

Хмельницький національний університет
Факультет інформаційних технологій
Кафедра автоматизації, комп'ютерно-інтегрованих технологій та робототехніки

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

бакалавр

Освітній рівень

Автоматизована система реєстрації енергоспоживання

Назва теми

КвРАКІТ.2022134.01.19.ПЗ

Рівень вищої освіти перший

Галузь знань 15 «Автоматизація та приладобудування»

Шифр, назва

Спеціальність 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»

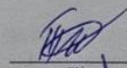
Шифр, назва

Освітня програма «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»

Назва

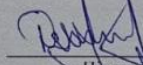
Виконав:

студент III курсу, група АКІТс-22-1


Підпис

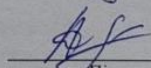
Максим ТИРСА
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Керівник


Підпис

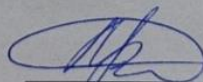
Денис МАКАРИШКІН
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Нормоконтролер


Підпис

Людмила КОРЕЦЬКА
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

До захисту допускаю:
зав. кафедри АКІТтаР


Підпис

Валерій МАРТИНЮК
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

« 16 » червня 2025 р.

Хмельницький 2025

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет інформаційних технологій

Кафедра автоматизації, комп'ютерно-інтегрованих технологій та робототехніки

Рівень вищої освіти перший (бакалаврський)

Галузь знань 15 – Автоматизація та приладобудування

Спеціальність 151 – Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

Освітня програма Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри АКИТтаР

Валерій МАРТИНЮК

7 лютого 2025р.

**ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ**

Тирсі Максиму Васильовичу

Прізвище, ім'я, по батькові студента

1 Тема роботи Автоматизована система реєстрації енергоспоживання

Керівник роботи к.т.н., доцент Макаришкін Д.А.

Прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, учене звання

Затверджено наказом ректора університету №23 від 07.02.2025

2 Строк подання студентом роботи на кафедру 02.06.2025р.


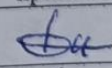
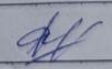
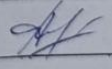
3 Вихідні дані до роботи Правила роздрібного ринку електричної енергії; Закон України «Про ринок електричної енергії»; Кодекс комерційного обліку електричної енергії

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

Огляд та аналіз підходів до реєстрації енергоспоживання; Підбір обладнання для автоматизованої системи реєстрації енергоспоживання; Моделювання роботи автоматизованої системи реєстрації енергоспоживання

5 Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслень)
презентаційні матеріали (слайди)

6 Консультанти розділів кваліфікаційної роботи

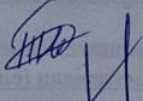
Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Антиплагіат	Федула М.В., доцент кафедри АКИТтаР		
Нормоконтроль	Корецька Л.О., доцент кафедри АКИТтаР		

7 Дата видачі завдання 7 лютого 2025р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

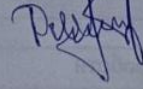
Назва розділу кваліфікаційної роботи	Строк виконання	Примітка
1. Вступ	15.02.2025	Виконано
2. Огляд та аналіз підходів до реєстрації енергоспоживання	28.02.2025	Виконано
3. Підбір обладнання для автоматизованої системи реєстрації енергоспоживання	30.03.2025	Виконано
4. Моделювання роботи автоматизованої системи реєстрації енергоспоживання	15.04.2025	Виконано
6. Висновки	30.04.2025	Виконано
7. Оформлення пояснювальної записки до КРБ	15.05.2025	Виконано
8. Оформлення пояснювальної записки до КРБ	20.05.2025	Виконано
9. Оформлення презентаційних матеріалів	30.05.2025	Виконано

Студент



Максим ТИРСА
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Керівник кваліфікаційної роботи



Денис МАКАРИШКІН
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

АНОТАЦІЯ

Тема кваліфікаційної роботи: «Автоматизована система реєстрації енергоспоживання».

Автор роботи: Тирса М.В.

Керівник роботи: Макаришкін Д.А.

Пояснювальна записка: 64 с., 36 рис., 11 табл., 3 дод., 42 джерела.


Графічна частина: 14 презентаційних слайдів

ОБЛІК ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ, ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ, ЛІЧИЛЬНИК ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ, МІКРОКОНТРОЛЕР, АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА, GSM МОДУЛЬ, БЛОК ЖИВЛЕННЯ, ФУНКЦІОНАЛЬНА СХЕМА, ЕЛЕКТРИЧНА СХЕМА ПІДКЛЮЧЕННЯ, ПЕРЕДАЧА ПОКАЗІВ ЛІЧИЛЬНИКА

Метою роботи є розробка автоматизованої системи реєстрації енергоспоживання із можливістю автоматичної відправки показників без необхідності зміни лічильника електроенергії. В роботі проведено підбір обладнання, яке складається із мікроконтролера, GSM модуля, дисплею, реле, блоку живлення. Розроблено функціональну та електричну схему підключень автоматизованої системи реєстрації енергоспоживання. Перевірено роботу розробленої автоматизованої системи реєстрації енергоспоживання та встановлено, що запровадження запропонованої системи в п'ять разів дешевше, ніж зміна лічильника на електронний лічильник із функцією передачі показників у відповідні комунальні служби.

16.06.25





дата



Підпис

ЗМІСТ

ВСТУП.....	4
1 ОГЛЯД ТА АНАЛІЗ ПІДХОДІВ ДО РЕЄСТРАЦІЇ ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ..	6
1.1 Опис базових приладів для реєстрації енергоспоживання	6
1.2 Огляд існуючих рішень щодо автоматизованої реєстрації енергоспоживання.....	11
1.3 Постановка задач автоматизації	23
1.4 Висновки до першого розділу	24
2 ПІДБІР ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ РЕЄСТРАЦІЇ ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ.....	25
2.1 Мікроконтролер	25
2.2 GSM модуль	29
2.3 Лічильник електроенергії.....	34
2.4 Дисплей та реле.....	36
2.5 Блок живлення.....	42
2.6 Висновки до другого розділу	46
3 МОДЕЛЮВАННЯ РОБОТИ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ РЕЄСТРАЦІЇ ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ.....	47
3.1 Розробка схем автоматизованої системи реєстрації енергоспоживання	47
3.2 Принцип роботи автоматизованої системи реєстрації енергоспоживання	51
3.3 Розробка експериментального стенда автоматизованої системи реєстрації енергоспоживання.....	52
3.4 Розрахунок вартості запровадження автоматизованої системи реєстрації енергоспоживання.....	55

