

# КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

**бакалавр**

(освітній ступінь (освітньо-кваліфікаційний рівень))

на тему: **Удосконалення системи обліку електроенергії для приватних господарств**

Виконав(ла): студент(ка) 4 курсу, групи ЕТс-41  
спеціальності 141

електроенергетика, електротехніка та електромеханіка  
(шифр і назва спеціальності)

\_\_\_\_\_  
(підпис) Новосад В.А.  
(прізвище та ініціали)

Керівник \_\_\_\_\_  
(підпис) Андрійчук В.А.  
(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль \_\_\_\_\_  
(підпис) Вакуленко О. О.  
(прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри \_\_\_\_\_  
(підпис) Тарасенко М. Г.  
(прізвище та ініціали)

Рецензент \_\_\_\_\_  
(підпис) Ковалюк Б.П.  
(прізвище та ініціали)

Міністерство освіти і науки України  
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет прикладних інформаційних технологій та електроінженерії  
(повна назва факультету)

Кафедра Електричної інженерії  
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Тарасенко М. Г.  
(підпис) (прізвище та ініціали)

« 08 » лютого 2021 р.

## ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступеня бакалавр  
(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 141 – електроенергетика, електротехніка та електромеханіка  
(шифр і назва спеціальності)

студенту Новосаду Владиславу Андрійовичу  
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Удосконалення системи обліку електроенергії для приватних господарств

Керівник роботи Андрійчук Володимир Андрійович д.т.н.  
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від « 26 » січня 2021 року № 4/7-47

2. Термін подання студентом завершеної роботи 18 червня 2021 року

3. Вихідні дані до роботи \_\_\_\_\_

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

1. Аналітичний розділ

2. Проектно-конструкторський розділ

3. Розрахунковий розділ

4. Безпека життєдіяльності та основи охорони праці

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, слайдів)

1. Схема індукційного та електронного лічильника 1л. ф – А1

2. Загальна будова АСКОЕ та алгоритм програмного забезпечення 1л. ф – А1

3. Загальна схема електропостачання підприємства 1л. ф – А1

4. Схема обліку електроенергії з встановленою АСКОЕ для ТП-3 1л. ф – А1

5. Структурна схема АСКОЕ вибраного підприємства 1л. ф – А1

## 6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Безпека життєдіяльності та основи охорони праці	Гурик О. Я., к.т.н., доцент кафедри МТ		
Нормоконтроль	Вакуленко О. О., ст. викладач кафедри ЕІ		

7. Дата видачі завдання 08 лютого 2021 року

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Вступ	.02.2021	
2	Аналітичний розділ	.02.2021	
3	Проектно-конструкторський розділ	.03.2021	
4	Розрахунковий розділ	.04.2021	
5	Безпека життєдіяльності та основи охорони праці	.05.2021	
6	Висновки	.06.2021	
7	Оформлення пояснювальної записки	.06.2021	
8	Оформлення графічної частини	14.06.2021	

Студент

\_\_\_\_\_ (підпис)

\_\_\_\_\_ (прізвище та ініціали)

Керівник роботи

\_\_\_\_\_ (підпис)

\_\_\_\_\_ (прізвище та ініціали)

## РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота бакалавра. Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя. Факультет прикладних інформаційних технологій та електроінженерії. Кафедра електричної інженерії, група ЕТс-41. Т. : ТНТУ, 2021.

Стор. 68; рис. 31; табл. 9; креслень 5; джерел 29; додатків -.

Кваліфікаційна робота бакалавра виконана на підставі завдання на тему: «Удосконалення системи обліку електроенергії для приватних господарств»

Метою роботи є удосконалення системи обліку електроенергії приватного господарства.

Проведено огляд методів вимірювання електроенергії за допомогою різних приладів обліку, здійснено їхнє порівняння між собою. У підсумку було обрано приватне господарство, яке займається розподілом електроенергії і на його прикладі здійснено впровадження автоматизованої системи комерційного обліку електроенергії. В якості приладів обліку електроенергії були обрані трифазні електричні лічильники типу СЕ308-S31 трансформаторного підключення. Встановлений головний сервер типу SYS-5049C-E1R24 для зберігання всіх отриманих даних. Пристрій збору та передачі інформації СЕ805М-RP01-Е, який здійснює зв'язок між лічильниками та сервером, а також поєднує у собі локальний сервер тимчасового зберігання даних з пристроєм синхронізації часу. І для роботи, були встановлені автоматизовані робочі місця зі спеціальним програмним забезпеченням.

Представлено схеми підключення даної системи на прикладі однієї з трансформаторних підстанцій, що належить даному підприємству. А також зображено структурну схему для цілого підприємства.

*Ключові слова: автоматизована система комерційного обліку електроенергії, лічильники, пристрої збору та передачі даних.*

					<b>КБР 19-037.00.00.000 ПЗ</b>		
Зм	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розробив	Новосад В.А.				Літера	Аркуш	Аркушів
Перевірів	Андрійчук В.А.					3	68
Н. контр.	Вакуленко О.О.				РЕФЕРАТ ТНТУ, ФПТ, гр. ЕТс-41		
Затвердив	Тарасенко М.Г.						

## ЗМІСТ

<b>РЕФЕРАТ</b>	3
<b>ЗМІСТ</b>	4
<b>ВСТУП</b>	6
<b>РОЗДІЛ 1. АНАЛІТИЧНИЙ</b>	8
1.1 Розвиток лічильників	8
1.2 Види та класифікація лічильників	10
1.3 Принцип дії та будова індукційних лічильників	11
1.4 Принцип дії та будова електронних лічильників	13
<b>РОЗДІЛ 2. ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСЬКИЙ</b>	21
2.1 Способи удосконалення систем обліку електроенергії	21
2.2 Будова автоматичних систем обліку електроенергії	24
2.3 Принцип дії АСКОЕ	27
<b>РОЗДІЛ 3. РОЗРАХУНКОВИЙ</b>	36
3.1 Загальні відомості	36
3.2 Вимірювальні пристрої	38
3.3 Загальна характеристика підприємства	39
3.4 Розробка та встановлення АСКОЕ для приватного господарства	42
3.4.1 Аналіз відомостей про підприємство і схеми розглядуваного об'єкта	42
3.4.2 Проектування АСКОЕ	43
3.4.3 Склад АСКОЕ приватного господарства	45
3.4.4 Вибір пристроїв для нижнього рівня АСКОЕ	47
3.4.5 Вибір пристроїв для середнього рівня АСКОЕ	52
3.4.6 Вибір пристроїв для верхнього рівня АСКОЕ	54
3.5 Нанесення вибраних елементів АСКОЕ	57

					<b>КРБ 19-037.00.00.000 ПЗ</b>			
Зм	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	<b>ЗМІСТ</b>	Літера	Аркуш	Аркушів
Розробив		<i>Новосад В.А.</i>					4	68
Перевірів		<i>Андрійчук В.А.</i>						
Н. контр.		<i>Вакуленко О.О.</i>				ТНТУ, ФПТ, гр. ЕТс-41		
Затвердив		<i>Тарасенко М.Г.</i>						

3.5.1 Зображення приладів нижнього та середнього рівнів на прикладі трансформаторної підстанції №3	57
3.5.2 Схематичне зображення спроектованої АСКОЕ для вибраного підприємства	58
<b>РОЗДІЛ 4. БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ</b>	59
4.1 Аналіз потенційних шкідливостей на дільниці. Заходи щодо їх зниженню	59
4.2 Оцінка цеху (дільниці) щодо пожежної небезпеки	63
4.3 Заходи щодо евакуації людей із виробничих приміщень цеху	64
<b>ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ</b>	65
<b>ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ</b>	66

## ВСТУП

Електроенергетика є, як відомо, однією з провідних галузей у сучасному світі, вона впливає безпосередньо на всі найважливіші системи життєзабезпечення самого суспільства, а також на формування соціального клімату і на економічний розвиток будь-якої держави. Як у світі, так і у нашій державі роль енергетики продовжує зростати за рахунок збільшення кількості споживачів, а також заміни одних видів пристроїв на інші, що в своїй роботі використовують електричну енергію, на відміну від своїх попередників, які її не потребували. Все це провокує щорічне підвищення кількості генерування даного джерела живлення, використовуючи в більшості вичерпні ресурси, запаси яких відповідно з кожним роком зменшуються, що в свою чергу передбачає збільшення ціни на одиницю виробленої електроенергії. Окрім того, під час її транспортування відбуваються втрати, що несуть за собою додаткові економічні затрати.

Також електроенергетика країни зазнає значних збитків через не балансове споживання. Це викликано тим, що у певні періоди доби (переважно вдень) використання електроенергії значно більше ніж в інші, за рахунок чого (переважно в нічний час) відбуваються великі втрати, оскільки потреба в ній значно зменшується, а кількість генеруємої енергії підтримується на одному рівні, через не можливість різкого її зменшення. Також великою проблемою викликаною суспільством є споживання електричної енергії без її обліку. Всі ці фактори щорічно змушують збільшувати ціни для продовження нормального функціонування електроенергетичної галузі країни.

Все це вимагає проведення заходів для здійснення енергозбереження та впровадження сучасних технологій для раціонального генерування, використання та точного обліку електроенергії. Які в свою чергу забезпечать зменшення різниці фактичного споживання відносно повних обсягів генерування, а відповідно покращення якості та зменшення ціни на електричну енергію.

					<b>КРБ 19-037.00.00.000 ПЗ</b>		
Зм	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розробив	<i>Новосад В.А.</i>				Літера	Аркуш	Аркушів
Перевірів	<i>Андрійчук В.А.</i>					6	68
Н. контр.	<i>Вакуленко О.О.</i>				ВСТУП ТНТУ, ФПТ, гр. ЕТс-41		
Затвердив	<i>Тарасенко М.Г.</i>						

Цілю даної дипломної роботи є розробка автоматизованої системи комерційної обліку електроенергії для приватних господарств. А також створення способу зберігання великих об'ємів інформації і ефективного маніпулювання нею, а відповідно і зменшення втрат.

Для вирішення поставлених задач необхідно:

- зібрати інформацію про прилади та системи обліку;
- визначитись з найбільш досконалою системою обліку електроенергії;
- на прикладі приватного підприємства показати процес проектування новітніх систем обліку електричної енергії;
- визначитись з технічним та програмним забезпеченням яке буде встановлено;
- встановити та налаштувати обладнання;

А відповідно до цього полегшити роботу обслуговуючого персоналу, яка включає в себе пошук, обробку та записування інформації, яка знаходиться в різних віддалених один від одного місцях. А значить скоротити, або навіть повністю уникнути великої кількості помилок, часових втрат та зменшити залучені людські ресурси.

					КРБ 19-037.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		7



# РОЗДІЛ 1. АНАЛІТИЧНИЙ

## 1.1 Розвиток лічильників

У 1867 році разом з винаходом динамо-машини німецьким вченим Варнером фон Сіменсом, яка була здатна генерувати електроенергію у промислових об'ємах, виникла необхідність створення машин для її обліку.

Першим представником даних приладів став лічильник годин роботи ламп у 1872 році, який вимірював час, на протязі якого були увімкнені лампи, що під'єднані через один вимикач. Даний винахід припинив своє існування, коли в електричних мережах почали виконувати розгалуження.

У 1885 році італієць Галілео Ферраріс, та незалежно від нього, у 1888 році американець Нікола Тесла зробили відкриття про можливість обертання суцільного ротора, при взаємодії на нього двох полів змінного струму, які не збігаються за фазою. Це дало поштовх для створення сучасних лічильників на індукційній основі.

Перший такий пристрій був створений та запатентований угорцем Отто Тітус Блаті у 1889 році та називався «Електричний лічильник для змінних струмів» (Рис. 1.1). Всі його елементи були встановлені на великій дерев'яній основі, а вага складала цілих 23 кілограма.

В подальшому були здійсненні наступні модифікації індукційного лічильника:

- Зменшення ваги та габаритів;
- Збільшення діапазону навантаження;
- Продовження терміну стабільної роботи;
- Заміна пристроїв для утримання осі вертикального валу на більш досконалих;
- Створено трифазну версію лічильника з одним, або декількома обертальними дисками.

					<b>КРБ 19–037.00.00.000 ПЗ</b>		
Зм	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розробив	Новосад В.А.				Літера	Аркуш	Аркушів
Перевіряв	Андрійчук В.А.					8	68
Н. контр.	Вакуленко О.О.				РОЗДІЛ 1. АНАЛІТИЧНИЙ ТНТУ, ФПТ, гр. ЕТс-41		
Затвердив	Тарасенко М.Г.						

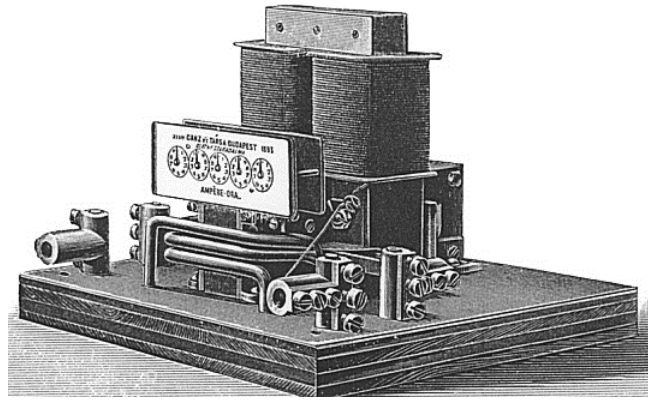


Рисунок 1.1 Перший індукційний лічильник електроенергії

Дослідження та розробка у 1970-х роках перших аналогових та цифрових інтегральних мікросхем дала поштовх для створення електронних лічильників електроенергії. Були розроблені точні стаціонарні лічильники, які використовували принцип часово-імпульсного множення. Окрім того, також були створені прилади обліку, які базувались на застосуванні ефекту Холла. Проте даний тип перестав бути актуальним в зв'язку з меншою точністю вимірювання.

На даному етапі розвитку найбільш сучасними і разом з тим найбільш вживаними є електронні лічильники електричної енергії побудовані на інтегральних мікросхемах (рис. 1.2), які перетворюють аналоговий сигнал у імпульси, підрахунок яких дає можливість визначити кількість спожитої електроенергії.



Рисунок 1.2 Сучасний електронний лічильник українського виробника

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КРБ 19–037.00.00.000 ПЗ

Арк

9

## 1.2 Види та класифікація лічильників

Лічильники електроенергії класифікуються за такими трьома ознаками:

- тип вимірювальних величин;
- тип підключення;
- тип конструкції.

За типом вимірювальних величин електролічильники поділяють на однофазні (вимірювання змінного струму 220 В, 50 Гц) і трифазні (380 В, 50 Гц). Незважаючи на інший тип вимірювальної величини, сучасні трифазні лічильники підтримують облік за однією фазою.

За типом підключення всі лічильники розділяють на прилади прямого ввімкнення в електричне коло і трансформаторного, які підключаються до електричної мережі за допомогою спеціальних вимірювальних трансформаторів.

Також існують трифазні лічильники трансформаторного типу підключення, які розраховані на напругу 100 В і застосовуються вони у високовольтичних мережах (напруга більше 660 В).

За типом конструкції поділяються на:

1. Індукційні (електромеханічної та механічної будови) лічильники, в яких створене магнітне поле від нерухомих котушок впливає на рухомий диск з струмопровідного матеріалу. Кількість обертів диска прямо пропорційна споживаній потужності. Поганий захист від викрадання електроенергії. Клас точності даних приладів від 2,0 до 1,0. Підходять для квартир з малим електроспоживанням.

2. Електронні лічильники, в яких змінний струм та напруга діють на електронні елементи для створення на виході імпульсів, кількість яких пропорційна споживаній потужності. Основна перевага – багатотарифний облік електроенергії. Точність вимірювання від 1,0 до 0,2. Підходять для квартир з великим електроспоживанням, та для підприємств.

					КРБ 19–037.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

3. Гібридні лічильники. Рідковживані проміжні варіанти з цифровим інтерфейсом. Вимірювальна частина виконана індукційного або електронного типу, з механічним відліковим пристроєм.

### 1.3 Принцип дії та будова індукційних лічильників

Будова сучасного індукційного лічильника, яка представлена на рисунку 1.3, складається з двох котушок 4 і 5 (котушки струму і напруги відповідно), які намотані на магнітопроводи 6 і 7, виконують роль електромагнітів. Утворювальні магнітні поля діють на індуковані ж ними вихрові струми в алюмінієвому диску 3 і заставляють його обертатися, диск закріплений на рухомій вертикальній осі 2, на якій також розміщена черв'ячна передача 9, яка приєднана до звичайного рахункового механізму 10. Також для забезпечення гальмівного моменту, встановлюють постійний магніт 1. А для замикання основного магнітного потоку, який проходить через алюмінієвий диск 3, використовують протиполіус 8.

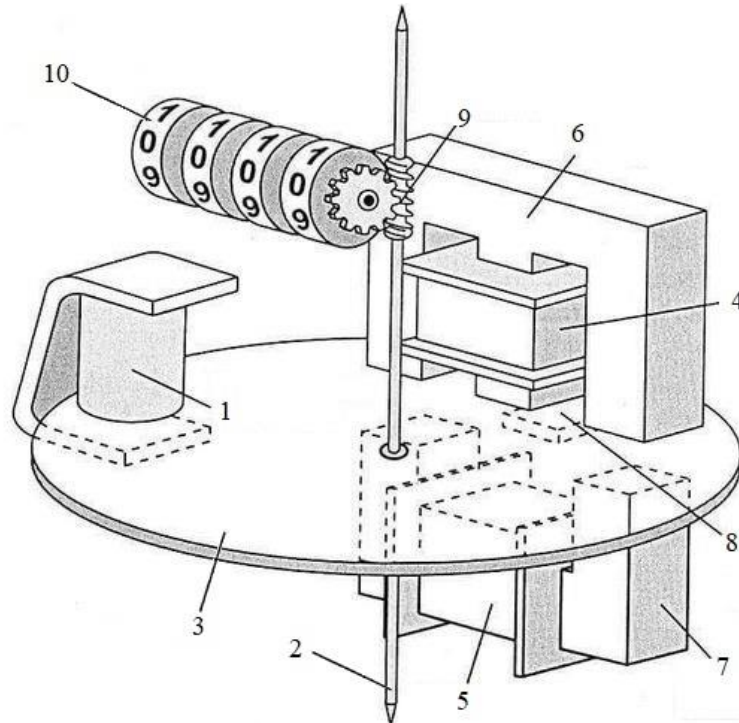


Рисунок 1.3 Спрощений механізм обліку сучасного індукційного лічильника електроенергії

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КРБ 19–037.00.00.000 ПЗ

Арк

11

Котушка 4 виконана з товстого дроту, її ще називають струмовою обмоткою і підключається вона послідовно до всіх споживачів в електричному колі. Котушка 5 виконана з тонкого дроту для збільшення опору, її також називають котушкою напруги, і підключають її паралельно всім споживачам електричної енергії в колі.

Також, пізніше, дані тип лічильників оснащували пристроями у вигляді стопорів зворотного ходу диска і реверсивним рахунковим механізмом, що в свою чергу запобігало обертанню диска в зворотному напрямку, і забезпечувався повний облік електроенергії.

Принцип дії розглядаєм на прикладі вхідних сигналів струму і напруги ( $I$  та  $U$  відповідно) синусоїдальної форми (рисунок 1.3).

