали)

Група

ЕТЕС2301-1м


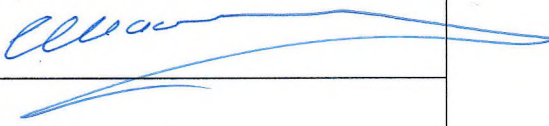
(Науковий) керівник:




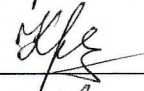
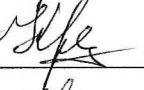

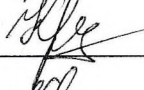
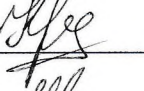
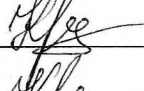
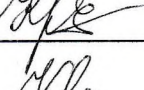
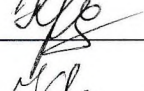
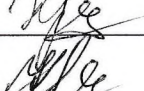

(підпис)

Кравченко В.О.
(прізвище, ініціали)

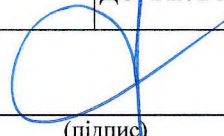
6. Консультанти розділів роботи:

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата
Охорона праці	доц. Василенко О.О.	
Економічне обґрунтування	ст.викл. Шонко В.С.	

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)

(Луценко С.В.)
(прізвище, ініціали)

(Науковий) керівник
дипломної роботи


(підпис)

(Кравченко В.О.)
(прізвище, ініціали)

РЕФЕРАТ

Аналіз методів та розробка заходів з підвищення ефективності роботи автоматизованої системи комерційного обліку електроенергії: Дипломна робота / Луценко Сергій Вікторович – Суми: СНАУ, 2024 р. – 48 с.

Об'єкт дослідження – автоматизовані системи комерційного обліку електричної енергії операторів систем розподілу.

Мета роботи – огляд основних способів отримання інформації з компонентів автоматизованої системи комерційного обліку операторів систем розподілу та надання пропозицій з підвищення ефективності (працездатності) автоматизованих систем комерційного обліку побутового сектору.

В дипломній роботі розглянуто основні методи передачі інформації автоматизованих систем комерційного обліку на базі технології PLC. Проведено аналіз та проведено порівняльну характеристику методів передачі інформації та способів підвищення їх ефективності.

Досліджено ефективність застосування автоматизованих систем комерційного обліку в побутовому секторі до та після впровадження автоматизованої системи комерційного обліку. Наведено коротку характеристику об'єктів дослідження та проведено аналіз ефективності впровадження автоматизованої системи обліку електроенергії в побутовому секторі.

Розглянуто питання охорони праці та здійснено економічне обґрунтування впровадження автоматизованої системи керування обліком електроенергії з метою зменшення комерційних втрат.

Ключові слова: лічильник електроенергії, PLC, маршрутизатор, побутовий сектор, автоматизована система комерційного обліку електроенергії.

ЗМІСТ

ВСТУП	6
1 АНАЛІЗ ХАРАКТЕРИСТИК ТА ОСНОВНИХ ПРИНЦИПІВ ПОБУДОВИ АВТОМАТИЗОВАНИХ СИСТЕМ КОМЕРЦІЙНОГО ОБЛІКУ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ	8
1.1 Структура автоматизованої системи комерційного обліку електроенергії побутового сектору	8
1.2 Загальна характеристика PLC-мереж	10
1.3 Склад та вимоги до ключових елементів автоматизованої системи комерційного обліку електроенергії побутового сектору	18
1.3.1 Загальні вимоги до автоматизованої системи комерційного обліку електроенергії	18
1.3.2 Вимоги до лічильників електроенергії	19
1.3.3 Вимоги до маршрутизаторів/концентраторів	21
1.3.4 Вимоги до програмного забезпечення	22
1.4 Висновки до розділу 1	24
2 ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ УДОСКОНАЛЕННЯ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ КОМЕРЦІЙНОГО ОБЛІКУ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ ШЛЯХОМ ЇЇ МОДЕРНІЗАЦІЇ	26
2.1 Коротка характеристика об'єкту дослідження	26
2.2 Аналіз працездатності автоматизованої системи комерційного обліку електроенергії до та після виконання заходів з її модернізації	29
2.3 Аналіз ефективності модернізації автоматизованої системи комерційного обліку електроенергії в частині зменшення втрат, в тому числі втрат в електромережі	31
2.4 Висновки до розділу 2	34
3 ОХОРОНА ПРАЦІ	36
4 ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ МОДЕРНІЗАЦІЇ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ КОМЕРЦІЙНОГО ОБЛІКУ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ ПОБУТОВОГО СЕКТОРУ	41
ВИСНОВКИ	46
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	48

ВСТУП

Актуальність теми. Завдання впровадження автоматизованих систем комерційного обліку електроенергії побутового сектору набуває на сьогоднішній день все більшої актуальності. Це пов'язано з постійним зростанням тарифів на електроенергію і як наслідок почастишенням фактів несплати за обсяг спожитої електричної енергії та розкрадання електроенергії (комерційні втрати).

Мова йде про індивідуальний квартирний облік в багатоповерхових житлових будинках, а також про облік в будинках приватного сектора, котеджних селищах і гаражних та садових кооперативах.

Автоматизована система комерційного обліку побутового сектору – це комплекс, що складається з технічних засобів і програмного забезпечення, які дозволяють представникам операторів систем розподілу в будь-який момент часу в режимі онлайн отримувати дані стосовно споживання електроенергії кожною точкою комерційного обліку.

Сучасна методологія побудови автоматизованих систем комерційного обліку електроенергії на точкових об'єктах (площадок вимірювання до 2 лічильників) передбачає використання лічильника електричної енергії з вбудованим телекомунікаційним обладнанням (модемом), але для побудови систем з широким спектром опитування (автоматизація обліку побутових споживачів) цей метод є дороговартісним. Для вирішення даного питання в світі на даний час існує два методи побудови авторизованих систем комерційного обліку електроенергії побутового сектору, а саме організація опитування за допомогою радіоканалу (стандарти ZigBee та LoRaWan) та за допомогою звичайної електромережі рівнів напруги 0,22-0,4 кВ (стандарти PLC).

Враховуючи реалії сьогодення, а саме проведення активних бойових дій на території України, всі проекти пов'язані з використанням опитування через радіоканал, навіть якщо він був успішний – зазнали краху через використання

збройними силами засобів радіоелектронної боротьби в даних регіонах. Тому знову постало питання подальшого розвитку авторизованих систем комерційного обліку електроенергії на базі технології PLC.

Мета і завдання дослідження. Метою виконання даної роботи є аналіз методів та розробка заходів з підвищення ефективності роботи автоматизованої системи комерційного обліку електроенергії в мережах операторів систем розподілу.

Для вирішення даної задачі будуть поставлені наступні завдання:

- провести аналіз загальноприйнятих схем побудови та характеристик автоматизованих систем комерційного обліку побутового сектору на базі PLC-технології;

- проаналізувати методи технології передачі даних на базі PLC-технології, провести порівняльну характеристику;

- обґрунтувати заходи щодо удосконалення з підвищення ефективності роботи автоматизованої системи комерційного обліку електроенергії в мережах операторів систем розподілу;

- провести техніко-економічне обґрунтування рішень.

Об'єктом дослідження є автоматизовані системи комерційного обліку електричної енергії побутового сектору операторів систем розподілу.

Предметом дослідження є рекомендації для підвищення ефективної роботи (працездатності) автоматизованої системи комерційного обліку електроенергії в мережах операторів систем розподілу.

Практичне значення отриманих результатів полягає в тому, що запропоновані рішення з удосконалення (підвищенням працездатності) автоматизованих систем комерційного обліку електроенергії, які застосовані в електричних мережах, які експлуатуються операторами систем розподілу.

1 АНАЛІЗ ХАРАКТЕРИСТИК ТА ОСНОВНИХ ПРИНЦИПІВ ПОБУДОВИ АВТОМАТИЗОВАНИХ СИСТЕМ КОМЕРЦІЙНОГО ОБЛІКУ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ

1.1 Структура автоматизованої системи комерційного обліку електроенергії побутового сектору

Структура автоматизованої системи комерційного обліку електроенергії (АСКОЕ), в тому числі і для побутового сектору, яка є загальноприйнятою для побудови усіх можливих АСКОЕ та складається з двох рівнів:

- верхній рівень (підсистема формування баз даних та роботи з ними);
- нижній рівень (підсистема збору й первинної обробки інформації).

До верхнього рівня складових АСКОЕ входять наступні компоненти:

- телекомунікаційне обладнання (GSM/GPRS модеми або мережеві концентратори, які забезпечують отримання даних від маршрутизаторів/концентраторів, які встановлені на трансформаторних підстанціях);
- серверне обладнання (обладнання, яке забезпечує зберігання та подальшу обробку первинних даних комерційного обліку електроенергії отриманих з лічильників електричної енергії);
- програмне забезпечення (програмний комплекс, в якому кінцевий користувач може переглядати, агрегувати, обраховувати та забезпечувати подальшу передачу первинних та обрахованих даних комерційного обліку до білінгових комплексів.

До нижнього рівня складових АСКОЕ входять наступні компоненти:

- лічильники електричної енергії (вимірювальні однофазні та трифазні лічильники електричної активної та реактивної енергії, які встановлені в побутових, малих непобутових та юридичних

- споживачів, які забезпечують вимір даних комерційного обліку);
- вимірювальні трансформатори (трансформатори струму та напруги);
 - маршрутизатори/концентратори (спеціальне обладнання, яке забезпечує збір даних комерційного обліку з лічильників електроенергії);
 - ретранслятори (спеціальне обладнання, призначенням якого є підвищення рівня сигналу, необхідного для опитування лічильників електроенергії).

До первинних даних комерційного обліку електроенергії відносять:

- покази активної та реактивної електричної енергії на початок доби;
- добовий графік споживання/генерації, відповідно до заданого періоду інтеграції (в Україні за замовчуванням складає 30 хвилин, але може бути змінений на власний розсуд оператором системи розподілу);
- графік параметрів мережі відповідно до заданого періоду інтеграції (вимір напруги, струмів, усередненого значення потужності за запрограмований період, коефіцієнт потужності, тощо);
- параметри мережі на момент опитування;
- журнал подій лічильника (фатальні та нефатальні помилки).

Приклад структури побудови АСКОЕ побутового сектору, описаної за алгоритмами, які наведені вище представлено на рисунку 1.1.