КВРАКІТ.2022134.01.19.ПЗ								
Зм.	Арк.	Недокум.	Підпис	Дата	Автоматизована система реєстрації енергоспоживання. Пояснювальна записка	Літера	Аркуш	Аркушів
Виконав		Гирса М.В.		16.06.25		у	2	64
Перевір.		Макаришин Д.А.		18.06.25				
Н.контр.		Корецька Л.О.		16.06.25				
Затвер.		Мартинюк В.		16.06.25				
ХНУ гр. АКІТс-22-1								

3.5 Висновки до третього розділу.....	57
ВИСНОВКИ.....	58
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	60
ДОДАТКИ.....	65

					<i>КВРАКІТ.2022134.01.19.ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		3

ВСТУП

Будь-який пристрій або система потребує споживання електроенергії. Під енергоспоживанням розуміється процес, при якому приладами споживається електрична енергія [1]. Електрична енергія може отримуватись від різних джерел, а саме при перетворенні механічної, хімічної або теплової енергії, а також за допомогою води на гідроелектростанціях та при ядерних реакціях на атомних електростанціях [2]. Крім того, існує поняття альтернативних або відновлювальних джерел енергії, при яких електроенергія виробляється шляхом переробки сонячної енергії, або енергії вітру [3, 4].

Незалежно від джерела, за допомогою якого була отримана електрична енергія, її споживання піддається реєстрації. Така реєстрація необхідна для відслідковування ефективності роботи окремого виду обладнання, але основна мета – це відслідковування та контроль кількості споживання електричної енергії для оплати цієї послуги споживачами.

Реєстрація електричної енергії відбувається незалежно від того, від якого джерела була отримана ця енергія, а саме, чи від гідроелектростанції (ГЕС), чи від атомної електростанції (АЕС), чи взагалі від альтернативних джерел.

В побуті для реєстрації електричної енергії використовуються лічильники. Щомісячно споживачі повинні передавати покази лічильників та виконувати оплату за тарифом за використану ними електричну енергію. Однак, на великих підприємствах в основному використовується велика кількість електричної енергії, особливо якщо враховувати той факт, що більшість підприємств використовує силове технологічне обладнання, підключене до мережі 380 В.

На підприємствах такого масштабу передача показників електричної енергії за лічильником типовим шляхом, який розповсюджений для побутових споживачів, стає неефективною. Оскільки одне підприємство за день може споживати більше електричної енергії, ніж побутовий споживач за місяць.

					<i>КВРАКІТ.2022134.01.19.ПЗ</i>	Арк.
						4
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

Тому на таких підприємствах більш доцільним є щоденна передача показників з лічильників реєстрації енергоспоживання. Така щоденна передача показників ускладнює роботу працівників підприємств. В той же час підприємства, які займаються розподілом електричної енергії, мають на меті проводити щоденну звірку не тільки показників лічильників спожитої енергії, але й відповідності показів лічильників реальній кількості спожитої електроенергії. В такому випадку більш доцільним є використання автоматичного підходу до реєстрації та передачі показів енергоспоживання.

Таким чином, метою роботи є розробка автоматизованої системи реєстрації енергоспоживання із можливістю автоматичної відправки показників без необхідності зміни лічильника електроенергії.

Для виконання кваліфікаційної роботи бакалавра були поставлені наступні завдання:

- провести аналітичний огляд існуючих технічних та технологічних рішень з підходів до реєстрації енергоспоживання;
- виконати підбір необхідного обладнання для системи автоматизованої реєстрації енергоспоживання;
- розробити схеми функціонування автоматизованої системи реєстрації енергоспоживання;
- змодельовати роботу автоматизованої системи реєстрації енергоспоживання;
- створити експериментальний стенд та перевірити роботу автоматизованої системи реєстрації енергоспоживання.

					<i>КВРАКІТ.2022134.01.19.ПЗ</i>	Арк.
						5
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

1 ОГЛЯД ТА АНАЛІЗ ПІДХОДІВ ДО РЕЄСТРАЦІЇ ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ

1.1 Опис базових приладів для реєстрації енергоспоживання

Основною метою процесу ведення обліку електроенергії є одержання достовірної інформації про передачу, виробництво, розподіл та, головне, споживання електричної енергії на роздрібному та оптовому ринках з метою виконання розв'язування основних техніко-економічних завдань, а саме [5]:

- проведення фінансових розрахунків за потужність та електроенергію між суб'єктами ринку;
- прогнозування та визначення техніко-економічних показників, розподілу, передачі та виробництва електроенергії;
- прогнозування та визначення техніко-економічних показників споживання електричної енергії на підприємствах;
- керування енергоспоживанням та забезпечення енергозбереження.

При виконанні реєстрації та обліку активної електричної енергії він повинен забезпечувати визначення її кількості, а саме [6]:

- спожитої електроенергії на власні потреби електростанцій, наряду із виробничими потребами енергосистеми;
- виробленої генераторами електростанцій;
- переданої електроенергії в мережі;
- відпущеної енергії по лініях постачання;
- отриманої від імпорту та переданої на експорт.