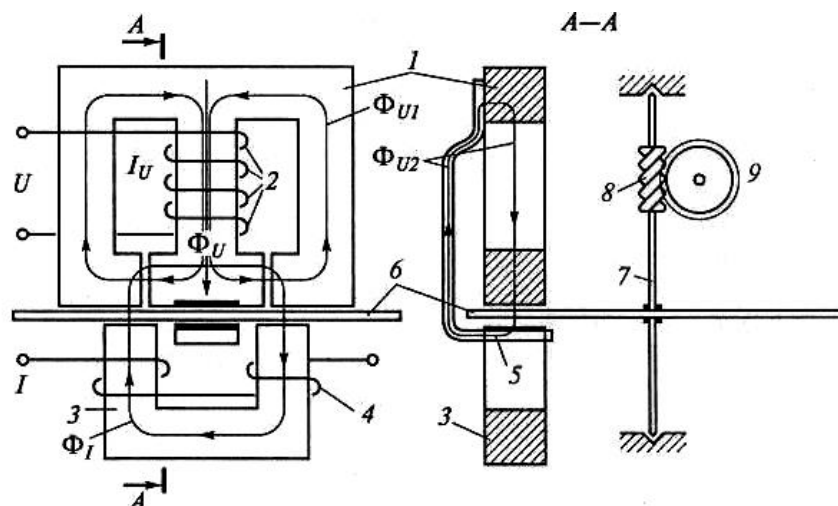


Рисунок 1.4 Схема пояснює принцип дії індукційного лічильника

На рисунку 1.4 схема має такі елементи: 1 – магнітопровід обмотки напруги; 2 – обмотка напруги; 3 – магнітопровід обмотки струму; 4 – обмотка струму; 5 – протиполюс; 6 – алюмінієвий диск; 7 – вісь обертання; 8 – черв'ячна передача; 9 – рахунковий механізм.

Вхідна напруга  $U$ , прикладена до обмотки напруги 2, створює в ній струм  $I_U$ , що має по відношенню до напруги  $U$  зсув за фазою, близький до  $90^\circ$  (через велику індуктивність опору цієї обмотки). Струм  $I_U$  народжує магнітний потік  $\Phi_U$  в середньому осерді магнітопроводу обмотки напруги 1. Цей потік  $\Phi_U$  ділиться на

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

два потоки: не робочий потік  $\Phi_{U1}$  який замикається в середині магнітопроводу 1 і основний потік  $\Phi_{U2}$ , що перетинає диск 6, закріплений на осі 7 і обертається разом з нею. Цей основний потік замикається через протиполюс 5.

Вхідний струм  $I$ , проходячи в обмотці струму 4, створює в магнітопроводі 3 магнітний потік  $\Phi_I$ , який двічі перетинає диск 6. Потік  $\Phi_I$  відстає від струму  $I$  на невеликий кут втрат  $\alpha_1$ , оскільки опір струмової обмотки дуже малий.

Враховуючи все вище сказане, ми маємо два магнітні потоки  $\Phi_{U2}$  і  $\Phi_I$ , які не є однакові і мають фазовий зсув  $\psi$ . При цьому в диску виникає крутний момент  $M$ .

Всі сили, які виникають в лічильнику під час його роботи зображені векторною діаграмою на рисунку 1.5.

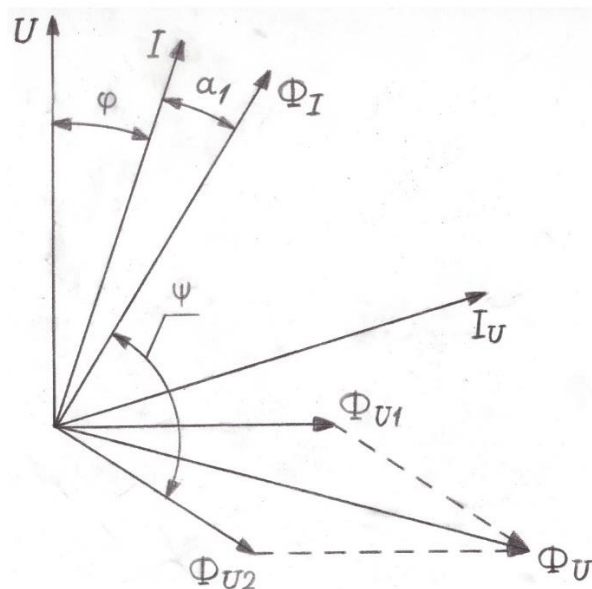


Рисунок 1.4 Векторна діаграма виникаючих сил у індукційному лічильнику

#### 1.4 Принцип дії та будова електронних лічильників

За останній час на зміну індукційним лічильникам електроенергії прийшли електронні. В даних лічильниках рахунковий механізм приводиться в обертання не за допомогою котушок напруги і струму, а за допомогою спеціалізованої електроніки. Крім того, засобом рахунку і відображення показань може бути

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

мікроконтролер і цифровий дисплей відповідно. Все це дозволило скоротити габаритні розміри приладів, а також, знизити їх вартість.

До складу практично будь-якого електронного лічильника входить одна або декілька спеціалізованих обчислювальних мікросхем, які виконують основні функції перетворення і вимірювання. На вхід такої мікросхеми надходить інформація про напругу і силу струму з відповідних датчиків в аналоговому вигляді. У середині мікросхеми дана інформація оцифровується і перетворюється певним чином. В результаті, на виході мікросхеми формуються імпульсні сигнали, частота яких пропорційна поточній споживаній потужності навантаження, підключеного до лічильника. Імпульси надходять на рахунковий механізм, який являє собою електромагніт, узгоджений з зубчастими передачами на коліщатка з цифрами. У випадку з більш дорогими лічильниками з цифровим дисплеєм застосовується додатковий мікроконтролер. Він підключається до вищесказаної мікросхеми і до цифрового дисплею за певним інтерфейсом, веде накопичення результату вимірювання електроенергії в незалежну пам'ять, а також, забезпечує додатковий функціонал приладу.

Як приклад розглянемо трифазний лічильник «Енергоміра ЦЕ6803В Р32». Який зображений на рисунку 1.6. Даний лічильник ще не був у експлуатації. На ньому була відсутня пломба, А зовні на корпусі були незначні механічні пошкодження. Однак при цьому він перебував повністю в робочому стані.



Рисунок 1.6 Загальний вигляд лічильника електроенергії «Енергоміра ЦЕ6803В Р32»

					КРБ 19–037.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

Як можна помітити, дивлячись на основну плату (рис. 1.7), прилад складається з трьох однакових вузлів (праворуч), електричних кіл живлення і мікроконтролера. З нижнього боку основної плати (рис 1.8) розташовані три однакових модуля на окремих платах по одному на кожен вузол. Дані модулі – це мікросхеми AD71056 з мінімально необхідним обвісом. Ця мікросхема є однофазним вимірником електроенергії.



Рисунок 1.7 Будова електричного лічильника «Енергоміра ЦЕ6803В Р32»

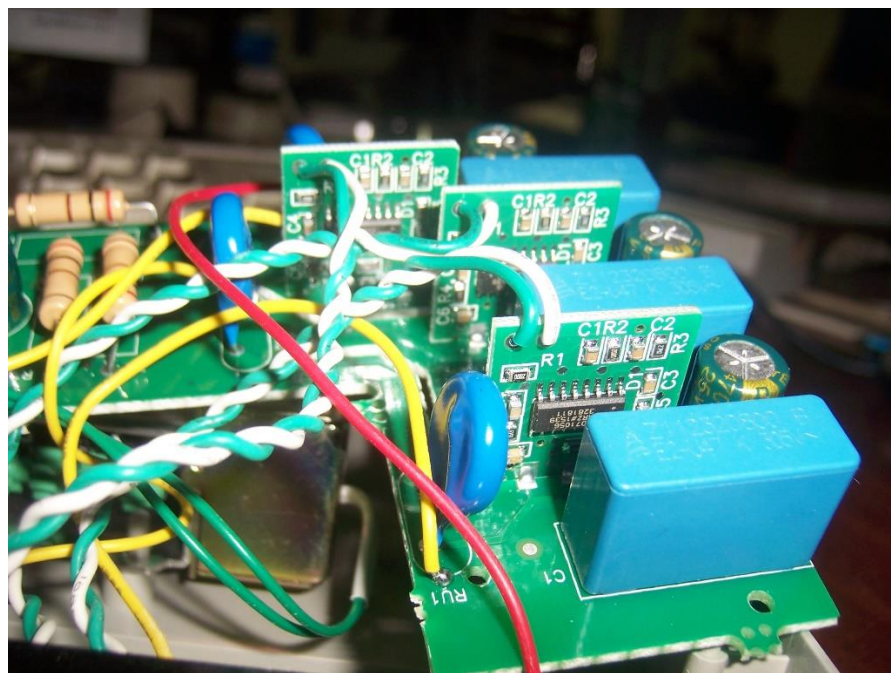


Рисунок 1.8 Зворотний бік основної плати електронного лічильника

					КРБ 19–037.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15



Модулі запаяні вертикально на основну плату. Крученими проводами до них підключаються струмові шунти.

В даній моделі лічильника використовується мікросхема AD71056. Розглянемо її структуру (рис.1.9).

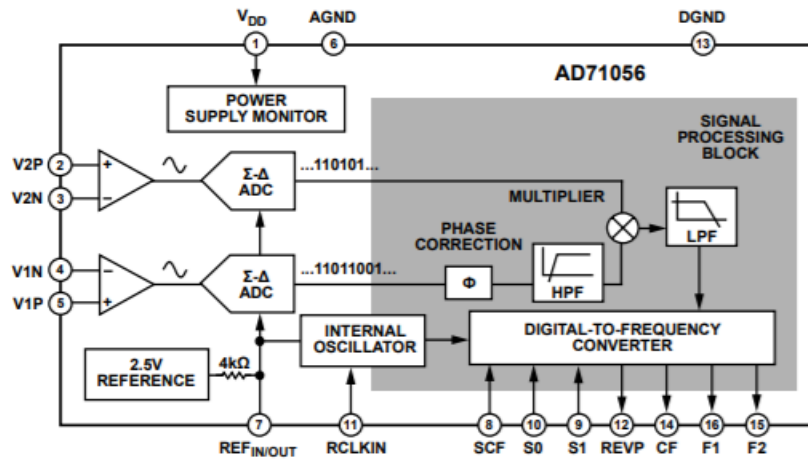


Рисунок 1.9 Структурна схема мікросхеми AD71056

На піни 4 і 5 надходить аналоговий сигнал з струмового шунта, який розташований на першій та четвертій клемі лічильника. На піни 2 і 3 надходить аналоговий сигнал, пропорційний напрузі в мережі. Обидва сигнали за допомогою вузлів аналого-цифрових перетворювачів (АЦП) перетворюються в цифровий вигляд і проходячи певну корекцію та фільтрацію, поступають на помножувач. Він в свою чергу перемножує ці два сигнали, в результаті чого, згідно законів фізики, на його виході з'являється сигнал з інформацією про поточну споживану потужність. Даний сигнал надходить на спеціалізований перетворювач, який формує готові імпульси для рахункового пристрою (піни 15 і 16), для контрольного світлодіода, та для рахункового виходу (пін 14). Через піни 8, 9 і 10 конфігуруються частотні множники і режими перерахованих вище імпульсів.

Стандартна схема обвіса практично являє собою схему розглянутого лічильника і представлена на рисунку 1.10.

Загальний мінусовий провід з'єднаний з нулем 220В. Фаза надходить на пін 2 через дільник на резисторах, який слугує для зниження рівня вимірюваної

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

напруги. Сигнал з шунта надходить на відповідні входи мікросхеми також через резистори. В даній схемі, призначеної для тесту, конфігураційні піни 8-10 підключені до логічної одиниці. Залежно від моделі лічильника, вони можуть мати різну конфігурацію. У цьому короткому огляді ця інформація не настільки важлива. Світлодіодний індикатор підключений до піну 14, послідовно разом з оптичною розв'язкою, на іншій стороні якої підключається клемник для зняття лічильної інформації (K7 і K8).

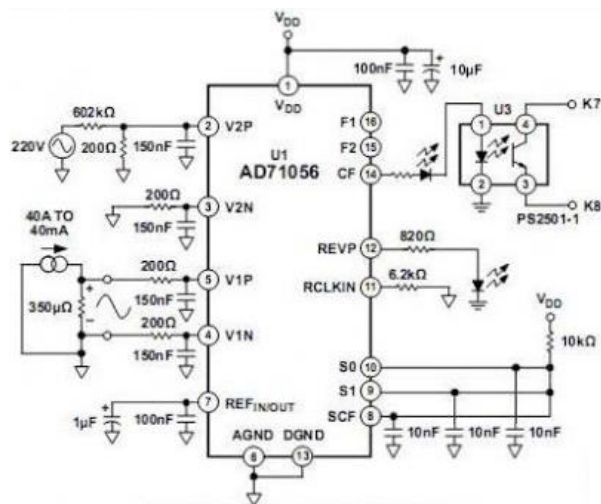


Рисунок 1.10 Стандартна схема обвіса мікросхеми AD71056

На рисунку 1.11 зображена схема електрична принципова однофазного модуля на базі мікросхеми D1 (AD71056), яка розглядалася раніше. На четвертий контакт даного модуля надходить живлення 5В, на третій – сигнал напруги. З другого контакту знімається інформація у вигляді імпульсів про споживаній потужності через вихід CF мікросхеми D1. Сигнал з струмових шунтів надходить через контакти X1 і X2. Конфігураційні входи мікросхеми SCF, S1 і S0 в даному випадку розташовані на пінах 8-10 і сконфігуровані в «0;1;1».

Кожен з трьох таких модулів обслуговує відповідно кожну фазу. Сигнал для вимірювання напруги надходить на модуль через електричне коло з чотирьох резисторів і береться з нульової клеми («N»). При цьому варто звернути увагу, що загальним проводом для кожного модуля є відповідна йому фаза. А ось, загальний

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

провід всієї схеми з'єднаний з нульовою клемою. Дане хитре рішення щодо забезпечення живлення кожного вузла схеми розписано нижче. Повна схема електрична принципова електролічильника «Енергоміра ЦЕ6803В Р32» представлена на рисунку 1.12.

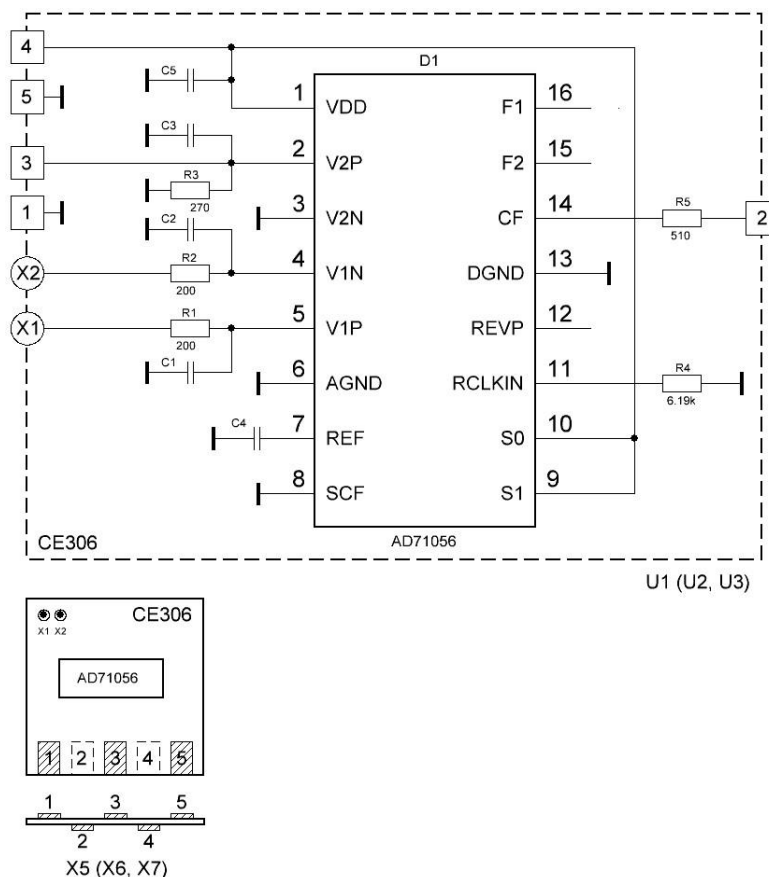


Рисунок 1.11 Схема електрична принципова однофазного модуля лічильника електроенергії «Енергоміра ЦЕ6803В Р32»

Кожна з трьох фаз надходить на стабілізатори VD4, VD5 і VD6 відповідно, потім на баластові RC кола R1C1, R2C2 і R3C3, потім - на стабілізатори VD1, VD2 і VD3, які з'єднані своїми анодами з нулем. З перших трьох стабілітронів знімається напруга живлення для кожного модуля U3, U2 і U1 відповідно, випрямляється діодами VD10, VD11 і VD12. Мікросхеми-регулятори D1-D3 служать для отримання напруги живлення 5В. З стабілізаторів VD1-VD3 знімається напруга живлення загальної схеми, випрямляється діодами VD7-VD9, збирається в одну точку і надходить на регулятор D4, звідки знімається 5В.