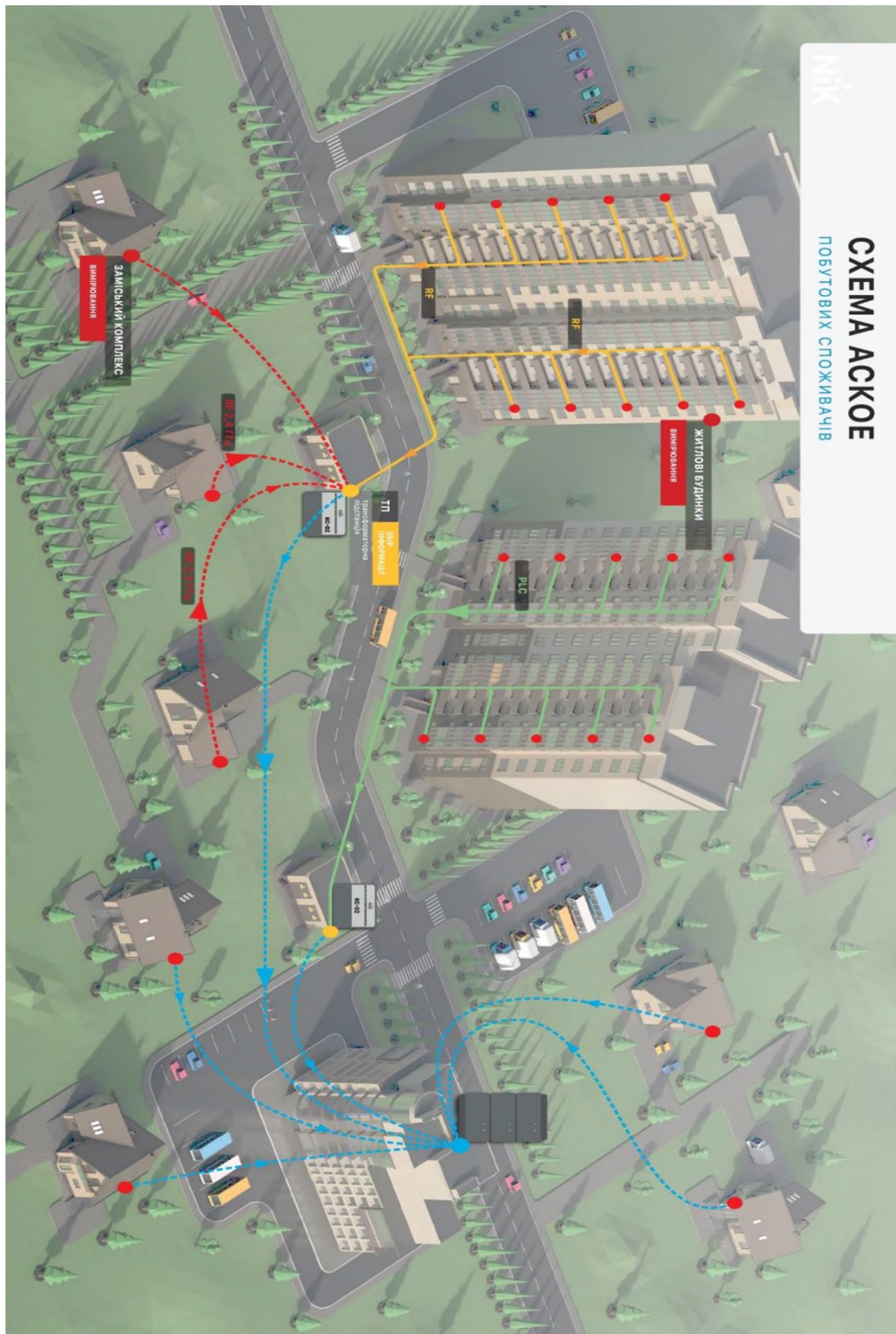


Рисунок 1.1 – Схема АСКОЕ побутового сектору

1.2 Загальна характеристика PLC-мереж

В даний час створено і експлуатується велика кількість високошвидкісних магістральних інформаційних мереж, однак можливість

підключення до них кінцевих споживачів в ряді випадків все ще залишається проблемною. Більшість підключень здійснюється шляхом прокладки кабелю від високошвидкісної лінії до офісу або квартири споживача. В силу ряду причин прокладка кабелю може виявитися вкрай небажаною або навіть неможливою. Оскільки виникла гостра необхідність приєднання до інформаційної мережі – то можливість використовувати вже наявну в кожному будинку електропроводку стала дуже привабливою для різних категорій бізнесу, в тому числі і для енергетичних компаній. При цьому кожна електрична мережа може стати точкою підключення до мережі обміну даних – потрібно лише PLC-модем.

Електричні мережі поділяються на чотири рівні: надвисока напруга ($U_{п} > 154 \text{ кВ}$), висока напруга ($35 \text{ кВ} < U_{п} \leq 154 \text{ кВ}$), середня напруга ($1 \text{ кВ} < U_{п} \leq 35 \text{ кВ}$) та низька напруга ($U_{п} \leq 1 \text{ кВ}$).

Структура мереж систем розподілу та області застосування PLC-технології наведені на рисунку 1.2.

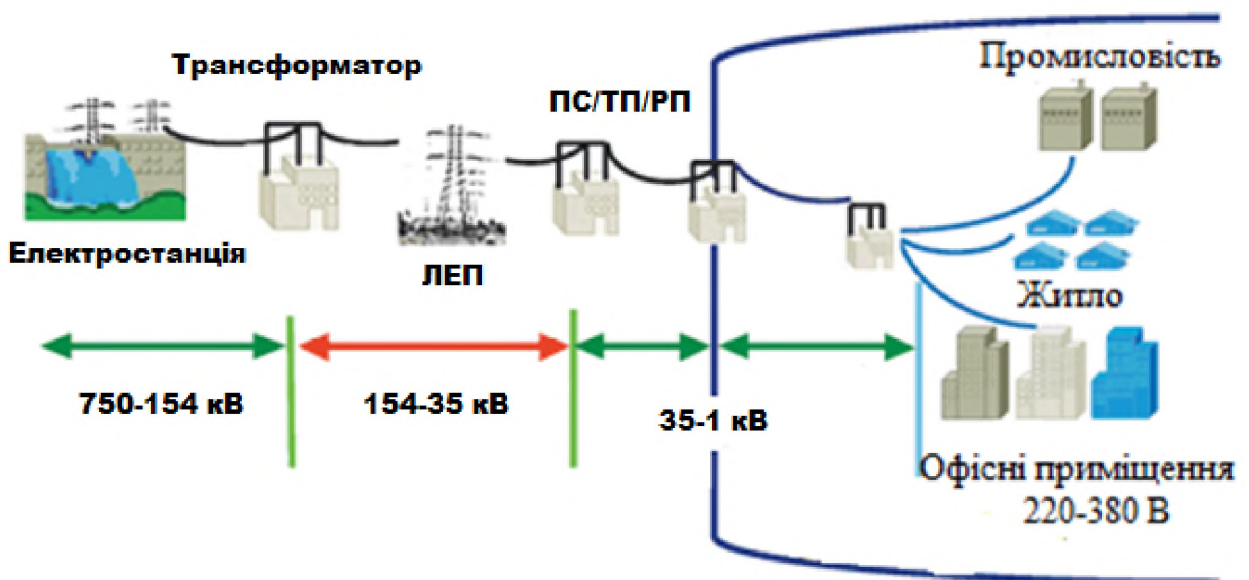


Рисунок 1.2 – Область використання PLC-мереж

PLC (Power Line Communication – зв'язок через лінії електропередачі) – технологія передачі інформації по існуючих мережах електроживлення, яка

забезпечує не тільки живлення електронних пристроїв але й управління/отримання даних в режимі реального часу.

Технологію PLC можна розділити на два види – з вузькосмуговим доступом та широкосмуговим доступом. У таблиці 1 наведено їх класифікацію за швидкістю.

Таблиця 1.1 – Класифікація PLC-технологій за швидкістю передачі даних

Швидкість передачі даних	Низька швидкість	Середня швидкість	Висока швидкість
	0-10 кБіт/сек	10 кБіт/сек-1Мбіт/сек	> 1 Мбіт/сек
Модуляція	BPSK, FSK, SFSK, QAM	PSK + OFDM	PSK+OFDM
Стандарти	IEC 61334, ANSI/EIA 709.1.2, UPB	PRIME, G3, P1901.2	Ghn, IEEE 1901
Діапазон частот	До 500 кГц	До 500 кГц	1-10 МГц
Особливості застосування	Управління/конт роль за пристроєм	Управління/конт роль за пристроєм, передача голосових даних	Широкасмугова передача даних по електромережі, домашня мережа

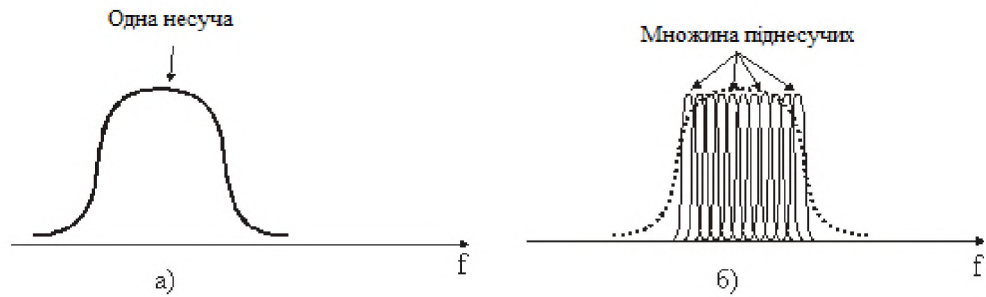
Вузькосмугова технологія PLC застосовується на частотах 3-500 кГц, характеризується щодо невисокими швидкостями передачі (до 100 Кбіт/с) і досить великим радіусом дії (до кількох кілометрів), який збільшується за рахунок повторювачів (ретрансляторів). Зацікавленість до цієї технології зростає завдяки її застосуванню в інтелектуальних енергомережах. Цей вид PLC також використовується в інтелектуальних системах генерації, зокрема мікроінверторах для панелей сонячних панелей.

Широкосмугова PLC застосовується на більш високих частотах (1,8-250 МГц до 100 Мбіт/с) та працює на відносно невеликих відстанях. Оскільки цей вид PLC забезпечує високу швидкість передачі даних і не вимагає додаткової прокладки кабелів, цей зв'язок найбільш ефективний для мультимедійних побутових додатків.

У PLC, як і в будь-якій іншій технології зв'язку, дані, що передаються, кодуються і відправляються приймачеві адресата, де декодуються. Основою технології PLC є використання частотного поділу сигналу, коли високошвидкісний потік даних розбивається на кілька відносно низькошвидкісних потоків, кожен із яких передається на окремій частоті, з наступним їх об'єднанням в один сигнал.

У PLC-зв'язку використовується безліч схем модуляції. До найбільш відомим з них відносяться OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing), BPSK (Binary Phase Shift Keying), FSK (Frequency Shift Keying), S-FSK (Spread-FSK), а також запатентовані схеми, наприклад, DCSK (Differential Code Shift Keying) компанії Yitran.