Організація реєстрації та обліку енергоспоживання виконується відповідно до вимог чинного законодавства [7, 8, 9]. Власники приладів обліку електроенергії (ПОЕ), які є обов'язковими для будь-яких споживачів електричної енергії, зобов'язані забезпечити належну експлуатацію ПОЕ, а також своєчасну заміну та

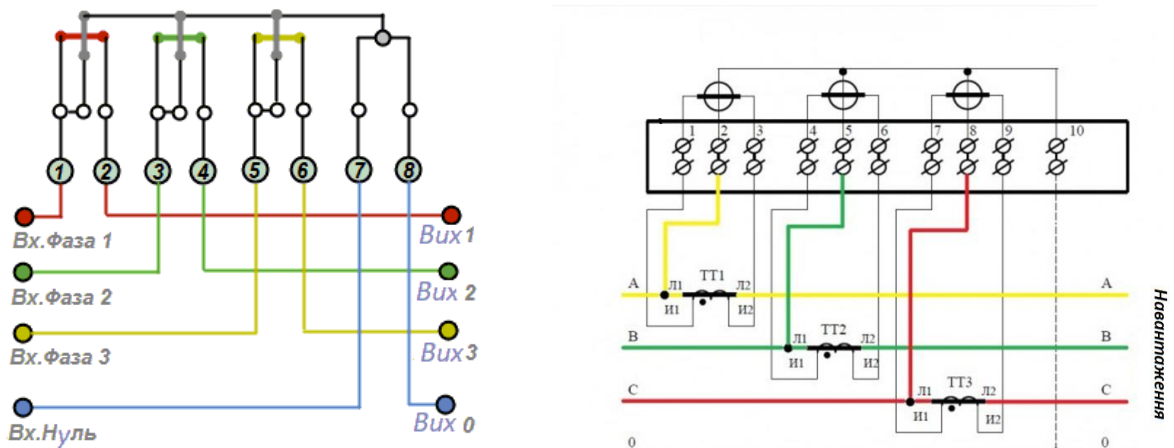
					<i>КВРАКІТ.2022134.01.19.ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		6

схронність. Право на виконання дій щодо установки, експлуатації або заміни ПОЕ мають лише особи, які відповідають вимогам.

Для реєстрації та обліку енергоспоживання на об'єктах використовуються відповідні прилади обліку електроенергії (ПОЕ). Існує ряд класифікацій цих приладів, а саме [10]:

- за типом підключення (рисунок 1.1) – трансформаторного включення та прямого включення;
- за величинами, що вимірюються (рисунок 1.2) – трифазні (380 В) та однофазні (220 В);
- за конструкцією – індукційні, електронні та гібридні.

Індукційні лічильники засновані на принципі впливу магнітного поля нерухомих котушок, струм протікає по обмоткам цих котушок, а рухомих елементом є диск (рисунок 1.3) [11].



а)

б)

Рисунок 1.1 – Типи підключення лічильників:

а – прямого включення; б – трансформаторного включення

Індукційний лічильник за своєю конструкцією складається із котушки струму 4 та котушки напруги 5, які намотані на магнітопроводи 6 і 7. Ці магнітопроводи виконують роль електромагнітів. Магнітні поля, що

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

КВРАКІТ.2022134.01.19.ПЗ

Арк.

7

утворюються, діють на вихрові струму на алюмінієвому диску 3, в результаті чого диск обертається. Диск, в свою чергу, закріплений на вертикальній осі 2 разом із черв'ячною передачею 9. Остання підключена до рахункового механізму 10.



Рисунок 1.2 – Типи лічильників за величиною, що вимірюється:

а – однофазні; б – трифазні

Гальмівний момент в лічильнику забезпечується постійним магнітом 1. За необхідності провести замикання основного магнітного потоку, використовується протиполнос 8 [12].

Котушка струму виготовляється із товстого дроту, тому отримала назву струмової обмотки. Вона послідовно підключається до всіх споживачів в межах дії електричного кола. Котушка напруги виготовляється із тонкого дроту, що зроблено з метою забезпечення більшого опору. Підключається ця котушка паралельно до всіх споживачів в межах дії електричного кола.

Вартість таких лічильників достатньо низька, а надійність та якість високі. Проте їм характерний ряд недоліків, до яких відносяться [13]:

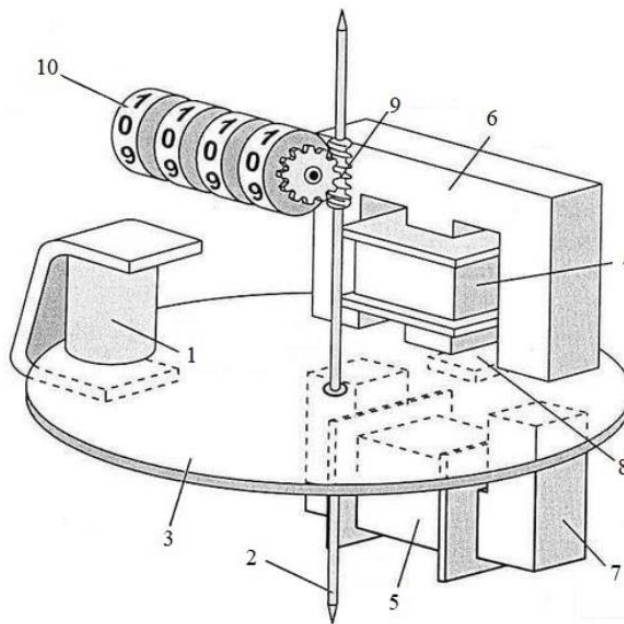
- низький клас точності;
- слабкий захист від втручання в роботу;
- порівняно низька функціональність.

Відмічається, що похибка в точності значень цих лічильників знаходиться на межі допустимих відхилень і становить 2-2,5%. Також таким однофазним

характерна низька довговічність, яка становить приблизно 16 років. Проте деякі види однофазних індукційних лічильників використовуються в автоматизованих системах контролю і обліку електроенергії (АСКОЕ).