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

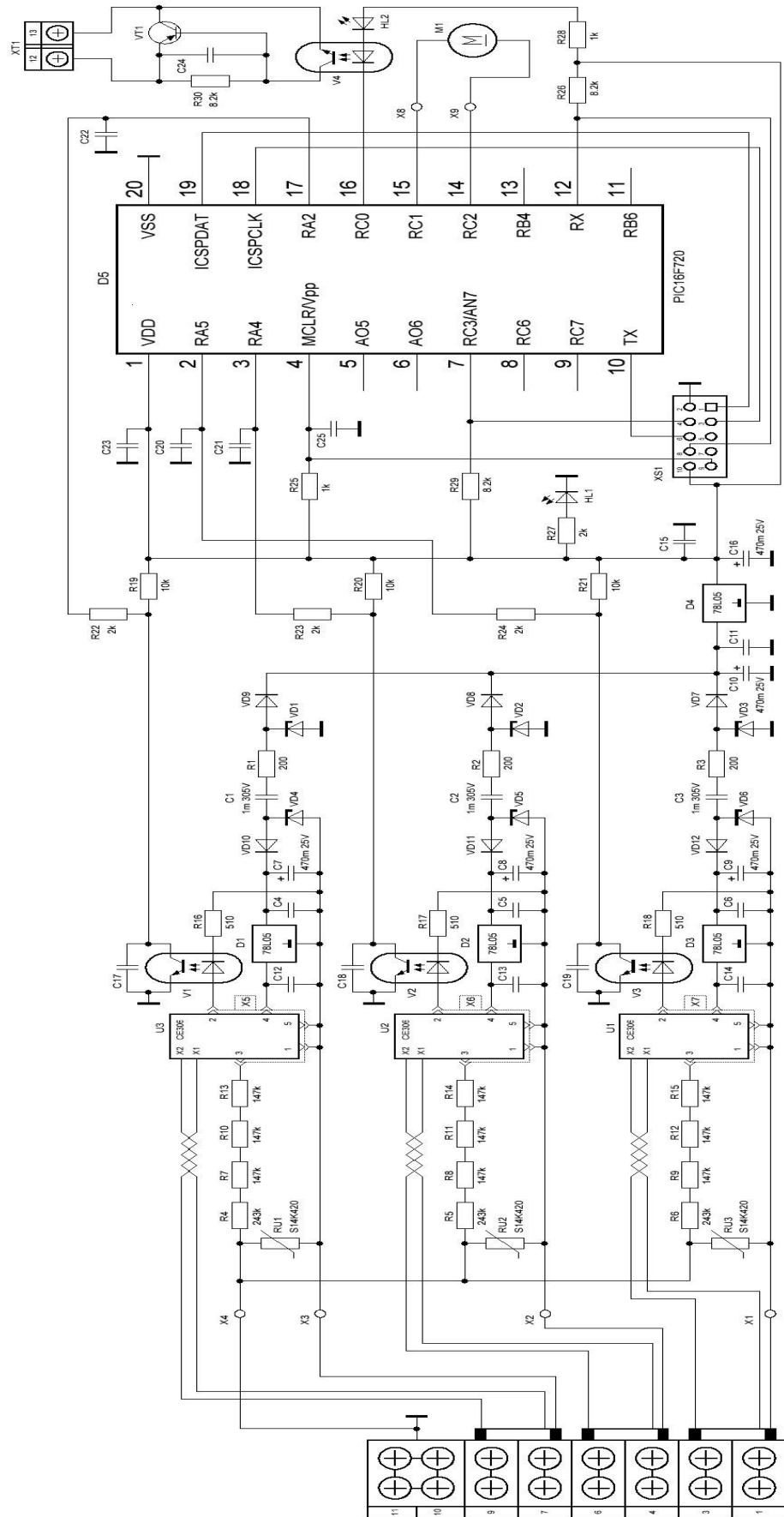


Рисунок 1.12 Схема електрична принципова лічильника електроенергії  
«Енергоміра ЦЕ6803В Р32»

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КРБ 19-037.00.00.000 ПЗ

Загальну схему становить мікроконтролер (МК) D5 PIC16F720. Очевидно, він служить для збору і обробки інформації про поточну споживану потужність, що надходить з кожного модуля у вигляді імпульсів. Ці сигнали надходять з модулів U3, U2 і U1 на піни МК RA2, RA4 і RA5 через оптичні розв'язки V1, V2 і V3 відповідно. В результаті на пінах RC1 і RC2 МК формує імпульси для механічного рахункового пристрою M1. Його співвідношення 200: 1. Опір котушки високий і становить близько 500 Ом, що дозволяє підключати її безпосередньо до МК без додаткових транзисторних ланцюгів. На пін RC0 МК формує імпульси для світлодіодного індикатора HL2 і для зовнішнього імпульсного виходу на роз'ємі XT1. Останній реалізується через оптичну розв'язку V4 і транзистор VT1. У даній моделі лічильника співвідношення становить 400 імпульсів на 1 кВт\*год.

Зліва на платі розташовано місце для 10-пінового роз'єму XS1, який служить для перепрошивки, а також, для UART інтерфейсу МК.

Таким чином, трифазний лічильник «Енергоміра ЦЕ6803В Р32» складається з трьох однофазних вимірювальних мікросхем і мікроконтролера, який обробляє інформацію з них.

На закінчення варто відзначити, що існує ряд моделей лічильників куди більш складніше за своєю функціональністю. Наприклад, лічильники з віддаленим контролем показань по електролінії, або навіть через модуль мобільного зв'язку.

					КРБ 19–037.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20

## РОЗДІЛ 2. ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСЬКИЙ

### 2.1 Способи удосконалення систем обліку електроенергії

Щорічне підвищення вартості енергоресурсів, карантинні обмеження викликані вірусом COVID-19, загострення проблеми не платежів і крадіжки електроенергії, та інше зумовило в останні роки кардинальну зміну ставлення до організації обліку електроенергії в промисловості та інших енергоємних галузях (транспорт і житлово-комунальне господарство). Споживачі та постачальники починають усвідомлювати, що в їхніх інтересах, для економії електроенергії необхідно впроваджувати новітні системи обліку на основі сучасного і високоточного обладнання.

Актуальним рішенням даних проблем, стало впровадження автоматичних систем комерційного обліку електричної енергії. Велика кількість підприємств вже використовують їх для власного контролювання спожитої потужності, отримання точних даних вимірювань, формування з них баз даних та звітів, надання їх компаніям-постачальникам електроенергії. І все це виконується при мінімальній участі людей у цілому процесі.

За допомогою впровадження таких систем в усі енергоємні галузі країни, можна вирішити такі важливі проблеми енергосистеми як:

- виявлення втрат електроенергії, локалізація проблемних точок;
- оперативне виявлення фактів розкрадання електроенергії;
- постійне відстеження працездатності та стану лічильників;
- максимально оперативне отримання даних про фактичне споживання абонентами електроенергії;
- своєчасний контроль споживання електроенергії кожним абонентом;
- істотне зниження витрат на організацію виписки рахунків і обслуговування точок обліку;

					<b>КРБ 19-037.00.00.000 ПЗ</b>		
Зм	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розробив	<i>Новосад В.А.</i>				Літера	Аркуш	Аркушів
Перевіряє	<i>Андрійчук В.А.</i>					21	68
Н. контр.	<i>Вакуленко О.О.</i>				ТНТУ, ФПТ, гр. ЕТс-41		
Затвердив	<i>Тарасенко М.Г.</i>						

- підвищення відповідальності абонентів в питаннях оплати рахунків;
- виключення людського фактору і пов'язаних з цим неточності процедури зняття показань з лічильника;
- можливість значно зменшити число лінійного персоналу (контролерів-обхідників);
- відсутність необхідності в прямому доступі до приладу обліку для перевірки показань.

Розглянувши причини для впровадження, та переваги даних систем, необхідно визначити можливі варіанти, їхні переваги та недоліки.

Найбільш розповсюдженою, технічно досконалою, та з найбільшою кількістю функцій і можливостей встановлення є автоматизована система комерційного обліку електроенергії (АСКОЕ). Вона являє собою поєднання засобів обліку електроенергії з приладами, що забезпечують збір, обробку та відображення інформації зібраної з електронних лічильників. Відповідно, ціна встановлення даної системи є найбільшою, втім за її допомогою можна значно знизити економічні витрати на електроенергію, тим самим відкупивши вартість всіх наданих послуг з її впровадження, а також подальшою економією.

Другою за розповсюдженістю є автоматизована система збору даних (АСЗД) (застаріла назва – локальне устаткування збору та обробки даних (ЛУЗОД)). Дана система є попередником системи АСКОЕ. Її головна відмінність від свого сучасника – це не можливість контролювати витрати електроенергії самими споживачами, оскільки інформація з лічильників передається безпосередньо до постачальників електричної енергії. В свою чергу це означає відсутність можливості зменшення економічних витрат на електроенергію, через недоступність аналізу спожитої потужності та раціонального її перерозподілу. Популярність АСЗД викликана тим, що за правилами використання електричної енергії (ПКЕЕ) дана система обов'язково повинна бути встановлена для всіх споживачів, у яких встановлена потужність електроустановок становить 150 кВт і більше, а споживана електроенергія перевищує місячний ліміт у 50 тис. кВт\*год. Окрім цього, АСЗД може бути удосконалена до системи АСКОЕ при встановленні

					КБР 19-037.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

додаткового обладнання. Вартість такої модернізації становить приблизно 25% від загальної.

Третім варіантом удосконалення представлений у вигляді автоматизованої системи технічного обліку електроенергії (АСТОЕ). Вона використовується для визначення споживаної потужності внутрішніми навантаженнями та їх групами. Особливою відмінністю від двох попередніх систем є те, що АСТОЕ не має жодного відношення до компаній-поставників електроенергії і встановлюється виключно для аналізу розподілу електроенергії всередині об'єкта.

Для остаточного зіставлення наявних способів удосконалення систем обліку електроенергії наведу роботи, які необхідно виконати для впровадження кожної з них у таблиці 2.1.

Таблиця 2.1

№	Роботи і устаткування	АСЗД	АСКОЕ	АСТОЕ
1	Розробка та узгодження проекту	+	+	
2	Комплектація, виробництво і тестування обладнання	+	+	+
3	Програмний комплекс для АСКОЕ та АСТОЕ		+	+
4	Виконання монтажних робіт	+	+	+
5	Виконання базових пуско-налагоджувальних робіт	+	+	+
6	Виконання пуско-налагоджувальних робіт для впровадження програмного комплексу для АСКОЕ та АСТОЕ		+	+
7	Навчання користування системою обліку		+	+
8	Введення системи в дослідну експлуатацію	+	+	
9	Введення системи в промислову експлуатацію	+	+	

Із даного порівняння видно, що найбільш складна і дорога система для впровадження – це АСКОЕ, далі АСЗД і на останньому місці АСТОЕ.



## 2.2 Будова автоматичних систем обліку електроенергії

Беручи до відома, що автоматична система комерційного обліку електроенергії поєднує у собі можливості та обладнання двох інших систем в тій чи іншій мірі, то будова буде розглядатись на її прикладі.

Розгляд будови АСКОЕ доцільно розпочати з поділу її за загально прийнятою схемою (рис. 2.1) на три рівні.

Перший (нижній) рівень на якому все розпочинається відповідає за безперервний облік спожитої електроенергії, та передачі її на наступний. Він включає в себе однофазні або трифазні лічильники електричної енергії, які підключаються до електричних кіл (ЕК) споживачів, канали зв'язку, а також з-за необхідності, додаткове обладнання (вимірювальні трансформатори струму та напруги) за допомогою якого здійснюється підключення приладів обліку до ЕК з напругою споживання більше 1 кВ.

Головними вимогами до лічильників електроенергії є:

- можливість підключення до системи АСКОЕ (більшість електронних сучасних лічильників) за допомогою безпроводного зв'язку GSM, GPRS, або провідного – RS485, RS232, PLC;
- точність вимірювання приладів відповідно до ДСТУ ІЕС 62053-21:2012 не менше 1.0;
- міжповірочний інтервал не менше 4 років;
- середнє напрацювання на відмову не менше 200 тис. год;
- відповідність до вимог закону України «Про метрологію та метрологічну діяльність» і технічному регламенту;
- ступінь захисту відповідно до ІЕС 60529 не гірше IP 51;
- захист від магнітних та імпульсних впливів.

В разі встановлення системи АСКОЕ для підприємств-споживачів, або генеруючих станцій, необхідно здійснювати встановлення лічильників наступним чином:

- для кожного генератора, або генеруючого блока/установки;

					КБР 19-037.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		24

- групі генераторів, у разі неможливості встановлення для кожного окремо;
- кожній генеруючій одиниці, або цілої установки, для яких застосовуються коефіцієнти «зеленого» тарифу;

- для основних та резервних трансформаторів, та тиристорів збудження для власних потреб;

- для автотрансформаторів зв'язку;

- лінії живлення які відходять від електростанції;

- на приєднаннях, що живлять споживачів та господарські потреби електростанції;

- для кожного окремого трансформатора, або групі трансформаторів, які під'єднані до електростанції;

- для кожного шинороз'єднувального, або обхідного вимикача.

Для ліній, які є на балансі двох і більше сторін, а робоча напруга складає 110 кВ і більше встановлюються за узгодженням сторін основні та верифікаційні вузли обліку електроенергії на всіх кінцях лінії.

Другий (середній) рівень виконує функцію опитування лічильників, для отримання інформації про спожиту потужність, групує її, зв'язуючи з часом зняття даних за допомогою сервера синхронізації часу, та передає до наступного рівня, використовуючи певне кодування, що забезпечує захист від неправомірного доступу. Окрім того можуть бути встановлені для зручності використання локальні сервера, за допомогою яких буде відбуватися місцевий збір інформації, тимчасове її зберігання, та зчитування з-за необхідності, використовуючи переносні комп'ютери з відповідним встановленим програмним забезпеченням.

Заводи-виробники для зручності впровадження систем АСКОВЕ виготовляють для використання з власними приладами обліку пристрої збору та передачі інформації (ПЗПД). Вони можуть бути модифіковані різними елементами, які забезпечать виконання додаткових функцій, що описані вище. В залежності від модифікації та цінової категорії, ПЗПД може виконувати від однієї, до всіх перелічених вище функцій даного рівня.

					КБР 19-037.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

Передавання інформації здійснюється за допомогою наступних видів зв'язку:

- телефоні лінії;
- мережа інтернет за допомогою Ethernet з'єднання;
- мобільний зв'язок різних стандартів, таких як GSM, GPRS, EDGE, UMTS, або Wi-Fi;
- низьковольтні лінії електропередач (RS-485; RS-232; PLC);
- сукупність декількох методів, для кращої та більш надійної роботи системи.

Третій (верхній) рівень відповідає за отримання інформації, її обробку, збереження, а також створення баз даних та звітності з подальшим доступом до неї персоналу, через автоматизовані робочі місця (АРМ). Даний рівень є найбільш складним, та включає в себе найбільшу кількість елементів. До них належать:

- супутникові, мобільні або інтернет мережі для передачі даних;
- центральні сервера для отримання, зберігання та надання доступу до даних обліку електроенергії, а також різноманітних сигналів поломок, викрадення електроенергії тощо;
- автоматизовані робочі місця для персоналу підприємств-споживачів та постачальників;
- спеціальне програмне забезпечення для поєднання всіх рівнів і відповідно їхніх елементів у єдину систему автоматизованого обліку електроенергії, з подальшим доступом до роботи з даними.

На даному рівні, за допомогою спеціалізованого програмного забезпечення здійснюється в автоматичному режимі надсилання запитів через периферійні пристрої зв'язку, на отримання інформації про споживання електроенергії у місцях де встановлені лічильники, що під'єднані за допомогою будь-якого з'єднання та підключенні до даної системи АСКОЕ. Періодичність здійснення даних запитів за замовчуванням виконується раз на добу. При необхідності, працівник-оператор може змінити даний параметр у налаштуваннях програми.

Окрім цього, опитування лічильників може здійснюватися в ручному режимі через те ж саме ПЗ.

					КБР 19-037.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

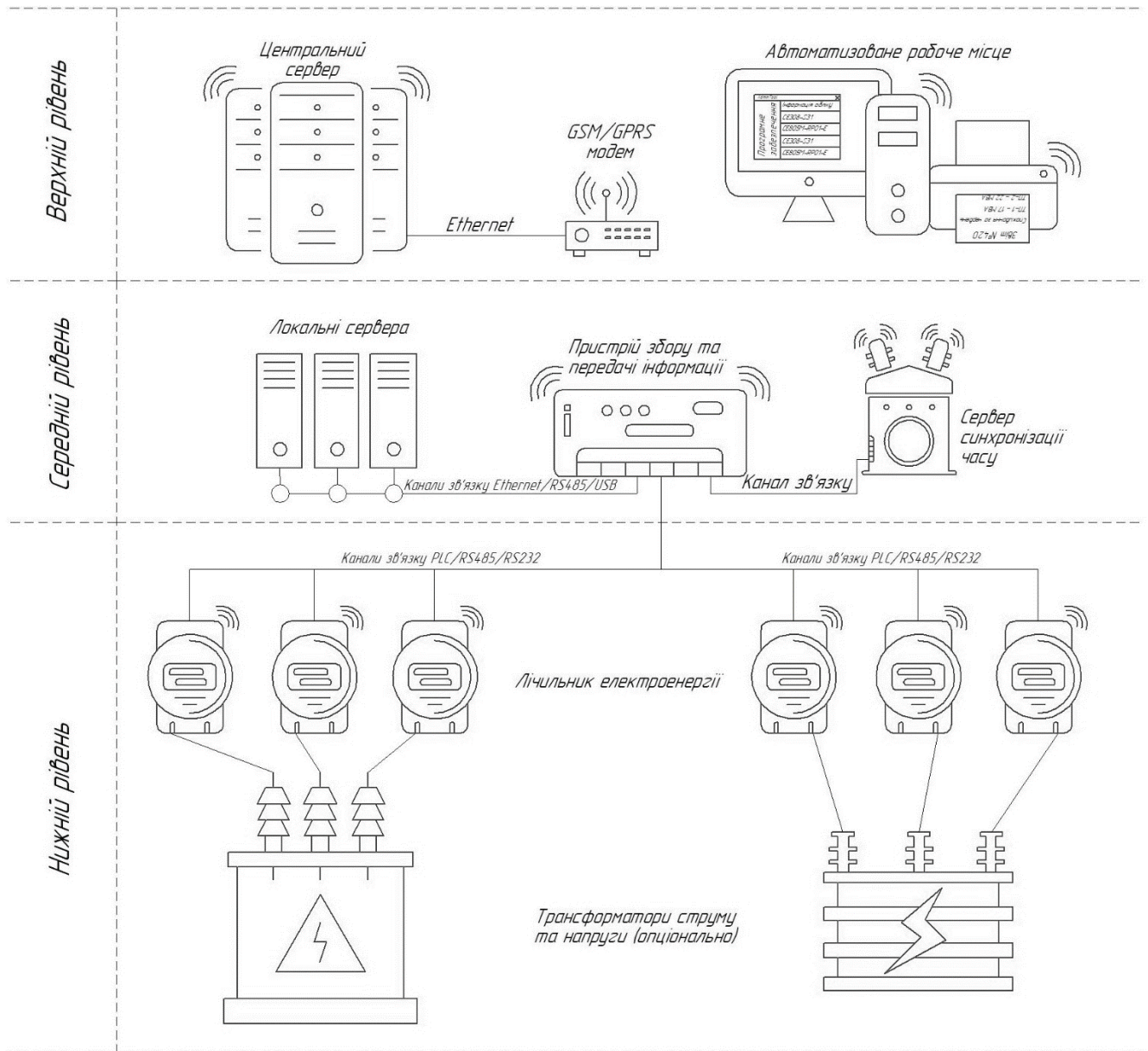


Рисунок 2.1 Загальноприйнятий поділ систем АСКОЕ

### 2.3 Принцип дії АСКОЕ

Для забезпечення вірного виконання систем автоматизованого комерційного обліку електроенергії необхідно знати як дана система працює, та що необхідно для її встановлення.

Отож, в даному підрозділі ми розберемо принцип роботи АСКОЕ, та головні критерії до неї.

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

АСКОЕ – це система обліку електроенергії, яка має вигляд інтегрованої системи і відповідно до своєї структури та особливостей розміщення обладнання розділяється на три підсистеми:

1. Автоматизовану систему обліку електроенергії з спеціалізованих електронних лічильників.
2. Систему передачі даних від нижнього до верхнього рівня з можливістю тимчасового зберігання інформації, а також її захисту.
3. Автоматизовану систему збору, зберігання та опрацювання отриманої інформації, а також на її основі створення баз даних та звітів.

За умовною схемою, зображеною на рисунку 2.2 будемо здійснювати розбір принципу роботи АСКОЕ.

На рисунку 2.2 нижній рівень представлений у вигляді двох об'єктів, на яких здійснюється збір даних активної та реактивної енергії за допомогою п'яти однофазних або трифазних лічильників, для кожного окремо.

Даний рівень на даній схемі містить наступні елементи: GSM модеми, перетворювачі інтерфейсів, сервери мережевого доступу та канали обміну інформацією.