OFDM – метод передачі даних, при якому потік даних розділяється на декілька відносно низькошвидкісних потоків, кожен з яких передається на окремій піднесучій лінії з наступним об'єднанням даних. Кожна з піднесучих ліній модулюється незалежно, наприклад, з використанням виду модуляції BPSK (Binary Phase-Shift Keying – двопозиційна фазова маніпуляція), QPSK (Quadrature Phase-Shift Keying – квадратурна фазова маніпуляція) та їх різновидів або QAM (Quadrature Amplitude Modulation – квадратурна амплітудна модуляція). Таким чином формується одночасна передача декількох паралельних каналів (рисунок 1.3).



Спектр сигналу з однією несучою (а) і OFDM (б)

Рисунок 1.3 – Спектр сигналу в OFDM-модуляції

FSK (Frequency Shift Keying) – при частотній маніпуляції значенням «0» і «1» інформаційної послідовності відповідають певні частоти синусоїдального сигналу при незмінній амплітуді (рисунок 4). Частотна маніпуляція вельми завадостійка, оскільки перешкоди телефонного каналу спотворюють в основному амплітуду, а не частоту сигналу. Однак при частотній маніпуляції неекономно витрачається ресурс смуги частот телефонного каналу. Тому цей вид модуляції застосовується в нешвидких протоколах, що дозволяють здійснювати зв'язок по каналах з низьким відношенням сигнал/шум [2].

На рисунку 1.4 графічно представлено загальний принцип FSK-модуляції

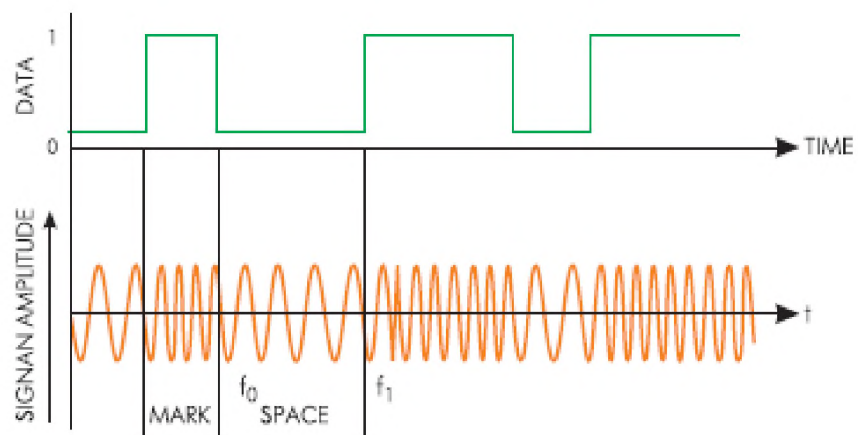


Рисунок 1.4 – FSK-модуляція

PSK – фазна маніпуляція (Phase-shift keying) – один з видів фазної модуляції, а саме фазний сигнал несучого імпульсу змінюється стрибкоподібно в залежності від інформаційного повідомлення, яке передається.

Кодування зі зсувом фаз (PSK) – ще один простий спосіб кодування. При модуляції PSK частота несучої залишається постійною, а фаза переданого сигналу змінюється відповідно до передаються кодом.

З різновидів модуляції PSK найбільш простий є двійкова імпульсно-кодова модуляція (BPSK) - в ній застосовується тільки два значення фази сигналу, 0° і 180° . За допомогою фазового зсуву 0° передається логічна одиниця, а при фазовому зсуві 180° - логічний нуль. Стан кожного переданого розряду визначається по відношенню до попереднього розряду. Якщо фаза сигналу не змінюється, це означає, що передається сигнал знаходиться постійно в одному з логічних станів - 0 або 1. Якщо фаза змінилася на 180° , це означає, що стан змінився - з 0 на 1 або з 1 на 0 (рисунок 1.5). Кодування PSK легко реалізувати за допомогою мікросхеми-синтезатора DDS. Більшість з них мають окремим регістром фази, в який можна записати величину фази. Ця величина додається до фази несучої частоти без зміни значення частоти. Зміна значення регістра фази призводить до зміни фази несучої частоти, таким чином, ми отримуємо сигнал з модуляцією PSK.

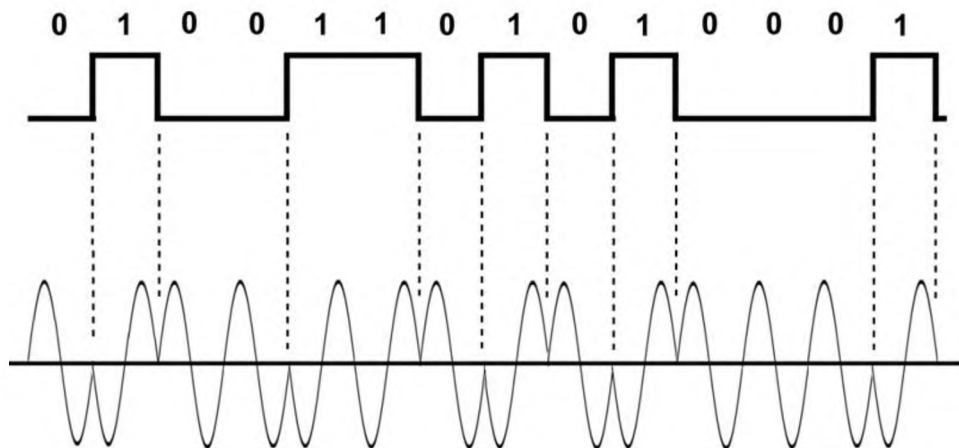


Рисунок 1.5 – Диференційна PSK-модуляція

DCSK (Differential Code Shift Keying) – диференціальна кодова маніпуляція) Модуляція з розширенням спектру (S-FSK, DCSK) забезпечує більш надійну передачу даних в умовах нестабільності параметрів каналу зв'язку, що дозволяє досягти прийнятної достовірності інформації, однак, недолік цих видів модуляції – низька швидкість передачі. В останні роки підвищена увага була звернена до технології на основі модуляції OFDM, використання якої дозволяє суттєво збільшити пропускну здатність каналу зв'язку та відповідно багаторазово розширити функціональні можливості автоматизованих систем. Запатентована модуляція DCSK відноситься до класу модуляції сигналів з розширенням спектра. Цей вид модуляції забезпечує можливість виділення сигналу навіть при негативному співвідношенні сигнал/перешкода, а, крім того, характеризується меншою сприйнятливістю до вузькосмугових та імпульсних перешкод, а також до спотворень, викликаним багатопроменевим поширенням і відображенням сигналу, змінами опору навантаження та пропаданням сигналу, що притаманно існуючих електромереж [3].

У таблиці 1.2 перелічені схеми порівняння за двома основними критеріями – ефективності використання смуги частот та вартості.

Таблиця 1.2 – Порівняння схем модуляції

Тип модуляції	Ефективність використання	Вартість
BPSK	Середня	Низька
FSK	Середня	Низька
SFSK	Низька	Середня
OFDM	Висока	Висока

Для реалізації надійного зв'язку та технологічної сумісності, насамперед, для інтелектуальних мереж електроживлення та домашніх мереж було розроблено чимало стандартів. Їх параметри зведені в таблиці 1.3.

Однак прийняття єдиного у всьому світі PLC-стандарту ще не сталося. Цим питанням займається нині робоча група IEEE 1901.2. Досі найбільш надійним вважається стандарт G3-PLC

Таблиця 1.3 – Параметри стандартизації для PLC-мережі (зв'язку)

Стандарт	Технологія	Спектр частот, кГц	Швидкість передачі даних, кБіт/сек
G3-PLC	OFDM	36-90,6	5,6-45
PRIME	OFDM	42-89	21,4-128,6
IEEE P1901.2	OFDM	9-500	понад 128
ANSI/EIA 709.1. .2	BPSK	86-131	3,6-5,4
KNX	SFSK	125-140	1,2
IEC61334	SFSK	CENELEC-A	2,4

До недоліків технології PLC належать такі:

- мережі систем розподілу не пристосовані під передачу даних та поводяться як низькочастотні фільтри. Моделювання каналів зв'язку таким лініям ускладнено завадами в мережі електроживлення не пристосовані під передачу даних та поводяться як низькочастотні фільтри. Моделювання каналів зв'язку таким лініям ускладнено завадами в каналі передачі даних, частотною вибірковістю каналів, нестационарністю, флуктуаційним шумом та імпульсними перешкодами. Для збереження цілісності сигналу лініями електропередачі потрібні надійні технології передачі даних та обладнання;
- структура мереж систем розподілу у різних країнах різна. Те саме стосується і мережі електроживлення всередині будинку. Немає універсального стандарту ні для PLC-зв'язку, ні для

енергомереж. Необхідно вживати заходів щодо забезпечення сумісності різних пристроїв;

- при надсиланні інформації "комерційного" характеру мережами електропередачі потрібно забезпечити її захищеність.

На основі вище розглянутої класифікації методів модуляції зробимо узагальнений аналіз їх переваг та недоліків, що представлений у таблиці 1.4.

Таблиця 1.4 – Порівняння технологій передачі даних

Метод	Переваги	Недоліки
OFDM	Найбільш повне використання свого частотного діапазону	Складність і висока вартість реалізації
FSK	Простота реалізації	Погано застосується в умовах шумів
DCSK	Надійна робота в умовах "поганої" лінії. Прийом сигналу, рівень якого нижче рівня шумів.	Низька пропускну здатність

1.3 Склад та вимоги до ключових елементів автоматизованої системи комерційного обліку електроенергії побутового сектору

1.3.1 Загальні вимоги до автоматизованої системи комерційного обліку електроенергії

При побудові АСКОЕ необхідно враховувати можливість забезпечення вирішення існуючих і знову виникаючих задач, а саме:

- забезпечення дистанційного зчитування результатів вимірювання з лічильників електроенергії;
- максимальне використання у розрахунках за електричну енергію даних приладів обліку;

- оперативний моніторинг та виявлення несанкціонованих втручань в роботу приладів обліку;
- моніторинг споживання і своєчасної оплати обсягів спожитої електроенергії споживачами електроенергії;
- забезпечення автоматизованого аналізу споживання електричної енергії окремими групами споживачів та формування прогнозу споживання для операторів мережі та систем розподілу в цілому на прогнозний період (доба, місяць, квартал, рік);
- складання балансу відпущеної електроенергії по районам, підстанціям, багатоквартирним житловим будинкам;
- можливість контролю показників якості електропостачання;
- створення умов для участі споживачів в регулюванні режимів споживання;
- підвищення достовірності нарахувань за спожитий обсяг електроенергії, формування корисного відпуску і відображення його в білінгових програмних комплексах, за рахунок використання фактичних результатів вимірювання;
- забезпечення створення моделей інтелектуального розрахунку балансів, задля виявлення можливих/фактичних джерел комерційних втрат електроенергії (крадіжок).

