

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ ім. ПОТЕБНІ Ю.М.

Електричної інженерії та кіберфізичних систем

(повна назва кафедри)

**Кваліфікаційна робота**

перший (бакалаврський) рівень

(рівень вищої освіти)

на тему «Модернізація автоматизованої системи комерційного обліку електроенергії промислового підприємства»

Виконав: студент 3 курсу, групи 6.1410-с  
спеціальності 141 Електроенергетика,  
електротехніка та електромеханіка

(код і назва спеціальності)

спеціалізації

(код і назва спеціалізації)

освітньої програми Електроенергетика,  
електротехніка та електромеханіка

(назва освітньої програми)

Трохачов О. В.

(ініціали та прізвище)

Керівник д.т.н., доц. Саблін О.І.

(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

Рецензент Артемчук В.В.

(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

Запоріжжя  
2023

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

Інженерний навчально-науковий інститут ім. Потебні Ю.М. \_\_\_\_\_  
Кафедра електричної інженерії та кіберфізичних систем \_\_\_\_\_  
Рівень вищої освіти перший (бакалаврський) рівень \_\_\_\_\_  
Спеціальність 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка \_\_\_\_\_  
(код та назва)  
Спеціалізація \_\_\_\_\_  
(код та назва)  
Освітня програма Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедри  
д.т.н., доц. В.Л. Коваленко  
« 20 » 06 2023 року







**З А В Д А Н Н Я**  
**НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТОВІ**

Трохачов Олександр Валентинович

(прізвище, ім'я, по батькові)

- 1 Тема роботи «Модернізація автоматизованої системи комерційного обліку електроенергії промислового підприємства»  
керівник роботи Саблін Олег Ігорович, д.т.н., доцент  
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)
- затверджені наказом ЗНУ від « 29 » грудня 2022 року № 1893 - с
- 2 Строк подання студентом роботи 16 червня 2023 р.
- 3 Вихідні дані до роботи: Однолінійна схема електропостачання підприємства; режим електроспоживання навантажень; технічні характеристики вимірювальних приладів.
- 4 Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1) Аналіз сучасних можливостей автоматизованих систем комерційного обліку електроенергії (АСКОЕ); 2) Розробка автоматизованої системи моніторингу споживання електроенергії (АСМСЕ); 3) Техніко-економічна оцінка впровадження заходів.
- 5 Перелік графічного матеріалу: 1) Структура і схеми АСКОЕ 2) Схема однолінійна підприємства 3) Діюча схема обліку електроенергії 4) Схеми підключення вимірювальних пристроїв 5) Алгоритм роботи обладнання 6) Техніко-економічні показники підвищення ефективності електроспоживання.

## 6 Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Розділ 1	Саблін О.І., д.т.н. доцент		
Розділ 2	Саблін О.І., д.т.н. доцент		
Розділ 3	Саблін О.І., д.т.н. доцент		

7 Дата видачі завдання 01.02.2023 р.

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналіз сучасних можливостей автоматизованих систем комерційного обліку електроенергії	01.03.2023	
2	Розробка автоматизованої системи моніторингу споживання електроенергії	01.04.2023	
3	Обґрунтування економічної ефективності	10.06.2023	

Студент

  
(підпис)

О.В. Трохачов

(ініціали та прізвище)

Керівник роботи

  
(підпис)

О.І. Саблін

(ініціали та прізвище)

## Нормоконтроль пройдено

Нормоконтролер

  
(підпис)

С.В. Башлій

(ініціали та прізвище)

## РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка містить 70 сторінок, 19 рисунків, 7 таблиць, 24 джерела.

Темою дипломного проекту є «Модернізація автоматизованої системи комерційного обліку електроенергії промислового підприємства».

Об'єкт дослідження – автоматизована система моніторингу споживання електроенергії. Предметом роботи є підвищення рівня ефективності контролю, моніторинг та прогнозування споживання електроенергії підприємства.

Метою роботи є вдосконалення автоматизованої системи контролю та обліку електроенергії промислового підприємства в частині доповнення її функціями автоматизованої системи моніторингу споживання електроенергії (АСМСЕ) та підвищення точності вимірювання.

В загальній частині розраховані параметри потрібного вимірювального обладнання, що дозволило вдосконалити систему АСКОЕ і створити на її базі систему АСМСЕ, яка дозволяє виконувати більш точний облік та на основі даних моніторингу вибудовувати більш технологічні системи прогнозування енергоспоживання підприємства.

Економічна частина містить економічний аналіз ефективності модернізованої системи. Розраховано такі показники як: чистий дисконтований дохід, індекс дохідності та термін окупності запропонованих заходів.

ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЯ, ЕЛЕКТРОСПОЖИВАННЯ, КОМЕРЦІЙНИЙ  
ОБЛІК, МОНІТОРИНГ СПОЖИВАННЯ, МІКРОПРОЦЕСОРНІ  
ЛІЧИЛЬНИКИ, ІНТЕРФЕЙСИ, ТОЧНІСТЬ ВИМІРЮВАННЯ

# ЗМІСТ

Вступ.....	7
1 Аналіз сучасних можливостей автоматизованих систем комерційного обліку електроенергії.....	10
1.1 Характеристика взаємовідносин між енергосистемою та споживачем електроенергії .....	10
1.2 Основні відомості про тарифи на електроенергію .....	12
1.3 Принципи організації обліку електроенергії .....	15
1.4 Задачі и функції АСКОЕ .....	19
1.5 Структура АСКОЕ, технічні засоби вимірювання, канали зв'язку та режими функціонування.....	22
2 Розробка автоматизованої системи моніторингу споживання електроенергії.....	35
2.1 Загальна характеристика досліджуваного підприємства та поточного стану системи обліку електроенергії .....	35
2.2 Модернізація існуючої АСКОЕ підприємства і доповнення її функціями АСМСЕ .....	37
2.2.1 Основні вимоги до вибору обладнання для автоматизованої системи моніторингу споживання електроенергії (АСМСЕ) підприємства ...	40
2.2.2 Вибір вимірювальних трансформаторів .....	40
2.2.3 Вибір пристрою збору та передачі даних (логічного контролера) АСМСЕ .....	43
2.2.4 Вибір мікропроцесорних лічильників обліку електроенергії.....	49
2.3 Принцип будови архітектури АСМСЕ .....	52
3 Обґрунтування економічної ефективності .....	60
3.1 Техніко-економічне обґрунтування впровадження АСМСЕ ...	60
3.2 Можлива економія від впровадження проектованої АСМСЕ ..	63

3.3 Показники економічної ефективності проекту .....	64
Висновки.....	67
Перелік посилань.....	68

## ВСТУП

Для багатьох промислових підприємств через суттєве подорожчання енергоресурсів їхня частка в собівартості продукції досягає 20-30% і більше. При цьому ще багато підприємств вважають за краще мати розрахунки зі своїми постачальниками енергетичних ресурсів або ґрунтуючись на основі сумарних показань різних приладів, які не мають високої надійності та точності, і які також не можуть обходитися без візуального зняття різних вимірювальних даних (що призводить до обробки результатів вручну), або виходячи з загальної суми всієї потужності всіх установок, і навіть різним розрахунковим нормам енергетичного споживання.

В наш час енергоресурсна торгівля заснована переважно на абсолютному використанні різного роду приладового енергообліку, який має автоматизацію. Цей факт мінімізує участь людей у процесі роботи з інформацією (збір, обробка, передача). Також вищезазначене забезпечує оперативний та точний облік, який має властивість підлаштовуватися до різних тарифних обліків. З цією метою споживач впроваджує на об'єкті різні автоматизовані системи технічного та комерційного обліку своїх енергетичних ресурсів. Тільки якщо споживач, будь-яке підприємство, має сучасну автоматизовану систему обліку енергоресурсів, має можливість стовідсоткового контролю всього процесу енергоспоживання. Також можливий (за узгодженням із постачальником) перехід на різні тарифні системи, з допомогою яких можна мінімізувати витрати.

Комп'ютерний моніторинг споживання енергоресурсів розкрив потенціал непродуктивних витрат енергоносіїв, дозволив контролювати фактичну економію платежів за енергоресурси за суб'єктами господарювання, за періодами часу, за видами енергозберігаючих заходів тощо.

Основні функції та головні завдання АСКОЕ полягають у накопиченні даних енергоспоживання у базі даних, обробці накопичених даних, відображення процесів споживання у вигляді графіків, таблиць. Також є можливість на основі бази накопичених даних прогнозувати електроспоживання,

що вже дозволяє вирішувати задачі з енергоефективності більш високого порядку складності.

За своїм призначенням систему АСКОЕ можна поділити на дві системи обліку: комерційний та технічний облік. До комерційного обліку відносять облік постачання (споживання) електричної енергії підприємством для подальшого грошового розрахунку за поставлену електроенергію (при цьому всі прилади для комерційного обліку мають назву розрахункові або комерційні). Технічним обліком можна назвати облік, який ведеться, щоб контролювати процес споживання/постачання енергії всередині будь-якого підприємства за його об'єктами та підрозділами (так, при цьому прийнято використовувати різні види приладів технічного обліку).

Впровадження систем контролю та обліку енергоресурсів на підприємстві сприяє зменшенню витрат на енергетичні ресурси від 25% до 40% за рахунок:

- оптимізації всіх режимів роботи технологічного обладнання, а також дотримання технологічної дисципліни;
- запровадження багатотарифних систем розрахунків за електроенергетичні ресурси;
- можливість швидко та оперативно виявляти у віддаленому режимі невиробничі втрати електроенергетичних ресурсів;
- точності розрахунків з організаціями та орендарями – постачальниками енергоресурсів;
- виявлення та припинення несанкціонованих підключень;
- зменшення потужності (заявленої) та можливості контролювати та дотримуватись режимів енергоспоживання в оперативному режимі;
- визначення витрат (фактичних) на енергоресурси окремо за виробничим замовленням, технологічними лініями та обладнанням, а також структурними підрозділами;
- підвищення екологічних показників підприємства.



Домагаючись меншого споживання енергії ми сприяємо зниженню рівня забрудненості довкілля як самим підприємством – споживачем (включаючи економію зменшення екологічних платежів), а також сприяємо компаніям, які виробляють енергію, скорочуючи її витрату й тим самим зберігаючи невідновлювальні природні ресурси (такі як газ, вугілля, нафта і т.д.) і цим значно покращуємо екологічну обстановку в регіоні.

Метою роботи є вдосконалення автоматизованої системи контролю та обліку електроенергії промислового підприємства в частині доповнення її функціями автоматизованої системи моніторингу споживання електроенергії (АСМСЕ) та підвищення точності вимірювання.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі завдання:

1. Проаналізувати існуючу систему електропостачання промислового підприємства;
2. Вибрати необхідне обладнання для АСМСЕ підприємства;
3. Визначити техніко-економічні показники АСМСЕ підприємства.

# 1 АНАЛІЗ СУЧАСНИХ МОЖЛИВОСТЕЙ АВТОМАТИЗОВАНИХ СИСТЕМ КОМЕРЦІЙНОГО ОБЛІКУ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ

Автоматизація функцій обліку, контролю та управління процесами споживання електричної енергії при розрахунках споживачів за тарифними зонами шляхом застосування сучасних високоякісних багатфункціональних технічних засобів вимірювання (вимірювальні трансформатори, електролічильники, контролери тощо), раціонального використання енергії у всіх структурних елементах системи обліку (АСКОЕ), є важливою та невід'ємною складовою реалізації енергозберігаючої політики, спрямованої на підвищення ефективності використання енергетичних ресурсів.

## 1.1 Характеристика взаємовідносин між енергосистемою та споживачем електроенергії

Взаємини між енергосистемою та споживачами регламентуються нормативними документами [1-3]. Ці взаємини можна розділити на юридично-правові та оперативно-диспетчерські.

До юридично-правових питань належать такі:

- регламентація порядку приєднання електроустановок споживачів до енергосистеми. Загальні для всіх споживачів питання, пов'язані з організацією обліку електроенергії, компенсацією реактивної потужності, допуском установок, що приєднуються в експлуатацію, зазвичай вирішуються органами Держенергонагляду;

- розмежування балансової приналежності обладнання мереж та експлуатаційної відповідальності між споживачем та енергосистемою. Правильне вирішення цього завдання з урахуванням технічних можливостей споживача та економічної доцільності сприяє забезпеченню заданого рівня надійності електропостачання споживача за оптимальних матеріальних та трудових витрат;

- вибір відповідних тарифів та системи розрахунків за електроенергію. Керуються діючими тарифами на електроенергію та правилами їх застосування, враховують особливості споживача та значення потужності, що приєднується;

- визначення умов електропостачання споживачів у період виникнення в енергосистемі тимчасових дефіцитів потужності або енергії. При аварійних розвантаженнях в енергосистемі споживач зобов'язаний беззастережно виконувати вимогу енергопостачальної організації щодо зниження навантаження або обмеження електроспоживання відповідно до заздалегідь затверджених графіків обмежень та відключень споживачів при нестачі електричної потужності та енергії в енергосистемі;

- визначення порядку допуску персоналу енергосистеми до електроустановки споживачів для оперативних перемикачів у транзитній частині підстанцій та виконання робіт із спорудження та ремонту електричних мереж електропостачальної організації, розташованих на території споживачів. Представники органів енергетичного нагляду користуються правом безперешкодного допуску до електроустановки споживача, контролю за режимом електроспоживання, раціональним використанням електричної енергії та нагляду за технічним станом електрогосподарства;

- регламентація відповідальності енергосистеми та споживачів за електропостачання, якість електроенергії та дотримання правил користування електричною енергією. Енергосистема зобов'язана забезпечити споживачів електроенергією належної якості безперебійно відповідно до укладених договорів.

Техніко-економічні питання взаємовідносин між енергосистемою та споживачами пов'язані з розробкою та виконанням:

- технічних умов на приєднання електроустановок споживачів до енергосистеми;

- схеми розміщення приладів контролю якості електроенергії;

- схеми розміщення приладів обліку електроенергії; нормативів щодо компенсації реактивної потужності та оптимальних режимів електропостачання споживачів за нормальних та аварійних умов функціонування енергосистеми та оптимальних режимів електроспоживання;

- правил та норм щодо надійності та економічної експлуатації електроустановок споживачів.

Оперативно-диспетчерські питання визначаються необхідністю забезпечення:

- електропостачання споживачів відповідно до обраного рівня надійності схем їх зовнішнього живлення;

- нормальних умов експлуатації та ремонту обладнання мереж та приладів енергосистеми та споживачів;

- встановлених стандартом норм якості електроенергії;

- економічних режимів роботи енергосистеми та електроустановок споживачів;

- розвантаження енергосистеми задля збереження стійкості її режиму у разі виникнення тимчасових аварійних дефіцитів потужності та енергоресурсів.

Під час розробки АСКОЕ необхідно приділити увагу пунктам 2-4 юридично-правових питань, а також пунктам 3, 5 техніко-економічних питань.

## 1.2 Основні відомості про тарифи на електроенергію

Під тарифом розуміється система відпускних ціни електроенергії, диференційованих для різних груп споживачів. Розробка тарифів базується на принципах:

- відшкодування енергосистемам їх витрат на виробництво, передачу, розподіл та збут енергії та забезпечення прибутку, необхідного для розвитку енергетики та утворення фондів економічного стимулювання;

- стимулювання підвищення економічності роботи енергосистеми та покращення режиму роботи електроустановок споживачів;

- диференціювання тарифів по регіонах та групам споживачів виходячи із собівартості виробництва електроенергії;
- ясності щодо своєї мети;
- забезпечення простоти вимірювань енергії та розрахунків зі споживачами.

Одноставковий тариф, що складається з плати за кіловат-годину (кВт·год) відпущеної споживачеві активної електричної енергії, та двоставковий тариф, що складається з річної плати за 1 кВт·год заявленої споживачем потужності (найбільшої півгодинної електричної потужності, що споживається в період максимального навантаження енергосистеми). Години максимуму навантаження енергосистеми встановлюються енергопостачальною організацією, що бере участь у максимумі генерації в енергосистемі та плати за 1 кВт·год спожитої активної електричної енергії:

1. Тариф за лічильником електроенергії – передбачає плату  $\Pi$  тільки за електроенергію, кВт·год, враховану лічильниками:

$$\Pi = E \cdot \epsilon,$$

де  $\epsilon$  – тарифна ставка за 1 кВт·год спожитої енергії, грн/ кВт·год;

$E$  – кількість спожитої енергії, врахованої лічильниками, кВт·год.

2. Ступінчастий тариф за лічильником – для кожного ступеня встановлюється своя вартість 1 кВт·год, яка зі збільшенням меж споживання енергії знижується:

$$\Pi = E \cdot \epsilon_1 \quad \text{при} \quad 0 \leq E \leq E_1;$$

$$\Pi = E \cdot \epsilon_2 \quad \text{при} \quad E_1 \leq E \leq E_2;$$

.....

$$\Pi = E \cdot \epsilon_n \quad \text{при} \quad E_{n-1} \leq E,$$

де  $0 \dots E_1, E_1 \dots E_2$  – межі споживання енергії; кВт·год;

$\epsilon_1 > \epsilon_2 > \epsilon_n$  – вартість 1 кВт·год для відповідних меж споживання енергії, грн/ кВт·год.

3. Диференційований тариф за лічильником – передбачається ступінчаста тарифна ставка тільки для частини спожитої енергії в межах, що розглядається:

$$\Pi = E_1 \cdot \epsilon_1 + E_2 \cdot \epsilon_2 + \dots + [E - (E_1 + E_2 + \dots + E_{n-1})] \cdot \epsilon_n,$$

де  $\epsilon_1 > \epsilon_2 > \epsilon_n$  – тарифна ставка для частин споживання енергії  $E_1 + E_2 + \dots + E_n$ , сума яких дорівнює загальному споживанню енергії  $E$ .

4. Потрійний тариф – передбачає, крім плати за спожиту потужність та енергію, плату за приєднання до системи електропостачання:

$$\Pi = P_a + Z_s + c,$$

$P$  – загальна приєднана потужність, кВт;

$a$  – плата за одиницю приєднаної потужності, грн/кВт;

$c$  – постійна плата за приєднання, грн.

5. Двоставковий тариф з основною ставкою за потужність приєднаних електроприймачів – передбачає плату за сумарну потужність приєднаних електроприймачів  $P$  та плату за спожиту електроенергію, кВт·год, враховану лічильниками:

$$\Pi = P_n \cdot a + E \cdot \epsilon.$$

6. Двоставковий тариф з оплатою максимального навантаження передбачає оплату як максимального  $P_{\max}$  (кВт) навантаження споживача (основна ставка), так і спожитої електроенергії, кВт·год, врахованої лічильниками:

$$\Pi = P_{\max} \cdot a + E \cdot \epsilon,$$

де  $P_{\max}$  – максимальна одноразова потужність споживача, кВт·год;

$E$  – загальне споживання електроенергії;

$a$  – плата за 1 кВт максимальну потужність; грн/кВт.

$\epsilon$  – плата за 1 кВт·год, грн/кВт·год.