Після того, як прилади обліку зафіксували дані вимірювань споживання електроенергії їх передають через підключені до лічильників канали обміну інформацією RS485. Далі слідує два варіанти розвитку подій:

1. Для локальних точок обліку, низьковольтні лінії електропередач з вищезгаданими каналами підключаються напряму до сервера мережевого доступу, де відбувається тимчасове зберігання та наступна передача отриманої інформації до автоматизованих робочих місць за допомогою інтернет з'єднання. Також, дані лінії електропередач підключаються через перетворювач інтерфейсів до сервера, який встановлений на підприємстві і виконує функцію зберігання даних. Передача даних здійснена за допомогою двох способів, для забезпечення більш надійного зв'язку.

2. Для віддалених точок обліку електроенергії передача здійснюється наступним шляхом: від лічильників, через канал зв'язку RS485 сигнал подається в GSM модем, який транслює її через телекомунікаційну мережу на такий ж самий

модем, що встановлений біля серверу підприємства, і відповідно, після надходження сигналу на нього, він перетворює її у початковий вигляд, та передає у головний сервер.

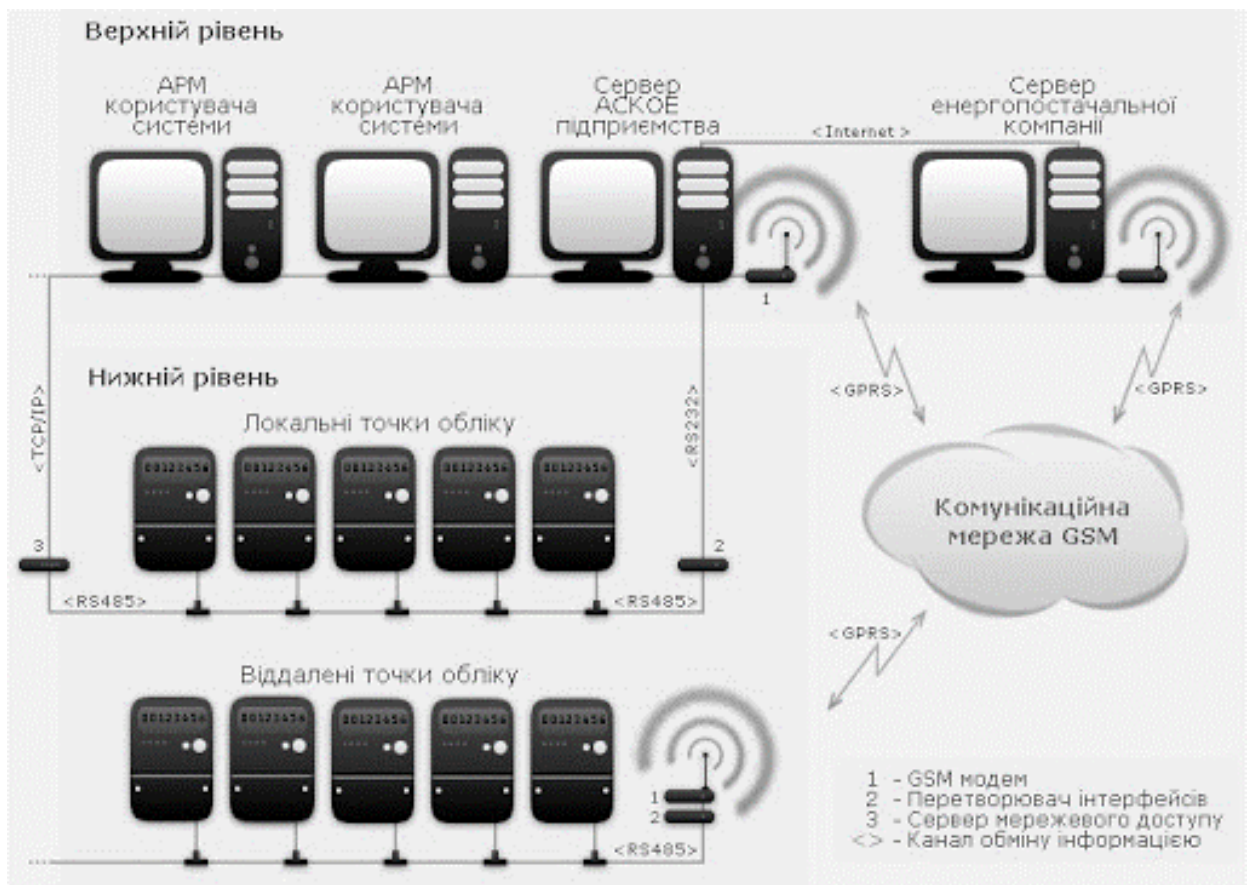


Рисунок 2.2 Умовна схема АСКОВО

На вищому рівні, опираючись на вище подану схему, знаходяться: модеми для безпроводної передачі інформації, головний сервер підприємства з підключеними до нього автоматизованими робочими місцями, а також ще один сервер та аналогічне робоче місце у компанії постачальника електроенергії.

При надходженні сигналу від середнього рівня, на пристрій бездротового зв'язку, останній передає його на сервера споживача. На ньому розпочинається аналіз інформації, яка була отримана, за допомогою спеціальних алгоритмів, з яких складається програмне забезпечення (ПЗ) АРМ для майбутнього огляду створених баз даних, а також підготовки звітів. Всі ці дані зберігаються на сервері підприємства. За необхідністю, через автоматизоване робоче місце, оператор

отримує доступ до цієї інформації через спеціальне, попередньо встановлене ПЗ. Аналогічно це все відбувається для підприємств, що постачають електроенергію, за відмінністю того, що ці дані, ще додатково проходять через їхній власний сервер і зберігаються там. Окрім того, для автоматизації процесу виставлення рахунків за спожиту електроенергію сервер продавців обробляє дану інформацію ще раз, та самостійно створює звіти та квитанції, для оплати.

Для забезпечення достовірності даних спожитої електроенергії, система АСКОЕ в автоматичному режимі, через певний період (виставлений оператором) здійснює запити для отримання даних з лічильників.

На закінчення також потрібно вказати, що програмне забезпечення, яке використовується в даних системах може бути різноманітне. Кожне підприємство, яке займається розробкою, встановленням та налаштуванням систем АСКОЕ може мати своє власно створене ПЗ, або використовувати доступні варіанти.

Для прикладу розглянемо спеціально розроблену інженерами-електриками програму «AdminTools». Дане забезпечення розроблене для використання у системах автоматичного обліку електроенергії з приладами компанії «Енергоміра».

Після входу в програму на екрані відображається головне вікно, в якому виконуються всі основні дії. Зовнішній вигляд і основні елементи програми зображені на рисунку 2.3.

В інтерфейсі програми можна виділити наступні основні елементи:

- головне меню програми;
- панель інструментів;
- основна робоча область;
- список підтримуваних типів пристроїв;
- область відображення списку доступних дій або провідника пристроїв;
- монітор обміну з пристроями.

Зовнішній вигляд вікна програми залежить від вибраного режиму роботи (рис.2.4):

- «Одиночний режим» орієнтований на роботу з одним пристроєм;

- «Груповий режим» орієнтований на виконання дій з одним або декількома пристроями одночасно і вимагає попереднього налаштування структури мережі пристроїв.

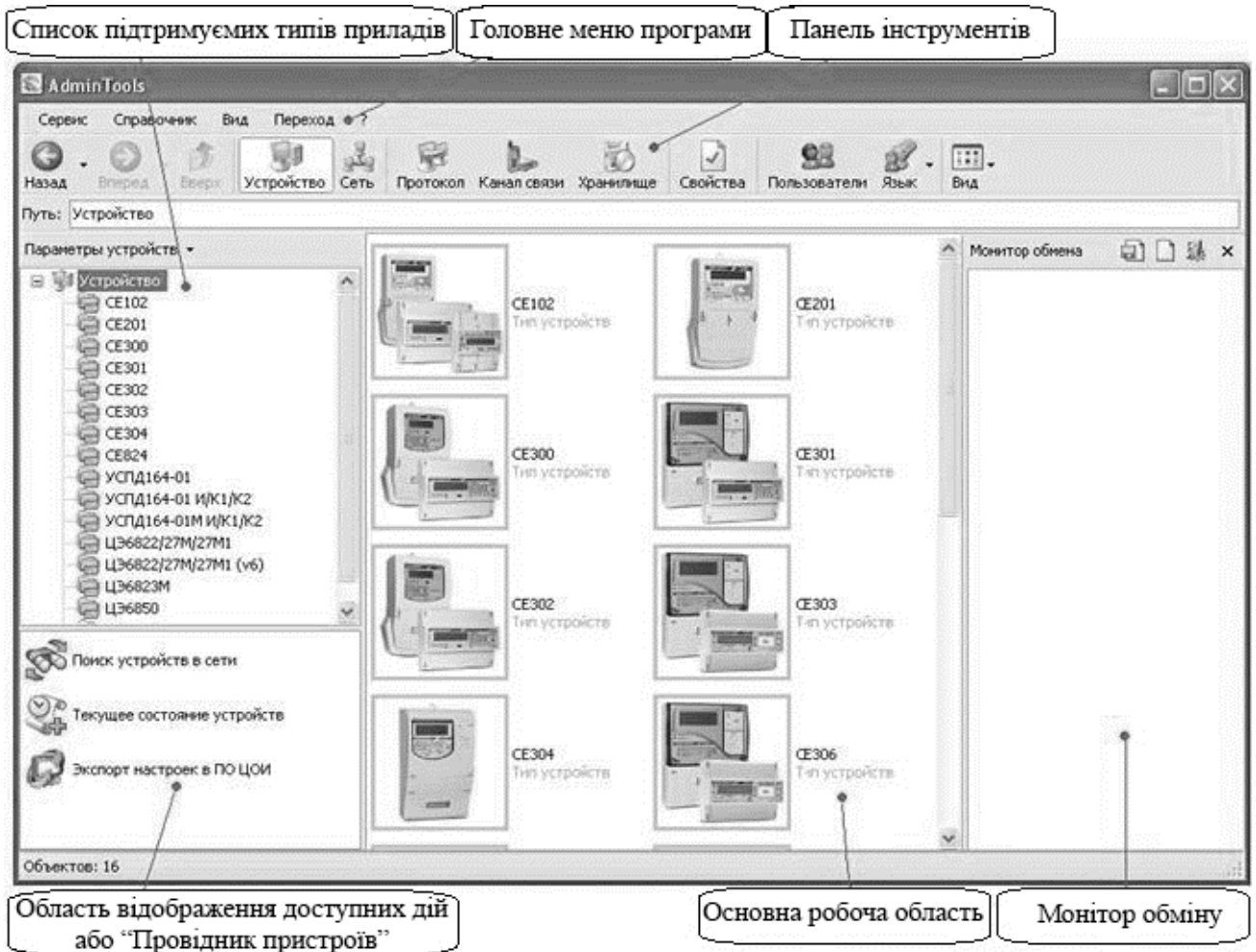


Рисунок 2.3 Робочий інтерфейс програми «AdminTools»

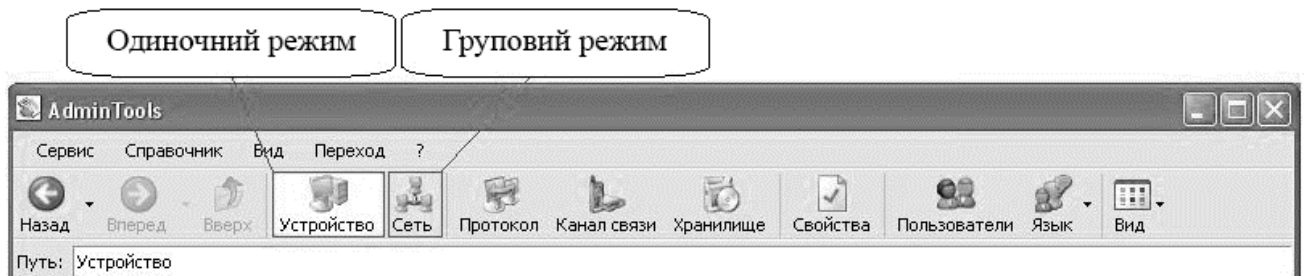


Рисунок 2.4 Кнопки для перемикаання режимів роботи програми



Зовнішній вигляд вікна програми в одиночному зображенні на рисунку 2.5. У правій частині вікна представлений список доступних типів пристроїв, в якому необхідно вибрати потрібний тип приладу. Внаслідок чого в основній робочій області вікна відобразиться стартова сторінка, призначена для початку роботи з пристроєм в «Одиночному режимі»

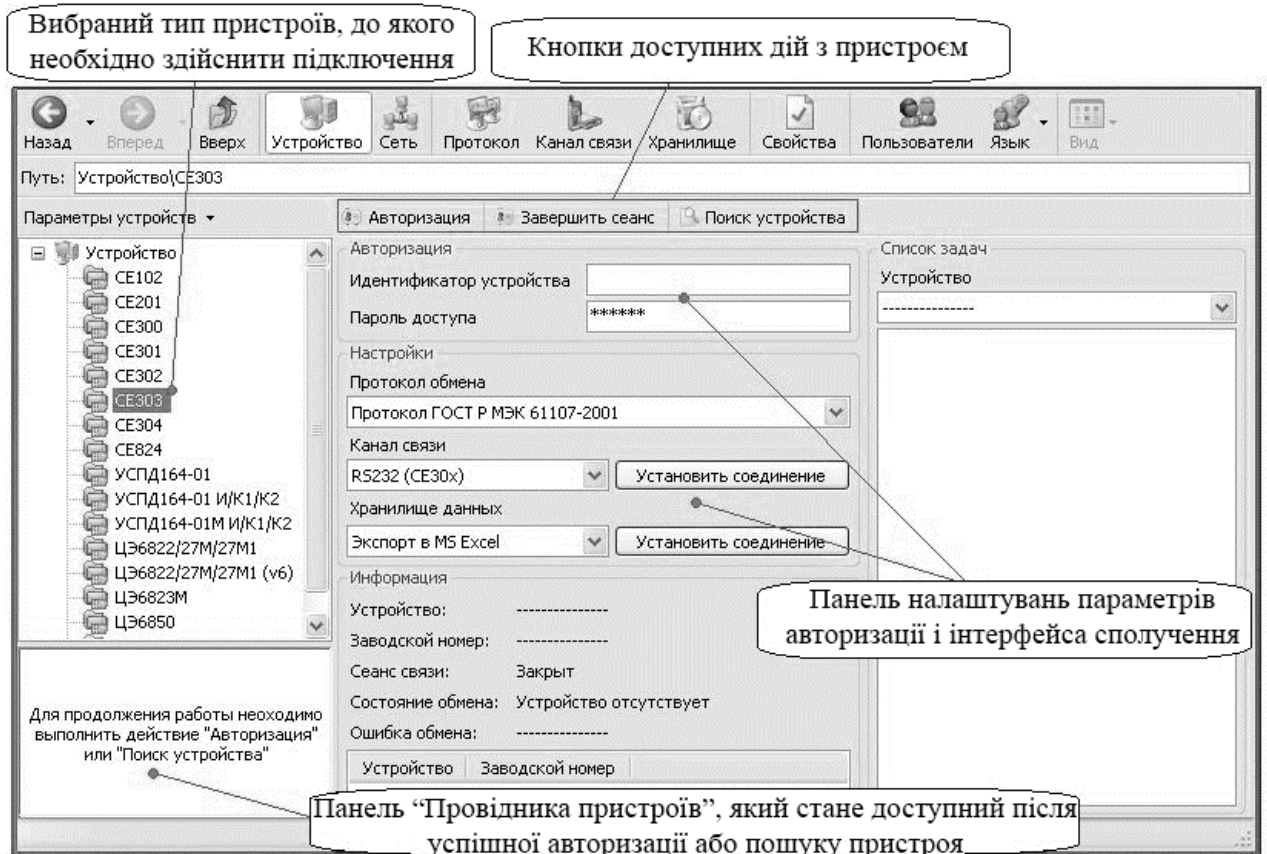
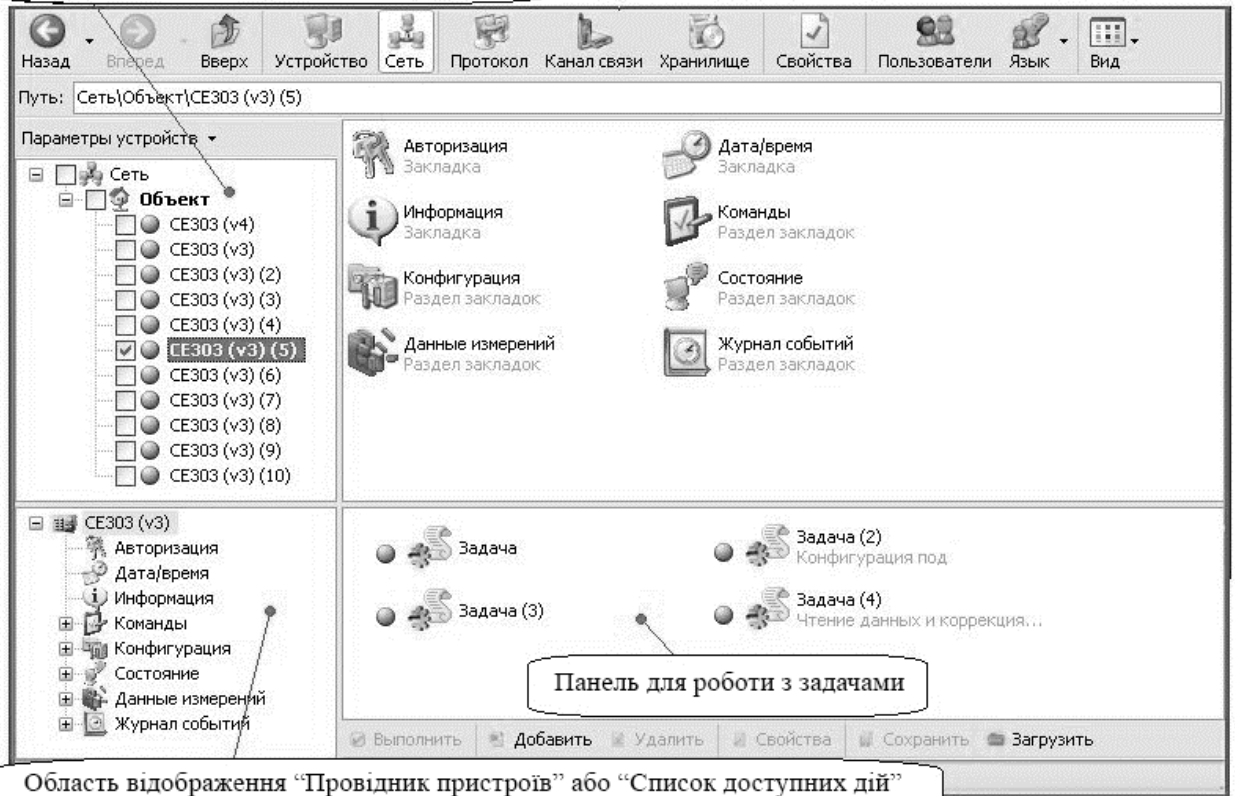


Рисунок 2.5 Зовнішній вид програми після вибору типу прилада

На стартовій закладці представлені параметри для налаштування сеансів зв'язку (адреса або ідентифікатор пристрою, пароль доступу), установки інтерфейсу сполучення, протоколу обміну і сховища даних. Набір параметрів для різних типів пристроїв може відрізнятися.