1.3.2 Вимоги до лічильників електроенергії

Влюбій моделі АСКОЕ лічильники електроенергії відіграють найважливіший внесок в роботі даної системи. Тому для забезпечення підвищення ефективності роботи АСКОЕ та виконання її основних завдань, в тому числі зменшення складової комерційних втрат, лічильники (однофазні та трифазні) повинні відповідати наступним вимогам:

- можливість роботи (наявність комунікаційного інтерфейсу PLC) в складі автоматизованих систем обліку електроенергії (систем дистанційної передачі даних);
- наявність енергонезалежного модуля пам'яті, що дозволяє зберігати дані про енергоспоживання (профілі навантаження, енергії, покази), журнали подій та параметри мережі (рівні напруги, струму, тощо);
- наявність вбудованого реле керування (обмеження) навантаженням;
- можливість організації обліку електроенергії, диференційованого за періодами часу (в тому числі погодинного);
- наявність вбудованих датчиків фіксації змінних та постійних електромагнітних полів (фіксація дій споживача, спрямованих на зменшення показів обсягу спожитої електроенергії);
- клас точності лічильників повинен бути не менше 1,0;
- забезпечення можливості перешкоджанню несанкціонованого доступу до інтерфейсів лічильника, задля уникнення доступу сторонніх осіб до програмного забезпечення лічильників;
- забезпечення періодів інтегрування вимірюваних величин – в періодах 15, 30 і 60 хвилин;
- визначення максимальної потужності періоду інтегрування для кожної тарифної зони за поточні і минулі облікові періоди - добу, місяць.

Наявність в лічильниках вищезазначених функціональних можливостей дозволить організувати періодичне зчитування даних про енергоспоживання з метою проведення коректних взаєморозрахунків із споживачами за електроенергію, журнали подій для виявлення фактів втручання в роботу приладів обліку та будь-яких збоїв у їх роботі, відстежувати параметри SAIDI, SAIFI, виконувати дистанційне відключення споживачів, що порушують чинні нормативно-правові акти України в частині

електроспоживання, використовувати дані з встановлених лічильників для обов'язкового зведення балансу розподіленої електроенергії, використовувати дистанційно отримані дані з встановлених лічильників про обсяги розподілу у формуванні корисного відпуску, забезпечувати споживання електроенергії на рівні договірної потужності та організувати диференційований облік, що дозволить позитивно вплинути на завантаження об'єднаної енергосистеми нашої держави та зекономити кошти споживачам за отриману електроенергію.

1.3.3 Вимоги до маршрутизаторів/концентраторів

Маршрутизатори/концентратори (шафи АСКОЕ, контролери збору даних) відіграють в системах АСКОЕ роль агрегаторів даних первинного комерційного обліку. Вони забезпечують обмін даними між собою та лічильниками, які встановлені в кінцевих споживачів, та подальшу передачу зібраних даних до серверу операторів систем розподілу.

Враховуючи реалії сьогодення, а також вимоги чинних нормативно-правових актів законодавства України, а також для забезпечення підвищення ефективності роботи АСКОЕ, маршрутизатори повинні забезпечувати:

- можливість передачі інформації на сервери операторів систем розподілу за допомогою інтерфейсів GPRS/3G/LTE та Ethernet;
- забезпечення автономного режиму роботи у випадку відсутності зв'язку з сервером;
- ідентифікацію та фіксацію подій з журналів подій лічильників, у тому числі пов'язаних з несанкціонованим втручанням у роботу лічильників;
- автоматичну синхронізацію часу приладів обліку;
- унеможливлення зберігання в внутрішній базі даних некоректних даних, та передачу їх до серверу;

- зберігання даних комерційно обліку за останні 180 "робочих" днів;
- можливість створювати двонаправлений канал зв'язку, для створення режиму "онлайн" між лічильником та користувачем оператора системи розподілу.

1.3.4 Вимоги до програмного забезпечення

Програмне забезпечення верхнього рівня АСКОЕ повинно складатися з:

- базового операційного середовища (операційна система) з комплексом обслуговуючих програм (офісне програмне забезпечення, сервісні програми, тощо);
- в якості системи керування – базою даних (PostgreSQL, MS SQL, тощо).

Базове програмне забезпечення має бути ліцензійне і сертифіковане в Україні. Системне програмне забезпечення має бути призначено для розширення функціональних можливостей комплексу технічних засобів, автоматизації проектування і управління обчислювальними процесами, ліквідації мовного бар'єру між програмним комплексом і користувачем.

Основні функції, які повинно виконувати програмне забезпечення АСКОЕ:

- щодобово, за попередню розрахункову добу, виконувати збір погодинних даних комерційного обліку активної та реактивної електроенергії, а також півгодинних значення обсягів електричної енергії (30 хвилинні значення усередненої потужності/споживання) відповідно, з періодом інтеграції 30 хвилин та інформації з журналу подій лічильників;

- щомісяця виконувати збір накопичувальних показів активної та реактивної електроенергії (фіксовані станом на 24 годину останньої доби кожного звітного місяця);
- зберігання значень параметрів обліку в базі даних серверу з можливістю архівування інформації на зовнішньому носії (з глибиною архіву, що визначається загальною ємністю носіїв, які використовуються);
- автоматичне зчитування даних з лічильників за заданим інтервалом часу і створення копії первинної бази даних лічильників в АСКОЕ;
- первинну обробку (множення на розрахункові коефіцієнти, округлення, приведення до межі балансової належності, тощо) і перевірку повноти та достовірності зібраних з лічильників облікових даних;
- формування погодинних графіків виробітку, відпуску і споживання активної і реактивної електричної енергії;
- забезпечення можливості ручного вводу даних по кожній точці обліку електроенергії при неможливості їх своєчасного автоматичного отримання;
- заміщення (відновлення) даних відповідно до встановлених алгоритмів в базі даних АСКОЕ, які не були отримані автоматично в установлений термін, в тому числі при використанні ручного вводу;
- забезпечення можливості зберігання в базі даних АСКОЕ первинних даних комерційного обліку з лічильника та розрахункових даних за обліковими періодами (доба, місяць, квартал, рік), починаючи з дискретності 30 хвилин і вище та інформації з журналу подій лічильників, протягом терміну позовної давності;

- можливість синхронізації серверів АСКОЕ, приладів обліку та пристроїв обліку з серверами точного часу за протоколом NTP відповідно ДСТУ EN 62054-21;
- програмне забезпечення АСКОЕ повинне забезпечувати автоматичну діагностику збоїв та відмов технічних засобів і каналів зв'язку системи;
- програмне забезпечення АСКОЕ повинне забезпечувати формування єдиного часу для всіх приладів обліку і можливість зведення балансу активної і реактивної енергій в єдиному часі, а також автоматичне переведення зимового-літнього часу при зміні сезонів часу "літо" – "зима" за розкладом згідно чинного законодавства України (Постанова КМУ від 13.05.1996 № 509: щорічно в останній тиждень березня (в неділю) в 3 години за київським часом здійснюється перехід часу на 1 годину вперед й в останній тиждень жовтня (в неділю) в 4 години за київським часом здійснюється перехід часу на 1 годину назад).

1.4. Висновки до розділу 1

На основі проведеного аналізу можна зробити висновок, що найбільш ефективним та дієвим способом удосконалення систем обліку електроенергії є впровадження автоматизованих систем комерційного обліку електроенергії (АСКОЕ) на базі PLC-модемів з технологією DCSK (диференціальна кодова маніпуляція) як для малих непобутових, так і для побутових споживачів в Україні.

Цей захід є найефективнішим в питанні забезпечення основних загальноприйнятих показників автоматизованого обліку електроенергії, таких як:

- ліквідація безоблікового споживання електроенергії побутовим сектором;

- контроль побутових мереж для виявлення несанкціонованого забору електроенергії;
- моніторинг споживання електроенергії;
- складання балансу електроенергії по районах, підстанціях, будинкам;
- можливість збору даних без втрати точності показань незалежно від поверховості будинків та кількості споживачів в ньому;
- дистанційний моніторинг балансу;
- наявність у використовуваній апаратурі незалежної пам'яті, що фіксує всі несанкціоновані впливи на систему збору даних;
- віддалене управління підключенням/відключенням абонентів до/від електромережі;

Ця технологія допоможе у зниженні комерційних втрат електроенергії, оскільки він представляє собою комплексне рішення ключових завдань. Він забезпечує надійне та дистанційне отримання інформації з кожної точки вимірювання та забезпечує постійний контроль справності приладів обліку. Крім того, це ускладнює можливість несанкціонованого електроспоживання та спрощує виявлення втрат з мінімальними трудовитратами.

Впровадження цього проекту необхідно реалізувати поетапно, визначаючи пріоритетні вузли електричної мережі (втратні фідери, ТП, тощо) для автоматизації обліку на основі попереднього енергетичного обстеження та оцінки економічної ефективності впровадженого рішення.

2 ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ УДОСКОНАЛЕННЯ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ КОМЕРЦІЙНОГО ОБЛІКУ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ ШЛЯХОМ ЇЇ МОДЕРНІЗАЦІЇ

2.1 Коротка характеристика об'єкту дослідження

Дослідження ефективності удосконалення автоматизованої системи комерційного обліку електроенергії (АСКОЕ) шляхом її модернізації проведемо на прикладі багатоквартирних житлових будинків та трансформаторна підстанція рівня напруги 10/0,4 кВ на території ліцензованої діяльності оператора системи розподілу АТ "СУМІОБЛЕНЕРГО":

1. Багатоквартирний житловий будинок за адресою: м. Суми, вул. Збройних Сил України, буд. 41А. Характеристика об'єкту:
 - кількість лічильників – 90 шт. (1 загальнобудинковий, 89 лічильників індивідуальних побутових споживачів (квартири));
 - рік побудови попередньої АСКОЕ – 2010;
 - технологія та виробник – PLC (FSK), виробник ADDGrup, Молдова.
2. Приватний житловий сектор, який заживлений від ЗТП-321 10/0,4 кВ, Сумська область, с. Сад
 - кількість лічильників – 280 шт. (1 балансуєчий (встановлений на КТП), 11 лічильників юридичних споживачів, 268 лічильників індивідуальних побутових споживачів (приватні житлові будинки, та 11 двоповерхових будинків по 8 квартир));
 - рік побудови попередньої АСКОЕ – 2018;
 - технологія та виробник – PLC (G3-PLC), виробник ТОВ "НІК-Електроніка", Україна.

Для дослідження обрано саме ці об'єкти тому, що на першому об'єкті система АСКОЕ, а також лічильники морально та фізично застаріли, на

другому об'єкті – низька працездатність (відсоток опитування менше 80 %). Це дозволить нам порівняти рівень працездатності, а також порівняти рівень надходження електричної енергії (в тому числі комерційні та технологічні втрати) до та після модернізації АСКОЕ та визначити ефективність її модернізації.

Для модернізації вищезазначених систем АСКОЕ використовувалася АСКОЕ на базі технології PLC (DCSK) виробництва ТОВ "НІК-Електроніка".

Дані об'єкти було модернізовано в 1 кварталі 2021 року.