а)



б)

Рисунок 1.3 – Індукційний лічильник:

а – зовнішній вигляд; б – принципова схема

(1 – постійний магніт; 2 – рухома вертикальна вісь; 3 – алюмінієвий диск;
 4 – котушка струму; 5 – котушка напруги; 6 і 7 – магнітопроводи;
 8 – протиполіус; 9 – черв’ячна передача; 10 – рахунковий механізм)

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

КВРАКІТ.2022134.01.19.ПЗ

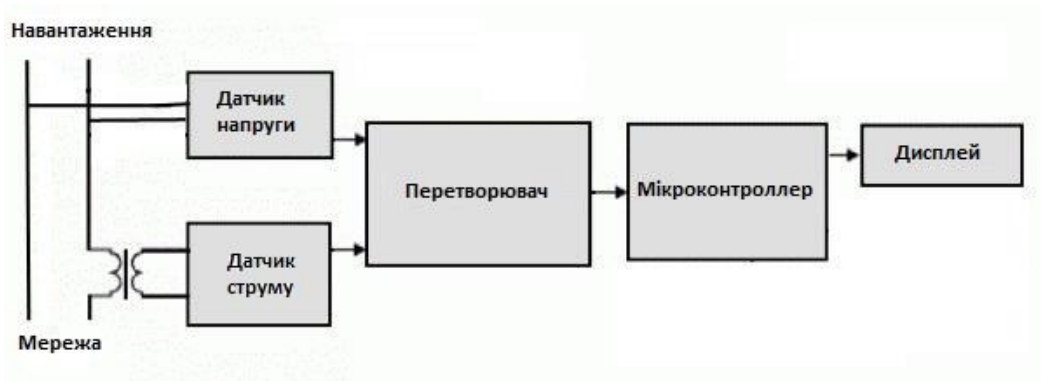
Арк.

9

Електронний лічильник (рисунок 1.4) працює завдяки перетворення аналогового вхідного сигналу з датчиків, що містяться в конструкції лічильника, в цифровий код. Цей код рівнозначний споживаній потужності та відправляється на спеціальний мікроконтролер, призначений для розшифрування. Отримана інформація стосовно кількості витраченої споживачем електричної енергії виводиться на екран.



а)



б)

Рисунок 1.4 – Електронний лічильник електроенергії:

а – зовнішній вигляд; б – принципова схема

Електронним лічильникам характерні наступні ознаки:

– довговічність внаслідок відсутності рухомих деталей;

- високий клас точності;
- можливість створення АСКОВЕ;
- збільшений міжповірочний інтервал;
- наявність пам'яті для збереження інформації.

Такі лічильники надають можливість виконувати облік реактивної та активної електроенергії як в стандартному вигляді, так і за багатьма тарифами. Наприклад, за наявності «нічного» тарифу, коли вартість електроенергії протягом ночі значно менша, ніж протягом дня.

Також цим лічильникам характерна підтримка передачі результатів виконаних вимірювань за допомогою інтерфейсів RS-485 та CAN. На екрані лічильника може в режимі реального часу висвічуватись велика кількість інформації, а саме:

- значення потужності (активної та реактивної);
- значення електроенергії (активної та реактивної);
- вимірювання миттєвих значення енергії;
- вимірювання по кожній фазі її характеристик.

Незалежно від конструкції лічильника в ньому передбачається захист від несанкціонованого доступу. Кришка корпусу в своїй конструкції має вуха, а також кріпиться на гвинти із отворами. Через вуха та отвори цих гвинтів пропускається дрiт, який з'єднується пломбами. Такі пломби є символом того, що в роботу лічильника не втручались, а також свідчать про виконану перевірку компанією із постачання та обліку електричної енергії.

1.2 Огляд існуючих рішень щодо автоматизованої реєстрації енергоспоживання

В останні часи широкого поширення набули дистанційні методи обліку та контролю спожитої електроенергії. Основною метою таких систем є вдосконалення системи оплати, а також вони спрямовані на:

					<i>КВРАКІТ.2022134.01.19.ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		11

- розрахунки спожитої та балансу отриманої електроенергії;
- зменшення експлуатаційних витрат;
- зменшення технічних та комерційних втрат електричної енергії.

Система дистанційного обліку електроенергії (СДОЕ) представляє собою безперервний або в проміжках збір даних від лічильників електроенергії, а також отримання параметричних даних від датчиків в системі живлення. Встановлення СДОЕ дозволяє підприємствам та виробництвам вивести керування спожитою електроенергією на більш високий рівень. Отримання такої повної картини про енергоспоживання дає можливість проводити прогноз, а також регулювання та розподіл навантаження як по всьому підприємству, так і на окремих агрегатах.

Для опису кількох різних систем використання ліній електропередач з метою передачі даних використовується загальний термін PLC (від англ. Power line communication) [14]. Умовна схема використання PLC в приватному будинку наведена на рисунку 1.5.

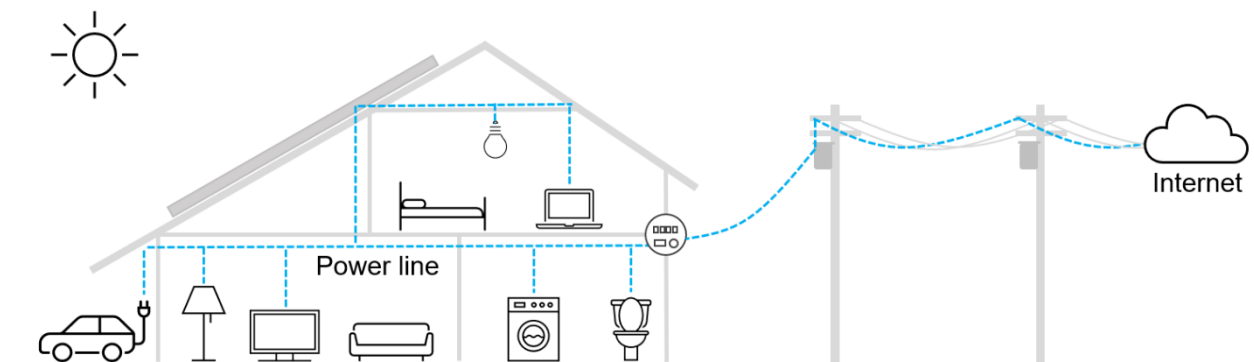


Рисунок 1.5 – Умовна схема PLC технології для енергоспоживання

Мережа живлення може передавати дані шляхом накладання поверх стандартного струму аналогового сигналу. Така технологія базується на використанні для високошвидкісного інформаційного обміну силових електромереж. Основою для цієї технології стало використання частотного поділу

сигналу, тобто високошвидкісний потік даних ділиться на декілька незькошвидкісних потоків, при цьому кожен із цих потоків передається на окремій частоті [15].