7. Двоставковий тариф з основною ставкою за потужність споживача, що бере участь у максимумі енергосистеми – враховує не взагалі максимальну

потужність споживача, а заявлену їм одноразову потужність, що бере участь у максимумі ЕЕС,  $P_{зmax}$ :

$$\Pi = P_{зmax} \cdot a + E \cdot b,$$

8. Для споживачів із сезонним характером роботи місячна плата за 1 кВт визначається розподілом річної плати за 1 кВт, встановленої у преїскуранті, на період роботи (у місяцях) сезонного споживача протягом року.

Диференційовані за періодами часу тарифи можуть використовуватись для розрахунків із споживачами замість одноставкових або двоставкових тарифів за умови наявності відповідних технічних способів комерційного обліку споживання електроенергії.

### 1.3 Принципи організації обліку електроенергії

Правильна організація обліку споживання електроенергії необхідна тому, що її виробництво та споживання практично збігаються в часі і припущена помилка в обліку електроенергії у виробництві чи вимірі не піддається виправленню методом повторного виміру. Вона може бути виправлена лише непрямим (розрахунковим) шляхом. Однак такий розрахунок є наближеним. Його похибку не можна порівняти з похибкою застосовуваних приладів обліку. Саме тому всі установки, що виробляють та споживають електроенергію, обладнуються відповідними приладами обліку.

Облік та контроль витрати електроенергії в адміністративних будинках призначений:

- для здійснення маркетингових відносин між постачальниками та споживачами електроенергії;
- для організації контролю об'єктом та його окремими підрозділами встановлених та договірних норм та планів електроспоживання;
- для оперативного управління процесами виробництва, перетворення, перерозподілу, кінцевого використання електроенергії;

- для розроблення та впровадження науково обґрунтованих норм витрати електроенергії;

- для планування та прогнозування електроспоживання та максимальних навантажень.

Облік витрати електроенергії здійснюється такими способами:

- приладовим;
- розрахунковим;
- дослідно-розрахунковим.

Приладовий спосіб є основним та передбачає вимірювання витрати енергоресурсів за допомогою стандартних вимірювальних приладів - електричних лічильників активної та реактивної енергії. Приладовий облік електроенергії повинен забезпечувати необхідну точність вимірювань електричних параметрів за максимальних витрат.

Розрахунковий спосіб – у разі, якщо приладовий спосіб технічно неможливий або економічно недоцільний.

Дослідно-розрахунковий спосіб – у разі, якщо встановлення приладів економічно недоцільне, а застосування тільки розрахункового способу не забезпечує необхідної точності визначення даного показника.

Основні вимоги до обліку електроенергії регламентовані [4, 5]. Вони рекомендують два види обліку електроенергії:

- розрахунковий (комерційний), що фіксує вироблену та відпущену електроенергію для визначення її вартості;
- технічний, що контролює витрати електроенергії споживачами.

Для організації розрахункового обліку у споживачів треба знати робочу потужність (навантаження), дозволена споживачеві для приєднання до енергосистеми по кожній із приєднаних ліній, схему електропостачання та межу розділу мережі електропостачальної організації та споживача групи електроприймачів споживача з різними тарифами за електроенергію. Залежно від схеми електропостачання розрахунковий облік може бути організований як



на живлячих лініях, та й у інших пунктах електроустановки споживача. За наявності загального розрахункового обліку на лініях живлення розрахунковий облік організується також для кожної групи електроприймачів з різними тарифами на електроенергію.

Електролічильники з фіксацією максимального навантаження встановлюються у приміщенні для забезпечення контролю навантаження персоналом. Якщо вибране місце організації обліку максимального навантаження збіглося з місцем організації розрахункового обліку, то встановлюється лише один лічильник з фіксацією максимального навантаження, який також використовується для обліку активної енергії.

Кола приладів розрахункового обліку визначає Енергонагляд. Розрахункові лічильники купуються та встановлюються споживачами та передаються безоплатно на баланс та в експлуатацію Енергонагляду.

Вимірювальні трансформатори струму та напруги для організації розрахункового обліку купуються, встановлюються та експлуатуються споживачем, на балансі якого знаходиться електроустановка.

Облік максимального навантаження необхідно по можливості укрупнювати, тобто якщо можна організувати такий облік на вводах ліній живлення, то це роблять, не зважаючи на місця встановлення звичайних розрахункових лічильників. У цих випадках лічильники з фіксацією максимального навантаження будуть додатковими до розрахункових лічильників і за ними визначатимуться лише навантаження в години добових максимумів енергосистеми.

Розрахунковий облік в установках споживачів поряд із застосуванням за прямим призначенням використовується енергосистемою також для:

- контролю за дотриманням споживачем плану та режиму електроспоживання протягом доби та місяця;
- контролю за дотриманням заявленої споживачем потужності у години добових максимумів навантаження енергосистеми;

- контролю над режимом роботи компенсуючих пристроїв споживача.
- зняття добових графіків навантаження споживача.

Необхідність встановлення приладів технічного обліку та контролю визначається залежно від обсягу енергоспоживання. Електроенергія, що витрачається споживачем на освітлення та інші потреби будівель та приміщень, не пов'язаних із виробництвом, оплачується за одноставковим тарифом.

Заявлена споживачем та прийнята енергосистемою потужність на кожен квартал року фіксується у договорі на користування електроенергією, у договорі проставляється також сума основної річної плати за заявлену потужність. Час контролю за фактичним навантаженням встановлюється енергосистемою по кварталах і не повинен перевищувати: з жовтня по березень вранці 2 год., увечері 4 год.; з квітня по вересень вранці 2 год., увечері 3 год.

Спосіб та умови контролю максимального навантаження із зазначенням приладів, за якими він вироблятиметься, мають бути обумовлені у договорі на користування електроенергією.

Якщо фактичне навантаження споживача перевищить значення, передбачене договором, наприкінці кварталу провадиться перерахунок суми плати за фактичним максимальним навантаженням споживача за розрахунковий квартал за встановленою преїскурантом платою за 1 кВт.

Оплата додаткової потужності не дає права споживачеві на подальше використання без отримання від енергосистеми відповідного дозволу.

Якщо фактичне навантаження споживача буде нижчим за договірну, оплата провадиться за значенням потужності обумовленої договором. За бажання зменшити або збільшити обумовлену договором оплачувану потужність споживач подає про це заяву в енергосистему за місяць до початку періоду зміни оплачуваної потужності. Період зниження оплачуваної потужності має бути не менше 3 місяців.

У разі самовільного приєднання споживачами потужності крім розрахункових приладів обліку енергосистема стягує зі споживача в

беззаперечному порядку за відповідним тарифом за перевитрату електроенергії за приєднаною крім приладів обліку потужності за весь період користування з дня останньої перевірки електроустановки. до відключення потужності від мережі до оформлення споживачем відповідного дозволу від енергосистеми.

Споживачі – регулятори графіка навантаження оплачують електроенергію лише за додатковою платою двоставкового тарифу. Годинник та режим роботи електроустановок споживача – регулятора навантаження вказується у договорі.

Основним способом збору показань лічильників для щомісячних розрахунків за електроенергію із зазначеною групою споживачів є прийом повідомлень споживачів телефоном. Енергонагляд повідомляє кожного споживача листом про встановлені для нього дати передачі показань розрахункових лічильників та номери телефонів для передачі показань та організовує прийом показань лічильників до Енергонагляду.

Журнали, в яких ведуться споживачами запису показань розрахункових лічильників, підлягають узгодженню з Енергонаглядом та опломбуванню ним.

Напрямом подальшого вдосконалення обліку та контролю витрати енергії є впровадження автоматичних систем.

#### 1.4 Задачі і функції АСКОЕ

Удосконалення управління електрогосподарством промислового підприємства, скорочення втрат електроенергії рахунок контролю та обліку її, зниження заявленого максимуму пов'язані з проведенням технічних і організаційних заходів. Одним із них є створення автоматизованої системи управління енергогосподарством (АСУЕ).

На підставі аналізу вимог п.1.1 цього розділу можна виділити завдання та функції, наведені нижче.

Завдання АСКОЕ з контролю, обліку та управління електроспоживанням:

- розрахункові завдання: визначення заявленого максимуму електричного навантаження; розрахунок втрат електроенергії;

- Завдання обліку: облік активної електроенергії, що споживається від енергосистеми; облік реактивної електроенергії, що споживається госпрозрахунковими підрозділами та енергооб'єктами;

- виведення інформації та звітності у складі: змінно-добовий баланс електроенергії; звітний баланс електроенергії за декаду, місяць, квартал, рік; виведення графічної інформації на кольоровий графічний термінал;

- завдання управління у складі: управління електроспоживанням об'єкта; керування розподілом реактивної потужності.

При реалізації завдань обліку, контролю та управління електроспоживанням у складі АСКОЕ ставиться мета економії палива, електроенергії, підвищення якості основного продукту за рахунок забезпеченості енергоживленням, досягнення оптимального навантаження завдяки управлінню споживачами – регуляторами тощо.

Функціональні можливості нижнього рівня АСКОЕ:

- збирання та зберігання інформації, що надходить від точок обліку;
- організація груп обліку;
- обчислення параметрів потоків енергії за кожною точкою та групою обліку;

- прогнозування випадків перевищення заявленої активної (реактивної) потужності заданих значень у години максимальних навантажень енергосистеми та звукова сигналізація у разі факту перевищення середньої напруги;

- попередження про перевищення добового, місячного та квартального лімітів електроспоживання середньої напруги; індикація у цифровому вигляді:

- 1) поточний системний час;
- 2) параметри потоків енергії;
- 3) числа та часу перевищень.

- контрольована (за допомогою пломбування) можливість оновлення значень системного часу, лімітів потужності, коефіцієнтів точок обліку, тимчасових зон доби, лімітів електроспоживання.

Функціональні можливості верхнього рівня АСКОЕ:

- збирання та зберігання інформації, що здійснюється в автоматичному або ручному режимі за командою оператора ПЕОМ;

- документування інформації про споживання електроенергії. Форма вихідних документів визначається енергоменеджером (оператором ПЕОМ) шляхом введення шаблонів;

- побудова добових графіків споживаної потужності по кожній головній групі обліку. Графік будується на основі півгодинних значень потужності.

Керуючі функції з електроспоживання:

- регулювання електроспоживання за допомогою споживачів-регуляторів з використанням одноканального логічного (за пріоритетом) управління об'єктами;

- програмне логічне керування групою обладнання; наприклад, включення на початку робочої зміни та відключення в кінці її в заданій послідовності груп вентиляційних установок, кондиціонерів, освітлювальної апаратури з метою зниження витрати електроенергії.

До інформаційних функцій відносяться:

- централізований контроль та облік електроенергії;
- непрямий вимір показників електроспоживання до обчислення їх значень по госпрозрахункових підрозділах, групам споживачів;

- формування та видача оперативному персоналу служби головного енергетика необхідної інформації з електроспоживання у символічному та графічному вигляді;

- підготовка до передачі даних з витрат електроенергії в АСКОЕ для розрахунку питомих витрат енергоресурсів на одиницю продукції, нормування та планування енергоспоживання;

- прогнозування графіка навантаження з метою прийняття оператором оптимальних рішень щодо управління електроспоживанням.

1.5 Структура АСКОЕ, технічні засоби вимірювання, канали зв'язку та режими функціонування

Система АСКОЕ являє собою дворівневу або тривірневу територіально розподілену структуру програмно-апаратних засобів визначення, збору, збереження та передачі даних обліку електроенергії [8].

Наприклад, система АСКОЕ «Побут» має дворівневу структуру та властивість цілісності та централізоване керування. За функціональним призначенням АСКОЕ «Побут» поділяється на дві функціональні складові – вимірювальну частину АСКОЕ «Побут», яка забезпечує формування і зберігання первинних даних та частину збору даних АСКОЕ «Побут».

Вимірювальна частина АСКОЕ «Побут» структурно розташована на нижньому рівні системи, збір та обробка даних – верхній рівень системи.

На нижньому рівні АСКОЕ «Побут» забезпечує:

- визначення обсягів електричної енергії, яка надійшла в мережу об'єкту обліку на час опитування лічильників;
- накопичування та зберігання в базі даних первинних значень вимірювання та передачу цих даних на верхній рівень АСКОЕ «Побут» каналами та засобами зв'язку (накопичення та передача даних виконується згідно встановленого регламенту).

На верхньому рівні АСКОЕ «Побут» здійснює та забезпечує:

- отримання та зберігання отриманої інформації;
- експортування отриманої інформації до білінгової системи енергопостачальної компанії;
- можливість дистанційного відключення споживача у випадках і порядку, передбачених законодавством;

- можливість безперервного контролю за справною роботою всіх засобів обліку електроенергії;
- можливість контролю балансу активної енергії на заданих ділянках мережі з метою виявлення можливих порушень у споживанні електроенергії;
- можливість контролю розбалансу величин струмів у фазному та нульовому колах однофазних лічильників;
- можливість перегляду миттєвих параметрів електромережі з трифазних лічильників;
- можливість перегляду журналу подій тарифних лічильників;
- можливість формування бази даних про спожиту електроенергію по об'єктах і споживачах;
- базу даних без обмежень по часу, об'єму та кількості користувачів;
- має український інтерфейс;
- забезпечує надання адміністраторам можливості конфігурування параметрів одного й групи електролічильників з фіксацією найменування користувача, виконуючого конфігурування;
- забезпечує можливість зчитування даних з електролічильників по попередньо створеному розкладі й у будь-який момент часу з диспетчерського центра;
- забезпечує доступ до бази даних із розмежуванням повноважень;
- забезпечує обробку та аналіз зібраних даних, баланс споживання;
- забезпечує формування звітів у спожитій електроенергії як по окремих споживачах так і по об'єктах в цілому в табличному й графічному виді, можливість експорту в таблиці Excel.

Для функціонування автоматизованих систем вітчизняним виробником – компанією «НІК» виробляється певна кількість типів розумних лічильників електричної енергії для однофазних та трифазних споживачів. В залежності від виконання, ці лічильники можуть виконувати такі функції: вимірювання активної та реактивної енергії по тарифним зонам (1-4 тарифні зони),

визначення сумарної спожитої електроенергії, фіксування значень потужності кожну годину або півгодини, фіксування значень напруги у певний момент.

В якості комунікаційних модулів використовуються контролери збору КС-02 (рис. 1.1), комутаційні контролери КК-01, подовжувачі інтерфейсу Р-485 та ретранслятори РТ-01, які встановлені, згідно креслень робочого проекту.

Контролер збору даних КС-02 використовується в якості пристрою зберігання та передавання даних, призначений для забезпечення каналу зв'язку між вимірювальною частиною АСКОЕ «Побут» (структурно розташованою на нижньому рівні системи) по радіоканалу та сервером енергопостачальної компанії по каналам GSM/GPRS.



Рисунок 1.1 – Зовнішній вигляд контролеру збору даних КС-02

Контролер збору даних має можливість виконувати наступне:

- накопичувати власну базу даних (БД) (до 2000 лічильників), що зберігається в енергонезалежній пам'яті та в зазначений розкладом час передавати інформацію БД на сервер енергопостачальної компанії;

- виконувати зчитування та передавання даних з окремого лічильника в будь-який час по запиту АТ ДТЕК.



Контролер збору даних КС-02 має вбудований модуль радіоканалу стандарту IEEE 802.15.4 (2,4 ГГц), модуль електричного інтерфейсу PLC та RS-485. У випадку збору даних з використанням інтерфейсу RS-485 до контролеру збору даних КС-02 можливо підключення до 31 пристрою.

Комутаційний контролер КК-01-09 (рис. 1.2) призначений для забезпечення обміну даними між вимірювальною частиною АСКОЕ «Побут» (групи лічильників електроенергії) по радіоканалу стандарту IEEE 802.15.4 (2,4 ГГц) і комутаційним контролером КК-01-09 по PLC-каналю.

Комутаційний контролер КК-01-10 має вбудований модуль електричного інтерфейсу PLC (0,38 кВ) та призначений для забезпечення каналу зв'язку між комутаційним контролером КК-01-09 по PLC-каналю і контролером збору даних КС-02-08 по інтерфейсу RS-485.



Рисунок 1.2 – Зовнішній вигляд комутаційного контролера КК-01-10

Продовжувач інтерфейсу Р-485 призначений для перетворення каналу передачі даних по інтерфейсу RS-485 в радіоканал і навпаки (збільшує зону дії).

P-485 забезпечує надійний зв'язок на відстані до 500 метрів (при прямій видимості).

АСКОЕ «Побут» забезпечує наступну функціональність:

- фіксацію у заданий момент часу результатів збору облікової інформації об'ємові споживання електроенергії від лічильників площадок споживача;
- діагностування працездатності технічних та програмних засобів АСКОВЕ «Побут» та формування повідомлень про порушення працездатності;
- дистанційне передавання за запитом в службу обліку енергопостачальної компанії результатів обліку електроенергії.

Режим функціонування АСКОВЕ «Побут» здійснюється безперервно в реальному часі крім випадків усунення несправностей та проведення регламентних робіт.

Усі операції, які виконує АСКОВЕ «Побут» в процесі її розгортання, можна класифікувати:

- основні, які забезпечують безпосередньо функції обліку і контролю за прийомом, розподілом і реалізацією електричної енергії;
- сервісні, які забезпечують налагоджування, конфігурування та підтримку окремих вузлів, фрагментів та АСКОВЕ «Побут» в цілому у робочому стані;
- по ступеню автоматизації – автоматичні, автоматизовані.

Організація виконання функцій обліку і контролю за прийомом, розподілом і реалізацією електричної енергії припускає:

- автоматичне вимірювання параметрів споживання електроенергії і формування первинних баз даних трифазних електронних багатофункціональних лічильників;
- автоматичне вимірювання та визначення об'єму споживання електроенергії в однофазній мережі змінного струму об'єктів обліку з допомогою однофазних електронних лічильників;

- періодичне (або за запитом) отримання інформації від лічильників та формування БД ПЗПД (в даному випадку БД КС-02);
- передавання у встановлений розкладом час, бази даних до серверу енергопостачальної компанії.