У груповому режимі є додаткове вікно «Сеть», в якому відображається налаштована користувачем конфігурація мережі пристроїв (рис.2.6).

Панель «Сеть» відображає структуру мережі



Область відображення «Провідник пристроїв» або «Список доступних дій»  
(в залежності від вибраного на панелі «Сеть» елемента)

Рисунок 2.6 Зовнішній інтерфейс програми у режимі групової роботи

Панель «Інформація» (рис. 2.7) оновлюється після виконання дій «Авторизація» або «Пошук пристроїв» і дозволяє отримати різну інформацію про пристрій, з яким проводиться робота.

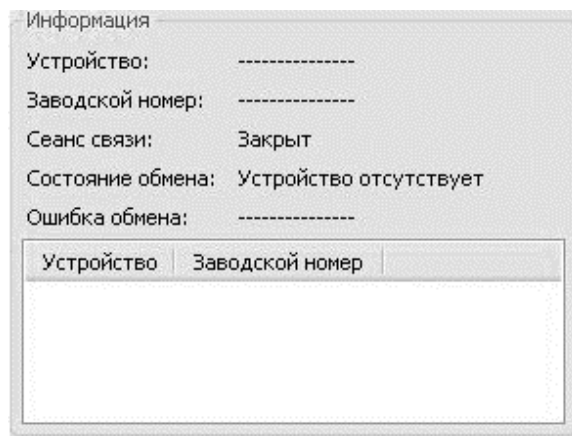


Рисунок 2.7 Панель «Інформація»

На панелі інформації розташовується допоміжне вікно, в якому після авторизації стає доступна піктограма пристрою і інформація про заводський номер.

Панель роботи з завданнями (рис.2.8) дозволяє запускати і редагувати завдання, специфічні для кожного типу пристрою.

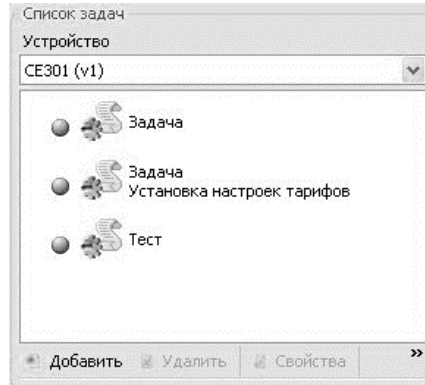


Рисунок 2.8 Панель для роботи з задачами

Після успішної авторизації пристрою стає доступний провідник пристроїв (рис. 2.9). У ньому у вигляді дерева представлені розділи параметрів пристрою.

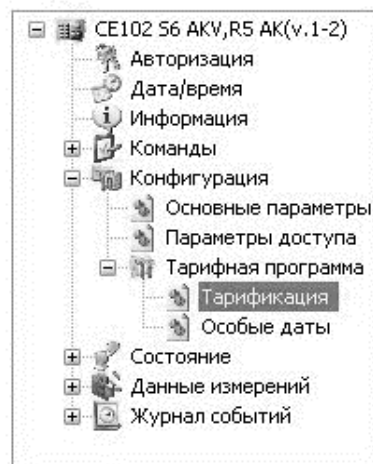


Рисунок 2.9 Панель провідника пристроїв

Основні завдання, які виконує програмне забезпечення «AdminTools»:

- здійснення автоматичних запитів на отримання інформації з лічильників;

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
-----	------	----------	--------	------

- збір даних споживаної та відданої активної і реактивної потужностей відповідно до тарифної зони, отримання графіків навантаження, журналу подій, а також інших параметрів мережі;

- побудовка графіків навантаженості та формування звітності, з подальшою можливістю форматування в бази даних Microsoft Excel;

Основний режим роботи вищого рівня полягає у тому, що апаратне і програмне забезпечення АСКОЕ з завчасно визначеною періодичністю, в автоматичному режимі проводить опитування лічильників отриманих даних за минулий період (за умовчанням за минулу добу), і передає їх з первинних баз даних (БД), які знаходяться в самих приладах для обліку електроенергії, до БД головних серверів АСКОЕ.

За необхідності у будь-який момент часу, оператор зі свого робочого місця може здійснити аналіз одержаних даних, сформувати необхідні звіти та здійснити моніторинг параметрів мережі.

Функціонування системи АСКОЕ здійснюється неперервно, та в реальному часі.

Оскільки автоматизована система комерційного обліку електроенергії передбачає своєю головною задачею облік споживаної електроенергії, то її головні критерії висуваються до забезпечення даною системою:

- достовірності виміряних параметрів електромережі, та споживаних потужностей;

- достовірність даних, при отриманні їх у систему та відображенні у програмному забезпеченні;

- повноцінність контрольованих параметрів для подальшої їхньої обробки;

- захищення інформації від неправомірного доступу третіх осіб;

- забезпечення збереження, та архівування даних, особливо в моменти виникання аварій;

- швидкість обробки даних, та доступу до неї користувачів;

- безперебійність роботи системи.

## РОЗДІЛ 3. ПРОЕКТНО–КОНСТРУКТОРСЬКИЙ

### 3.1 Загальні відомості

Підвищення ефективності виробництва продукції і послуг вимагає від керівництва підприємства організації ефективного використання різних ресурсів, включаючи енергетичні. Для цього необхідно налагодити контроль і облік за витратами всіх видів енергоресурсів, впровадити автоматизоване регулювання в системах енергоспоживання. Лише після цього можна ефективно займатися питаннями енергозбереження. Аналіз ефективності використання паливно-енергетичних ресурсів (ПЕР) може бути проведений лише на основі кількісних даних їх споживання з урахуванням всього енергетичного ланцюжка від генерування енергії до її кінцевого застосування.

Тому основним напрямком державної політики енергозбереження в даний час є створення на підприємствах і організаціях автоматизованих систем контролю і обліку електроенергії. АСКОЕ, що здійснює автоматизований збір, обробку, зберігання та подання даних споживання певних енергоресурсів, безумовно полегшує, прискорює і уточнює роботу для скорочення виробничих і невиробничих витрат енергоресурсів при забезпеченні надійності енергопостачання. Це також полегшує фінансові розрахунки між суб'єктами ринку електроенергії, так як оплата проводиться відповідно до фактичних обсягів постачання та споживання ресурсів.

При наявності сучасної АСКОЕ промислове підприємство повністю контролює весь процес свого енергоспоживання, і має можливість за згодою з постачальниками енергоресурсів гнучко переходити до різних тарифікованих систем, мінімізуючи свої енерговитрати. У зв'язку з цим, сьогодні промислові підприємства в області енергообліку безпосередньо пов'язані з впровадженням сучасних АСКОЕ.

					<b>КРБ 19–037.00.00.000 ПЗ</b>		
Зм	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розробив	<i>Новосад В.А.</i>				Літера	Аркуш	Аркушів
Перевіряв	<i>Андрійчук В.А.</i>					36	68
Н. контр.	<i>Вакуленко О.О.</i>				ТНТУ, ФПТ, гр. ЕТс-41		
Затвердив	<i>Тарасенко М.Г.</i>						

Дані системи повинні виконуватись відповідно до проектів, як правило на базі серійно виготовлених технічних засобів і програмного забезпечення.

В склад таких АСКОЕ (рисунок 3.1), встановлюваного на енергооб'єкті повинні входити:

- лічильники електроенергії, оснащені датчиками-перетворювачами, які перетворюють вимірювальну енергію в пропорційну кількість вихідних імпульсів (при використанні електронних реверсних лічильників – окремо на кожний напрямок);
- атестовані пристрої збору інформації від лічильників і передачі її на верхні рівні управління (ПЗПД);
- канали зв'язку;
- засоби обробки інформації (як правило, персональні ЕОМ).

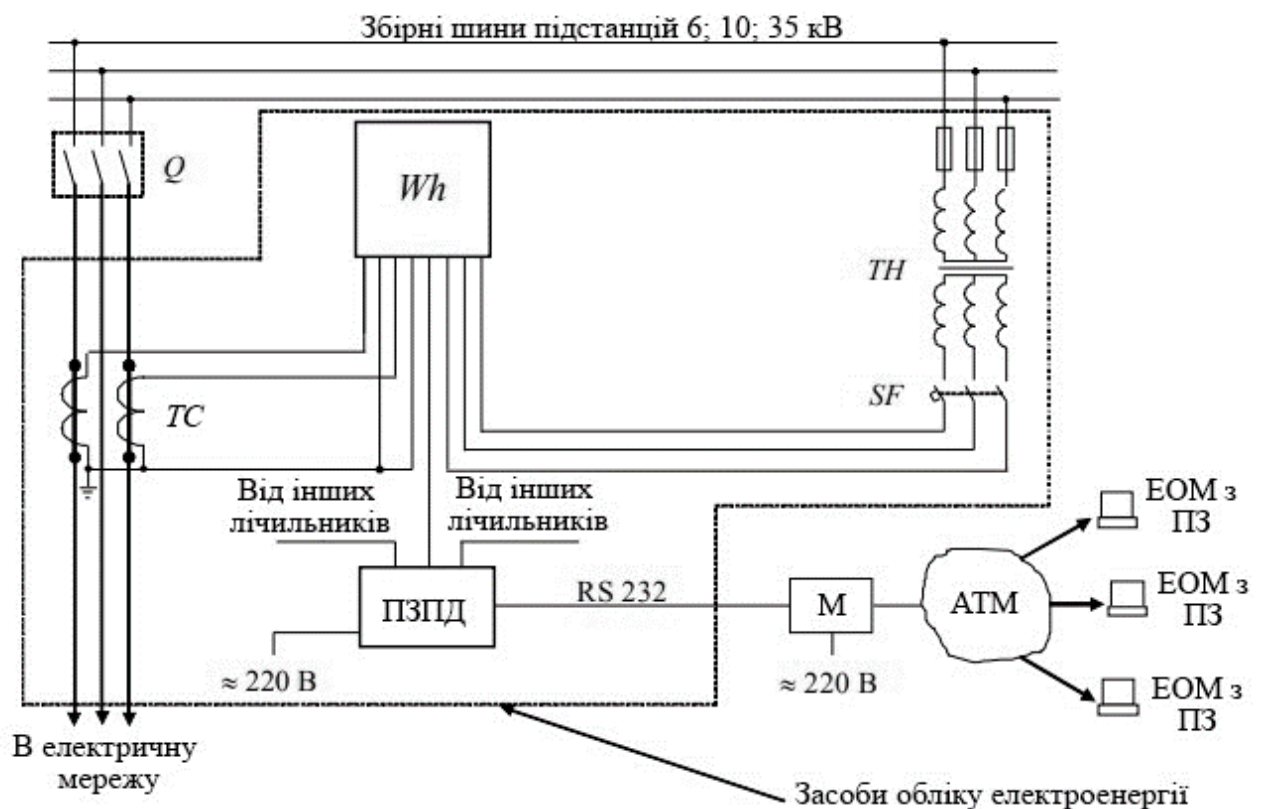


Рисунок 3.1 Фрагмент приєднання до збірних шин підстанції відходящих ліній з позначенням засобів обліку електроенергії

На рисунку 3.1 наведенні наступні уповні позначення: Q – силовий трифазний вимикач; ТС – трансформатор струму; ТН – трансформатор напруги; SF – автоматичний трифазний вимикач; Wh – лічильник електроенергії; М – модем; ПЗПД – пристрій збору та передачі даних; АТМ – автоматична телекомунікаційна мережа; ЕОМ – електронна обчислювальна машина; ПЗ – програмне забезпечення.

Системи АСКОЕ на промислових підприємствах повинна давати можливість:

- визначення кількості енергії, отриманої від енергосистеми;
- створення внутрішньозаводського та міжцехового розрахунку за електроенергію, витрачену різними господарськими споживачами підприємства;
- встановлення, уточнення та контролю питомих норм витрат електроенергії на одиницю продукції;
- контролю споживання і вироблення реактивної потужності по всьому підприємству в цілому і по окремим споживачам.

### 3.2 Вимірювальні пристрої

Прилади обліку встановлюються в пунктах, де здійснюється споживання або передача електроенергії. Вимірювання струму повинно проводитися в колах всіх напруг, де воно необхідне для систематичного контролю технологічного процесу або обладнання. У ланцюгах змінного трифазного струму вимірюється струм однієї фази.

Вимірювання напруги повинно проводитися на секціях збірних шин, які можуть працювати окремо. У трифазних мережах вимірюється одна міжфазова напруга, допускається встановлення одного приладу з перемиканням на кілька точок споживання.

Вимірювання потужності повинно проводитися в колах понижуючих трансформаторів ( в колах напругою 110 кВ – активної потужності). Воно проводиться з боку нижчої напруги.

У мережах змінного струму вище 1 кВ з ізольованою нейтраллю, як правило, повинен виконуватися автоматичний контроль ізоляції, діючий на сигнал при

					КРБ 19–037.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		38

зниженні опору ізоляції однієї з фаз (або полюса) нижче заданого значення, з подальшим контролем асиметрії напруги за допомогою контролюючого пристрою.

Облік активної та реактивної енергії трифазного струму повинен проводитися за допомогою трифазних лічильників. Клас точності розрахункових лічильників для трансформаторів потужністю від 10 до 60 МВА повинен бути не нижче 1.

Клас точності лічильників реактивної енергії повинен вибиратися на один рівень нижче відповідного класу точності лічильників активної енергії.

Клас точності трансформатора струму і напруги для приєднання розрахункових лічильників має бути не більше 0.5, для приєднання технічних лічильників - не більше 1.

Лічильники повинні розміщуватися в легко доступних для обслуговування сухих приміщеннях, в досить вільному і не обмеженому для роботи місці з температурою в зимовий час не нижче 0°C (в приміщеннях КРУ, на панелях, в щитах, в нішах, на стінах, що мають жорстку конструкцію).

Для приєднання вимірювальних приладів слід використовувати контрольні кабелі з алюмінієвими жилами. За умовою механічної стійкості дані кабелі повинні мати січення не менше 4 мм<sup>2</sup>.

### 3.3 Загальна характеристика підприємства

В якості проєктованого об'єкта було вибрано посередницьке приватне підприємство, що займається постачання електроенергії споживачам. Воно живиться від ПС «Теремки» за допомогою двох кабельних ЛЕП 35 кВ (до ГПП 1) і від ПС «Нікольська» за допомогою ПЛ 35 кВ (до ГПП 2). Від ГПП 1 і ГПП 2 за допомогою шин, напругою 6 кВ живляться 24 міські трансформаторні підстанції. Субабонентів немає. Межа балансової належності електричних мереж від ПС «Теремки» проходить на рівні 35 кВ, від ПС «Нікольська» - на рівні 110 кВ.

Енергосистемою Київобленерго встановлений подвійний тариф оплати за електроенергію і потужність (подвійний тариф включає в себе: ставку плати за покупку 1 кВт×год електричної енергії і ставку плати за 1 кВт електричної

					КРБ 19–037.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		39



потужності). Встановлено зони часу для максимального навантаження ранкового і вечірнього максимуму (для зими і літа):

- ранковий максимум зима, літо: з 8.30 до 11.30;
- вечірній максимум зима: з 17.30 до 21.30;
- вечірній максимум літо: з 19.30 до 22.00.

Всі споживачі відносяться до I категорії електропостачання, тобто їхнє відключення може спричинити небезпеку для життя людей, значний збиток суб'єктам господарювання, пошкодження дорогого основного обладнання, масовий брак продукції, розлад складного технологічного процесу, порушення функціонування особливо важливих елементів комунального господарства<sup>[22]</sup>. За даними ПУЕ, для даної категорії споживачів електричної енергії їхнє живлення повинне бути здійснене за допомогою двох незалежних взаємнорезервуючих джерел живлення, а час відключення їх від електромережі при порушенні електропостачання від одного з них може бути здійснене тільки на час автоматичного введення резерву.

Дане підприємство, план якого зображений на рисунку 3.2 живить 24 трансформаторні підстанції від двох ГПП за допомогою чотирьох підземних кабельних ліній виконаних кабелем АСБ 3 × 120. Номінальна напруга, яка передається становить 6 кВ, а максимально допустима для даного кабеля – 10 кВ.

Номінальні потужності силових трансформаторів 6/0,4 кВ представлених на рисунку 3.2:

ТП-1 – 2*1000 кВА;	ТП-9 – 400 кВА;	ТП-17 – 400 кВА;
ТП-2 – 2*1000 кВА;	ТП-10 – 400 кВА;	ТП-18 – 400 кВА;
ТП-3 – 2*1000 кВА;	ТП-11 – 400 кВА;	ТП-19 – 400 кВА;
ТП-4 – 2*1000 кВА;	ТП-12 – 400 кВА;	ТП-20 – 400 кВА;
ТП-5 – 2*1000 кВА;	ТП-13 – 400 кВА;	ТП-21 – 400 кВА;
ТП-6 – 2*1000 кВА;	ТП-14 – 400 кВА;	ТП-22 – 400 кВА;
ТП-7 – 2*1000 кВА;	ТП-15 – 400 кВА;	ТП-23 – 400 кВА;
ТП-8 – 2*1000 кВА;	ТП-16 – 400 кВА;	ТП-24 – 400 кВА.

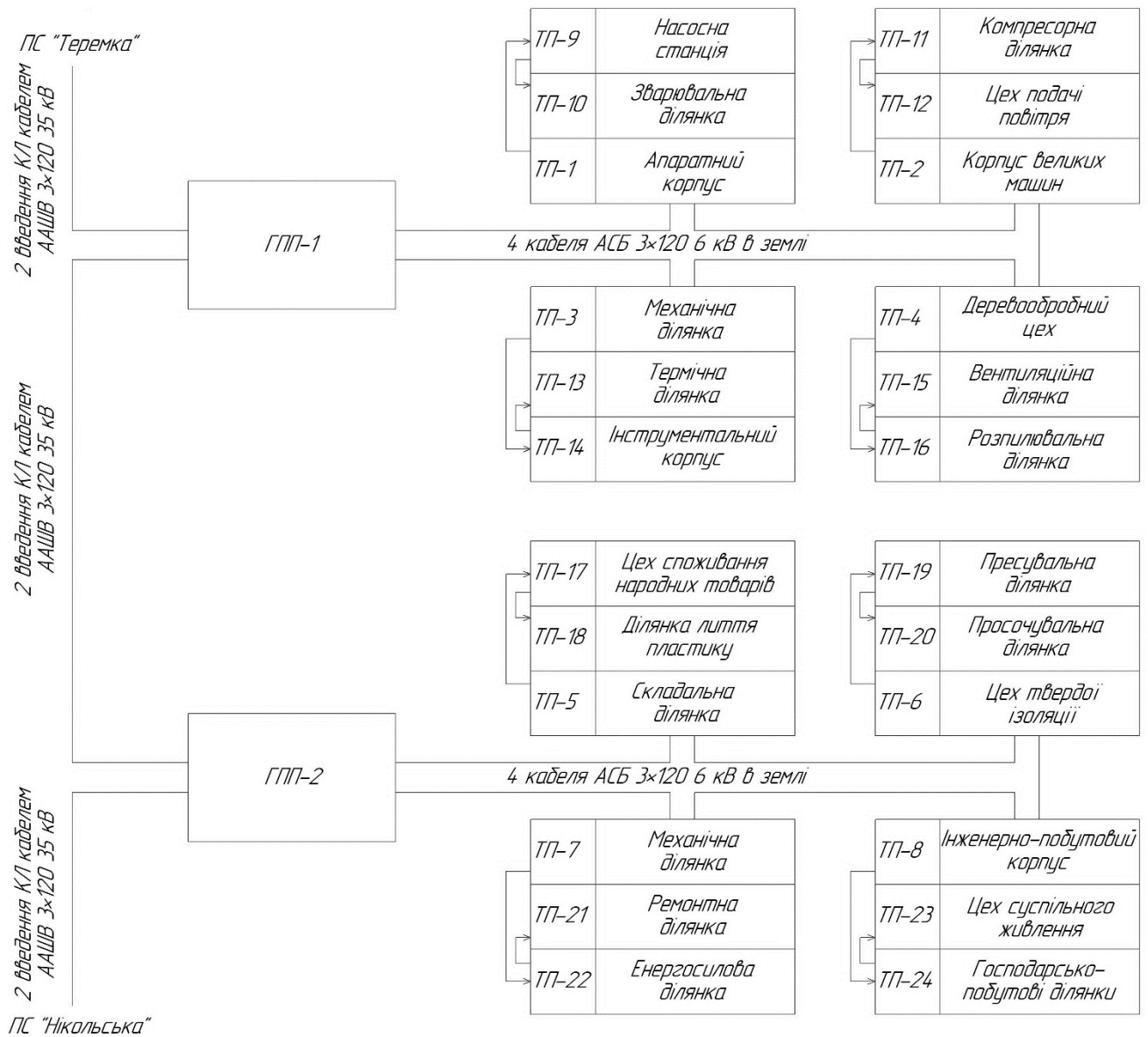


Рисунок 3.2 План підприємства

Схеми електричні принципові у всіх трансформаторних підстанціях, які використовує посередницьке підприємство є аналогічними. Відмінність у них полягає тільки за рахунок використання більш потужних трансформаторів, а відповідно до цього, потужніших вимикачів, роз'єднувачів, запобіжників, кабелів.