Автоматизована система комерційного обліку електроенергії (АСКОЕ) розроблена в першу чергу з метою автоматизації процесу реєстрації та обліку спожитої електричної енергії та контролю устаткування на підприємствах. В бездротову мережу передачі даних щодо електричної енергії можуть бути підключені будь-які пристрої, які мають RS-485 інтерфейс [16].

Приклади умовних схем АСКОЕ для району та окремого об'єкту наведені на рисунку 1.6 та 1.7 відповідно. В будь-якому випадку система АСКОЕ складається із елементів, які наведені на рисунку 1.8. АСКОЕ може мати декілька рівнів. На рисунку 1.9 наведено узагальнену схему тривірневої АСКОЕ [17].

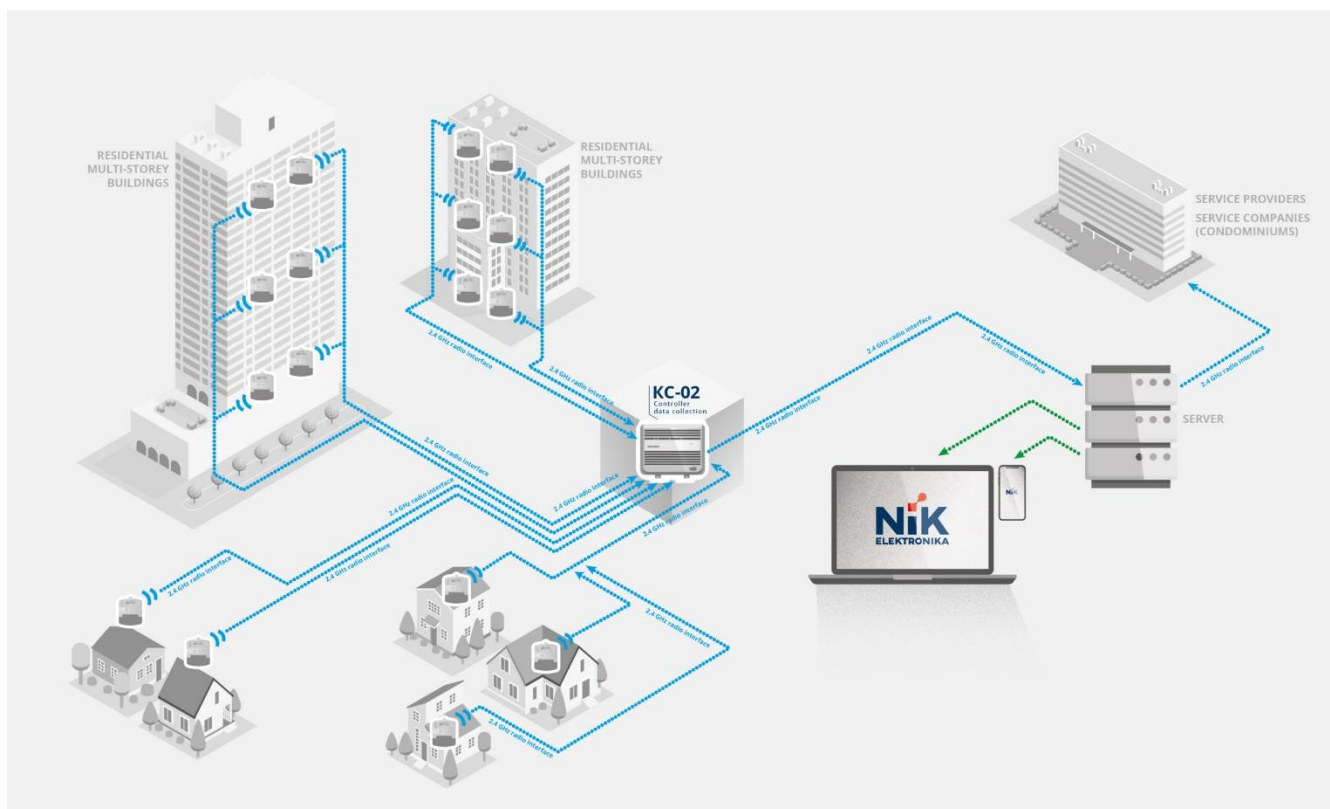


Рисунок 1.6 – АСКОЕ для району міста

Складовими елементами АСКОЕ є [18]:

– концентратор (рисунок 1.10, а);

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

КВРАКІТ.2022134.01.19.ПЗ

- шафа АСКОЕ (рисунок 1.10, б);
- детектор поля (рисунок 1.10, в);
- комунікаційний модуль (рисунок 1.10, г);
- ретранслятор (рисунок 1.10, д);
- контролер збору даних з ПОЕ (рисунок 1.10, е);
- подовжувачі радіоканалу (рисунок 1.10, є);
- програмні комплекси для АСКОЕ;
- додаткові протоколи комунікації.