Внутрішній розподільний пристрій багатоквартирного житлового будинку за адресою: м. Суми, вул. Збройних Сил України, буд. 41А призначений для електропостачання побутових споживачів, а саме квартир 14-ти поверхового будинку обладнаних електроплитами, загальною потужністю 210,3 кВт.

Схема живлення даного будинку наведена на рисунку 2.1.

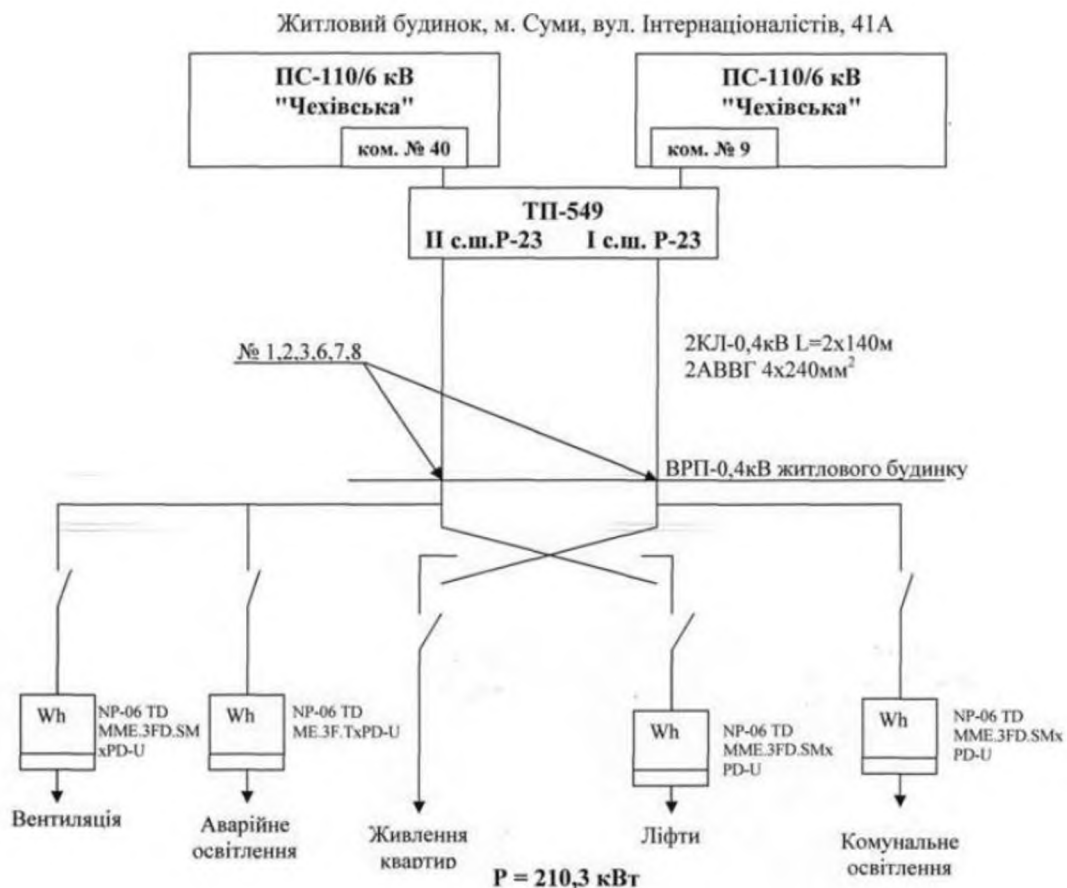


Рисунок 2.1 – Схема живлення багатоквартирного житлового будинку за адресою: м. Суми, вул. Збройних Сил України, 41А

ЗТП-321 призначена для електропостачання побутових та малих непобутових (юридичних) споживачів с. Сад. На ЗТП встановлено один силовий масляний трансформатор потужністю 400 кВА типу ТМ-400/10. Від ЗТП-321 відходять повітряні лінії загальною протяжністю 4,6 км.

Поопорна схема ліній, що відходять від ЗТП-321 наведена на рис. 2.2.

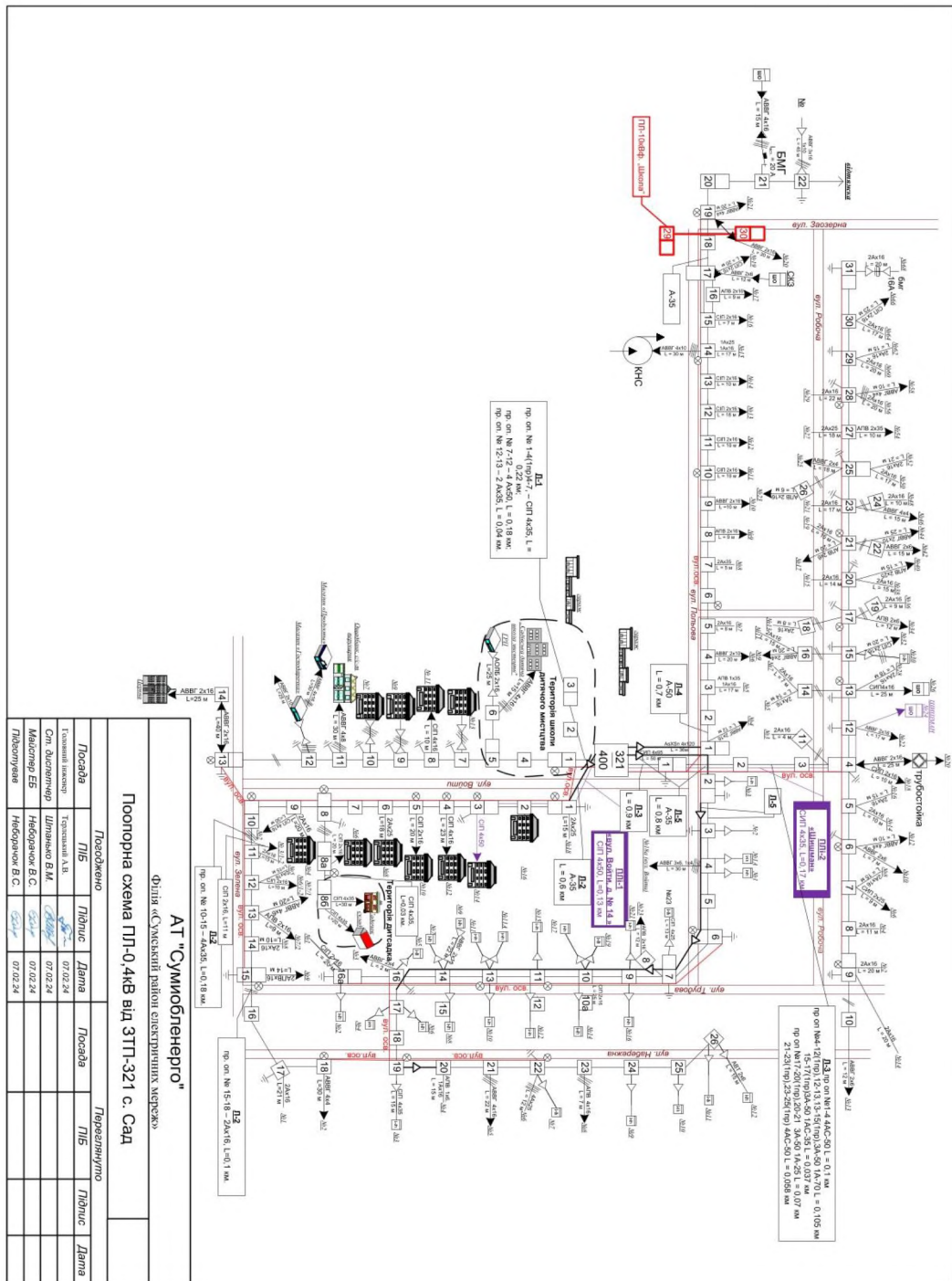


Рис. 2.2. Поопорна схема ліній 0,4 кВ ЗТП-321

2.2 Аналіз працездатності автоматизованої системи комерційного обліку електроенергії до та після виконання заходів з її модернізації

Аналіз працездатності автоматизованої системи комерційного обліку обраних для багатоквартирного житлового будинку за адресою: м. Суми,

вул. Збройних Сил України, буд. 41А та ЗТП-321 будемо проводити на основі даних взятих з програмного забезпечення АСКОЕ попередніх та модернізованих АСКОЕ.

Динаміка працездатності комплексу АСКОЕ для багатоквартирного житлового будинку за адресою: м. Суми, вул. Збройних Сил України, буд. 41А за 2018-2023 рр. на ведена в таблиці 2.1 та на рисунку 2.3.

Таблиця 2.1. Динаміка працездатності (опитування) багатоквартирного житлового будинку за адресою: м. Суми, вул. Збройних Сил України, буд. 41А за 2018-2023 рр.

Рік	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Працездатність, %	79,6	77,8	75,6	88,2	96,6	98,8

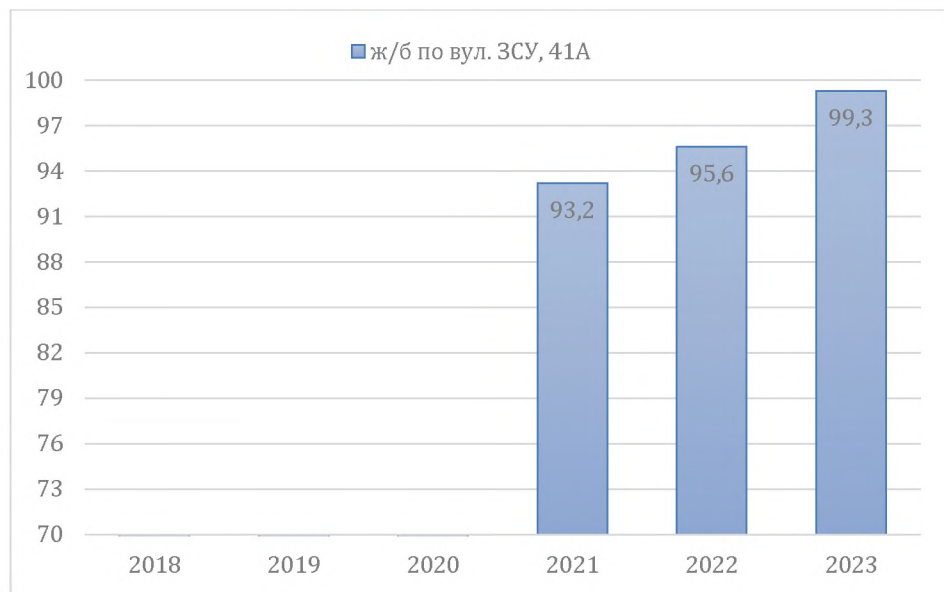


Рис. 2.3. Динаміка працездатності багатоквартирного житлового будинку за адресою: м. Суми, вул. Збройних Сил України, буд. 41А за 2018-2023 рр.