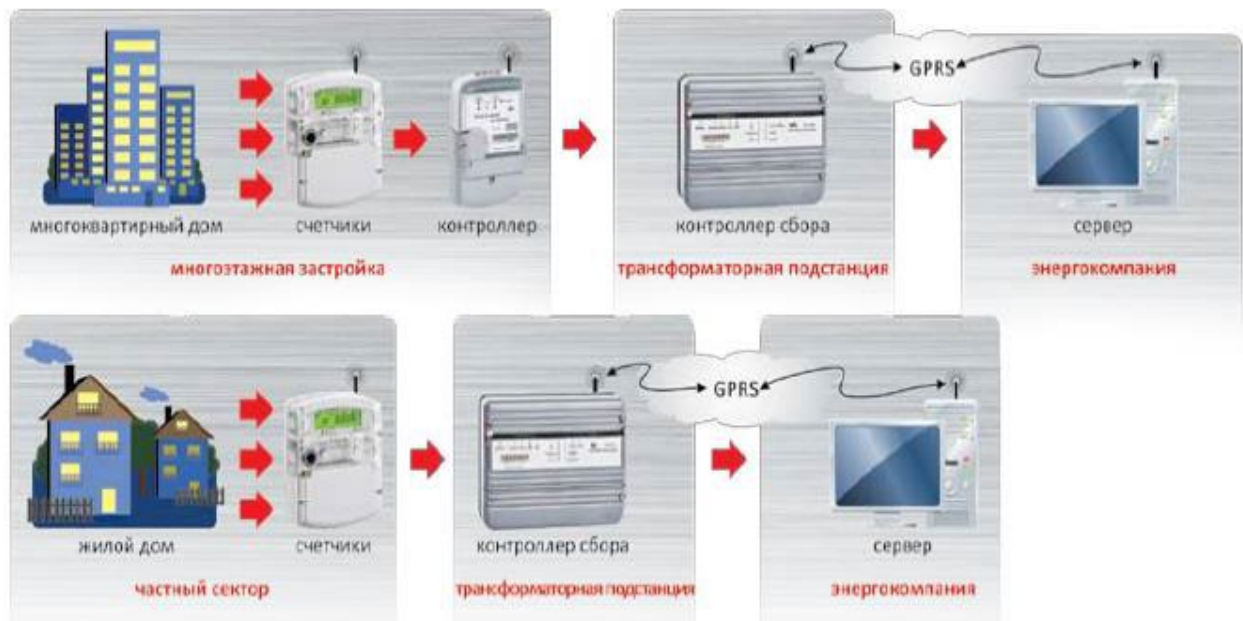


Рисунок 1.3 – Спрощена схема функціонування АСКОЕ «Побут»

Наприклад, АСКОЕ побудовані на базі АПК «Сатурн» (рис. 1.4) дозволяють одержувати розгорнуту картину енергоспоживання й розподілу енергоресурсів всередині підприємства в режимі реального часу, вирішити весь комплекс завдань з оптимізації енерговитрат та енергопостачання його структурних підрозділів, аж до кожного конкретного споживача. Крім того, АСКОЕ дає можливість поєднати планування енерговитрат із планом випуску готової продукції, виділити енергоскладову в собівартості на кожному етапі виробництва, проаналізувати моменти перевантаження або навпаки простою енергоємного обладнання та ін. АСКОЕ на базі АПК «Сатурн» складається із двох підсистем: підсистема збору й первинної обробки інформації; підсистема формування баз даних та роботи з ними.

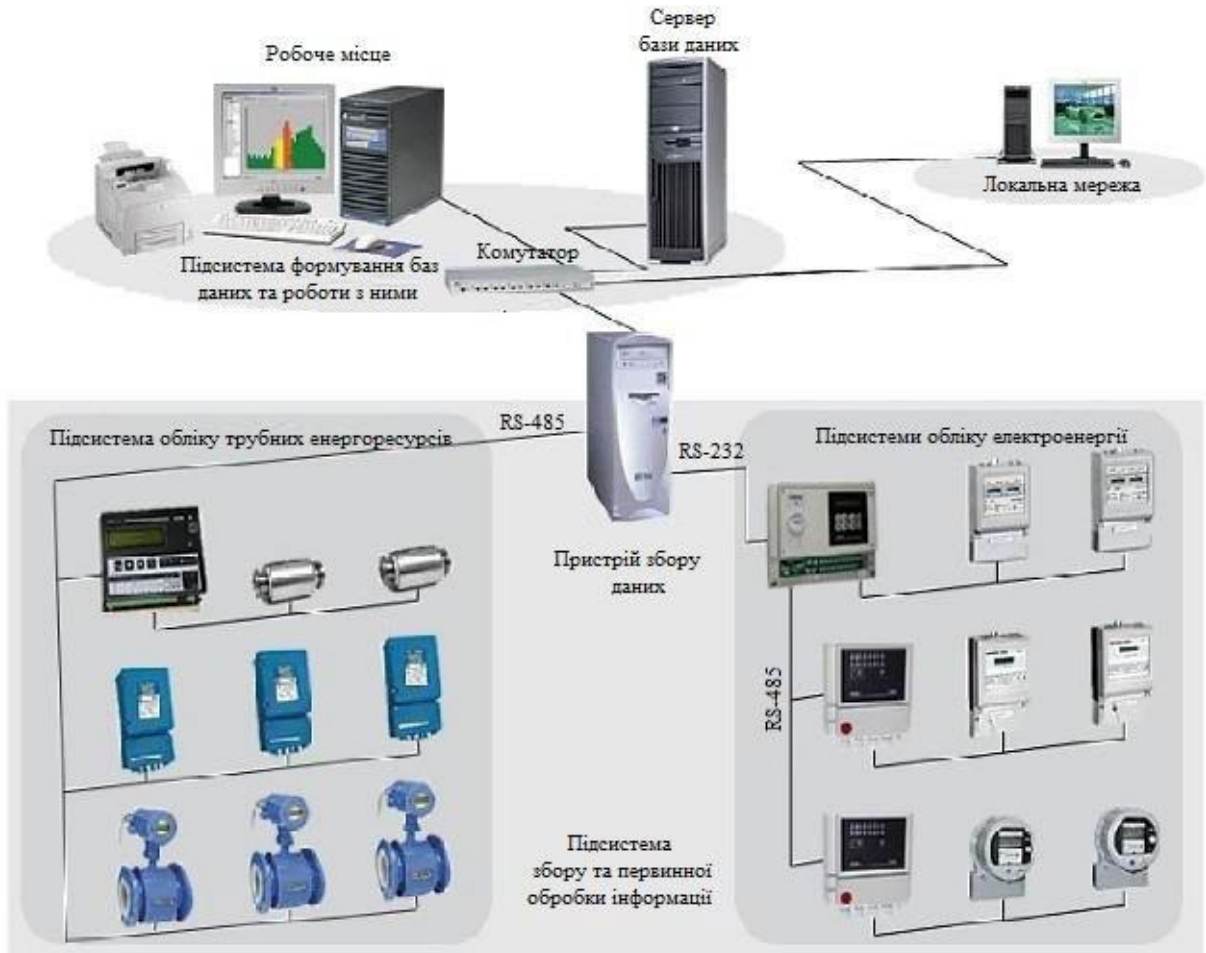


Рисунок 1.4 – АСКОЕ на базі АПК «Сатурн»

За наявності сучасної АСКОЕ промислове підприємство повністю контролює весь свій процес енергоспоживання і має можливість за узгодженням з постачальниками енергоресурсів гнучко переходити до різних тарифних систем, мінімізуючи витрати.

Слід зазначити, що розвиток тарифних систем, які гармонізують суперечливі інтереси постачальника і споживача енергоресурсів, відповідає світовій практиці. Вирішення проблеми обліку електроенергії вимагає створення автоматизованих систем контролю і обліку, які в загальному випадку містять два або три рівні (рис. 1.5) [7, 8]:

- нижній рівень – первинні вимірювальні перетворювачі (ПВП) з телеметричними виходами, з безперервним або мінімальним інтервалом усереднювання вимірювальних параметрів електроенергії;

- середній рівень – контролери (спеціалізовані вимірювальні системи або багатофункціональні програмовані перетворювачі) з вбудованим програмним забезпеченням обліку, які здійснюють в заданому циклі інтервалу усереднювання цілодобовий збір вимірювальних даних з територіально розподілених ПВП, накопичення, оброблення і передавання цих даних на верхній рівень;
- верхній рівень – персональний комп'ютер (ПК) із спеціалізованим програмним забезпеченням АСКОЕ, що здійснює збір інформації з контролера (або групи контролерів) середнього рівня, підсумкове оброблення цієї інформації як по точках обліку, так і по їх групах (підрозділам і об'єктам підприємства), відображення і документування даних обліку у вигляді, зручному для аналізу і ухвалення рішень (керування) оперативним персоналом служби головного енергетика і керівництвом підприємства.

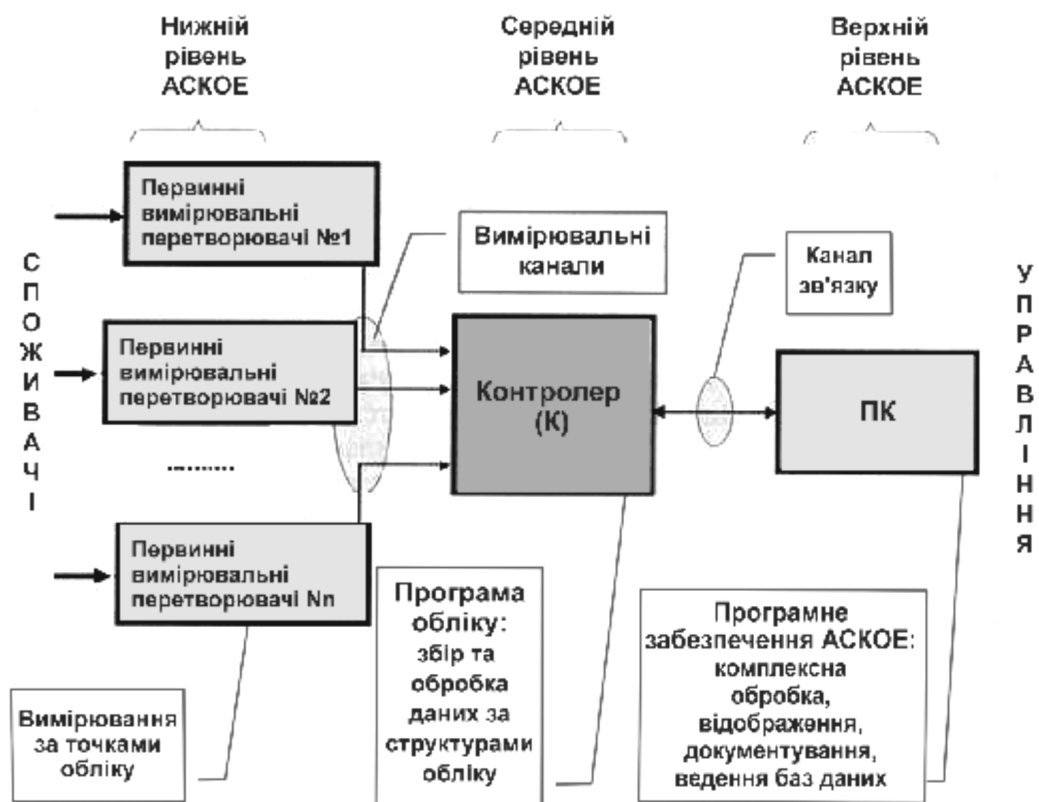


Рисунок 1.5 – Узагальнена схема трирівневої АСКОЕ

Нижній рівень АСКОЕ пов'язаний із середнім рівнем вимірювальними каналами, в які входять всі вимірювальні засоби і лінії зв'язку від точки обліку до контролера. Середній рівень АСКОЕ поєднаний з верхнім рівнем каналом зв'язку, в якості якого можуть використовуватися фізичні проводові лінії зв'язку (рис. 1.6) та передача інформації через GSM (рис. 1.7). Схема побудови АСКОЕ регіонального ринку електроенергії наведена на рис. 1.8.

У даний час стрімкого розвитку мікроелектроніки і зниження цін на електронні компоненти цифрові системи керування поступово витісняють своїх аналогових конкурентів. Одна із головних переваг цифрових систем керування на базі мікроконтролерів – гнучкість і багатфункціональність, які досягаються не апаратно, а програмно без додаткових матеріальних витрат, а також підвищення точності й надійності обліку. Цифровий лічильник електроенергії на базі простого мікроконтролера має очевидні переваги: надійність за рахунок повної відсутності елементів, що труться, компактність, можливість виготовлення корпусу з врахуванням інтер'єру сучасних житлових будинків; збільшення періоду перевірок у декілька разів; ремонтпридатність і простота в обслуговуванні та експлуатації. При невеликих додаткових апаратних і програмних витратах навіть простий цифровий лічильник може володіти рядом сервісних функцій, відсутніх у всіх механічних, наприклад, можливістю реалізації багатотарифної оплати за споживану енергію, автоматизованого обліку і контролю споживаної електроенергії.

Залежно від вимог сучасні цифрові лічильники повинні у будь-який момент часу оперативно передавати необхідні дані різними каналами зв'язку на диспетчерські пункти енергопостачальних підприємств для оперативного контролю і економічних розрахунків споживання електроенергії.

Не менш важливу роль мають різні сервісні функції, такі як дистанційний доступ до лічильника, до інформації про спожиту енергію і багато інших. Наявність цифрового дисплея, керованого мікроконтролером, дозволяє програмно встановлювати різні режими виведення інформації, наприклад,

виводити на дисплей інформацію про спожиту енергію за кожен місяць, за різними тарифами тощо.

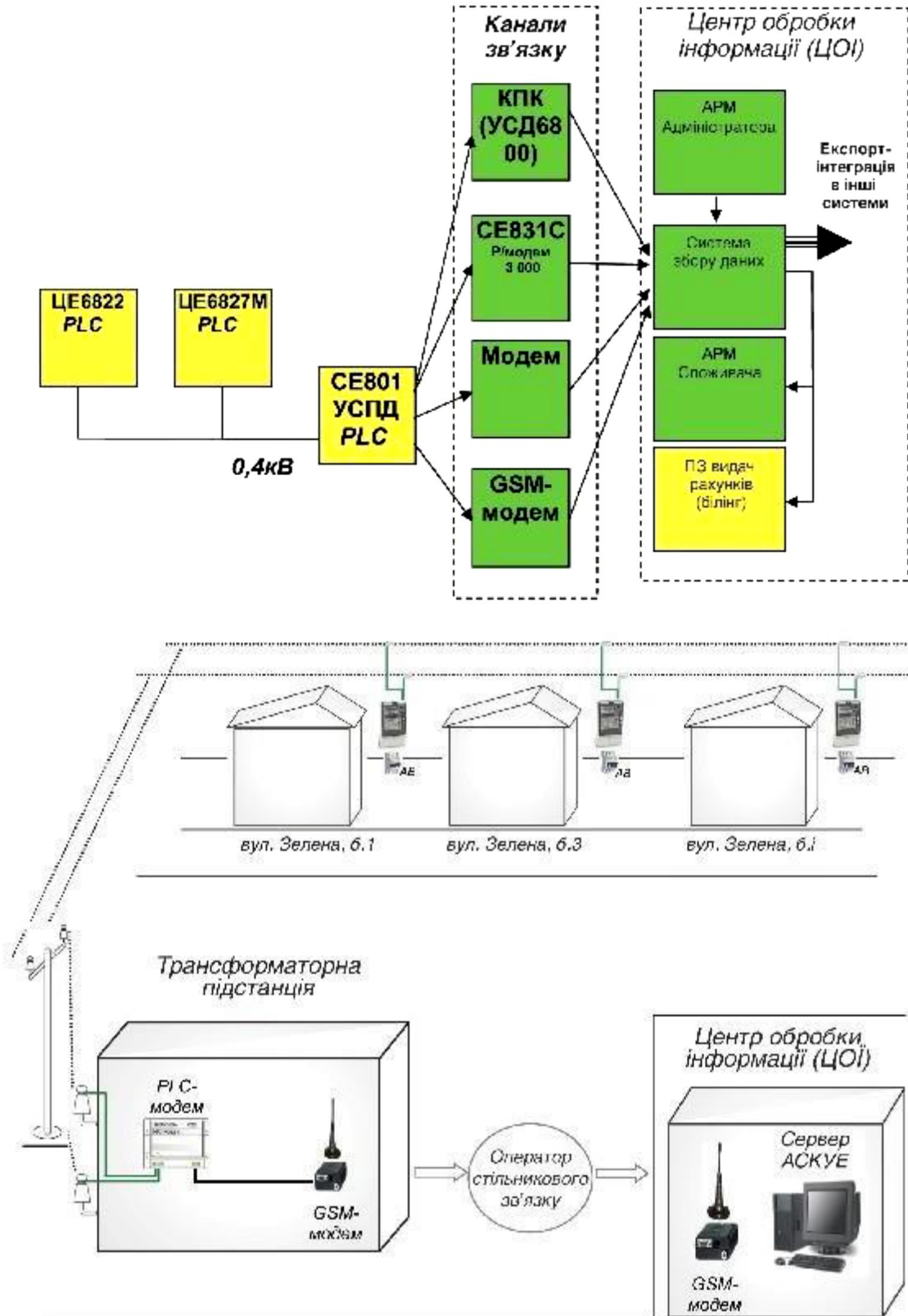


Рисунок 1.6 – Схема АСКОЕ з передачею даних силовою мережею 0,4 кВ



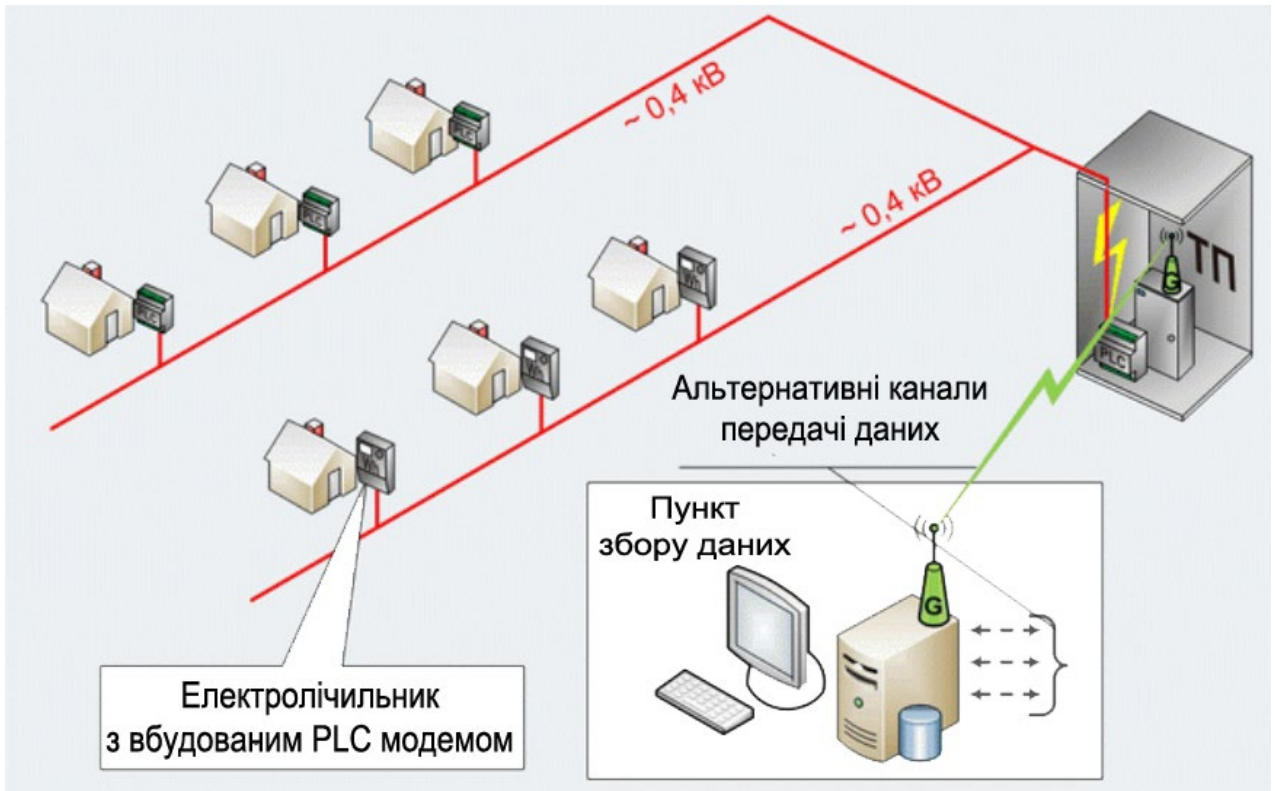


Рисунок 1.7 – Структура автоматизованої системи контролю та обліку електроенергії з передачею інформації через GSM