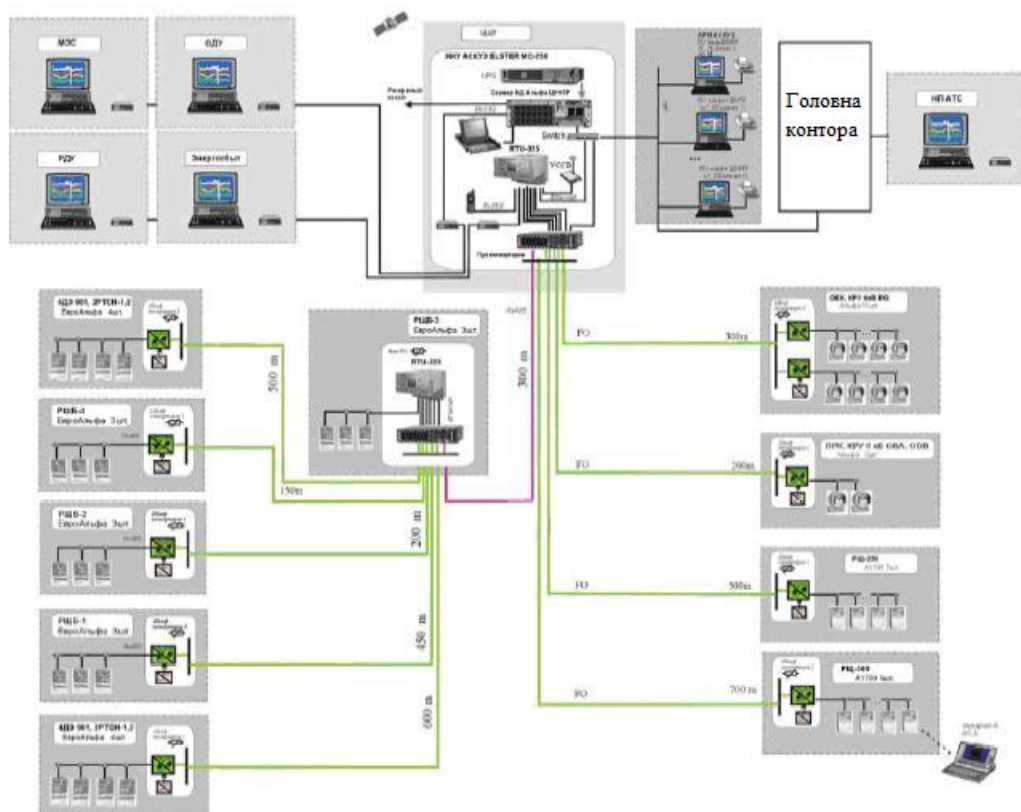


Рисунок 1.7 – АСКОЕ для окремого промислового об’єкта

Розробка АСКОЕ регламентується та повинна відповідати вимогам державного стандарту України ДСТУ 5003.3-4:2015 Автоматизовані системи обліку електричної енергії [19].