Отже проектування та встановлення засобів обліку АСКОЕ буде здійснений на прикладі однієї з трансформаторних підстанцій. Я вибрав для розгляду ТП-3, схема електрична принципова якої зображена на рисунку 3.3.

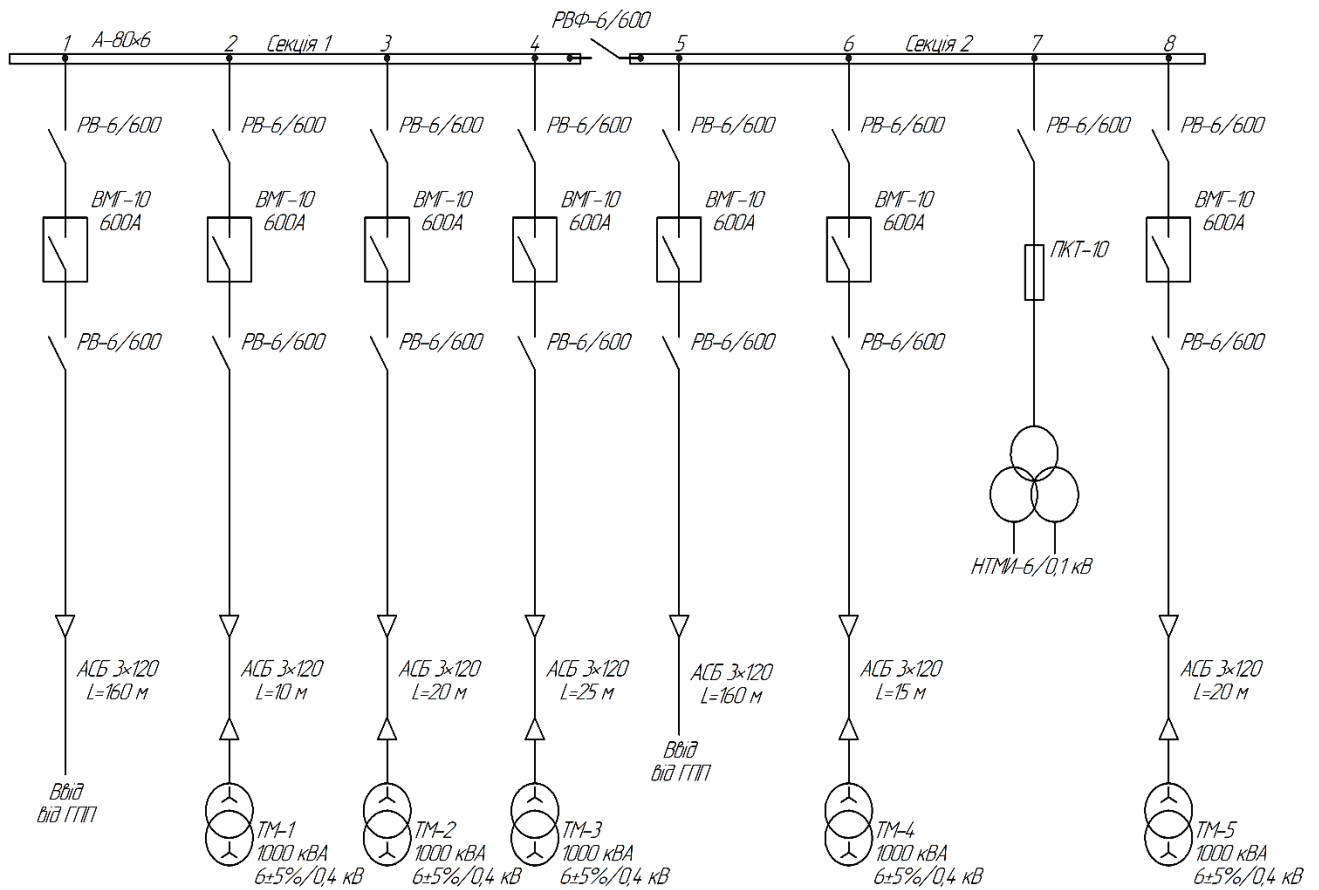


Рисунок 3.3 Схема електрична принципова трансформаторної підстанції №3

### 3.4 Розробка та встановлення АСКОЕ для приватного господарства

#### 3.4.1 Аналіз відомостей про підприємство і схеми розглядуваного об'єкта

Згідно з вихідними даними межа балансової належності електричних мереж від ПС «Теремка» проходить на рівні 35 кВ, від ПС «Нікольська» - на рівні 110 кВ, отже, розрахункові (комерційні) прилади обліку повинні бути встановлені на фідерах ПС «Теремка» і ПС «Нікольська». Так як у даного підприємства немає субабонентів, які уклали прямий договір на електропостачання з енергопостачальною організацією, то розрахункові (комерційні) прилади обліку в мережах підприємства виключені.

Розглянутий мною об'єкт, ТП-3, має живлення від двох кабельних ліній 6 кВ виконаних проводом АСБ 3 × 120. В свою чергу дана підстанція живить

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КРБ 19-037.00.00.000 ПЗ

Арк

42

трансформаторні підстанції №13 і №14 з першої секції, за допомогою однієї КЛ на кожну ТП. Так як ТП-3 призначена для постачання електроенергії до механічного цеху, то навантаження даної ТП можна вважати активною симетричною. Під механічним цехом я маю на увазі цех з встановленими верстатами, де протягом всього дня навантаження не постійне.

### 3.4.2 Проектування АСКОЕ

Процес впровадження АСКОЕ для даного приватного підприємства необхідно розпочати з проектування даної системи розділивши її на три рівні. І відповідно до кожного з них розглянути дане господарство для подальшого встановлення засобів обліку, збору, обробки та відображення інформації, що передбачається кожним з рівнів.

До нижнього рівня відносяться всі прилади, за допомогою яких здійснюється облік електроенергії. При правильному їхньому встановленні вони повинні забезпечувати визначення кількості електричної енергії:

- відпущеної споживачам з електричної мережі;
- споживання на власні потреби підстанції;
- переданої в інші електричні системи або отриманої від них.

Основаючись на цьому, та на правилах встановлення лічильників відповідно до ПУЕ я вважаю за потрібне встановити засоби обліку електроенергії у таких місцях:

- на вводі ЛЕП у кожну з ГПП;
- на стороні з нижчою напругою кожного понижуючого трансформатора, який використовується у ГПП для живлення наступних трансформаторних підстанцій;
- на вводі КЛ у кожній трансформаторній підстанції, що живиться від ГПП;
- на стороні нижчої напруги кожного понижувального трансформатора який використовується у ТП.

					КРБ 19–037.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

Таке розташування приладів обліку електроенергії надасть повний контроль споживання електроенергії як для власних потреб, так і для споживачів. І окрім того забезпечить аналіз її якості на кожному з етапів постачання.

Прилади обліку електроенергії даного рівня будуть передавати інформацію за допомогою PLC каналів.

До середнього рівня відносяться пристрої збору, обробки, та передачі даних, зібраних з попередньо встановлених лічильників. Окрім того для зручності зберігання та розповсюдження інформації раціональним рішенням є встановлення локальних серверів, які будуть проміжною ланкою у передачі даних обліку електроенергії. Також за допомогою них буде створена можливість отримання зібраної інформації певної трансформаторної підстанції у самій ТП, без необхідності використання АРМ.

Локальні сервера для зручності їхнього використання необхідно встановити:

- у кожній ГПП;
- у кожній ТП.

Таке розміщення дозволяє локалізувати їх для певної ділянки і за допомогою цього, при необхідності, обслуговуючий персонал використовуючи переносні ПК можуть отримати дані споживання електричної енергії для окремої трансформаторної підстанції, а також кількості відданої електроенергії споживачам, або інших ТП. Для зручності передавання даних необхідно буде встановити пристрої з безпроводною передачею даних на вищий рівень.

До верхнього рівня відноситься все обладнання на якому здійснюється довготривале зберігання інформації обліку, її обробка, формування з неї баз даних, створення звітності, а також аналіз споживання та розподілення для зменшення економічних витрат. Для забезпечення даних функцій необхідно встановити у головному офісі компанії центральний сервер який буде зберігати всю отриману та оброблену інформацію, а також подавати запити для отримання її з локальних серверів і при надходженні таких сигналів з АРМ буде надавати її для виведення на ЕОМ. Також для здійснення контролю споживання та розподілення електроенергії необхідно розташувати автоматизовані робочі місця для персоналу

					КРБ 19–037.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		44

у цьому ж офісі. А також у підприємстві постачальнику електроенергії, для створення звітності.

Структурна схема з трьох рівнів АСКОЕ які описанні вище, зображена на рисунку 3.4.

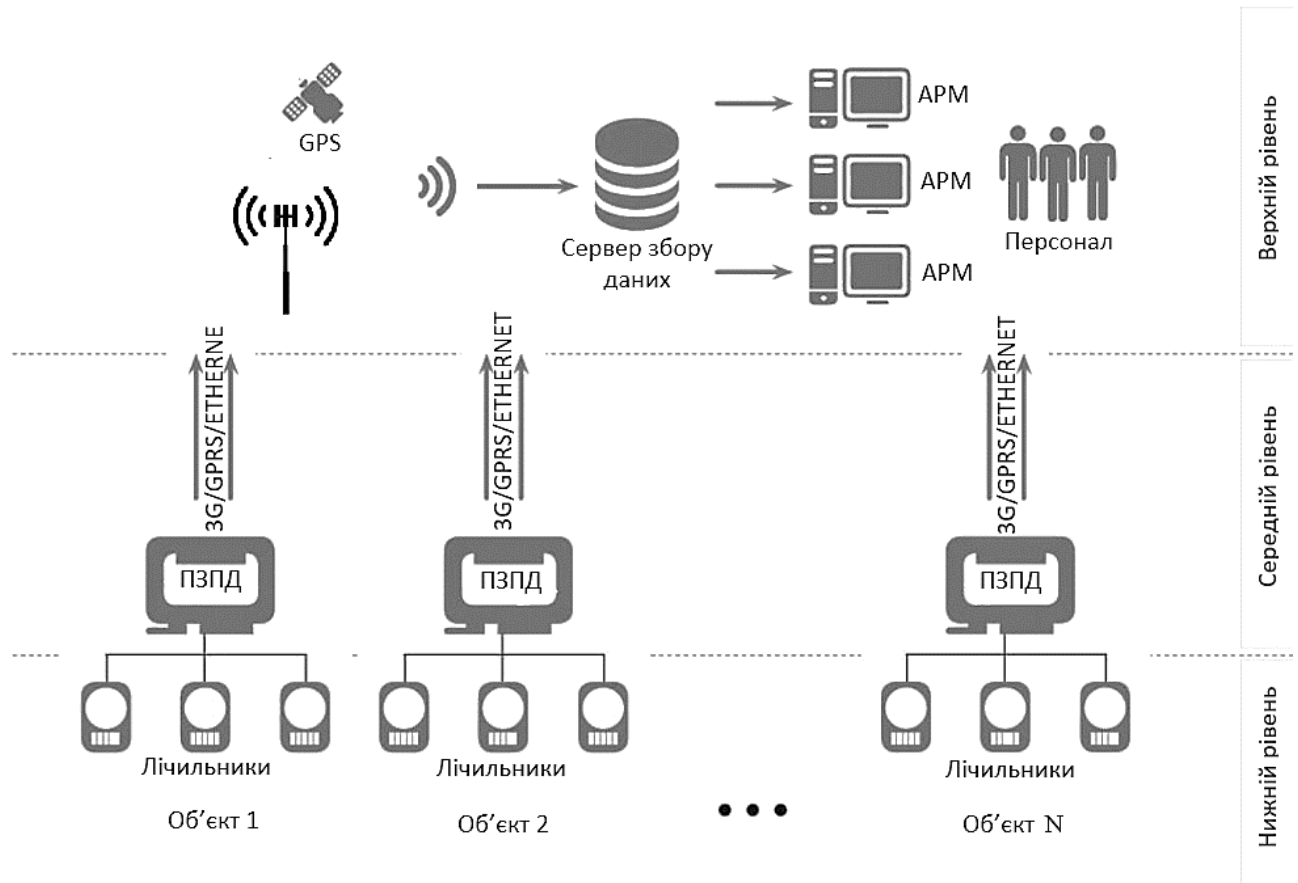


Рисунок 3.4 Структурна схема АСКОЕ

### 3.4.3 Склад АСКОЕ приватного господарства

Для забезпечення повного укомплектування даного підприємства необхідними приладами обліку, збору, передачі, зберігання, обробки та відображення здійснюю аналіз необхідних місць для їхнього встановлення, а також склад пристроїв які будуть там встановлені.

Всі дані аналізу привожу в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 Перелік встановленого обладнання на підприємстві

Назва	Місце встановлення	Перелік приладів	Кількість
ЛЕП 35 кВ до ГПП	Ввід до ГПП	Лічильник активної і реактивної потужності, трансформатор струму і напруги	1
ЛЕП 110 кВ до ГПП	Ввід до ГПП	Лічильник активної і реактивної потужності, трансформатор струму і напруги	1
Понижувальний трансформатор ГПП	Обмотка НН	Лічильник активної і реактивної потужності, трансформатор струму і напруги	2
ГПП	—	Пристрій збору та передачі даних, локальний сервер	2
Понижувальний трансформатор ТП	Обмотка НН	Лічильник активної і реактивної потужності, трансформатор струму і напруги	120
ТП	—	Пристрій збору та передачі даних, локальний сервер	24
Головний офіс підприємства	—	Автоматизоване робоче місце	2
Головний офіс підприємства	—	Головний сервер	1

Отже за даними таблиці необхідно встановити:

- 1 головний сервер;
- 2 автоматизованих робочих місця;
- 26 пристроїв збору та передачі інформації;
- 26 локальних серверів;
- 124 лічильника активної і реактивної потужності.

### 3.4.4 Вибір пристроїв для нижнього рівня АСКОЕ

Відповідно до загальних вимог до розрахункових лічильників, що застосовуються в АСКОЕ, мною був обраний прилад обліку типу СЕ308-S31 від компанії «Енергоміра», так як вартість одного приладу обліку (6200 гривень) значно менша, ніж прилад обліку типу «Itron (Actaris)» (~ 16000 гривень), який має ті самі технічні характеристики. Лічильники типу «НІК» зазвичай встановлюють як точки комерційного обліку на межі балансової належності споживача з енергопостачальною організацією, або на відхідних високовольтних лініях енергопостачальної організації до споживача, тому розгляд даного типу приладу обліку можна виключити.

Отже на підприємстві буде встановлено 156 лічильників електроенергії «Енергоміра СЕ308-S31» з технічними даними, що наведені в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 Технічні характеристики приладу обліку СЕ308-S31

Найменування параметра	СЕ308-S31
Клас точності:	
за активною енергією	0.5s
за реактивною енергією	0.5
Номинальна частота, Гц,	50±2,5
Номинальна напруга, В	3x57.7/100; 3x230/400
Номинальний струм, А	5



Максимальний струм, А	10; 100
Споживання по кожному колу: струму, ВА напруги, ВА (Вт)	0,1 2 (1)
Поріг чутливості, не гірше, % від $I_{ном}$	0,05
Модулі зв'язку	PLC G3, RS485, RS485+RS485, RS485+GSM/GPRS, GSM/GPRS.
Час усереднення профілів навантаження, хв	1; 2; 3; 4; 5; 6; 10; 12; 15; 20; 30; 60
Межа основної похибки таймера	1 с/добу
Межа додаткової похибки таймера від температури	0,15 с/добу на 1°C
Кількість тарифів	8
Зберігання інформації при відключенні живлення, доба	128
Термін служби літєвої батареї, років	10
Середній термін служби до капремонту, років	20

Оскільки потужність первинних кіл є досить великою то для підключення даного обладнання також необхідно здійснити вибір трансформаторів струму та напруги.

Трансформатори струму виготовляються з наступними класами точності: 0,2; 0,5; 1; 3 і 10. Клас точності 0,2 використовується для підключення точних лабораторних приладів, 0,5 – для підключення розрахункових лічильників, 1 – для лічильників комерційного обліку електроенергії, 3 і 10 – для релейного захисту. Отже для проектованої системи АСКОЕ необхідно використовувати трансформатори струму з класом точності не нижче ніж 0,5.

Здійснення вибору трансформаторів струму, що будуть застосовуватись для підключення лічильників електроенергії потребує розрахунку номінального струму за формулою 3.1.

$$I_{\max \text{ нн}} = \frac{1,4 \cdot S_{\text{ном.тр.}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{нн}}}, \quad (3.1)$$

де  $S_{\text{ном.тр.}}$  – номінальна потужність трансформатора;  $U_{\text{нн}}$  – напруга на виході трансформатора.

Виконаємо розрахунок для трансформаторних підстанцій, потужність трансформаторів яких складає 1000 кВА.

$$I_{\max \text{ нн}} = \frac{1,4 \cdot 1000}{1,73 \cdot 0,4} = 2023,12 \text{ А.}$$

Згідно з розрахунком вибираємо для розгляду наступні трансформатори струму з номіналом 2000/5: Т-0,66-2, ТШ-0,66-2, ТШ-0,66-2А.

Характеристики вибраних трансформаторів струму зведемо в загальну таблицю 3.3.