Як видно з рисунку 2.3, працездатність комплексу АСКОЕ з 2018 по 2021 рік знаходяться в діапазоні від 75 до 80 %, це пов'язано з старінням обладнання комплексу АСКОЕ та з неможливістю перешкоджати завадам в електричній мережі, які можуть виникати через використання технічно

несправних або несертифіковані на території Європейського Союзу побутових приладів.

Протягом I кварталу 2021 року існуючі лічильники та маршрутизатор почали замінювати в рамках заходів модернізації АСКОЕ.

Як показують отримані дані рисунку 2.3, модернізація АСКОЕ дозволяє підвищити ефективність в частині працездатності до досить високого рівня (опитування понад 95%).

Аналогічно проводимо аналіз працездатності (опитування) для ЗТП-321 за 2018-2023 рр. Динаміка працездатності для ЗТП-321 за 2018-2023 рр. наведена в таблиці 2.2 та на рисунку 2.4.

Таблиця 2.2. Динаміка працездатності ЗТП-321 за 2018-2023 рр.

Рік	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Працездатність, %	68,8	69,1	69,3	93,2	95,6	99,3

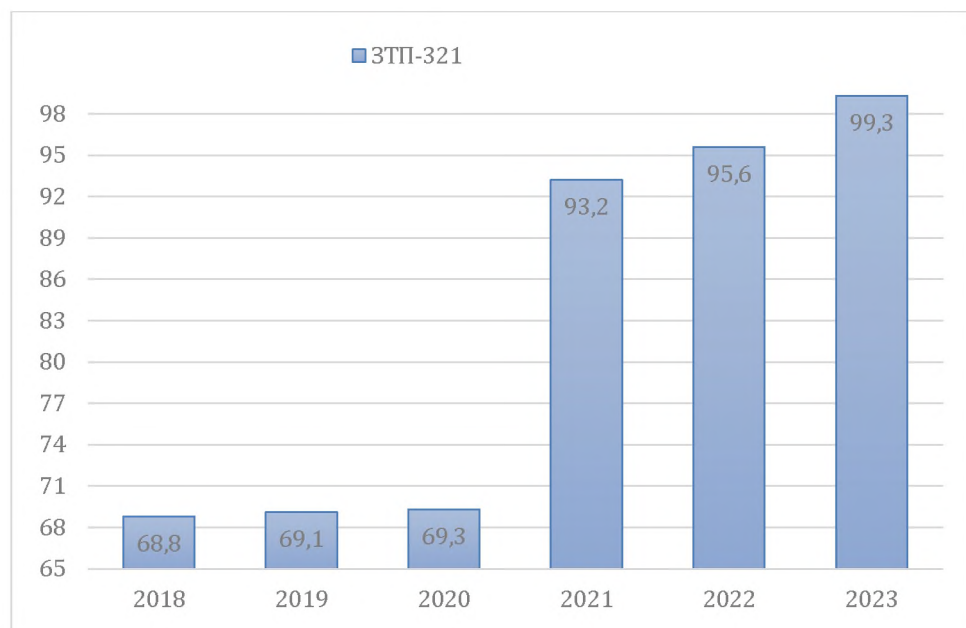


Рис. 2.4. Динаміка працездатності ЗТП-321 за 2018-2023 рр.

Аналізуючи отримані дані втрат електричної енергії по ЗТП-321 можемо бачити аналогічну картину як і для багатоквартирного житлового будинку за адресою: м. Суми, вул. Збройних Сил України, буд. 41А. Але тут інша в

плані обладнання, фактично воно ще не застаріло, а для опитування використовувався стандарт PLC (G3-PLC), який широко використовується в Європейському Союзі та в Сполучених Штатах Америки, через високу швидкість передачі даних та високу працездатність, але головним його недоліком є повна відмова в роботі при завадах в мережі (через стан мережевого обладнання). Так як станом на сьогодні в Україні активно використовується розподільче обладнання минулого сторіччя, особливо рівня напруги 0,4 кВ, а відсоток використання ізольованих повітряних ліній сягає менше 10% – то дана технологія не знайшла активного застосування на енергетичному ринку України.

Протягом I кварталу 2021 року існуючі лічильники та маршрутизатор почали замінювати в рамках заходів модернізації АСКОЕ.

Як показують отримані дані рисунку 2.4, модернізація АСКОЕ дозволяє підвищити ефективність в частині працездатності до досить високого рівня (майже 100%).

2.3 Аналіз ефективності модернізації автоматизованої системи комерційного обліку електроенергії в частині зменшення втрат, в тому числі втрат в електромережі

При впровадженні надійної АСКОЕ, працездатність яких не менше 95%, вирішується питання в визначенні коректної частки втрат в тій чи іншій частині досліджуваної ділянки.

Повністю працездатна АСКОЕ також допомагає вирішити питання в частині зменшення фінансових затрат підприємства, а саме:

- зменшення періоду виконання контрольних оглядів (фіксації показів) лічильників лінійним персоналом оператора системи розподілу, що в свою чергу дає можливість економити паливо-мастильні матеріали та паперову продукцію;

- можливість виконувати відділене відключення боржників за несплату коштів за розподіл та постачання електроенергії, що тим самим дає можливість економити паливо-мастильні матеріали та інші супутні витрати.

Окрім того, що нові лічильники володіють більш вищим класом точності вимірювання, також у даних лічильниках менший струм власного споживання, що в свою чергу знижує технологічні втрати в електромережі.

Оцінюючи заходи з підвищення ефективності працездатності АСКОЕ, була поставлено задача порівняти частку небалансу електроенергії яка надходила на досліджувані об'єкти.

Проведемо аналіз небалансу електроенергії для багатоквартирного житлового будинку за адресою: м. Суми, вул. Збройних Сил України, буд. 41А за 2018-2023 рр. Динаміка змін частки небалансу електроенергії для багатоквартирного житлового будинку за адресою: м. Суми, вул. Збройних Сил України, буд. 41А за 2018-2023 рр в таблиці 2.3 та на рисунку 2.5.

Таблиця 2.3. Динаміка змін небалансів електроенергії для багатоквартирного житлового будинку за адресою: м. Суми, вул. Збройних Сил України, буд. 41А за 2018-2023 рр.

Рік	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Обсяг надходження, кВт*год	209499	211148	207146	210014	171440	184980
Небаланс, кВт*год	16560	19980	19020	9965	5650	4110
Небаланс, %	7,9	9,5	9,2	4,7	3,3	2,2

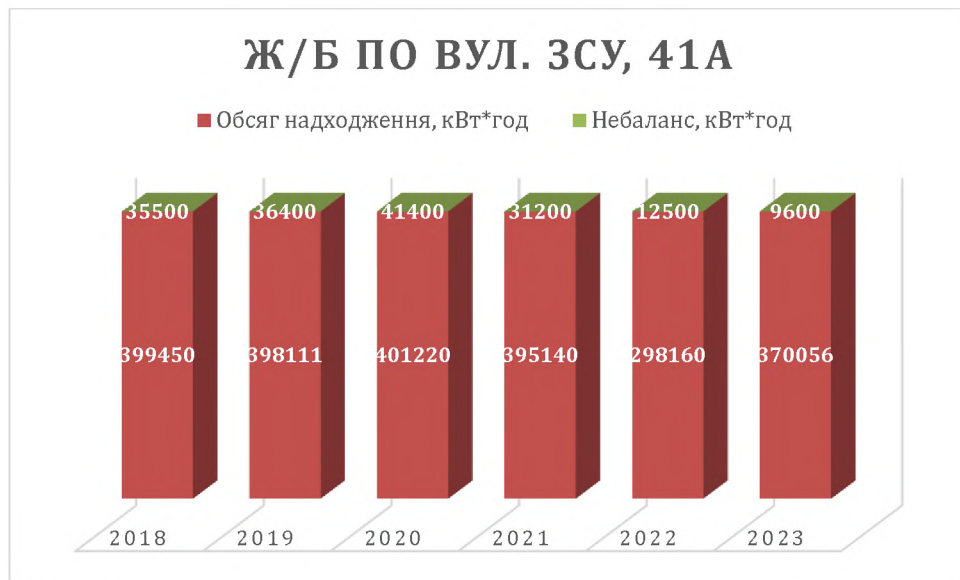


Рис. 2.3. Динаміка змін небалансів електроенергії для багатоквартирного житлового будинку за адресою: м. Суми, вул. Збройних Сил України, буд. 41А за 2018-2023 рр.

Аналогічно проведемо аналіз небалансу електроенергії для ЗТП-321 за 2018-2023 рр. Динаміка змін частки небалансу електроенергії для ЗТП-321 за 2018-2023 рр в таблиці 2.4 та на рисунку 2.6.

Таблиця 2.4. Динаміка змін небалансів електроенергії для ЗТП-321 за 2018-2023 рр.

Рік	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Обсяг надходження, кВт*год	399450	398111	401220	395140	298160	370056
Небаланс, кВт*год	35500	36400	41400	31200	12500	9600
Небаланс, %	8,9	9,51	10	7,9	4,2	2,6



Рис. 2.4. Динаміка змін небалансів електроенергії для ЗТП-321 за 2018-2023 рр.

Аналізуючи отримані дані можна зробити висновок, що виконуючи заходи спрямовані на підвищення ефективності АСКОЕ, можна проводити більш точний розрахунок небалансів (втрат) в електричній мережі, а саме використовуючи достовірні дані з лічильників, а не дані, які були отримані розрахунковим шляхом (донарахування по середньому споживанню за аналогічний період) – можна добитися точної картини стану електромережі, розуміючи які втрати були технологічними, а які комерційними.

2.4 Висновки до розділу 2

Проведений аналіз показує, що працездатність систем АСКОЕ за різні періоди, за винятком 2021-2023 років, коли було впроваджено нову систему АСКОЕ – залишалися на майже на одному рівні, а в деяких випадках погіршувався. Співвідношення небалансу в електромережі до відпущеної електроенергії споживачам за період з 2018 до 2021 роки зростало.

Після впровадження АСКОЕ побутового сектору на базі технологій PLC (DCSK) в I кварталі 2021 року було відмічено позитивну динаміку не тільки в підвищенні працездатності системи АСКОЕ (відсоток опитування

95%), а і в зміні співвідношення небалансу в електромережі до відпущеної електроенергії споживачам за період з 2021 до 2023 роки, шляхом його зменшення.

Підсумовуючи вищевикладене хотілося б відмітити, що спрямовуючи заходи по підвищенню ефективності АСКОЕ побутового сектору, а також будуючи нові системи – можна не тільки підвищити автоматизацію розрахунків за спожиту електроенергію, а також проводити швидкий розрахунок небалансів на певній ділянці електромережі, оптимізувати роботу електротехнічного персоналу, зменшувати витрати підприємства в частині обслуговування вищезазначених вузлів обліку електроенергії.