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

КВРАКІТ.2022134.01.19.ПЗ

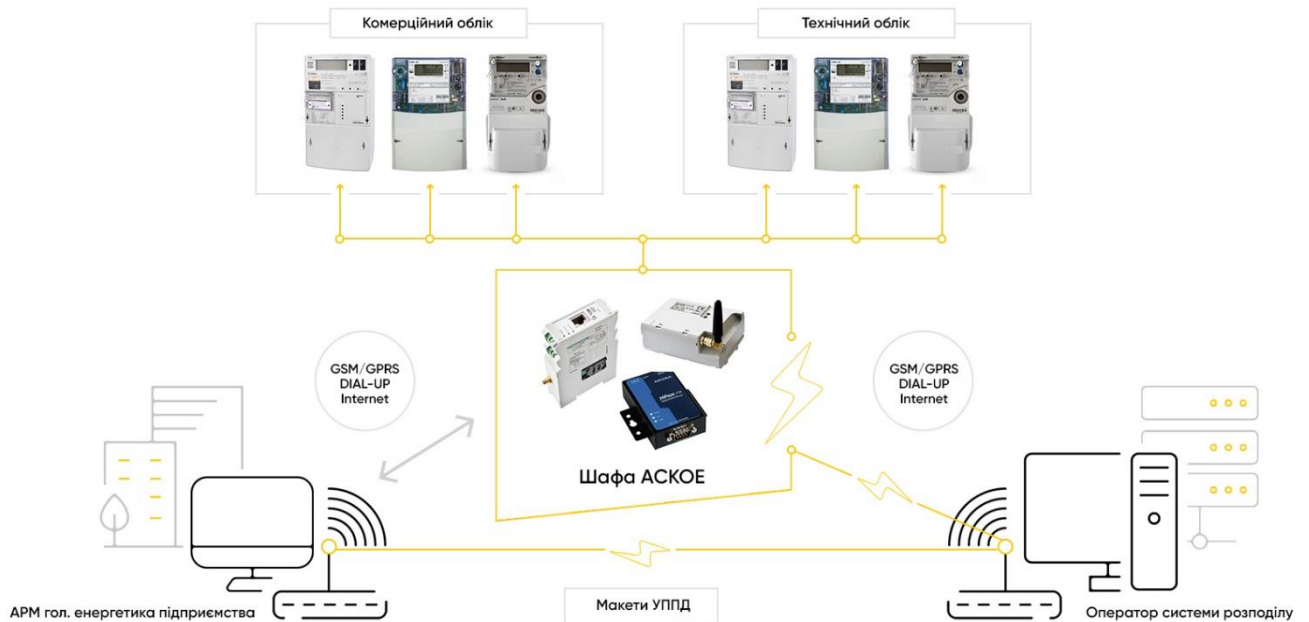


Рисунок 1.8 – Елементи АСКОЕ

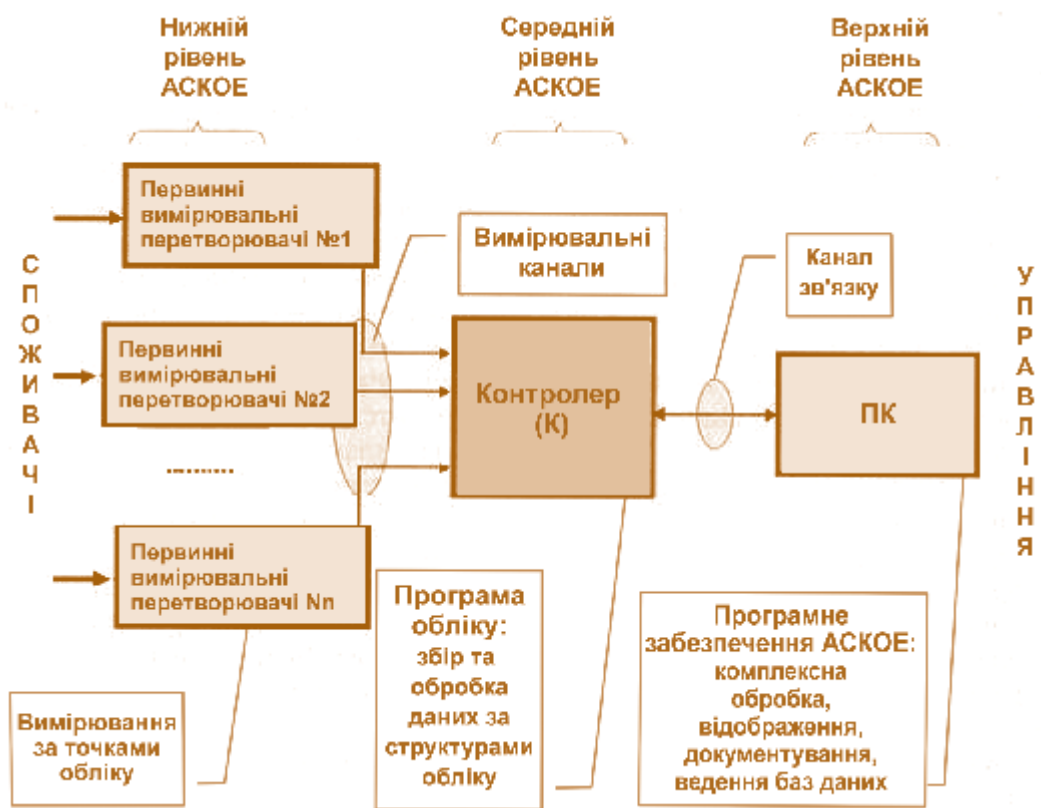


Рисунок 1.9 – Узагальнена схема трирівневої АСКОЕ

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

КВРАКІТ.2022134.01.19.ПЗ



а)



б)



в)



г)



д)



е)



є)

Рисунок 1.10 – Складові АСКОЕ:

а – концентратор; б – шафа АСКОЕ; в – детектор поля; г – комунікаційний модуль; д – ретранслятор; е – контролер збору даних; є – подовжувач радіосигналу

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

КВРАКІТ.2022134.01.19.ПЗ

З'явилося також поняття «розумного» лічильника електроенергії, або смарт-лічильник. Це лічильники, які не мають рухомих частин, і мають в своїй конструкції всі елементи для [20]:

- передачі показів спожитої електроенергії;
- вивід на екран інформації про заборгованість;
- проведення розрахунку споживання протягом доби;
- передача компаніям про наявні аварійні ситуації та несправності без втручання людей;
- вимірювання параметрів мережі;
- захист від критичних значень напруги;
- тривале збереження інформації у внутрішній пам'яті лічильника.

На ринку наявно достатньо лічильників різних виробників. Наприклад, компанія SMART пропонує одно-та трифазні розумні лічильники електроенергії. На рисунку 1.11 наведено однофазний енергомонітор smart-MAIC D101.



Рисунок 1.11 - Однофазний енергомонітор smart-MAIC D101

Цей лічильник має розширену та стандартну версію. При купівлі варіанту із розширеною версією, він забезпечує ведення окремого обліку виробництва та споживання електроенергії. В комплект енергомонітору також входить змінний

або кільцевий трансформатор струму. Технічні характеристики наведені у таблиці 1.1 [21]. Вартість такого лічильника становить 2980 гривень.

Таблиця 1.1 – Технічні характеристики однофазного енергомонітору smart-МАІС D101 [21]

Характеристика	Значення
Похибка вимірів напруга та струм активна енергія	< 1 % ± 0,5 %
Вимірюваний струм по фазі	50 мА – 100 А
Інтервал оновлення даних	5 сек
Споживана потужність	до 1,2 Вт
Потужність навантаження на вході	до 50 Вт (при 220 В)
Інтервал збору даних	1 хв
Вага	0,1 кг
Діапазон робочих температур	від -40 до + 70 °С
Бездротовий протокол зв'язку	2,4 ГГц / IEEE 802.11
Розміри	90 x 67 x 52 мм

Такому енергомонітору характерні наступні особливості:

- контроль, аналіз та моніторинг енергоспоживання;
- висока точність вимірювань;
- контроль параметрів електромережі;
- хвилинна деталізація;
- установка на DIN-рейку;
- хмарний сервер даних;
- бездротовий інтерфейс Wi-Fi;
- віддалене керування навантаженням;
- дашборд для візуалізації даних;

– контрольований вихід реле.

Енергомонітор здатен вимірювати наступні параметри:

- коефіцієнт потужності;
- поточний струм;
- зворотну активну енергію;
- напругу;
- активну енергію.

Ще одним із варіантів розумного лічильника є рішення від компанії Z-Wave Ukraine, а саме модель Qubino ZMNHTD1 (рисунок 1.12). Він призначений для вимірювання спожитої енергії в однофазній мережі до 65 А. Виробник відмічає, що такий розумний лічильник підходить для використання як в комунальних, так і в промислових та житлових системах [22].



Рисунок 1.12 – Вимірювач електроенергії Qubino ZMNHTD1

Вимірювання в цих лічильниках виконується за принципом швидкої вибірки сигналів струму та напруги. Розрахунок енергії виконується вбудованим

мікропроцесором, який також обраховує коефіцієнт потужності та власне саму потужність з вимірюваних сигналів.

Ним можна керувати через мережу виробника, також він може виконувати роль ретранслятора з метою покращення стабільності та діапазону роботи мережі. Встановлення передбачається на DIN-рейку. Технічні характеристики наведені в таблиці 1.2, а вартість становить 5 299 гривень [22].

Таблиця 1.2 – Технічні характеристики Z-Wave Plus Qubino Smart Meter - ZMNHTD1 [22]

Характеристика	Значення
Живлення	220 В
Робоча частота	868,42 МГц
Розміри	36 x 90 x 64 мм
Монтаж	DIN-рейка 35 мм
Захист від води і пилу	IP20
Допустимий струм	65 А
Діапазон робочих температур	від -10 до +40 °С
Точність	
реактивна енергія	2 клас за EN62053-23
активна енергія	1 за клас за EN62053-23
потужність	В клас за EN 50470-3

Наступним прикладом розумного лічильника є модель Tervix Pro Line (рисунок 1.13). Вартість його становить 3 229 гривень, а технічні характеристики наведені у таблиці 1.3 [23].

Цей лічильник призначений для вимірювання споживання активної енергії змінного струму, в якій номінальна частота становить 50/60 Гц. Він також

однофазний, хоча, як і у попередніх моделях, у виробника наявний аналог трифазного лічильника.