Таблиця 3.3 Зведена характеристика трансформаторів струму

	Т-0,66-2	ТШ-0,66-2	ТШ-0,66-2А
Виробник	Мегомметр	Мегомметр	Мегомметр
Номінальний первинний струм, А	2000	2000	2000
Номінальний вторинний струм, А	5	5	5
Номінальна напруга, кВ	0,66	0,66	0,66
Наявність шини	є	нема	нема
Номінальне вторинне навантаження з коефіцієнтом потужності $\cos \varphi = 0,8$ , ВА	5	5	5

Міжповірочний інтервал, років	4	4	16
Клас точності	0,5S	0,5S	0,5S
Ціна, грн	2906	1357	1628

Також виконаємо розрахунок для ТП, потужність трансформаторів яких складає 400 кВА.

$$I_{\max \text{ нн}} = \frac{1,4 \cdot 400}{1,73 \cdot 0,4} = 809,24 \text{ А.}$$

Згідно з розрахунком вибираємо для розгляду наступні трансформатори струму з номіналом 800/5: Т-0,66-1, Т-0,66-1А, ТШ-0,66-1А.

Характеристики вибраних трансформаторів струму зведемо в загальну таблицю 3.4.

Таблиця 3.4 Зведена характеристика трансформаторів струму

	Т-0,66-1	Т-0,66-1А	ТШ-0,66-1А
Виробник	Мегомметр	Мегомметр	Мегомметр
Номінальний первинний струм, А	800	800	800
Номінальний вторинний струм, А	5	5	5
Номінальна напруга, кВ	0,66	0,66	0,66
Наявність шини	є	є	нема
Номінальне вторинне навантаження з коефіцієнтом потужності $\cos \varphi = 0,8$ , ВА	5	5	5
Міжповірочний інтервал, років	4	16	16
Клас точності	0,5S	0,5S	0,5S
Ціна, грн	1085	1428	1428

Також виконаємо розрахунок для ГПП, потужність трансформаторів яких складає 8 МВА.

$$I_{\max \text{ нн}} = \frac{1,4 \cdot 7500}{1,73 \cdot 6} = 1011,56 \text{ А.}$$

Згідно з розрахунком вибираємо для розгляду наступні трансформатори струму з номіналом 1000/5: ТОЛУ-10, ТПЛУ-10, ТПОЛУ-10.

Характеристики вибраних трансформаторів струму зведемо в загальну таблицю 3.5.

Таблиця 3.5 Зведена характеристика трансформаторів струму

	ТОЛУ-10	ТПЛУ-10	ТПОЛУ-10
Виробник	Сталев-Енерго	Сталев-Енерго	Сталев-Енерго
Номінальний первинний струм, А	1000	1000	1000
Номінальний вторинний струм, А	5	5	5
Номінальна напруга, кВ	10	10	10
Наявність шини	є	є	є
Номінальне вторинне навантаження з коефіцієнтом потужності $\cos \varphi = 0,8$ , ВА для вимірювань	10	10	10
для захисту	15	15	15
Міжповірочний інтервал, років	16	16	16
Клас точності	0,5S	0,5S	0,5S
Ціна, грн	4700	4900	5100

Виходячи з цінової категорії, терміну міжпіврічного інтервалу і класу точності трансформаторів струму, мною було обрано наступні варіанти:

- ТШ-0,66-2А від виробника ПАТ «Уманський завод Мегомметр» для ТП з потужністю трансформаторів 1000 кВА;
- Т-0,66-1А від виробника ПАТ «Уманський завод Мегомметр» для ТП з потужністю трансформаторів 400 кВА;
- ТОЛУ-10 від виробника ТОВ «Сталев-Енерго» для ГПП з потужністю трансформаторів 7,5 МВА.

На підприємстві для здійснення вимірювань, попередньо були встановлені трансформатори напруги, які задовольняють потреби АСКОЕ. Тому підбір даних пристроїв здійснювати не потрібно.

### **3.4.5 Вибір пристроїв для середнього рівня АСКОЕ**

На середньому рівні за визначеним мною раніше переліком обладнання яке потребує встановлення необхідно вибрати ПЗПД і локальні сервера.

Так як останнім часом приладобудівні заводи-виробники до своїх приладів обліку виготовляють індивідуальні пристрої збору і передачі даних, що працюють тільки з їхніми лічильниками, то відповідно до цього, я вибрав ПЗПД, який призначений на використання з вибраним мною приладом обліку (CE308-S31). Окрім того, відібраний мною пристрій (CE805M-RP01-E) має можливість зберігання отриманих даних від лічильників електроенергії, а також доступ до неї за допомогою переносного ПК. Що в свою чергу замінює локальний сервер.

Основні функціональні можливості, які виконує CE805M-RP01-E:

- збір даних і діагностичної інформації з лічильників з цифровим інтерфейсом;
- накопичення зібраної інформації в незалежній пам'яті і передача зібраної інформації за запитом на верхній рівень інформаційно-вимірювальної системи;
- вимір поточного часу;

- контроль і синхронізація поточного часу в лічильниках з цифровим інтерфейсом;
- дистанційне управління змінними параметрами лічильників з цифровим інтерфейсом (запис лімітів споживання, тарифних розкладів і ін.);
- дистанційне управління навантаженням лічильників з цифровим інтерфейсом;
- забезпечення прямого доступу до лічильників з цифровим інтерфейсом з верхніх рівнів інформаційно-вимірювальної системи;
- передача даних в різні комплекси програмно-технічних засобів для їх подальшої обробки та зберігання.

Технічні характеристики ПЗПД CE805M-RP01-E наведені в таблиці 3.6.

Таблиця 3.6 Технічні характеристики CE805M-RP01-E

Номінальна напруга, В	230
Робочий діапазон живлячої напруги, В	90-264
Максимальна споживана потужність, ВА	25
Діапазон робочої напруги від резервного живлення, В	9-27
Термін служби змінного джерела живлення, років	8
Кількість слотів для SIM-карт для GSM/GPRS/3G	2
Інтерфейси для збору даних з лічильників	2xRS-485, канал PLC, радіоканал 433 МГц
Інтерфейси для зчитування зібраної інформації, а також налагодження ПЗПД	USB-device, GSM/GPRS/3G, Ethernet, RS485
Інтерфейс для підключення носіїв даних	микро-SD
Максимальна кількість каналів обліку, шт	до 1500
Вимір поточного часу	GPS/GLONASS
Похибка у вимірюванні часу, секунд/добу	±3
Ступінь захисту корпусу ПЗПД	IP51

### 3.4.6 Вибір пристроїв для верхнього рівня АСКОЕ

На верхньому рівні встановлюються модеми для отримання інформації з ПЗПД, та передачі її на головні сервера для збору, обробки, зберігання та відображення інформації через автоматизовані робочі місця.

Відповідно до визначеного раніше переліку обладнання, яке потребує встановлення на даному рівні, необхідно вибрати прилади для створення головного серверу, модеми для отримання інформації, а також комп'ютери для створення робочих місць. Окрім того, впровадження АСКОЕ на даному рівні передбачає встановлення спеціалізованого програмного забезпечення на АРМ.

Оскільки дане підприємство є достатньо велике, а обсяги інформації яку необхідно отримувати, зберігати та обробляти є значними, то використання готових віддалених серверів є нераціональним рішенням, тому що такий варіант не надає цілковитої гарантії у якості підключення, а також надійного захисту інформації. Тому у головному офісі буде підібране та встановлене власне серверне обладнання.

Головні критерії, які виставляються до даної частини системи АСКОЕ:

- швидкість обробки даних;
- об'єм для збереження даних;
- кількість підключених користувачів;
- безперебійність роботи.

Відносно даних критеріїв вибираєм сервер Supermicro SYS-5049C-E1R24, з наступними технічними характеристиками:

- чотирьохядерний процесор Intel Xeon E-2224 з тактовою частотою кожного ядра 3,4 ГГц, що забезпечить швидкодію обробки даних;
- оперативна пам'ять об'ємом 16 Гб типу DDR4 забезпечує підтримкою процесор для збільшення кількості обчислювальних процесів;
- швидкісний твердотілий накопичувач (SSD) для запуску системи сервера об'ємом 32 Гб;

					КРБ 19–037.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		54

- три жорстких диски (HDD) об'ємом 10 ТБ кожний для забезпечення довготривалого збереження отриманої та обробленої інформації;
- наявність безперебійного джерела живлення (UPS), для забезпечення роботоспроможності при відключенні електропостачання.

Оскільки всі пристрої збору та передачі даних знаходяться на віддаленій відстані від головного серверу і мають можливість передачі даних за допомогою безпроводного з'єднання інтернет, то для отримання інформації, а також керування даними пристроями необхідно встановити спеціальний швидкісний ADSL-модем, який буде забезпечувати зв'язок головного сервера з ПЗПД та АРМ. Модель яка найкраще підходить в даному випадку – це Asus DSL-AC68U.

Даний пристрій надає можливість підключення за допомогою:

- чотирьох LAN портів;
- одного RJ-11 (ADSL) порта;
- одного USB 3.0 порта.

Швидкість передачі даних за допомогою Wi-Fi з'єднання на частоті 2,4 ГГц становить 600 Мбит/с, а частотою 5 ГГц – 1300 Мбит/с. Швидкість передачі за допомогою Ethernet кабелю становить до 1000 Мбит/с.

Приєднання головного серверу здійснюємо за допомогою більш надійного Ethernet кабелю. Автоматизовані робочі місця в свою чергу будуть підключені за допомогою Wi-Fi з'єднання.

Для надання доступу до інформації обліку електроприладів, а також створених з неї баз даних та звітів, з подальшим контролюванням розподілення електроенергії даного підприємства, а також для дистанційного керування лічильниками електричної енергії і ПЗПД необхідно створити автоматизовані робочі місця з встановленим програмним забезпеченням від компанії Енергоміра, що надається у вільному доступі (без представлення вихідного коду).

Дане програмне забезпечення, що має назву AdminTools забезпечує налаштування необхідних параметрів підключених пристроїв і перегляд інформації з каналів вимірювання за різні періоди.

Забезпечує одночасну роботу з групою підключених пристроїв через:

					КРБ 19–037.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		55



- COM – порт;
- локальна мережа Ethernet;
- адаптер RS232 - RS485;
- оптична головка;
- радіо-модем;
- інфрачервоний порт IrDa;
- PLC - модем.

Функціональні можливості:

- Розмежування прав за типом користувачів;
- Одночасна робота з групою однотипних пристроїв;
- Пошук підключених пристроїв в мережі;
- Зчитування / запис дати і часу підключених пристроїв;
- Отримання інформації про підключені пристрої;
- Виконання команд на підключених пристроях;
- Зміна параметрів конфігурації підключених пристроїв;
- Зчитування поточного стану підключених пристроїв;
- Зчитування даних вимірювань, що зберігаються в підключених пристроях;
- Зчитування журналу подій в підключених пристроях.

Вимоги до конфігурації автоматизованого робочого місця для встановлення програмного забезпечення AdminTools:

- операційна система: Windows XP (SP2), Windows 7, Windows 8, Windows 8.1, Windows 10;
- процесор: не гірше Intel Celeron з тактовою частотою 1000 МГц;
- ОЗУ: не менше 1 ГБ;
- вільне місце на жорсткому диску не менше 150 МБ;
- дисплей;
- клавіатура;
- миша.

Після встановлення всіх необхідних елементів відбувається налаштування та запуск системи АСКОЕ.

					КРБ 19–037.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		56

### 3.5 Нанесення вибраних елементів АСКОЕ

#### 3.5.1 Зображення приладів нижнього та середнього рівнів на прикладі трансформаторної підстанції №3

На рисунку 3.5 представлена схема встановлення приладів нижнього та середнього рівнів на прикладі ТП-3.

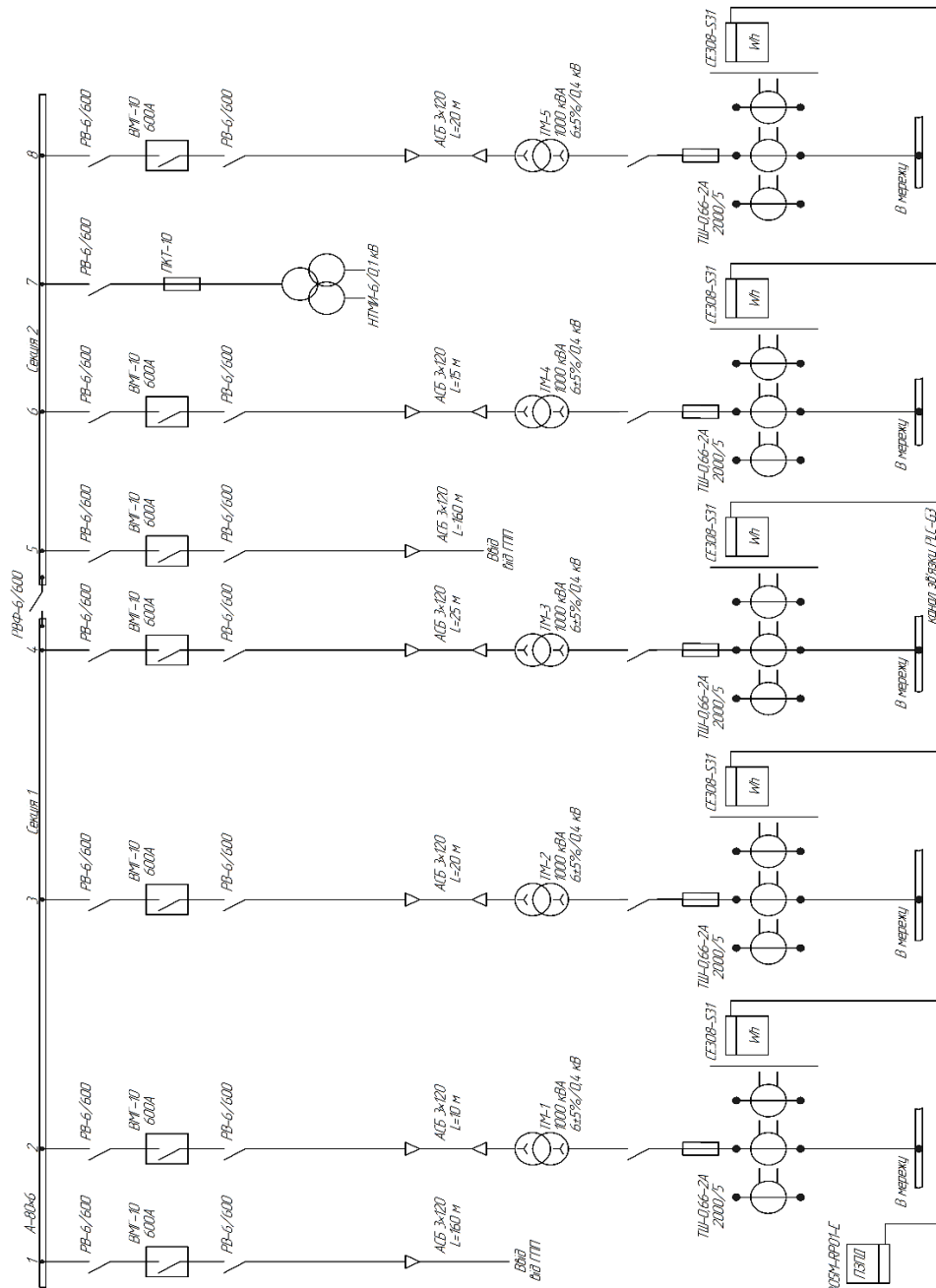


Рисунок 3.5 Введення приладів АСКОЕ у ТП-3

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КРБ 19-037.00.00.000 ПЗ

Арк

57

### 3.5.2 Схематичне зображення спроектованої АСКОЕ для вибраного підприємства

На рисунку 3.6 показано структурну систему АСКОЕ для вибраного підприємства.

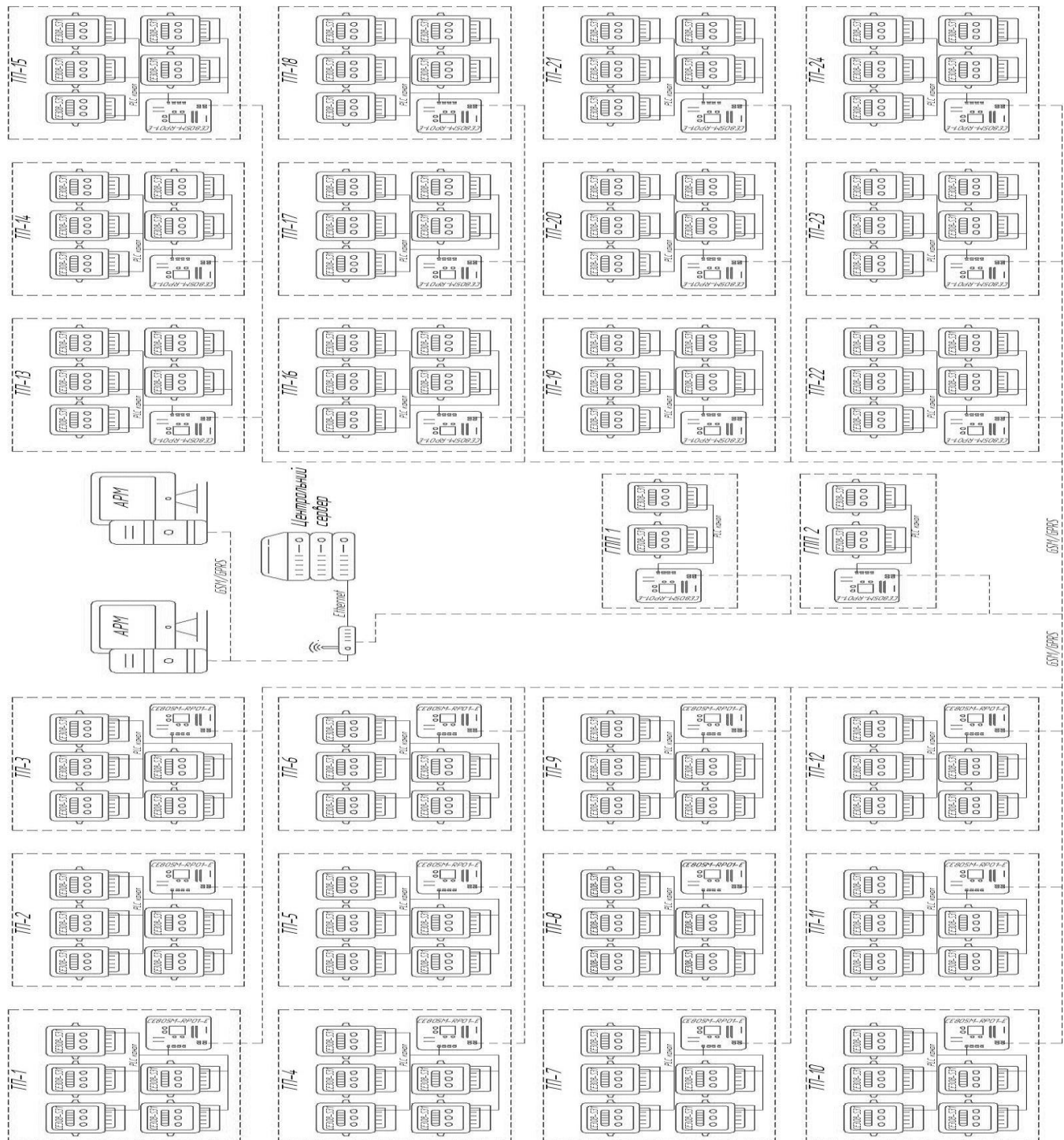


Рисунок 3.6 Структура АСКОЕ приватного господарства

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
-----	------	----------	--------	------

## РОЗДІЛ 4. БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ

### 4.1 Аналіз потенційних шкідливостей на ділянці. Заходи щодо їх зниженню

Основні відомості про робочу ділянку розробника автоматичної системи комерційного обліку електроенергії (АСКОЕ):

- адреса: м. Нововолинськ, вул. Шахтарська 9;
- робоча ділянка представлена офісним приміщенням;
- виконувана робота: модернізація та розробка систем АСКОЕ.