3 ОХОРОНА ПРАЦІ

Організація охорони праці при роботі з автоматизованими системами комерційного обліку електроенергії (АСКОЕ). небезпечним фактором на робочому місці є наявність напруги на струмоведучих частинах лічильників електроенергії та обладнанні АСКОЕ. Тому задля забезпечення безпечних умов праці перед початком роботи з ключовими елементами АСКОЕ – працівник повинен:

1. Одержати цільовий інструктаж з охорони праці при експлуатації АСКОЕ.
2. Перевірити наявність та справність інструменту, а саме:
 - викрутки повинні бути з упорним кільцем без відколів і тріщин на ручці та лезі;
 - плоскогубці і круглогубці повинні бути без тріщин з насічкою на губках;
 - ручка молотка повинна бути без відколів і тріщин, з клином на ручці;
 - напилки повинні бути із рукоятками з металевими бандажними кільцями та з насічкою на боковинах;
 - електропаяльник повинен мати ізольовану підставку, лезо електропаяльника повинно бути полуджене, провід не повинен мати ушкодження ізоляції.
3. Підготувати необхідні прилади, випробувальну апаратуру, інструмент, пристосування і засоби захисту для зручного і безпечного проведення робіт.
4. При виявленні несправності інструменту, пристосувань, обладнання повідомити керівника [4].

Під час роботи з ключовими елементами АСКОЕ – працівник повинен:

1. Виконувати усі роботи в діючих електроустановках виконуються по наряду або розпорядженню.
2. Під час роботи в електроустановках необхідно виконувати вимоги і вказівки відповідальних осіб, дотримуватися умов розпорядження, наряду та інструктажів.
3. Забороняються роботи без схем, по пам'яті. Роботи в струмових та напругових ланцюгах повинні виконуватись по виконавчих схемах.
4. Забороняється складання тимчасових схем для перевірки АСОЕ, переключення проводів у схемі, перестановку приладів і апаратів у ній, без зняття напруги і створення видимого розриву мережі, по якій подається напруга живлення.
5. Металеві корпуси АСОЕ та переносних приладів, апаратів повинні бути заземлені. Опір заземлюючого провідника повинен бути не більше 0,1 Ом.
6. При виконанні ремонтних робіт всі маніпуляції з вузлами АСОЕ (перевірку ланцюгів, пайку, заміну елементів) необхідно проводити при виключеній напрузі.
7. Відкручування гвинтів, що затискають дроти, потрібно робити повільно, однією рукою, не торкаючись іншою рукою ні вторинної комутації, ні корпусу панелі; при появі найменшого іскріння, тріску гвинт потрібно негайно закрутити назад і ще разом уважно перевірити підготовлену схему. При розмиканні струмових ланцюгів вимірювальних трансформаторів струму повинні бути негайно припинені всі роботи в пристроях і в аварійному порядку відключені комутаційні апарати в ланцюгах первинних обмоток цих трансформаторів струму.
8. При виконанні робіт потрібно уважно стежити, щоб ліва і права руки не доторкалися одночасно до елементів, або точок схеми, що знаходиться під напругою більш ніж 42 В та заземленими

предметами й апаратами (заземленими корпусами панелей, приладів, стендів, батареями центрального опалення та ін.).

9. Ізоляція з'єднувальних провідників не повинна бути порушена. Виміри потрібно робити сухими руками, в одязі з опущеними рукавами, каблучки і металеві браслети повинні бути зняті.
10. При роботі на устаткуванні, що знаходяться під напругою до 1000 В або розміщені в електроустановках до 1000 В вимоги безпеки такі:
 - обгородити розташовані поблизу робочого місця інші струмопровідні частини, що знаходяться під напругою, до яких можливе випадкове доторкання;
 - працювати в діелектричних колошах, або стоячи на ізолюючій підставці, або на гумовому діелектричному килимі;
 - застосовувати інструмент з ізолюючими рукоятками (у викруток, крім того, повинний бути ізольований стержень) а при відсутності такого інструмента – користуватися діелектричними рукавичками;
 - забороняється працювати в одязі з короткими або засуканими рукавами, а також користуватися терпугами, металевими метрами;
 - забороняється в електроустановках працювати в зігнутому положенні, якщо при випрямленні відстань до струмоведучих частин, буде менше зазначених у таблиці 3.1, а також при роботі поблизу незахищених частин, що знаходяться позаду або з двох бокових сторін.

Таблиця 3.1 – Мінімальна допустима відстань до струмопровідних частин

Напруга, кВ	Припустимі відстані до струмоведучих частин, які знаходяться під напругою, м
0,4	без дотику
6-35	0,6
110	1,0

11. Усі працівники, які перебувають в діючих електроустановках (за винятком щитів керування, приміщень з релейними панелями та їм подібних), в колодязях, в траншеях, тунелях, повинні користуватись захисними касками.
12. Забороняється працювати з інструментом, захисними засобами, якщо вони несправні або ж минув термін їх випробувань.
13. Забороняється паління, розведення вогню та вживання спиртних напоїв на робочому місці.
14. У разі настання нещасного випадку вжити всіх можливих заходів, необхідних для надання допомоги потерпілому, зберегти до прибуття комісії з розслідування обстановку на робочому місці та обладнання у такому стані, в якому вони були на момент події (якщо це не загрожує життю, здоров'ю людей та не призведе до більш тяжких наслідків), а також вжити заходів щодо недопущення подібних випадків у ситуації, що склалася. Про випадок травмування негайно інформувати безпосереднього керівника або інших посадових осіб підприємства (працівників служби охорони праці) та в подальшому керуватися їх вказівками [4].

Після повного закінчення робіт з ключовими елементами АСКОЕ працівнику необхідно:

1. Привести в порядок робоче місце.
2. Оглянути робоче місце, чи не залишені зайві предмети.
3. Внести зміни в технічну документацію, схеми, оформити акти.
4. Провести особисті санітарно-гігієнічні заходи.
5. Затримуватися у виробничих приміщеннях і на території підстанції після закінчення роботи можна тільки з дозволу керівництва [4].

Забезпечення безпечних умов праці працівникам, які відповідальні за технічне обслуговування ключових елементів АСКОЕ є головним аспектом при створенні ефективного, а саме головне – безпечного виробничого середовища. Задля більш ефективного та надійного, в частині безпеки, робочого середовища необхідно проводити потрібне навчання працівників, проводити курси з підвищення кваліфікації, організовувати обмін досвідом між суміжними за напрямом працівниками. При дотриманні всіх описаних вище заходів можна досягти головної мети – зменшення виробничого травматизму (нещасних випадків) на виробництві та підвищити рівень безпеки персоналу.

4 ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ МОДЕРНІЗАЦІЇ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ КОМЕРЦІЙНОГО ОБЛІКУ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ ПОБУТОВОГО СЕКТОРУ

В даному розділі розглянемо доцільність вжиття заходів щодо підвищення ефективності автоматизованої системи комерційного обліку електроенергії (АСКОЕ) побутового сектору шляхом її модернізації з точки зору економічної складової (доцільність використання фінансових ресурсів).

Проаналізуємо небаланси в електричній мережі за 2020 рік (останній рік коли функціонувала) АСКОЕ старого виробництва та за 2023 рік (останній звітний рік) коли функціонувала модернізована АСКОЕ. 2021 рік брати до уваги не доцільно з причин поетапної заміни лічильників у споживачів в I кварталі, а 2022 рік брати до уваги також не доцільно, так як почалося повномасштабне вторгнення рф на територію України, і більшість населення було вимушене тимчасово (в тому числі і постійно) змінити місце проживання.

Проведемо розрахунки економічного ефекту, який виник в результаті модернізації АСКОЕ. Зібрані дані про небаланс в електричній мережі за 2020 рік будуть наведені у таблиці 4.1 для подальшого розгляду та аналізу.

Таблиця 4.1. Небаланс в електричній мережі за 2020 рік

Приєднання	Надходження, кВт*год	Ринкова ціна закупівлі втрат, грн/кВт*год	Небаланс, кВт*год	Втрати, грн
ж/б по вул. ЗСУ, 41А	201746	2	19020	38040
ЗТП-321	401400	2	41400	82800

Дані про небаланс в електричній мережі за 2023 рік будуть наведені у таблиці 4.2 для подальшого розгляду та аналізу.

Таблиця 4.2. Небаланс в електричній мережі за 2023 рік

Приєднання	Надходження, кВт*год	Ринкова ціна закупівлі втрат, грн/кВт*год	Небаланс, кВт*год	Втрати, грн
ж/б по вул. ЗСУ, 41А	184980	2	4110	8220
ЗТП-321	370056	2	9600	19200

Динаміка змін частки небалансу електроенергії відносно надходження та витрат для житлового будинку по вул. Збройний них Сил України, буд. 41А, за 2020 та 2023 рік наведена на рисунку 4.1.

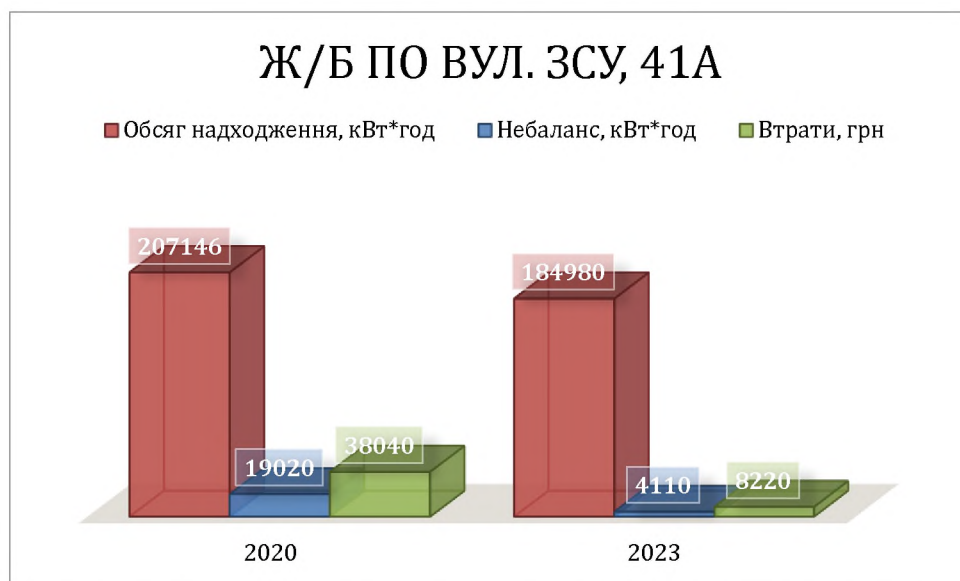


Рисунок 4.1 – Динаміка змін частки небалансу електроенергії відносно надходження та витрат для житлового будинку по вул. Збройний них Сил України. 41А, за 2020 та 2023 рік

Також переставимо динаміку змін частки небалансу електроенергії відносно надходження та витрат для ЗТП-321, за 2020 та 2023 рік, яка наведена на рисунку 4.2.