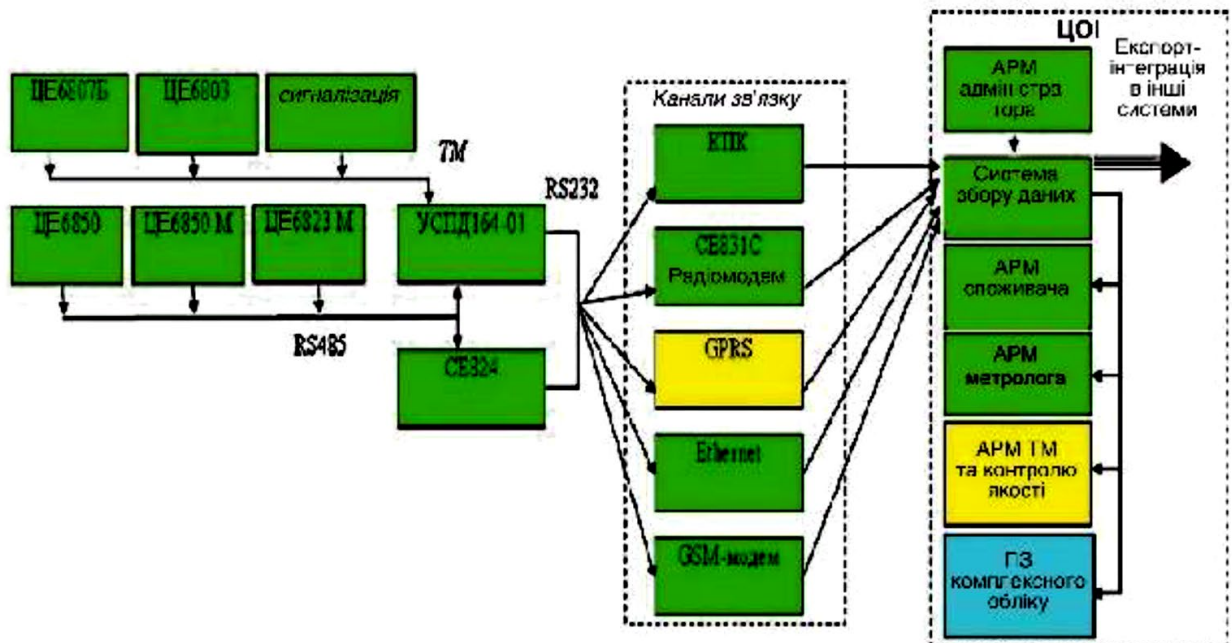


Рисунок 1.8 – Схема побудови АСКОЕ регіонального ринку електроенергії



Промисловістю в Україні й за кордоном випускаються для потреб АСКОЕ лічильники-датчики на мікропроцесорній основі різного типу і призначення – одно- і трифазні, одно- і багатотарифні, комбіновані інтелектуальні багатофункціональні [7-10], першими з яких були лічильники Альфа виробництва АВВ. На рис. 1.9 показано загальний вигляд деяких типів лічильників-датчиків, які використовуються в АСКОЕ.

Завдяки застосуванню передових технологій проведення вимірів і використанню мікрокомп'ютерних технологій, сучасні високоточні електронні лічильники призначені для проведення вимірів в широкому діапазоні та виконання тарифних функцій. Будучи комбінованими і такими, що включаються через трансформатори струму і напруги, лічильники реєструють активну і реактивну енергію в обох напрямках з класом точності 0,2 і 0,5 – при вимірі активної енергії і 1,0 – реактивної енергії. За допомогою сервісної програми, якою оснащується ПК, всі робочі параметри встановлюються індивідуально.



Рисунок 1.9 – Загальний вигляд лінійки лічильників-датчиків, що використовуються в АСКОЕ

Впровадження автоматизованих систем контролю і обліку енергоресурсів є стратегічним напрямом підвищення ефективності енергетичного потенціалу країни.

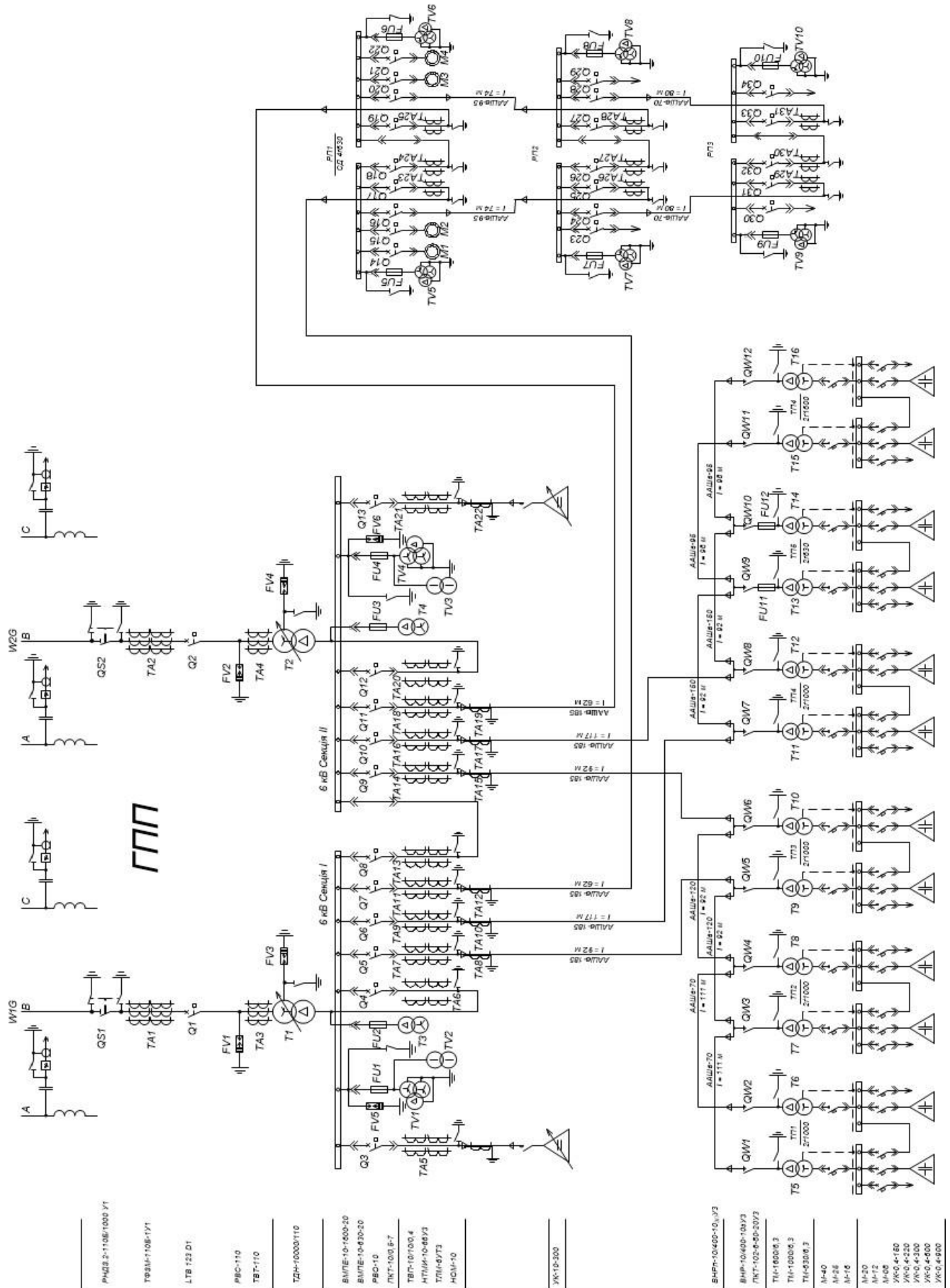
## 2 РОЗРОБКА АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ СПОЖИВАННЯ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ

В даному розділі пропонується модернізація існуючої системи збору та обліку даних електроспоживання за допомогою створення автоматизованої системи моніторингу споживання електричної енергії (АСМСЕ), що окрім фіксації даних енерговитрат дозволить здійснювати технічний та комерційний облік електроенергії і потужності в реальному часі, безперервний контроль поточних параметрів якості електроенергії та управління цими параметрами в випадку виходу їх за допустимі межі, а також формування звітних документів і їх передачі. Це дозволить вирівняти графік електроспоживання підприємства, знизити пікову потужність та втрати електроенергії в розподільчих мережах.

### 2.1 Загальна характеристика досліджуваного підприємства та поточного стану системи обліку електроенергії

Розглянемо систему електропостачання підприємства, що здійснюється від головної понижуючої підстанції (ГПП) з трансформатором на 1600 кВА де кабельною лінією 10 кВ подається живлення на РП 10/0,4 кВ шести трансформаторних підстанцій підприємства ТП1...ТП6. Із РП-0,4 кВ цих підстанцій кабельними лініями подається електроенергія на ввідні розподільчі пристрої у всі підрозділи заводу. Із ввідних розподільчих пристроїв електроенергія подається на розподільчі щити. У розподільчих щитах встановлені автоматичні вимикачі і запобіжники від яких кабельними лініями підключено електрообладнання заводу. На підприємстві здійснюється облік як активної, так і реактивної електроенергії. Існуюча система обліку дозволяє бачити оператору на комп'ютері споживання електроенергії в будь-яку годину доби.

Електроживлення від ГПП до трансформаторних підстанцій споживачів (ТП-10/0,4 кВ) здійснюється кабельними лініями 10 кВ. Однолінійна схема електропостачання підприємства представлена на рис. 2.1.



PM42 2-110E/1000 V1	Т92М-10E-111	ЛТБ 123.01	РМС-110	ТБ-110	ТДМ-1000V110	ВМПЕ-10-1600-20	ВМПЕ-10-200-20	Р80-10	ЛКТ-1008 Р-7	ТБП-10100.4	НТММ-10-08V3	ТНЛ-6V73	НДМ-10	УКС-10-300	БМРН-10-400-10,1/3	ВМР-10-400-10V3	ЛКТ-102-6-0P-20V3	ТН-1000/6.3	ТН-1000/6.3	ТН-9300.3	М-40	М-20	М-25	М-15	М-12	М-08	УК-0.4-160	УК-0.4-220	УК-0.4-300	УК-0.4-500	УК-0.4-900
---------------------	--------------	------------	---------	--------	--------------	-----------------	----------------	--------	--------------	-------------	--------------	----------	--------	------------	--------------------	-----------------	-------------------	-------------	-------------	-----------	------	------	------	------	------	------	------------	------------	------------	------------	------------

Рисунок 2.1 – Однолінійна схема підприємства

На підстанції ГПП збір даних споживання електроенергії з приладів обліку виконується автоматично, дані контрольними кабельними лініями приходять в пристрій збору даних (ПЗД), який знаходиться на ГПП, далі каналом зв'язку поступають в серверну ІОЦ заводу, де обробляються в звіти, що відправляються в економічний відділ і відділ головного енергетика (рис. 2.2).

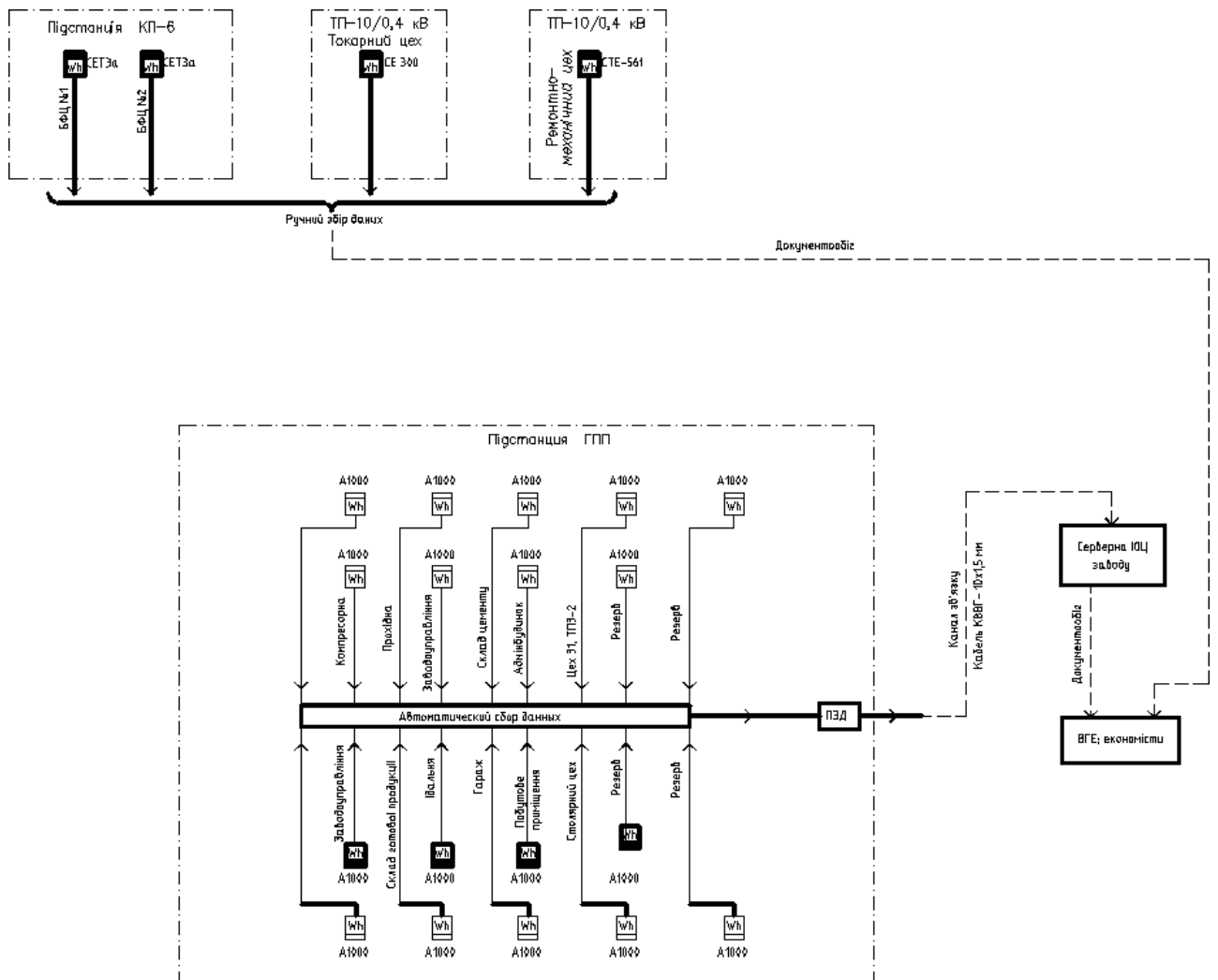


Рисунок 2.2 – Діюча схема обліку електричної енергії

2.2 Модернізація існуючої АСКОЕ підприємства і доповнення її функціями АСМСЕ

Будь-яка система автоматичного моніторингу споживання електроенергії складається зі стандартних блоків: лічильники, пристрій збору і передачі даних (ПЗПД), обладнання зв'язку і програмне забезпечення (ПЗ).

Типи приладів обліку можуть застосовуватися різні – від моделей з телеметричним виходом до високоточних інтелектуальних лічильників. Існує величезна кількість видів контролерів, які виконують збір і зберігання інформації нижнього рівня. Функціонал цих пристроїв полягає в зборі даних з лічильників, їх зберіганні та передачі на верхній рівень. Замість звичайно використовуваних зв'язків «лічильник-контролер» можливе застосування різних багатофункціональних вимірювальних приладів і стаціонарних аналізаторів електричної енергії, які в свою чергу можуть використовуватися як в парі з контролером, так і мати свою власну пам'ять. Характеристики сервера також можуть бути різноманітні.

Лінії зв'язку і передачі інформації можуть бути: провідні (інтерфейси RS-232, RS-485, RJ-45; телефонна лінія, силова лінія) і бездротові (GSM, WiFi, Інтернет). Вибір залежить від дальності розташування точок обліку від сервера і наявних каналів зв'язку [4, 5, 8].

Програмне забезпечення (ПЗ) також залежить від розгалуженості схеми обліку і контролю якості, набору виконуваних функцій.

На сьогоднішній день існує величезна кількість фірм і підприємств на території України, які пропонують створення автоматизованої системи обліку електроенергії, що дозволяє здійснювати автоматичний збір інформації з приладів обліку про обсяги споживання і виробництва електроенергії і її параметрах на об'єкті автоматизації.

Пропозицій від різних виробників АСМСЕ зараз багато, хоча вони умовно можуть бути поділені на дві групи:

1. Системи зі збором телеметричної інформації в енергозбут (силовою мережею, радіоканалами, за допомогою телефонних або GSM-модемів і т.д.). Виробники: ТОВ «Хартеп» (м. Харків), НВП «Укренергоналадкавимірювання» (м. Київ), ТКБР «Стріла» (м. Тернопіль), компанія «МІКРО-КОД» (м. Львів) і ін.

2. Системи на основі лічильників з програмованими смарт-картами і можливістю комутації навантаження. Виробники: завод «Телекарт-прилад» (м.

Одеса), корпорація «Облік» (м. Дніпро), ВО «Київприлад» (м. Київ), ВАТ «Харківський електротехнічний завод «Енергомера» (м. Харків) і ін.

Основні існуючі види систем:

1. АСЗД – автоматизовані системи збору даних про споживання електроенергії (встановлюється на вже існуючі у Замовника прилади обліку і реєстратори, за метрологію та функціонування приладів обліку і реєстраторів відповідає Замовник).

2. АСТОЕ - автоматизовані системи технічного обліку електроенергії (встановлюються прилади обліку із заданими метрологічними характеристиками у відповідність до технічного завдання Замовника, за функціонування приладів обліку і реєстраторів відповідає Виконавець зі своїм обладнанням) - призначені для внутрішнього аудиту та контролю споживання електроенергії безпосередньо на місцях.

3. АСКОЕ – автоматизовані системи комерційного обліку електроенергії (встановлюються прилади обліку відповідно до вимог роздрібного ринку електроенергії та енергопостачальних організацій) - призначені для проведення комерційних розрахунків з енергозбутовими компаніями.

4. АІВС КОЕ - автоматизовані інформаційно-вимірювальні системи комерційного обліку електроенергії для оптового ринку електроенергії і потужності. Відповідає всім вимогам оптового ринку електроенергії.