Опис виконуваної роботи: розробка, модернізація, та аналіз автоматизованих систем комерційного обліку електроенергії.

На рисунку 4.1 зображено ескіз робочої ділянки для працівників, які займаються удосконаленням, модернізацією, аналізом та впровадженням систем автоматичного комерційного обліку електроенергії.

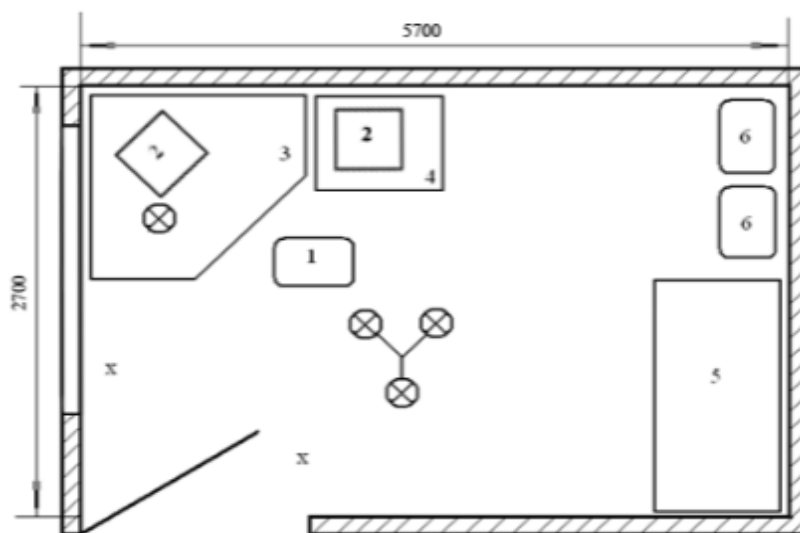


Рисунок 4.1 Ескіз робочої ділянки

<b>КРБ 19–037.00.00.000 ПЗ</b>				
Зм	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
		Розробив <b>Новосад В.А.</b>		
		Перевірів <b>Андрійчук В.А.</b>		
		Консульт. <b>Гурик О.Я.</b>		
		Н. контр. <b>Вакуленко О.О.</b>		
		Затвердив <b>Тарасенко М.Г.</b>		
РОЗДІЛ 4. БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ				
		Літера	Аркуш	Аркушів
			59	68
ТНТУ, ФПТ, гр. ЕТс-41				

Умовні позначення, які використані на рисунку 4.1:

- 1 – робоче місце;
- 2 – комп'ютер;
- 3 – комп'ютерний стіл;
- 4 – тумбочка;
- 5 – шафа;
- 6 – крісла;
- х – джерела шуму.

Приміщення має розміри 5,7х2,7х3 м і площею 15,4 м<sup>2</sup>. Природне освітлення в приміщенні здійснюється через один віконний отвір розмірами 1,9х1,3 м. Одне робоче місце, у вигляді стільця і столу розташоване поблизу віконного прорізу що дозволяє днем отримувати достатню кількість світла для роботи. Стеля покрита вапном, стіни шпалерами світло-зеленого кольору, підлога покрита коричневим лінолеумом. Приміщення освітлюється діодними світильниками.

При розробці АСКОЕ, використовується наступне обладнання:

- рідкокристалічний монітор;
- системний блок;
- клавіатура;
- миша.

Важливим пунктом при розгляді охорони праці, є проведення аналізу небезпечних і шкідливих виробничих факторів. Аналіз небезпечних і шкідливих виробничих факторів (НШВФ) ведеться на робочому місці, і виконаний відповідно до ГОСТ 12.0.003-74. «Небезпечні та шкідливі виробничі фактори. Класифікація». Основні небезпечні і шкідливі виробничі фактори на робочому місці діляться на фізичні, психофізіологічні, хімічні, біологічні.

Відповідно до стандарту, визначимо потенційні шкідливості на робочому місці розробника АСКОЕ, заходи захисту та профілактики. Дані зведемо у таблиці 4.1.

					КРБ 19–037.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		60

Таблиця 4.1 Аналіз НШВФ

Найменування НШВФ за ГОСТ 12.0.003-74	Джерело НШВФ	Заходи захисту та профілактики
Підвищена напруженість електричного поля	Рідкокристалічний монітор, системний блок комп'ютера	Захист за допомогою збільшення відстані, та витримки часу
Підвищений рівень електромагнітного випромінювання	Рідкокристалічний монітор	Захист за допомогою збільшення відстані, та витримки часу
Підвищена іонізація повітря	Рідкокристалічний монітор	Вологе прибирання та провітрювання приміщення
Підвищена напруженість магнітного поля	Рідкокристалічний монітор	Захист за допомогою збільшення відстані, та витримки часу
Підвищена напруга електричної мережі, коротке замикання якої може пройти через тіло людини	Система електромережі	Дотримання техніки безпеки, уважність на робочому місці, встановлення стабілізатора напруги
Фізичне та статичне перевантаження	Довготривала робота за комп'ютером у положенні «сидячи»	Організація переривів на роботі
Нервово-психічні та розумові перевантаження	Робота над проектуванням та удосконаленням систем	Організація переривів на роботі
Монотонність праці	Робота за персональним комп'ютером, одноманітні дії	Організація переривів на роботі
Перевантаження зорових аналізаторів людини	Рідкокристалічний монітор	Перерив в роботі

Взявши до уваги міжнародний стандарт OHSAS 18001:2007 «Системи менеджменту охорони здоров'я і забезпечення безпеки праці. Вимоги», виконаємо ідентифікацію небезпек та оцінимо ризики, беручи до уваги поведінку людини, обладнання та матеріали на робочому місці. Небезпеки, які виникають поблизу і вдалі від робочого місця.

Встановлення ранга факторів та умов праці виконується у відповідності з критеріями оцінки виникнення небезпеки, наслідків, оцінки значимості та ймовірності виявлення. Отримані дані записуються у таблицю 4.2.

Ранги видів впливу розраховуються за формулою:

$$R = (A + B) \times C, \quad (4.1)$$

де, А – оцінка ймовірності впливу (в балах);

В – оцінка ймовірності виявлення (в балах);

С – оцінка серйозності наслідків (в балах).

Таблиця 4.2

Найменування НШВФ за ГОСТ 12.0.003-74	Ймовірність впливу	Ймовірність виявлення	Серйозність наслідків	Ранг
Підвищена напруженість електричного поля	3	4	2	14
Підвищений рівень електромагнітного випромінювання	4	6	2	20
Підвищена іонізація повітря	2	4	3	18
Підвищена напруженість магнітного поля	3	5	1	8

Підвищена напруга електричної мережі, коротке замикання якої може пройти через тіло людини	2	6	9	72
Фізичне та статичне перевантаження	5	4	2	18
Нервово-психічні та розумові перевантаження	9	7	3	48
Монотонність праці	7	7	2	28
Перевантаження зорових аналізаторів людини	8	6	4	56

Після огляду рангів всіх потенційних небезпечних та шкідливих виробничих факторів, визначено найбільш небезпечний, який може виникнути на робочому місці, це «підвищена напруга електричної мережі, коротке замикання якої може пройти через тіло людини». Даний фактор несе за собою найбільш серйозні наслідки зі всіх, з можливим летальним кінцем. Крім того, в нього є найбільша ймовірність виникнути на робочому місці. Для запобігання виникнення даного виду небезпеки, необхідно в першу чергу дотримуватись правил техніки безпеки, а також як додатковий засіб можна встановити стабілізатор напруги та струму з захистом від коротких замикань.

#### 4.2 Оцінка цеху (дільниці) щодо пожежної небезпеки

Аналіз наявності горючих речовин і матеріалів та визначення категорії приміщення за критерієм пожежонебезпеки.

У робочому кабінеті є горючі небезпечні речовини, такі як дерев'яні меблі, тканинні штори. Гази і легкозаймісті рідини відсутні. Матеріали, що здатні виділяти іскри або променисте тепло так само відсутні. Є тверді речовини які



спалюються або утилізуються як паливо, наприклад, папір, картон, дерев'яні меблі. У зв'язку з цим, категорія приміщення з пожежної небезпеки встановлена В-типу, тобто пожежонебезпечне.

В приміщенні є пожежна сигналізація, датчики пожежної безпеки. А в коридорі встановлено два порошкових вогнегасника типу ВП-5, з об'ємом суміші для гасіння – 5 кілограм кожний. Дані вогнегасники позначені на схемі евакуації третього поверху (рис. 4.2) значком у вигляді трикутника. Всі норми що до встановлення вогнегасників дотримані.

#### 4.3 Заходи щодо евакуації людей із виробничих приміщень цеху

Робоче приміщення знаходиться на третьому поверсі п'ятиповерхової будівлі. Відповідно до норм БНіП 21-01-97 «Пожежна безпека будівель та споруд» евакуація відбувається через евакуаційний вихід, розташований на першому поверсі, що виходить до задньої сторони будівлі, та позначений спеціальним сигнальним знаком з білим написом «Вихід» на зеленому фоні.

Час евакуації людей від найбільш віддалених дверей до виходу на зовні складає 2 хвилини. Від приміщень, розташованих на п'ятому поверсі, з одним виходом до сходового майданчику, та двома виходами на першому поверсі складає 2,5 хвилини. План евакуації третього поверху представлений на рисунку 4.2.

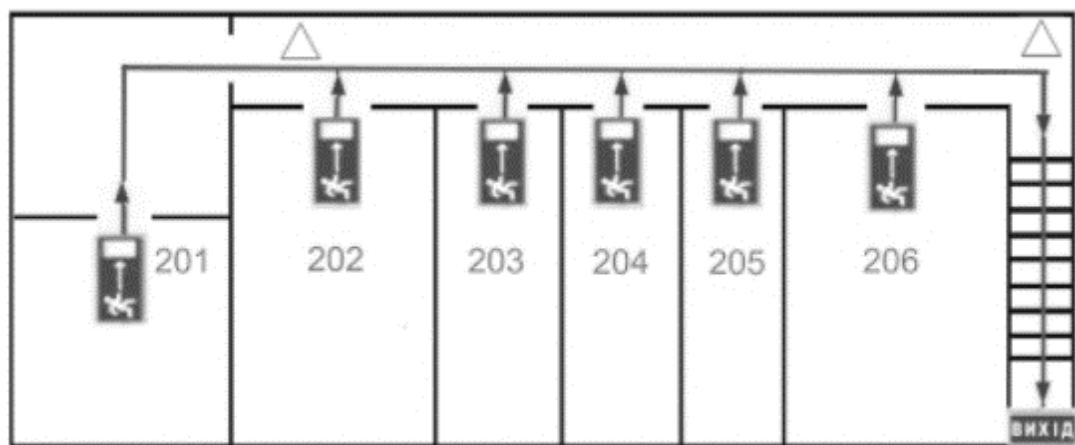


Рисунок 4.2 План евакуації внаслідок надзвичайних ситуацій, або пожежі

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КРБ 19–037.00.00.000 ПЗ

Арк

64

## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

В ході виконання дипломного проекту було проведено огляд літератури за методами та технічними засобами обліку спожитої електроенергії, здійснено їхнє порівняння між собою. Вибрано найбільш досконалий метод обліку електроенергії, та на його основі здійснено розробку та впровадження системи автоматичного обліку електроенергії приватного підприємства.

Було встановлено технічне обладнання для отримання даних споживання електроенергії у двадцяти чотирьох трансформаторних та двох головних понижувальних підстанціях.

Встановлено головні та локальні сервера для зберігання отриманої інформації, та створення з неї звітності.

Налагоджена система отримання, передачі та відображення інформації за рахунок встановлення пристроїв збору та передачі даних, а також автоматизованих робочих місць.

Далі був проведений детальний огляд існуючих варіантів програмного забезпечення, і був вибраний найбільш зручний з урахуванням побажань працівників: для роботи з базою даних, додавання і редагування записів, і зручним переходом по всім її складовим. Так само в вибраній базі даних присутні запити щодо виведення необхідної інформації та створення з них звітів для друку, або просто зведення в таблиці для редагування і статистики отриманих даних. Для зручної роботи з програмним забезпеченням є наявність функції багатокористувацького режиму, за допомогою якого з базою даних можуть працювати кілька користувачів одночасно.

					<b>КБР 19-037.00.00.000 ПЗ</b>		
Зм	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розробив	Новосад В.А.				Літера	Аркуш	Аркушів
Перевірів	Андрійчук В.А.					65	68
Н. контр.	Вакуленко О.О.				ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ ТНТУ, ФПТ, гр. ЕТс-41		
Затвердив	Тарасенко М.Г.						

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Прилади індукційної системи [Електронний ресурс]. – Режим доступу: URL: <https://studfile.net/preview/3583772/page:6/>
2. Двобонний лічильник: економія сімейного бюджету чи дорога іграшка? [Електронний ресурс]. – Режим доступу: URL: <https://www.epravda.com.ua/publications/2016/11/29/611644/>
3. Усе про лічильники електроенергії [Електронний ресурс]. – Режим доступу: URL: <https://www.dtek-kem.com.ua/ua/metering-devices>
4. Мобільний зв'язок в Україні. Мережі й стандарти [Електронний ресурс]. – Режим доступу: URL: [http://media.mabila.ua/ua/articles/in\\_view/network-and-standart/](http://media.mabila.ua/ua/articles/in_view/network-and-standart/)
5. АСКУЭ: устройство, принцип работы, порядок монтажа [Електронний ресурс]. – Режим доступу: URL: <https://samelectrik.ru/chto-takoe-sistema-askue.html>
6. Характеристика функціональної структури АСКОЕ [Електронний ресурс]. – Режим доступу: URL: <https://lektsii.org/5-59035.html>
7. АСКОЕ (АСКОЕ), - впровадження автоматизованих систем комерційного обліку електроенергії [Електронний ресурс]. – Режим доступу: URL: <https://miroteks.com.ua/ua/p1992781-askue-askoe-vnedrenie.html>
8. Счетчики электроэнергии, АСКУЭ, электротехническое оборудование [Електронний ресурс]. – Режим доступу: URL: <http://www.energomera.ru/>
9. Технічні характеристики приладів обліку [Електронний ресурс]. – Режим доступу: URL: [https://www.oblenergo.kharkov.ua/consumers/meters\\_recommended](https://www.oblenergo.kharkov.ua/consumers/meters_recommended)
10. АСКОЕ [Електронний ресурс]. – Режим доступу: URL: <https://iknet.com.ua/uk/pages/askue/>
11. Обзор и устройство современных счётчиков электроэнергии [Електронний ресурс]. – Режим доступу: URL: <https://habr.com/ru/post/421653/>

					КРБ 19-037.00.00.000 ПЗ					
Зм	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ  ТНТУ, ФПТ, гр. ЕТс-41					
		Розробив <i>Новосад В.А.</i>						Літера	Аркуш	Аркушів
		Перевіряє <i>Андрійчук В.А.</i>							66	68
		Н. контр. <i>Вакуленко О.О.</i>								
		Затвердив <i>Тарасенко М.Г.</i>								

12. Алюнов, А.Н. Онлайн Электрик: Интерактивные расчеты систем электроснабжения / А.Н. Алюнов. - Режим доступа: <https://online-electric.ru>
13. Карта електромереж Києва з'явилась у відкритому доступі [Електронний ресурс]. – Режим доступу: URL: <https://www.me.gov.ua/News/Detail?lang=uk-UA&isSpecial=True&id=b7f59d27-3d4c-4974-902442418ae223-f&title=KartaElektromerezh-KivaZiavilasU-Vidkritomu>
14. Разработка автоматизированной системы контроля и учета электроэнергии [Електронний ресурс]. – Режим доступу: URL: <https://docplayer.ru/68811917-Razrobotka-avtomatizirovannoy-sistemy-kontrolya-i-ucheta-elektroenergii-poyasnitelnaya-zapiska-k-diplomnomu-proektu-dp.html>
15. Admin Tools Энергомера [Електронний ресурс]. – Режим доступу: URL: <https://kipkatalog.ru/admin-tools-energomera/>
16. ДБН В 2.5-23–2003 Державні будівельні норми України. Проектування електрообладнання об'єктів цивільного призначення.– К.: Держбуд України, 2004.– 180 с.
17. ДБН В.2.5-24–2003 Державні будівельні норми України. Інженерне обладнання будинків і споруд. Електрична кабельна система опалення.– К.: Держбуд України, 2004.– 30 с.
18. ДНАОП 0.00-1.32-01 Правила будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних установок.– К.: Київпромелектропроект, 2001.– 80 с.
19. Охорона праці в галузі : методичні вказівки / Укладач к.т.н., доц. каф. ТМ І. Г. Ткаченко. – Тернопіль, ТДТУ, 2001. – 32 с.
20. Правила технічної експлуатації електроустановок споживачів.– К.: УкрНДПВТІ «Укрсілєнергопроект», 2007.– 150 с.
21. Правила улаштування електроустановок. Розділ 1. Загальні правила. Глава 1.7 Заземлення і захисні заходи електробезпеки.– К.: ОЕП «Галузевий резервно-інвестиційний фонд розвитку енергетики», 2007.– 34 с.
22. Правила улаштування електроустановок. - 3-є вид., перероб. і доп.. - Х. : Форт, 2010. - 732 с.

					<b>КРБ 19-037.00.00.000 ПЗ</b>	Арк
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		67

23. Проектирование кабельных сетей и проводок / Под ред. Г.Е. Хромченко. – М.: Энергия, 1980.– 230 с.
24. Справочная книга для проектирования электрического освещения / Под ред. Г. М. Кнорринга. – Л.: Энергия, 1976.– 384 с.
25. Справочник по охране труда на промышленном предприятии / К. Н. Ткачук, Д. Ф. Иванчук, Р. В. Сабарно, А. Г. Степанов. – К. : Техніка, 1991. – 192 с.
26. Справочник по электроснабжению промышленных предприятий. Промышленные электрические сети. 2–е изд., перераб. и доп. / Под общ. ред. А.А. Федорова и Г.В. Сербиновского.– М.: Энергия, 1980.– 576 с., ил.
27. Федоров А.А., Старкова Л.Е. Учебное пособие для курсового и дипломного проектирования по электроснабжению промышленных предприятий: Учеб. пособие для вузов.– М: Энергоатомиздат, 1987.– 368 с.
28. Цивилев М. П. Инженерно-спасательные и неотложные аварийно-восстановительные работы в очаге ядерного поражения. - М. : Воениздат, 1975. – 286 с.
29. Электробезопасность на промышленных предприятиях: справочник / Р.Б. Сабарно, А. Г. Степанов, А. В. Слонченко, Г. Д. Харламов. – К. : Техніка, 1985. – 288с., с ил.

					КРБ 19-037.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		68