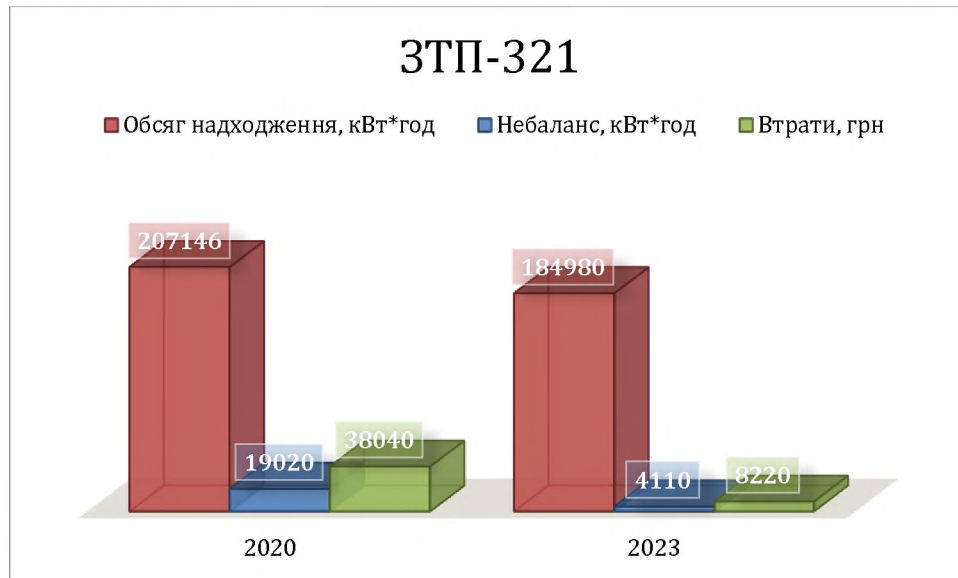


Рисунок 4.2 – Динаміка змін частки небалансу електроенергії відносно надходження та витрат для ЗТП-321, за 2020 та 2023 рік

Як очевидно з отриманих розрахунків – небаланс в мережі становив майже 10% від корисного відпуску електроенергії споживачам (при мінімально допустимому 3%). Пов'язано це з тим, що АСКОЕ не забезпечувала в повному обсязі свої функції, а розрахунок лічильників, які не обпитувалися, виконувався за допомогою статистичних даних.

Як видно з наведених даних, а саме після заходів, спрямованих на підвищення ефективності АСКОЕ – чим краща ефективність АСКОЕ (в частині опитування) – тим нижні затрати на закупівлю операторами систем

Економічну ефективність також необхідно розрахувати за методом терміну окупності.

Для розрахунку терміну окупності визначимо вартість встановлення основних складових АСКОЕ за вищезазначеними приєднаннями (таблиця 4.3).

Таблиця 4.3. Вартість складових АСКОЕ за досліджуваними об'єктами

№ з/п	Тип обладнання	Кількість, шт.	Вартість, грн.
1	Лічильник НІК 2104 АР2Т.1802.МС.11	346	1600
2	Лічильник НІК 2303 АР3Т.1802.МС.11	22	3700
3	Лічильник НІК 2303 АРТТ.1802.МС.21	2	3300
4	Контролер збору даних КС-02.0УУ.2	2	20800
Всього затрачено, грн			683200

Обсяг понаднормативних втрат у розподільчих мережах по рівню напруги 0,4 кВ, у тому числі, викликаний некоректним зняттям показників лічильників електроенергії та недостовірним формуванням корисного відпуску споживачів, заживлених від вищевказаних приєднань в 2020 році, складав 60420 кВт*год.

$$E_1 = 60420 \times 2,00 = 120840 \text{ грн.}$$

У середньому за рік заробітна плата операторів систем розподілу, а саме для персоналу для ручного зняття показів лічильників складає 27000 грн., витрати на відключення споживачів – 12300 грн., транспортні витрати – 10000 грн. (беручи до уваги тільки вищезазначені приєднання). Всього близько:

$$E_2 = Z_{\text{пл.}} + B_{\text{відкл.}} + T_{\text{вит.}}, \text{ де:}$$

$Z_{\text{пл.}}$ – заробітна плата персоналу для ручного зняття показників лічильників

$V_{\text{відкл.}}$ – витрати на відключення

$T_{\text{вит.}}$ – транспортні витрати

$$E_2 = 27000 + 12300 + 10000 = 49300 \text{ грн.}$$

Сумарний економічний ефект від впровадження вищезазначених заходів розраховується як сума всіх складових економічного ефекту:

$$E = E_1 + E_2 = 120480 + 49300 = 169780 \text{ грн./рік}$$

Термін окупності складе:

$$T_{\text{окуп}} = P / E, \text{ де}$$

P – вартість заходу

E – економічний ефект

Загальна вартість обладнання, що запланована для використання при модернізації АСКОЕ, становить 683200 грн.

$$T_{\text{окуп}} = 683200 / 169780 = \sim 4 \text{ роки}$$

Як можемо бачити з наведеного розрахунку строк окупності закупленого обладнання, необхідного для модернізації АСКОЕ орієнтовно становить 4 роки, а мінімальний термін роботи обладнання зазначеного у таблиці 4.3 складає не менше 16 років (відповідно до паспортних даних обладнання). На основі вищенаведеного можна зробити висновок, що заходи спрямовані на підвищення ефективності роботи АСКОЕ, в тому числі її модернізації та впровадження нових систем є економічно доцільним.

Застосування заходів з підвищення ефективності роботи автоматизованої системи комерційного обліку електроенергії є доцільним кроком на шляху автоматизації процесів на підприємстві, а також є важливим інструментом в частині розрахунку та виявленні можливих комерційних та технологічних втрат в системах розподілу.

Також впровадження АСКОЕ є значущим внеском в економічну частину будь якого оператора системи розподілу, а саме зменшує затрати на

обслуговування електротехнічним персоналом даного виду обладнання, в тому числі витрати на паливно-мастильні матеріали для доставки кінцевих виконавців.

ВИСНОВКИ

На основі проведеного аналізу можна дійти до наступного висновку: розробка методів підвищення ефективності роботи автоматизованої системи комерційного обліку електроенергії (АСКОЕ), а також її побудова (впровадження) є сучасним ефективним інструментом в частині питання автоматизації бізнес процесів та цифровізації розрахунків різного плану (від розрахунків втрат в розподільчих мережах до кінцевих розрахунків за спожитий обсяг електроенергії кінцевими споживачами).

Протягом I кварталу 2021 року в багатоквартирному житловому будинку за адресою: м. Суми, вул. Збройних Сил України, буд. 41А та на ЗТП-321 в с. Сад були вжиті заходи з модернізації старої системи АСКОЕ та однієї незадовільно працездатної системи АСКОЕ. Для заміни цих систем АСКОЕ було обрано обладнання, яке працює за технологією PLC (тип модуляції DCSK) виробництва ТОВ "НІК-Електроніка" (Україна). Хоча даний вид модуляції PLC сигналу не знайшов широкого застосування в країнах Європейського Союзу, через низьку швидкість обміну даних між лічильником та маршрутизатором, а так як спираючись на те, що даний вид сигнал володіє широким спектром завадостійкості в електричних мережах але враховуючи сьогоденні реалії стану електричних мереж – даний вид модуляції проявив себе як надійний метод отримання інформації з лічильників електроенергії.

Станом на сьогодні провідний виробник обладнання компонентів АСКОЕ в Україні ТОВ "НІК-Електроніка", після успішних випробовування на практиці, використовує лише цю технологію модуляції сигналів передачі даних в АСКОЕ побутового сектору. Розробка АСКОЕ на більш поширених

методах передачі даних у світі, таких як G3-PLC, PRIME (OFDM) – відкладено на невизначений термін.

Порівнявши дані до та після впровадження заходів з ефективності АСКОЕ, а саме провівши її модернізацію можна дійти до висновку, що працездатна система АСКОЕ, де рівень опитування не менше 95%, забезпечує зменшення рівня втрат в електричній мережі, а саме зменшує ризик застосування операторами систем розподілу розрахунку за середнім споживанням за аналогічний період (у випадку коли споживач самостійно не передав покази лічильника електроенергії), а також зменшує ризик отримання недостовірних даних (показів лічильника електроенергії) від споживача (умисні дії споживача за для економії коштів на тарифі в певний період).

Окрім переваг наведених вище, впровадження працездатної системи АСКОЕ є досить економічно доцільним в плані оптимізації витрат на обслуговування лічильників (контрольні огляди, технічні перевірки, доставка виконавців на дані об'єкти), що в свою чергу усуває так званий "людський фактор" при виконанні даних робіт, так як дана система дає змогу працювати в автономному режимі з мінімальною необхідністю втручання фахівців для підтримки її роботи.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. http://ru.wikipedia.org/wiki/Связь_по_ЛЭП
2. https://uk.wikipedia.org/wiki/Частотна_маніпуляція
3. Сучасні інформаційні та інноваційні технології на транспорті (MINTT-2016), 24–26 травня 2016 року (Збірка матеріалів конференції).
4. Інструкція з охорони праці №77 під час експлуатації автоматизованих систем обліку електроенергії АТ "СУМІОБЛЕНЕРГО" .
5. Правила безпечної експлуатації установок. Вилучено з: <https://ips.ligazakon.net/document/REG2451?an=1>
6. Володимир Лебедєв Модуляція OFDM у радіозв'язку // Радіоаматор. - 2008. - № 9. - С. 36-40.
7. Коноплянський Д.К. PLC – передача даних по електричних мережах. Остання миля.
8. Савін А.Ф. PLC – вже не екзотика. Вісник зв'язку
9. HomePlug Command & Control (C&C). Overview. White Paper. — HomePlug Powerline Alliance. 2008//www.homeplug.org.
10. <http://www.electronics.ua/developer-r/review/2191/doc/51377/>
11. <http://www.electronics.ua/developer-r/review/2191/doc/49901/>
12. Pablo Gagliardo. Take advantage of power line communications in nextgen home networking & IPTV designs. — CommsDesign. 2009
13. FT 5000 Smart Transceivers/Neuron® 5000 Technical Overview. — Echelon. 2009
14. Електромонтажні роботи У 11 кн. Кн. 8. Ч. 1. Повітряні лінії електропередачі: Навч. посібник для ПТУ / Магідін Ф. А.; За ред. А. Н. Трифонова. - М.: Вища школа, 1991. - 208 з ISBN 5-06-001074-0
15. Програмовані контролери PLC-5 ControlNet - Allen-Bradley
16. Невдяєв Л.М. Міст в Інтернеті по лініях електропередачі. ІнформКур'єрЗв'язок.
17. Моррісі П. Реалізація технології BPL. Мережі та системи зв'язку.
18. <http://www.electronics.ua/developer-r/review/2191/doc/49901/>