Виходячи з характеристик існуючої системи електропостачання та вимог до нової системи обліку споживання електроенергії, проєктована АСМСЕ повинна складатися зі стандартних блоків: лічильники, ПЗПД, обладнання зв'язку і ПЗ. Функціонал системи повинен включати в себе збір, зберігання, облік, контроль, обробку та передачу даних від приладів обліку, встановлених на ПС ГПП до АРМів користувачів у відділі головного

### 2.2.1 Основні вимоги до вибору обладнання для автоматизованої системи моніторингу споживання електроенергії (АСМСЕ) підприємства

Автоматизована система моніторингу споживання електричної енергії повинна відповідати наступним вимогам [4-6, 20, 22, 23]:

1. Забезпечення вимірювання електроенергії з наростаючим результатом і обчислення усередненої потужності за півгодинні інтервали часу (при необхідності – значення усередненої потужності за короткі проміжки часу);
2. Можливість зберігання профілю навантаження з півгодинним інтервалом (на глибину не менше 1-го місяця);
3. Наявність інтерфейсу RS-232;
4. Наявність календаря та годинника (точність ходу яких не гірша  $\pm 2$  сек на добу з можливістю автономно-автоматичної корекції);
5. Наявність пам'яті (енергонезалежної) для забезпечення зберігання запрограмованих параметрів лічильника з подальшим зберіганням останніх даних щодо активної та реактивної енергії при перебоях із живленням;
6. Архівування «журналу подій», що сприяє фіксації кількості перерв живлення, кількості, а також дат зв'язків з лічильником, що призвели до будь-яких змін даних;
7. Безпечність та наявність об'єктивного захисту від несанкціонованих змін параметрів.

### 2.2.2 Вибір вимірювальних трансформаторів

Трансформатори струму та напруги використовуються для безпечного вимірювання різних струмів та напруг стандартними приладами із звичайною межею вимірювань. До трансформаторів струму, зокрема, вимірювальним пред'являються дуже високі вимоги, саме до його точності. Трансформатори повинні відповідати ДСТУ 2976-94 та ДСТУ ІЕС 60044-1:2008, клас їх точності повинен бути не гіршим за 0,5S [11, 12, 23].

Вимоги що пред'являються до трансформаторів струму та напруги:



- технічні параметри трансформаторів струму, їх метрологічні характеристики та напруги повинні відповідати вимогам ДСТУ 2976-94 та ДСТУ ІЕС 60044-1:2008 [12] відповідно;

- в електромережах із заземленою нейтраллю трансформатори струму, в тому числі вимірювальні, необхідно встановлювати в 3-х фазах, до яких слід підключати 3-х фазні лічильники;

- категорично забороняється застосування проміжних трансформаторів струму;

- необхідно не допускати навантаження вимірювальних трансформаторів у всіх експлуатаційних режимах;

- вимірювальні трансформатори зобов'язані відповідати вимогам ПУЕ з електродинамічної та термічної стійкості, класу напруги, а також кліматичного виконання [13];

- втрати напруги не повинні перевищувати 0,25% номінальної вторинної напруги трансформатора напруги в колі «трансформатор напруги – електролічильник».

Трансформатори струму повинні вибиратися за такими умовами:

1. За напругою

$$U_{\text{м}} \leq U_{\text{ном}}$$

2. За струмом навантаження

$$I_{\text{роб.мах}} \leq I_{\text{доп}}$$

Номінальний струм повинен бути якомога ближче до робочого струму установки, тому недовантаження первинної обмотки призводить до збільшення похибок.

3. По конструкції та класу точності. Клас точності вимірювальних трансформаторів струму визначається призначенням електролічильника. Для комерційного обліку клас точності має бути 0,5S, для технічного обліку допускається – 1,0.

4. За динамічною стійкістю:

$$i_y \leq k_d \cdot \sqrt{2} \cdot I_{\text{ном}},$$

де  $i_y$  – ударний струм (короткого замикання з розрахунку);

$k_d$  – кратність динамічної стійкості (за каталогом);

$I_{\text{ном}}$  – первинний струм (номінальний) трансформатора струму.

5. По термічній стійкості:

$$B_k \leq (k_T \cdot I_{\text{ном}})^2 \cdot t_T,$$

де  $B_k$  – розрахунковий тепловий імпульс;

$k_T$  – кратність стійкості (термічної за каталогом);

$t_T$  – час стійкості (термічної за каталогом).

Визначаємо струм вимірювального трансформатора струму для сторони низької напруги:

$$I_{\text{роб.мах}} = \frac{S_T}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}}} = \frac{1600}{\sqrt{3} \cdot 0,4} = 2312,1 \text{ А.}$$

Каталожні та розрахункові дані представлені в таблиці 2.1. Зовнішній вигляд трансформатора струму представлений на рис. 2.1.

Таблиця 2.1 - Каталогні та розрахункові дані для трансформатора струму ТТІ-100 3000/5А клас точності 0,5s.

Умови вибору	Розрахункові дані	Каталожні дані
$U_M \leq U_{\text{НОМ}}$	$U_M = 0,4 \text{ кВ}$	$U_{\text{НОМ}} = 0,4 \text{ кВ}$
$I_{\text{роб.мах}} \leq I_{\text{доп}}$	$I_{\text{роб.мах}} = 2312,1 \text{ А}$	$I_{\text{доп}} = 3000 \text{ А}$
$i_y \leq k_D \cdot \sqrt{2} \cdot I_{\text{НОМ}}$	$i_y = 50 \text{ кА}$	95,4 кА
$B_k \leq (k_T \cdot I_{\text{НОМ}})^2 \cdot t_T$	$B_k = 185,4 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$	9506250 кА <sup>2</sup> ·с



Рисунок 2.1 - Зовнішній вигляд трансформатора струму ТТІ-100 3000/5А

### 2.2.3 Вибір пристрою збору та передачі даних (логічного контролера) АСМСЕ

Логічний контролер призначений для відображення, моніторингу збору, передачі та керування ходом технологічних процесів. До нього пред'являються такі вимоги до пристрою даних [21, 22]:

1. Пристрій збору та передачі даних повинен мати вбудований годинник (енергонезалежний), що забезпечує ведення дати та часу (рекомендована точність ходу, яких не гірше 0.5 с/добу) та забезпечувати автоматичну синхронізацію (корекцію) часу як у самому пристрої, так і в електролічильниках електроенергії (обслуговуваних даним пристроєм збору та передачі даних) за цифровим інтерфейсом;

2. Пристрій збору та передачі даних повинен забезпечувати зберігання:

- добових даних про півгодинне збільшення електроенергії або середніх інтервальних значень потужності по кожному каналу обліку не менше 35 діб;
- кількості електроенергії за розрахунковий період (місяць) за кожним обліковим каналом, а також за групами (не менше 35 діб).

3. Електроспоживання пристрою збору та передачі даних з повним набором електронних модулів не повинно перевищувати 100 Вт. Охолодження пристрою збору та передачі даних повинно здійснюватися за рахунок природної конвекції. Пристрій збору та передачі даних повинен забезпечувати працездатність у діапазоні температур відповідно до зазначених умов експлуатації.

Розглянемо контролери типу ОВЕН СПК110 та Енергоміру СЕ805.

Контролер типу ОВЕН СПК110 є пристроєм класу людино-машинний інтерфейс із вбудованими функціями вільно програмованого контролера. Контролер СПК110 створений для відтворення автоматизованих систем, здатних керувати технологічними процесами в різних галузях промисловості, енергетики, ЖКГ.

Контролер має сенсорний екран резистивного типу, і призначений для введення та відображення інформації. Зовнішній вигляд контролера ОВЕН СПК 110 представлений рис. 2.2.

Керування здійснюється шляхом натискання на екран або переміщення по ньому пальцем або іншим зручним предметом, що не завдає пошкоджень екрану.

Сигнали, які можуть оброблятися та відображатися на панелі ПЛК:

- контроль температури у приміщенні УВВН, РУНН;
- стан фідерів, що відходять;
- стан вступних та секційних вимикачів;
- температура масла в трансформаторах;
- тиск масла в трансформаторах;

- контроль стану ОПС;
- контроль роботи ДБЖ.

Характеристики контролера СПК 110 приведені в таблиці 2.2.

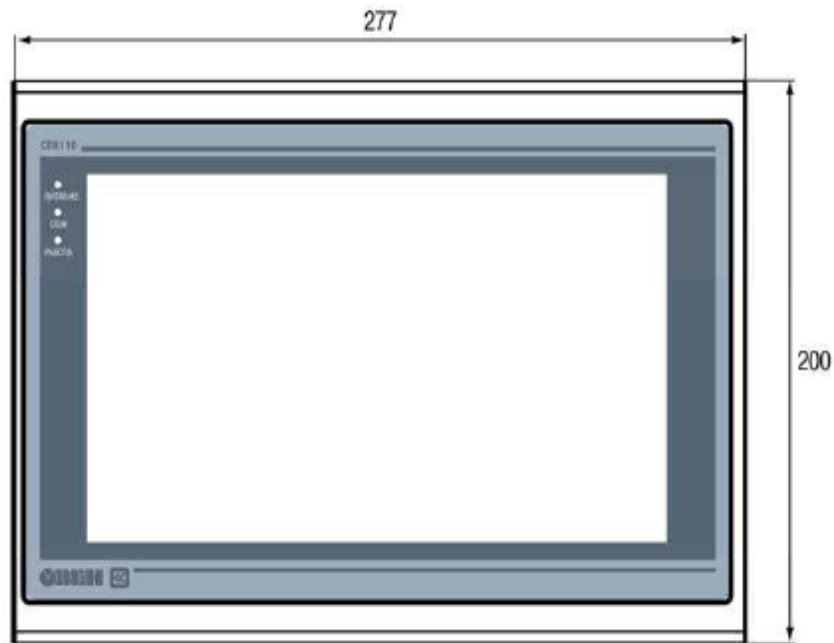


Рисунок 2.2 – Зовнішній вигляд контролера ОВЕН СПК 110

Таблиця 2.2 – Характеристики контролера ОВЕН СПК 110

Параметр	Технічні характеристики
Кліматичне виконання, °С	0 ... + 60
Спосіб охолодження	пасивний
Захист корпусу	IP54
Діапазон напруг живлення,	12,0 ... 28,0 В пост. струму (ном. 24,0 В)
Споживана активна потужність, Вт	менше 10
Матеріал	пластик
Лицьова частина панелі Корпус	1,5
маса, кг	277x200x39
Розмір корпусу(габарити), мм	258x177x33
Установчі розміри корпусу, мм	10,2”
Розмір екрану, дюйм	220x132
Видима область, мм	TFT

Дисплей	800x480
Роздільна здатність екрану, піксель	65536 (16 бит)
Кількість кольорів	індикатор роботи контролера, індикатор наявності мережевого обміну, індикатор роботи програми
Індикатори на передній панелі	50 000
Робочий час підсвічування, годинника	1 000 000

Інтерфейси та протоколи		
Інтерфейс	Кількість, шт.	Протоколи
COM1 (RS232/RS485)	1	ModBus (ASCII RTU), OBEH
COM2 (RS232/RS485)	1	ModBus (ASCII RTU), OBEH
USB Host	1	-
USB Device	1	-
SD Card (32Гб)	1	-
Вартість, грн		11 500

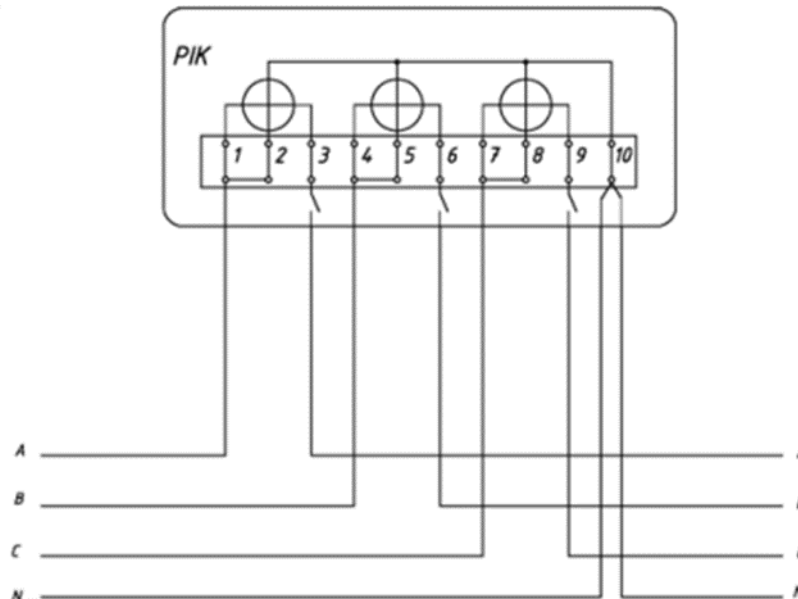


Рисунок 2.2 – Схема підключення контролера збору даних

Іншим варіантом може бути використання функціонального пристрою CE805 Харківського заводу «Енергоміра», що призначається для обробки, збору

та передачі інформації та телеметричних даних у форматі заданому користувачем для подальшого використання даних, що зчитуються, в багаторівневих територіально розподілених і автоматизованих системах контролю та обліку енергетичних ресурсів на підприємствах електроенергетики, промислових підприємствах, і в невиробничій сфері. Контролер CE805 здатний:

- забезпечувати вироблення поточного астрономічного часу, а також календаря за допомогою незалежного годинника;
- коригувати значення поточного часу ( $\pm 30$  сек. один раз на добу). Час і величина коригування годинника реєструються і зберігаються в незалежній від електроживлення пам'яті пристрою;
- утворювати синхронізацію часу ( $\pm 30$ с один раз на добу), при цьому пристрій може бути як приймачем, так і джерелом синхронізаційних команд;
- синхронізувати час у лічильниках електроенергії, що підключаються за інтерфейсом RS-485, PLC або радіо інтерфейсу відповідно до свого поточного часу;
- здійснювати перехід, без втрати інформації автоматично, на літній та зимовий час, у визначені моменти часу, а також мати функцію заборони переходу на літній та зимовий час;
- мати можливість зчитування даних (читання та зміни параметрів за двома незалежними інтерфейсами: RS-485, USB, GSM/GPRS), залежно від виконання пристрою;
- забезпечувати тестування функціональних вузлів модулів із занесенням результатів тестування до журналу (при негативному результаті тестування) в автоматичному режимі;
- зберігати результати та час останнього самотестування (автоматично або за командою);
- забезпечувати впорядкування в базі даних, збирання, обчислення та зберігання (в незалежній пам'яті) наступної інформації: потужності технічного профілю, потужності комерційного профілю, енергії (потужності) за добу згідно з

тарифами; енергії (потужності) від початку доби, енергії (потужності) протягом місяця, енергії (потужності) з початку місяця, поточні показання лічильних механізмів, поточні показання рахункових механізмів наприкінці доби, поточні показання рахункових механізмів на кінець місяця.

Пристрій також здатний забезпечувати зберігання «журналів подій» та їх передачу на відповідний запит. Зовнішній вигляд контролера Енергоміра CE805 представлений рисунку 2.3. Основні технічні характеристики контролера CE805 представлені в таблиці 2.3.



Рисунок 2.3 – Зовнішній вигляд контролера CE805

Таблиця 2.3 – Характеристики контролера CE805

Показники	Характеристики
Інтерфейси для збору даних із лічильників	2 RS-485, RF433
Інтерфейси для читання зібраних даних	RS-485, USB, GSM/GPRS, Ethernet
Кількість каналів обліку	100
Напруга живлення пристрою збору та передавання даних, В	9 - 27
МАХ споживана потужність, Вт	20,0
Діапазон температур (робітників), °С	- 40 ... + 65
Ступінь захисту корпусу	IP52
Габарити	152 x 144,5 x 73
Вартість, грн	23 800



Виходячи з економічної складової приймаємо до установки і використання контролер типу ОВЕН СПК110.

#### 2.2.4 Вибір мікропроцесорних лічильників обліку електроенергії

Електролічильники є джерелами первинної інформації для АСКОЕ. Типи електролічильників, що застосовуються, повинні бути внесені до Державний реєстр засобів вимірювальної техніки і мати діючі свідоцтва про перевірку. Для точок обліку, де можливі перетікання електроенергії (прийом – віддача), електролічильники повинні забезпечувати облік електроенергії в обох напрямках. Усі електролічильники комерційного обліку повинні забезпечувати облік перетікань реактивної потужності в обох напрямках.

Мікропроцесорні лічильники електричної енергії Харківського заводу «Енергоміра» СЕ102 – U S 6 145 – AV фіксують задані при їх програмуванні параметри, основними з яких є:

- вимірювання активної та реактивної електроенергії та потужності, що пройшло через переріз обліку наростаючим підсумком;
- фіксація усереднених значень миттєвої потужності на розрахунковому інтервалі часу;
- запис та зберігання у пам'яті лічильника графіка навантажень;
- вимірювання значень напруги та струмів пофазно.

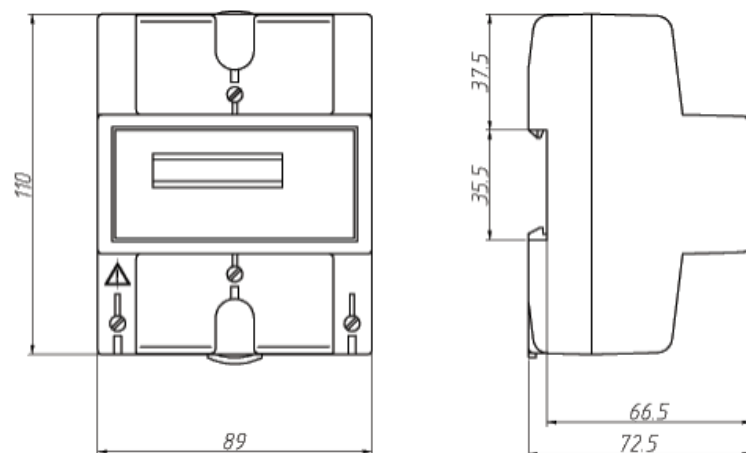
Таблиця 2.4 – Технічні характеристики лічильника СЕ 102–U

Характеристика	Значення
Клас точності	1
Базовий струм, А	5
Максимальний струм, А	80
Номінальна напруга,	230
Діапазон робочих температур навколишнього повітря для лічильника, °С	- 45 ... + 70
Робочий діапазон зміни частоти вимірювальної мережі лічильника, Гц	50 ± 2,5

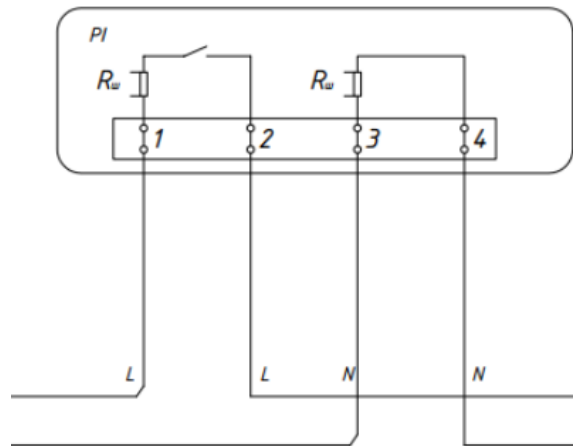
Тривалість зберігання інформації при відключенні харчування не менше років	30
Тривалість обліку часу та календаря при відключеному харчуванні не менше років	16
Термін служби батареї, років	16
Інтервали усереднення (розрахунку) потужності, хв	3; 5; 10; 15; 30; 60
Число тарифів	4
Швидкість обміну за інтерфейсом/оптопортом, біт/с	300 ... 38400
Маса лічильника не більше, кг	0,5
Габаритні розміри корпусу (довжина; ширина; висота), не більше, мм	110 × 89 × 72,5
Середнє напрацювання лічильника до відмови, год.	220000
Ступінь захисту	IP51

На рис. 2.4 зображено зовнішній вигляд лічильника CE 102-U (а) та його типову схему підключення (б).

Лічильники здійснюють передачу вимірювань на контролер збору даних по радіо каналу зв'язку (за допомогою вбудованих радіомодулів). Діагностика, дискретність обліку параметрів електричної мережі, їх кількісний та якісний склад програмується за допомогою програмного забезпечення «Система інтелектуального обліку "Енергоміра" (PLC \ RADIO, SmartMetering)». Зберігання ключової інформації (конфігурація, активна енергія, кількість сеансів зв'язку тощо) здійснюється в незалежній пам'яті лічильника.



а)



б)

Рисунок 2.4 – Габаритні розміри лічильника SE 102–U (а) та його схема підключення (б)

Також може бути використано багатотарифний лічильник типу SE 303U виробництва Енергоміра (табл. 2.5, рис. 2.5).

Таблиця 2.5 – Технічні характеристики лічильника SE 303U

Показники	Величини
Число тарифів, не менше	8
Число тимчасових зон тарифної програми на добу	від 1 до 12
Клас точності з активної енергії	0,5S, 0,5, 1
Номінальний чи базовий струм, А	1, 5
Максимальний струм, А	1,5; 10
Частота вимірювальної мережі, Гц	50
Діапазон робочих температур навколишнього повітря	- 40 ... + 70
Тривалість зберігання інформації при відключенні	30
Тривалість обліку часу та календаря при відключеному	16
Строк служби елемента живлення, не менше, років	16
Швидкість обміну за інтерфейсами, біт/с	300 ... 115 200
Швидкість обміну через оптичний порт, біт/с	300 ... 9600
Маса лічильника, не більше, кг	1
Габаритні розміри, не більше, мм (довжина; ширина;	215; 175; 72
Середнє напрацювання на відмову, не менше, год.	220000
Середній термін служби до першого капітального ремонту	30

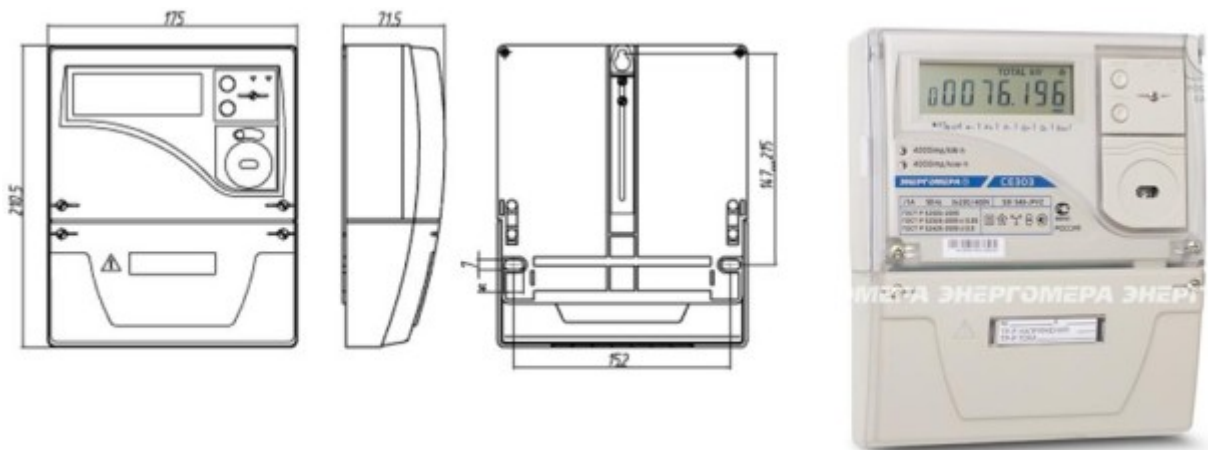


Рисунок 2.5 – Зовнішній вигляд мікропроцесорного лічильника CE303U

### 2.3 Принцип будови архітектури АСМСЕ

Відповідно до параметрів мережі електропостачання та схеми обліку даних електроспоживання, система буде побудована на обраних технічних засобах, які плавно поєднують в собі прийнятну цінову категорію і необхідні метрологічні характеристики. Існуючі прилади обліку на ГПП, лічильники А1000 замінюємо на нові, з більш високим класом точності.

Електропостачання окремих споживачів буде переведено на резервні комірки ПС ГПП. Всі пристрої збору і передачі даних (ПЗПД) встановлюються заново. Контроль якості електроенергії на вводі ПС ГПП здійснюють аналізатори якості електроенергії, які передають вже оброблену інформацію на наступний рівень.

Всі пристрої збору і передачі даних (ПЗПД) встановлюються заново. ПЗПД на ПС ГПП - існуючий. Контроль якості електроенергії на вводі ПС ГПП здійснюють аналізатори якості електроенергії, які передають вже оброблену інформацію на наступний рівень.

Регулювання напруги під навантаженням, управління електроприводами, (РПН) і компенсаторами реактивної потужності (батареї статичних конденсаторів) проводиться автоматично приладами, які обробляють отриману

первинну інформацію, приймають рішення про необхідні дії і передають дані на операторський рівень. Лінії зв'язку - провідні (RS-485, RJ-45, телефонний кабель) і бездротові (GSM зв'язок, Інтернет).

АСМСЕ ПС ГПП модернізована в відповідності з наступними загальними принципами [10]:

1. АСМСЕ являє собою єдину багаторівневу розподілену систему вимірювальних і обчислювальних засобів, які забезпечують вирішення необхідних функцій обліку та контролю якості електроенергії.

2. Вихідною інформацією для системи є дані, одержувані від лічильників електричної енергії та приладів контролю електричних параметрів енергії.

3. Збір, обробка, накопичення, зберігання, відображення і передача інформації про результати вимірювань, стан засобів вимірювальної техніки та об'єктів вимірювань здійснюються за допомогою сертифікованої і захищеною від несанкціонованого доступу інформаційно-вимірювальної системи на основі програмно-технічного комплексу "Енергія" виробництва фірми "Стріла" (м.Тернопіль) [24].

4. Інформація про електроенергію і потужності, що отримується і циркулює в системі, прив'язана до єдиного астрономічного часу і забезпечує єдині часові зрізи вимірюваних і обчислюваних даних.

Рівні проекрованої АСМСЕ:

Перший (нижній) рівень - інформаційно-вимірювальні комплекси точок обліку (ІВК ТО). В системі передбачається 12 точок комерційного обліку, 10 технічного обліку, контроль якості електроенергії, відновлення ПЯЕ при необхідності за допомогою автоматичного регулювання ступенів РПН трансформаторів.

Кожен ІВК складається з встановлених на об'єктах контролю вимірювальних трансформаторів струму і напруги (існуючих), мікропроцесорних лічильників електроенергії та обладнання зв'язку з наступним рівнем системи.

Рівень ІВК забезпечує виконання таких функцій:

- вимірювання, попередню обробку і зберігання фізичних величин електроенергії;
- реєстрацію часу і прив'язку до часу вимірюваних величин, а також періодичну синхронізацію (корекцію) часу;
- контроль стану засобів вимірювань і стану вимірюваної ланцюга (об'єкта вимірювань), а також самодіагностику компонент лічильника, реєстрацію відповідних подій і ведення журналу подій лічильника;
- віддалене і автономне конфігурація і параметрування (налаштування) приладів;
- захист даних і програм від несанкціонованого доступу за допомогою пароля і опломбування;
- збереження даних при відмовах обладнання ІВК за рахунок незалежної пам'яті і за рахунок дублювання даних в ІВКЕ на глибину 35 діб (не менше).

Другий (середній) рівень - інформаційно-обчислювальний комплекс електроустановки (ІВКЕ) в складі пристрою збору і передачі даних (ПЗПД) і комунікаційного устаткування. В якості ПЗПД передбачений промисловий контролер ОВЕН СПК 110 що входить до складу ПТК «Стріла», асинхронний сервер Моха NPort, пристрої збору імпульсів DAS і PLC концентратори ПЗД-2.01.

ПЗПД ОВЕН СПК 110 забезпечує збір результатів вимірювань та журналів подій з ІВК кодовим інтерфейсом RS-485 (30-ти хвилинні інтервали), розрахунок та архівування інформації в незалежній пам'яті з прив'язкою до календарного часу, передачу цієї інформації на верхній рівень. Крім того, забезпечують функції контролю достовірності даних, захисту своїх даних і програм від несанкціонованої зміни, збереження даних при відмовах обладнання та зникнення живлення, діагностику обладнання та каналів зв'язку, ведення відповідного журналу ІВКЕ.

До складу ОВЕН СПК 110 входить GPS-приймач для автоматичного прийому сигналів точного часу і забезпечення єдиного часу АСМСЕ і для відповідної синхронізації часу компонент АСМСЕ. Накопичені дані зберігаються в архівах ПЗПД. Архіви оновлюються циклічно і забезпечують незалежне зберігання інформації. PLC концентратор ПЗД-2.01 дозволяє отримувати дані силовою мережею 220 В і передавати інформацію на верхній рівень по GSM-мережі. Пристрої збору імпульсних сигналів ведуть збір з лічильників з телеметричним виходом, також передають інформацію на верхній рівень.

Третій (верхній) рівень системи - інформаційно-обчислювальний комплекс (ІОК) включає сервер АСМСЕ HP ProLiant DL120 G6 X3430 під керуванням операційної системи Windows Server. Програмне забезпечення сервера поставляється в складі програмно-технічного комплексу «Енергія» і конфігурується під конкретного користувача. Воно включає сервер даних на основі MS SQL Server і сервер опитування, що забезпечує взаємодію компонент АСМСЕ.

ІОК забезпечує виконання таких функцій:

- отримання даних від ІВКЕ;
- математичну обробку даних і їх архівування та зберігання;
- ведення баз даних нормативно-довідкової інформації і неструктурованих масивів;
- контроль достовірності даних, що архівуються;
- управління доступом до баз даних, захист даних і програм від несанкціонованої зміни шляхом перевірки прав користувачів за їх паролями і логінами;
- вибірку даних за запитами АРМів і для передачі необхідних даних;
- дистанційне конфігурування приладів обліку контролю і контролерів.

Четвертий рівень системи утворюють автоматизовані робочі місця (АРМ) користувачів системи. АРМи функціонують на персональних комп'ютерах в

середовищі операційної системи Windows. АРМи підключаються до сервера АСМОЕ через локальну обчислювальну мережу (ЛОМ) підприємства (ЛОМ Ethernet, протокол TCP/IP).

Структурна схема розробленої автоматизованої системи моніторингу споживання електроенергії представлена на рис. 2.6.

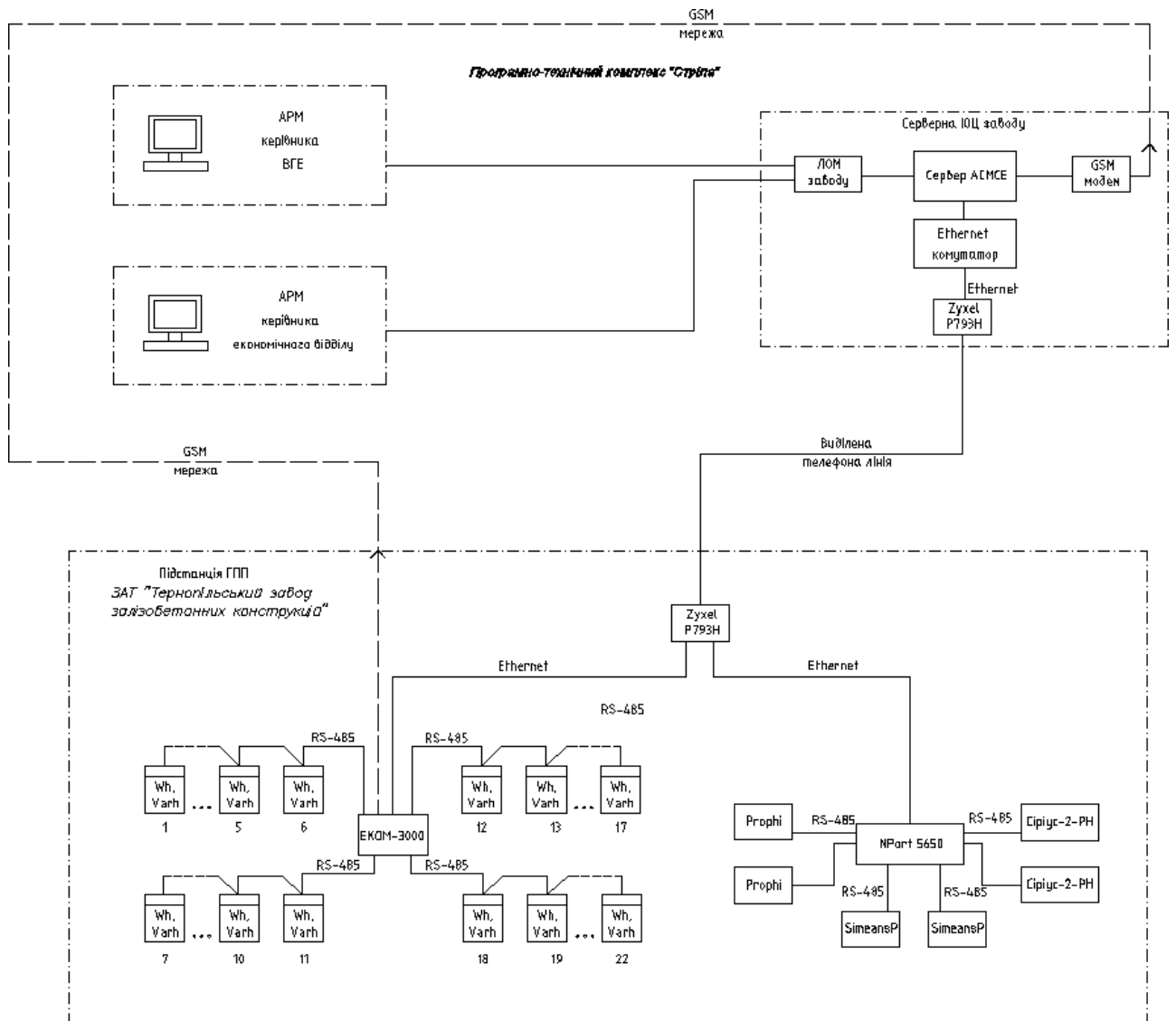


Рисунок 2.6 – Структурна схема АСМОЕ

Програмні засоби АСМОЕ повинні забезпечувати безвідмовну роботу протягом усього терміну служби пристрою, а при оновленні версій - повну сумісність та збереження всіх раніше встановлених та збережених параметрів.



Збір даних проводиться щогодини. Для того, щоб лічильник розраховував спожиту енергію відповідно до денного або нічного тарифу, необхідно задати умову за часом. За часу більше 6 годин розрахунок електроенергії проводитиметься за денним тарифом. Змінюючи або додаючи умови, можна задати будь-який необхідний тариф. Однією із функцій АСКОЕ є дистанційне відключення споживачів, які перевищують ліміт споживання електроенергії. Максимальне обмежувальне значення вноситься до програми. Якщо різниця між попереднім значенням і нинішнім буде вищою за ліміт, то на верхній рівень буде відправлено сигнал «Перевищення ліміту». Щоб переконатися у правильності роботи лічильника, програма запускає перевірку. У побутових споживачів різниця між попереднім та нинішнім значенням не може бути негативною. При порушеннях у роботі або фіксації несанкціонованого втручання програмне забезпечення має забезпечити автоматичне переведення системи в режим передачі на верхній рівень збору інформації. Також подається сигнал про несправність лічильника.

За кожним контрольованим інтервалом видаються поточні (30-хвилинні) значення спожитої активної і реактивної електроенергії та потужності, архівовані і сумарні на заданому інтервалі значення, а також значення з приростом за поточний інтервал підсумком. Видаються також обмеження на споживання електроенергії на заданому інтервалі і обмеження на небаланси (в порівнянні з відповідними фактичними значеннями). Оператору видаються попередження про порушення зазначених обмежень.

На рис. 2.7 представлений алгоритм роботи програмного забезпечення на рівні лічильників.

Якщо лічильник справний, програма формує пакети даних. У нормальному режимі роботи обмін інформацією з системою верхнього рівня АСМСЕ проводиться за сигналами запиту цієї системи, при цьому повинні передаватися будь-які параметри, що запитуються і зберігаються.

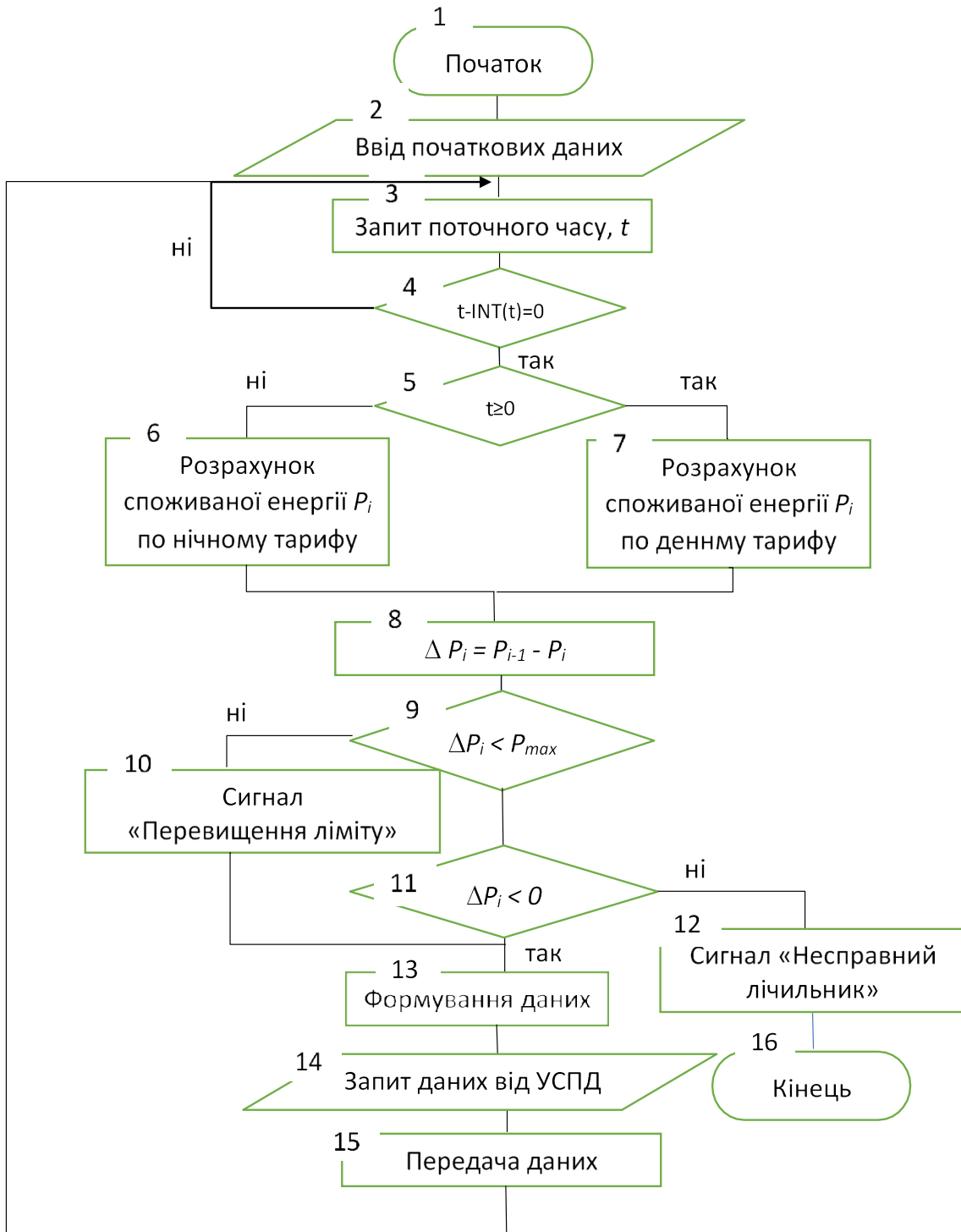


Рисунок 2.7 – Алгоритм роботи програмного забезпечення мікропроцесорних лічильників

При цьому передбачається обчислення всіх необхідних показників енергоспоживання, можливість зміни в процесі роботи складу та кількості параметрів, що враховуються, а також механізмів їх обчислень. Формати та

протоколи передачі даних мають бути побудовані на основі "відкритих" промислових стандартів, тобто повинні дозволяти використання їх у складі АСМСЕ різних розробників, мати можливість транспортування даних до різних СУБД, електронних таблиць та інших типів програмних додатків для подальшої обробки та зберігання інформації.

### 3 ОБҐРУНТУВАННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ

#### 3.1 Техніко-економічне обґрунтування впровадження АСМСЕ

Ефективність застосування автоматизованої системи моніторингу споживання електроенергії як комплексу обліку і контролю якості електроенергії із застосуванням технічних і програмних засобів автоматизації призводить до підвищення наступних техніко-економічних показників:

1. Зниження споживання електричної енергії за рахунок її високоточного і оперативного обліку.
2. Контроль за дотриманням заданого режиму споживання електроенергії.
3. Контроль і підтримання в заданих межах показників якості електроенергії відповідно до вимог державних стандартів [13].
4. Поліпшення умов праці.

Контроль споживаної енергії з дотриманням її якісних показників також є пріоритетним напрямком у розвитку підприємства. Моніторинг якості, обсягів споживання електричної енергії є одним із важливих заходів на шляху підприємства на шляху до енергозбереження і енергоефективності.

Під інвестиціями в широкому сенсі розуміються грошові кошти держави, підприємств і фізичних осіб, що направляються на створення, оновлення основних фондів, розширення діючих виробничих потужностей (реальні), а також на придбання акцій, облігацій та інших цінних паперів і активів (портфельні). У нашому випадку реальні інвестиції або капітальні вкладення підприємства - це витрати на придбання, монтаж і налагодження обладнання, а у напрямку використання - виробничі капітальні вкладення (направляються на розвиток підприємства).

Вартість капітальних вкладень складається з:

1. Вартості матеріалів і покупних виробів (К).
2. Вартості монтажних та пуско-налагоджувальних робіт.
3. Вартості проектних робіт.

Вартість матеріалів і покупних виробів представлена в табл. 3.1.

Таблиця 3.1. Вартість матеріалів і покупних виробів

Найменування виробу	Одиниця виміру	Ціна з ПДВ, грн.	К-ть	Сума, грн.
Програмне забезпечення	шт.	129840	1	129840
Обладнання	шт.	301492	1	301492
Матеріали	шт.	40344	1	16138
Разом:				447470

Вартість монтажних та пуско-налагоджувальних робіт визначається як 20% від вартості комплексу матеріалів. Таким чином, витрати складуть 100370 грн.

Вартість проектних робіт складаються з витрат, які включають в себе витрати на заробітну плату проектувальника і відрахування на соціальне страхування.

Повна заробітна плата проектувальника визначається за формулою:

$$Z_{\Pi} = (Z_0 + Z_0 \cdot 0,2) + 0,15 \cdot (Z_0 + Z_0 \cdot 0,2), \quad (3.1)$$

де  $Z_0$  – основна зарплата;

$Z_0 \cdot 0,15$  – тарифний коефіцієнт 15 %;

$Z_0 \cdot 0,2$  – додаткова зарплата 20 %.

Основна зарплата:

$$Z_0 = C_m \cdot T, \quad (3.2)$$

де  $C_m$  – погодинна тарифна ставка;

$T$  – час, витрачений на розробку.

Відрахування на соціальне страхування та єдиний соціальний податок становить 26,2% від повної заробітної плати проектувальника:

$$O_{CC} = Z_n \cdot 0,262 \quad (3.3)$$

Разом загальна вартість проектних робіт визначиться як:

$$C_{np} = Z_n + O_{cc}. \quad (3.4)$$

Основна заробітна плата проектувальника визначається за формулою (6.2) і розрахована, виходячи з тих умов, що тарифна ставка становить 9640 грн. і проектування займає 2 місяці роботи:

Повна заробітна плата проектувальника, розрахована за формулою (3.1), складе:

$$Z_{II} = (9640 + 9640 \cdot 0,2) + 0,15 \cdot (9640 + 9640 \cdot 0,2) = 13303 \text{ грн.}$$

Відрахування на соціальне страхування відповідно до формули (3.3) складуть:

$$O_{cc} = 13303 \cdot 0,262 = 3485 \text{ грн.}$$

Накладні витрати вважаємо як 65% від  $Z_o$ , звідси:

$$H_p = 6266 \text{ грн.}$$

Загальна вартість проектних робіт, виходячи з формули (6.4):

$$C_{np} = 13303 + 3865 + 6266 = 23054 \text{ грн.}$$

Звідси отримуємо, що підсумкові витрати на впровадження автоматизованої системи будуть становити:

$$K_{mm} = C_{np} + K + K_m = 23054 + 89494 + 447470 = 560018 \text{ грн.}$$

### 3.2 Можлива економія від впровадження проектованої АСМСЕ

Щоб виконати орієнтовний розрахунок економічної ефективності, необхідно визначити всі фактори майбутніх витрат, пов'язаних з впровадженням автоматизованої системи та очікуваної економії.

Економія буде здійснена за рахунок зниження електроспоживання. Нові електричні лічильники мають меншу похибку у вимірах. У старих електричних лічильників клас точності вимірювання - 2,0, у нових електронних - 0,5.

Електроспоживання ПС ГПП в рік:

$$P = n \cdot K_z \cdot S_{mp} \cdot K_c \cdot \cos\varphi \cdot T_{год} = 2 \cdot 0,7 \cdot 1600 \cdot 0,53 \cdot 0,93 \cdot 8760 = \\ = 96718809,6 \text{ кВт.}$$

При використанні класу точності 2,0:

$$P_{2,0} = P \cdot 0,02 = 1934376,192 \text{ кВт.}$$

При використанні класу точності 0,05:

$$P_{0,5} = P \cdot 0,005 = 483594,048 \text{ кВт.}$$

Економія  $E_{рік}$  становить:

$$E_{рік} = (P_{2,0} - P_{0,5}) \cdot Ц = (1934,4 - 483,6) \cdot 289,86 = 420528,89 \text{ грн.,}$$

де  $Ц$  - вартість електроенергії для промислового підприємства (289,86 грн. за МВт·год).

Паралельно з економією від впровадження системи підприємство буде щорічно нести витрати, пов'язані з утриманням та обслуговуванням устаткування.

Щорічні витрати на експлуатацію АСМСЕ складають:

$$C = \Phi_{zn} + A + Z_{mp} + Z_{np}, \quad (3.5)$$

де  $\Phi_{zn}$  - заробітна плата персоналу, який бере участь в експлуатації АСМСЕ, з урахуванням соціальних відрахувань і єдиним соціальним податком становить 7667 грн. в місяць. Частка робочого часу інженера ділянки електроавтоматики, що витрачається на експлуатацію системи - 10%:

$$\Phi_{zn} = 7667 \text{ грн.} \cdot 12 \text{ міс.} \cdot 0,1 = 9200,4 \text{ грн.};$$

$A$  - амортизація обладнання, становить 12% від вартості системи:

$$A = 501846 \text{ грн.} \cdot 0,12 = 60221,5 \text{ грн.};$$

$Z_{mp}$  - поточний ремонт обладнання, 2,5%:

$$Z_{mp} = 501846 \text{ грн.} \cdot 0,025 = 12546,2 \text{ грн.};$$

$Z_{np}$  - інші витрати, умовно приймаємо як 1,5%:

$$Z_{np} = 501846 \text{ грн.} \cdot 0,015 = 7527,7 \text{ грн.}$$

Разом, щорічні витрати на експлуатацію складають (без амортизації):

$$C = 9200,4 + 12546,2 + 7527,7 = 29274,3 \text{ грн.}$$

### 3.3 Показники економічної ефективності проекту

Основним показником прибутковості проекту є чистий дисконтований дохід (ЧДД), який є чистою поточною вартістю і визначається як сума поточних ефектів за весь розрахунковий період:

$$\text{ЧДД} = \sum_{t=0}^T (R_t - Z_t^*) \frac{1}{(1+E)^t} - K.$$

Для визнання проекту ефективним з точки зору інвестора необхідно, щоб ЧДД проекту був позитивним. Критерій ЧДД відображає:

- прогнозовану оцінку вимірювання економічного потенціалу підприємства у разі прийняття проекту;



- адитивний в просторово-часовому аспекті, тобто ЧДД залежить від тривалості періоду розрахунку, а ЧДД різних проектів можна підсумовувати для знаходження спільного ефекту.

Проект вважається ефективним, якщо ЧДД від його реалізації позитивний. Чим більше значення ЧДД, тим ефективніший проект. При від'ємному значенні ЧДД проект збитковий. ЧДД є основним показником ефективності проекту. При розрахунку ЧДД, як правило, використовується постійна норма за кроками розрахунку.

$ІД$  - індекс дохідності. Якщо  $ІД \geq 1$  - проект рентабельний, інакше проект не ефективний.

$$ІД = ЧДД / К. \quad (3.6)$$

Отримані результати розрахунку приведені в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 – Зведена таблиця орієнтовних розрахунків показників економічної ефективності

Рік	Платежі по $I(K)$	Додатковий прибуток $E_{рік}$	Потік платежів і надходжень	$\alpha$ при $E=0,036$	Поточний дисконтний дохід	ЧДД наростаючим підсумком
1	- 560018	-	- 560018	1	- 560018	- 560018
2	- 29274,3	420528,89	745567,4	0,96	719659,9	159641,6
Разом					719659,9	

Підсумкова сума в останньому рядку і буде  $ЧДД = 719659,9$  грн. Позитивний  $ЧДД$  свідчить про ефективність інвестицій. Індекс прибутковості:

$$ІД = 719659,9 / 560018 = 1,29.$$

Термін окупності:

$$ТО = 560018 / 420528,89 = 1,3 \text{ роки.}$$

Аналіз результатів показує, що вкладені кошти на обладнання будуть відшкодовані протягом року. Більш точні вимірювання споживаної електроенергії дають результат вже на першому році експлуатації.

Індекс прибутковості показує ступінь рентабельності проекту, оскільки його значення більше одиниці і становить 1,29.

## ВИСНОВКИ

У роботі розглянута задача модернізації системи АСКОЕ промислового підприємства на основі її доповнення функціями автоматизованої системи моніторингу споживання електроенергії.

Було обрано основне необхідне для цього обладнання, а саме вимірювальні трансформатори, пристрій збору та передачі даних, мікропроцесорні лічильники обліку електроенергії та запропонована структурна схема розробленої автоматизованої системи моніторингу споживання електроенергії із використанням відповідних інтерфейсів та алгоритмів програмного забезпечення мікропроцесорних лічильників.

Запропонована система дозволить на основі даних моніторингу електроспоживання підприємства зменшити технологічні втрати електроенергії в його розподільчих електромережах, знизити пікові навантаження в точці приєднання до енергосистеми та на основі подальшого вдосконалення АСМСЕ дозволить виконувати прогнозування споживання електроенергії, а отже визначати раціональні технологічні режими роботи підрозділів підприємства з урахуванням тарифної вартості електроенергії, що в цілому дозволить ще більше знизити енерговитрати і собівартість продукції.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Закон України «Про ринок електричної енергії», 2017 [зі змінами] / Відомості Верховної Ради (ВВР), 2017, № 2189-VIII, ст.312.
2. Закон України «Про засади функціонування ринку електричної енергії України», 2014 [зі змінами] / Відомості Верховної Ради, 2014. № 22, ст. 741.
3. Закон України «Про Національну комісію, що здійснює державне регулювання у сферах енергетики та комунальних послуг» / Відомості Верховної Ради, 2016. № 51, ст.833.
4. Загальні технічні вимоги до Автоматизованої системи комерційного обліку Оптового ринку електроенергії України. 4.1. Система збору, обробки та обміну даними комерційного обліку електроенергії в Оптовому ринку / Додаток 7(4) до Договору між членами Оптового ринку електроенергії // Затв. Радою Оптового ринку електроенергії України, протокол від 09.01.2013 р. № 7.
5. Загальні технічні вимоги до Автоматизованої системи комерційного обліку Оптового ринку електроенергії України. Ч.ІІ. Система точного часу та підсистема забезпечення синхронності вимірювань Автоматизованої системи комерційного обліку Опто-вого ринку електроенергії України / Додаток 7(4) до Договору між членами Оптового ринку електроенергії // Затв. Радою Оптового ринку електроенергії України, протокол від 24.09.2014р. № 12.
6. Унифицированная база данных АСКУЭ Головного оператора ОПЕ. Спецификация / Разраб. О.В. Коцарь - руковод. разраб., В.В. Мазан - К.: 2013 - 32 с.
7. Інтелектуальні системи в електроенергетиці. Теорія та практика: навчальний посібник. / Стаднік М. І., Видмиш А. А., Штуць А. А., Колісник М. А. Вінниця: ТОВ «ТВОРИ», 2020. 332 с.

8. Автоматизовані системи контролю, обліку та управління енерговикористанням [електронне видання] / О. В. Коцар // Навч. посібн. – К. : КПІ ім. Ігоря Сікорського, — Дніпро: вид-во Середняк Т. К., 2017, — 44 с.
9. Черемісін М. М., Зубко В.М. Автоматизація обліку та управління електроспоживанням: Посібник для вищих навчальних закладів.— Харків: Факт, 2005.
10. Сучасні прилади контролю та обліку електроенергії/Д. М.Калюжний, П. П. Рожков, С. Е. Рожкова, Д. В. Бородін. – Харків: ХНУМГ ім. О.М. Бекетова, 2017. – 343 с. – (Навч. Посібн.).
11. ДСТУ 2976-94 Трансформатори струму та напруги. Терміни та визначення.
12. ДСТУ ІЕС 60044-1:2008 Трансформатори вимірювальні. Частина 1. Трансформатори струму (ІЕС 60044-1:2003, IDT).
13. Правила улаштування електроустановок. Четверте видання, перероблене й доповнене — Х.: Вид-во «Форт», 2017.— 736 с.
14. Концепція Інформаційно-обчислювального комплексу Головного оператора Системи комерційного обліку Оптового ринку електроенергії України / Розроб.: А.В. Праховник – керівн. розроб., О.В. Коцар, Ю.О. Расько // Затв. ДП «Енергоринок» 10.11.2011 р. – 68 с.
15. Вимоги до порядку збору, обробки та обміну даними комерційного обліку електроенергії в ОПЕ України / Розроб.: О.В. Коцар - керівн. розроб., Ю.О. Расько // Затв. ІЕЕ НТУУ «КПІ» 10.01.2013 р. 75 с./
16. A. Emadi, “Transportation 2.0,” Power Energy Mag, IEEE, vol. 9, no. 4, pp. 18-29, 2013.
17. W. Waag, C.Fleischer, and D.U. Sauer. “Critical review of the methods for monitoring of lithium-ion batteries and hybrid vehicles”. J. Power Sources, vol. 258, pp. 321-339, 2014.

18. Праховник А.В., Коцар О.В. Визначення обсягів метрологічної атестації під час побудови АСКОЕ суб'єктів ринку електричної енергії України / Український метрологічний журнал, 2019. №2/ С. 15 - 28.
19. Унифицированный протокол передачи данных АСКУЭ ГО ОРЭ. Спецификация. Версия протокола 1.0. Версия документа 1.1.3.1 / Разраб. О.В.Коцарь, В.В.Мазан // Київ: 2013, 65 с. URL:
20. <http://www.er.aov.ua/doc.php?c=13&wid=91be95c2e3479eQeb4da444ae693e28a>
21. Інструкція про порядок формування кодів якості даних комерційного обліку електроенергії / Разраб.: О.В. Коцар - керівн. розроб., Ю.О.Расько // Затв. ТОВ «УНВК-ЕТУ», 03.05.2012. 32 с. URL: <http://www.er.gov.ua/doc.php?c=13>
22. Система точного часу та підсистема забезпечення синхронних вимірювань в АСКОЕ ОРЕ України / Технічне завдання на 170 листах з додатками. URL: <http://www.cr.gov.ua/doc.php?c=13&wid=8c816a267d311b8a2898a5c94432725c>
23. Вимірювання електричних та магнітних величин / Державний реєстр засобів вимірювальної техніки, допущених до застосування в Україні. URL: <http://www.ukrcsm.kiev.ua/index.php/ru/2009-02-05-07-58-31/2009-07-09-10-57-47>
24. Автоматизована система диспетчерського керування «Стріла». Технічний опис і інструкція з експлуатації. – Тернопіль, 2010.

## **ДОДАТОК А**

Демонстраційні матеріали до захисту дипломної роботи

# Узагальнена структура трирівневої АСКОЕ





## Спрощена схема АСКОЕ

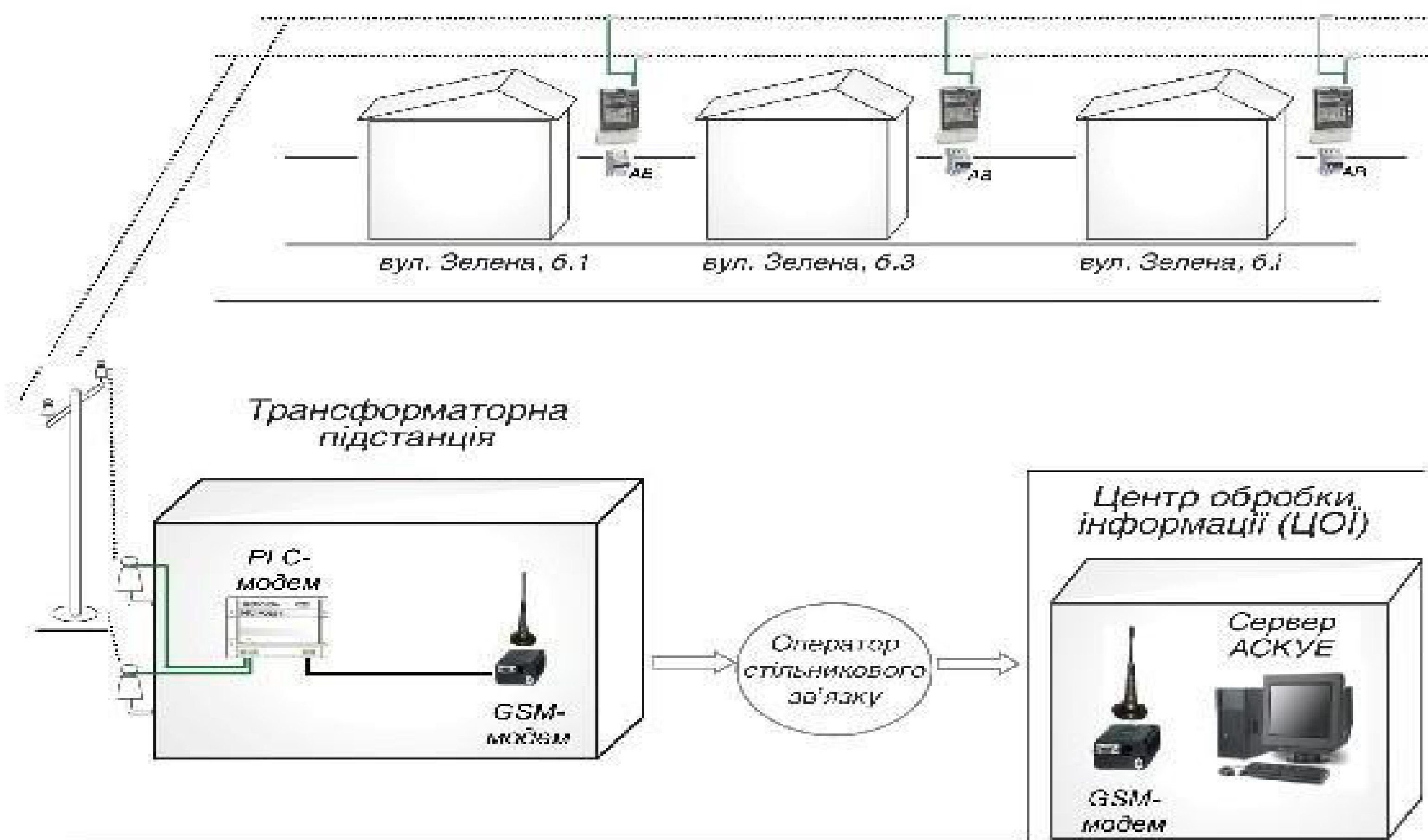


Схема АСКОЕ з передачею даних силовою мережею 0,4 кВ



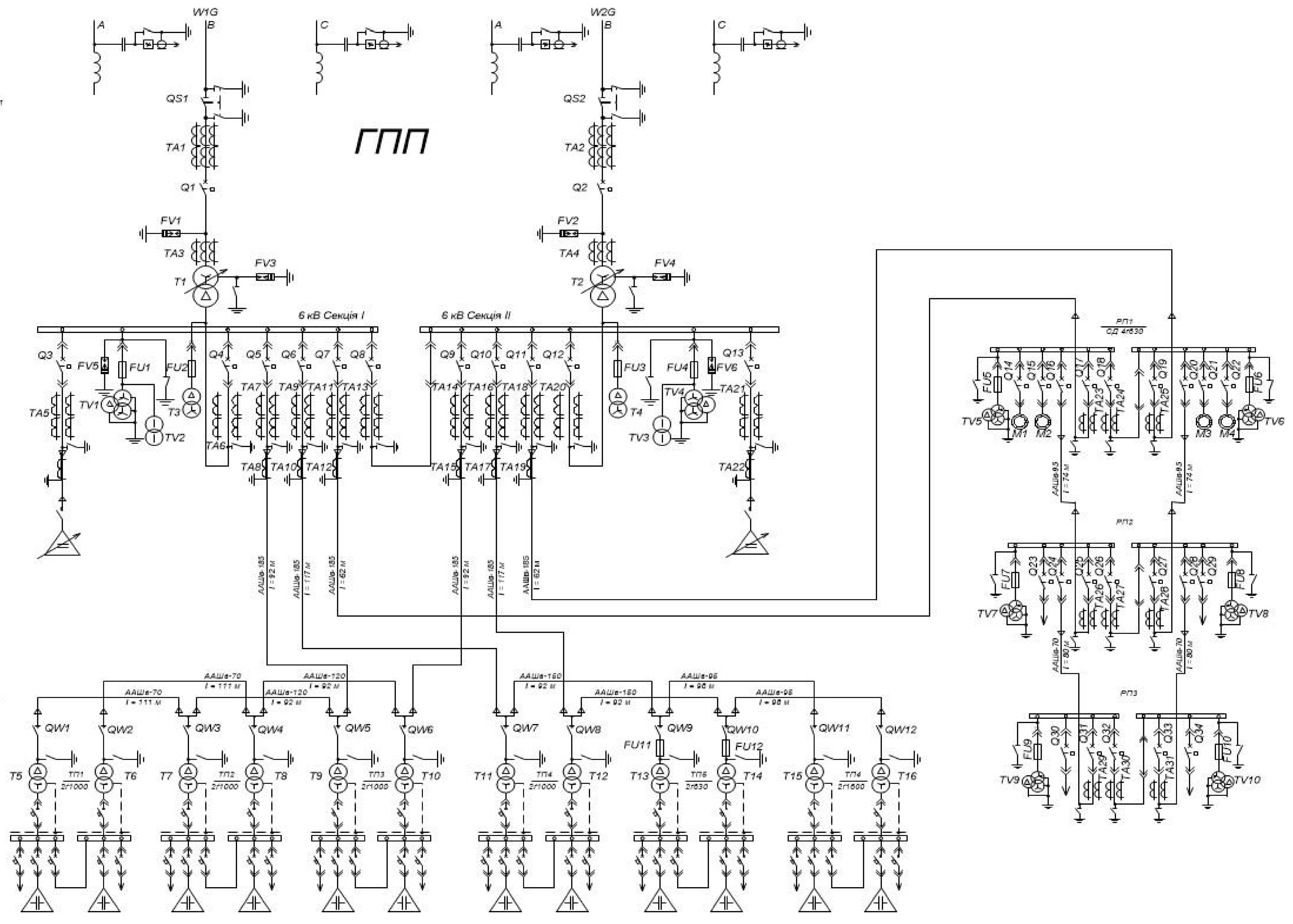
Структура автоматизованої системи контролю та обліку електроенергії з передачею інформації через GSM



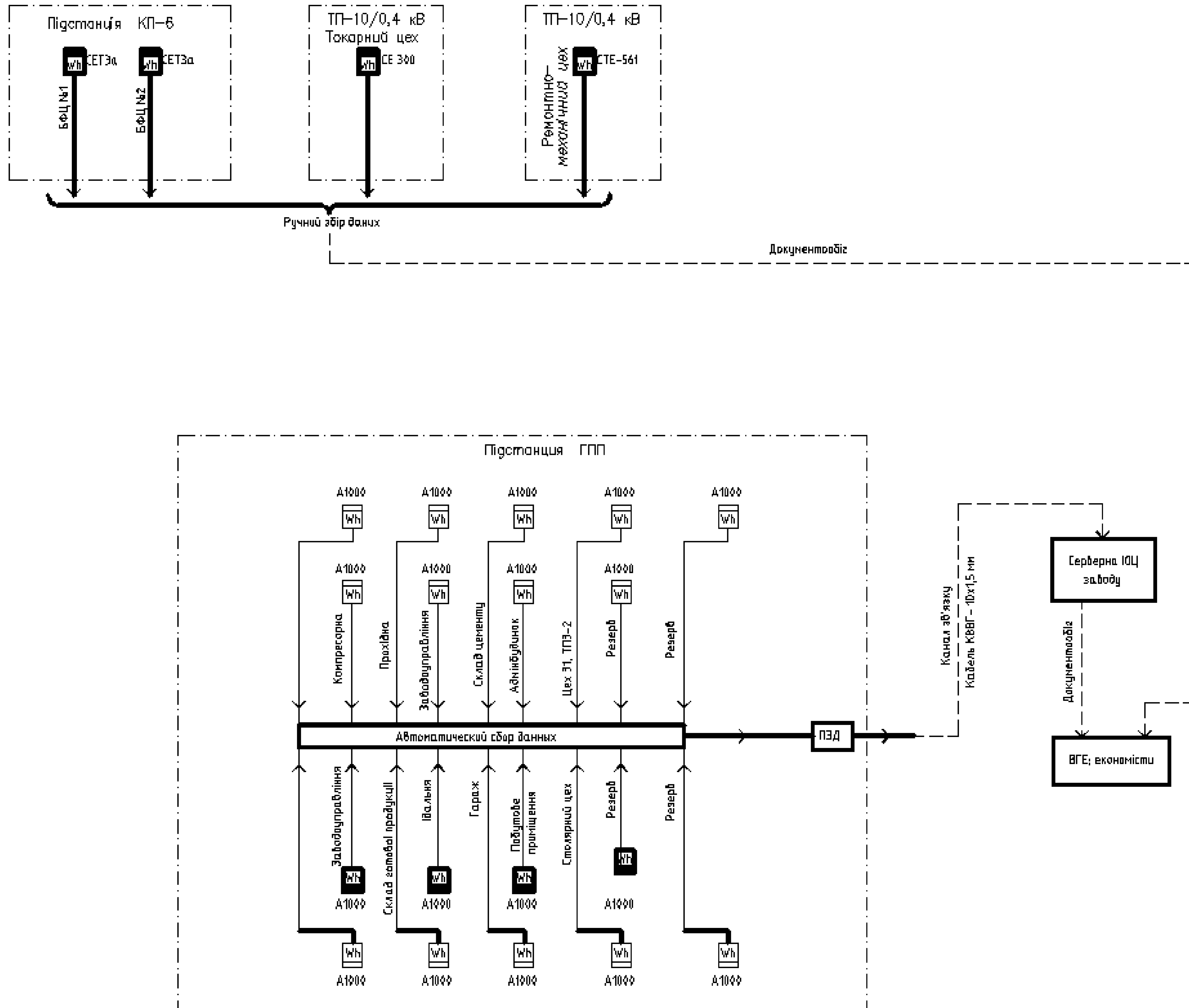
Лінійка мікропроцесорних лічильників, що використовуються в АСКОЕ

# СХЕМА ОДНОЛІНІЙНА ПІДРИЄМСТВА

РЧДЗ-2-110В/1000 У1
ТФЗМ-110В-1У1
ЛТВ 123 Д1
РВС-110
ТВТ-110
ТДН-10000/110
ВМПЕ-10-1600-20
ВМПЕ-10-630-20
РВО-10
ЛКТ-10/0,6-7
ТВЛ-10/10/0,4
НТМИ-10-60У3
ТЛМ-6УТ3
НОМ-10
УК-10-300
ВНРП-10/400-10 <sub>У3</sub>
ВНР-10/400-10 <sub>У3</sub>
ЛКТ-102-6-80-20У3
ТМ-1600/6,3
ТМ-1000/6,3
ТМ-630/6,3
М-40
М-26
М-16
М-20
М-12
М-06
УК-0,4-160
УК-0,4-230
УК-0,4-300
УК-0,4-600
УК-0,4-900



# ДЮЧА СХЕМА ОБЛІКУ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ





Трансформатор струму  
ТТІ-100 3000/5А



Пристрій збору та передачі даних  
(логічний контролер) Енергоміра СЕ805



Мікропроцесорний лічильник  
СЕ303U

## Вибір трансформаторів струму

Умови вибору	Розрахункові дані	Каталожні дані
$U_M \leq U_{НОМ}$	$U_M = 0,4 \text{ кВ}$	$U_{НОМ} = 0,4 \text{ кВ}$
$I_{роб.мах} \leq I_{доп}$	$I_{роб.мах} = 2312,1 \text{ А}$	$I_{доп} = 3000 \text{ А}$
$i_y \leq k_D \cdot \sqrt{2} \cdot I_{НОМ}$	$i_y = 50 \text{ кА}$	$95,4 \text{ кА}$
$B_K \leq (k_T \cdot I_{НОМ})^2 \cdot t_T$	$B_K = 185,4 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$	$9506250 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$

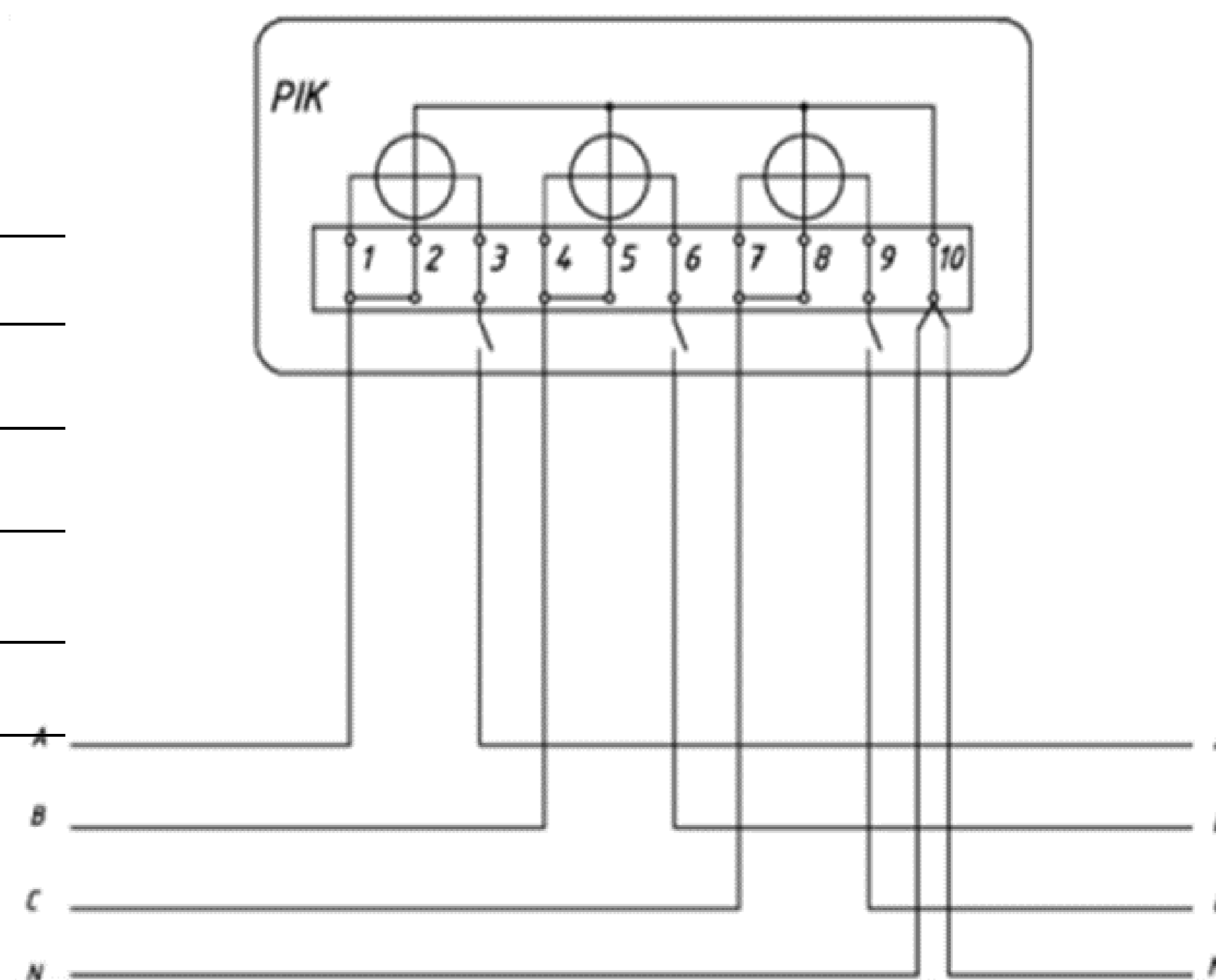


Схема підключення контролера

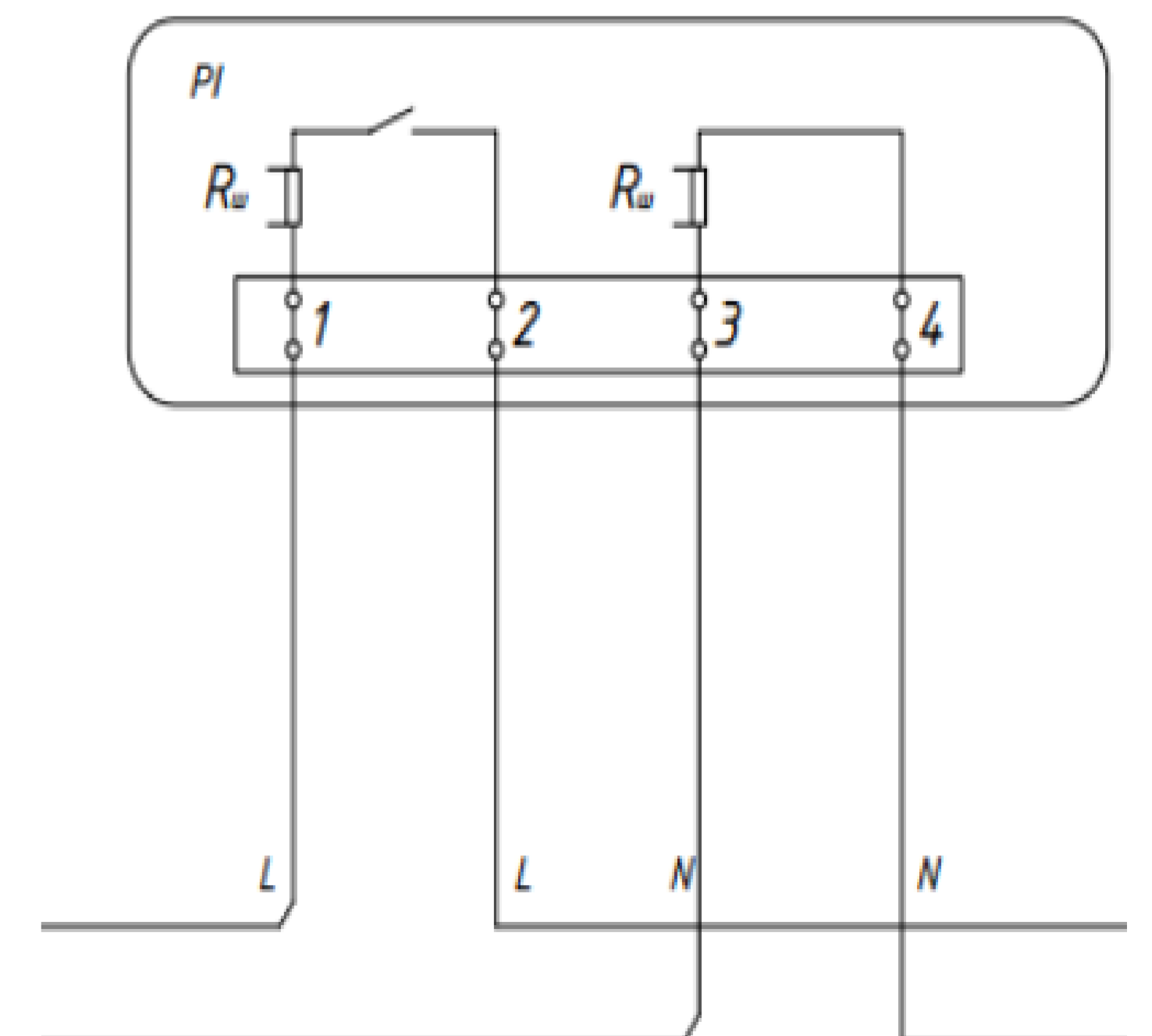


Схема підключення лічильника

# Структурна схема АСМСЕ