Рисунок 1.13 – Смарт-лічильник електроенергії Tervix Pro Line

Таблиця 1.3 – Технічні характеристики смарт-лічильника електроенергії Tervix Pro Line [23]

Характеристика	Значення
Частота з'єднань	2,4 ГГц
Максимальна дальність з'єднання	200 м
Захист від води і пилу	IP20
Розміри	100 x 36 x 65 мм
Монтаж	DIN-рейка 35 мм
Робоча напруга	110-230 В
Діапазон робочих температур	від -25 до +65 °С
Програмне забезпечення	Smart Life / TUYA / Tervix
Вага	800 г

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

КВРАКІТ.2022134.01.19.ПЗ

Арк.

21

В цього смарт-лічильника наявний функціонал віддаленого вимкнення та ввімкнення різних ліній або електроприладів. Лічильник необхідно встановлювати на вході в електричному щиті, він буде автоматично фіксувати кількість спожитої енергії, а також зберігати ці дані у внутрішню пам'ять. На екрані відображаються поточні значення напруги на вхід. Під'єднання передбачає використання програмного забезпечення, вказаного у таблиці 1.3.

Серед переваг цього лічильника можна відмітити наступні:

- можливість голосового керування через Alexa або Google Assistant;
- збереження історії споживання;
- інтеграція до розумного будинку;
- індикація режиму роботи;
- ведення обліку енергоспоживання за тижнями та роками, не тільки за місяцями.

Наступна модель – це розумний лічильник WIBEEE 1N (рисунок 1.14). Технічні характеристики лічильника наведені у таблиці 1.4, а вартість його становить 5 774 гривні [24].



Рисунок 1.14 - Розумний лічильник WIBEEE 1N

Таблиця 1.4 – Технічні характеристики розумного лічильника WIBEEE 1N

[24]

Характеристика	Значення
Пам'ять	Немає
Напруга	220 В
Похибка	2 %
Необхідність калібрування	Так

В даному випадку в лічильника передбачена вища надійність, тобто він першочергово призначений для використання на виробництвах. Але, в нього відсутня пам'ять для реєстрації енергоспоживання, а також він потребує калібрування.

1.3 Постановка задач автоматизації

Для створення автоматизованої системи реєстрації енергоспоживання (АСРЕ) необхідно в першу чергу провести підбір обладнання. Обладнання повинно передбачати наявність мікроконтролера для керування системою, а також GSM модуль для передачі даних. Крім того, буде обрано звичайний лічильник, з якого будуть отримуватись дані про споживання електричної енергії.

Після підбору обладнання необхідно провести моделювання та розробити схеми роботи АСРЕ, а саме – принципову, функціональну та електричну схеми. Наступним етапом буде програмування мікроконтролера, програмний код якого наведений у додатку Б.

Для перевірки роботи розробленої АСРЕ необхідно зібрати прототип системи та реалізувати фінальну схему. Оскільки немає можливості провести перевірку роботи системи на виробництві, то буде розроблено експериментальний стенд.

1.4 Висновки до першого розділу

В першому розділі проведено огляд технічних та технологічних рішень щодо реєстрації та обліку спожитої електричної енергії. Наведені базові принципи щодо конструкції та функціонування обладнання, яке призначене для ведення обліку спожитої енергії. До цього обладнання в першу чергу відносяться лічильники електроенергії.

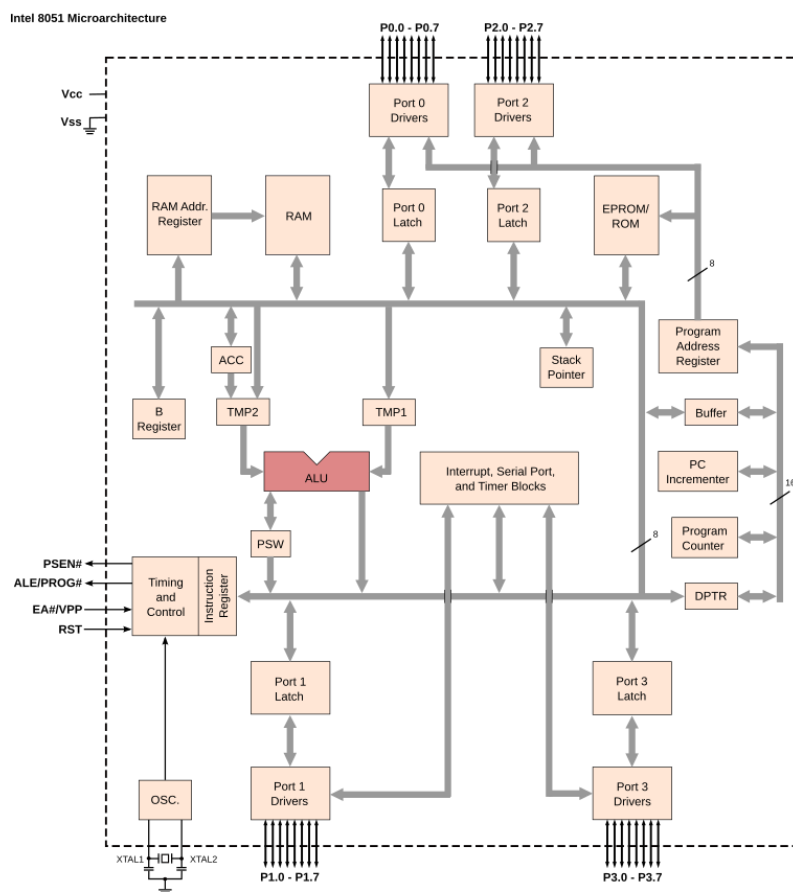
Також було проведено аналіз складових автоматизованої системи керування обліком енергопостачання. Проаналізовано наявні лічильники із можливістю автоматичної реєстрації, відправки та збереження енергоспоживання, наведено їх технічні характеристики, а також виокремлено їх переваги та недоліки.

					<i>КВРАКІТ.2022134.01.19.ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		24

напруга мікроконтролера AVR лежить в межах від 2,7 до 6,0 В. При шифруванні мікроконтролера перша літера означає варіант корпусу, наступна – температурний діапазон та інші властивості використання [27].



а)



б)

Рисунок 2.1 – Мікроконтролер 8051:
а – зовнішній вигляд; б - архітектура

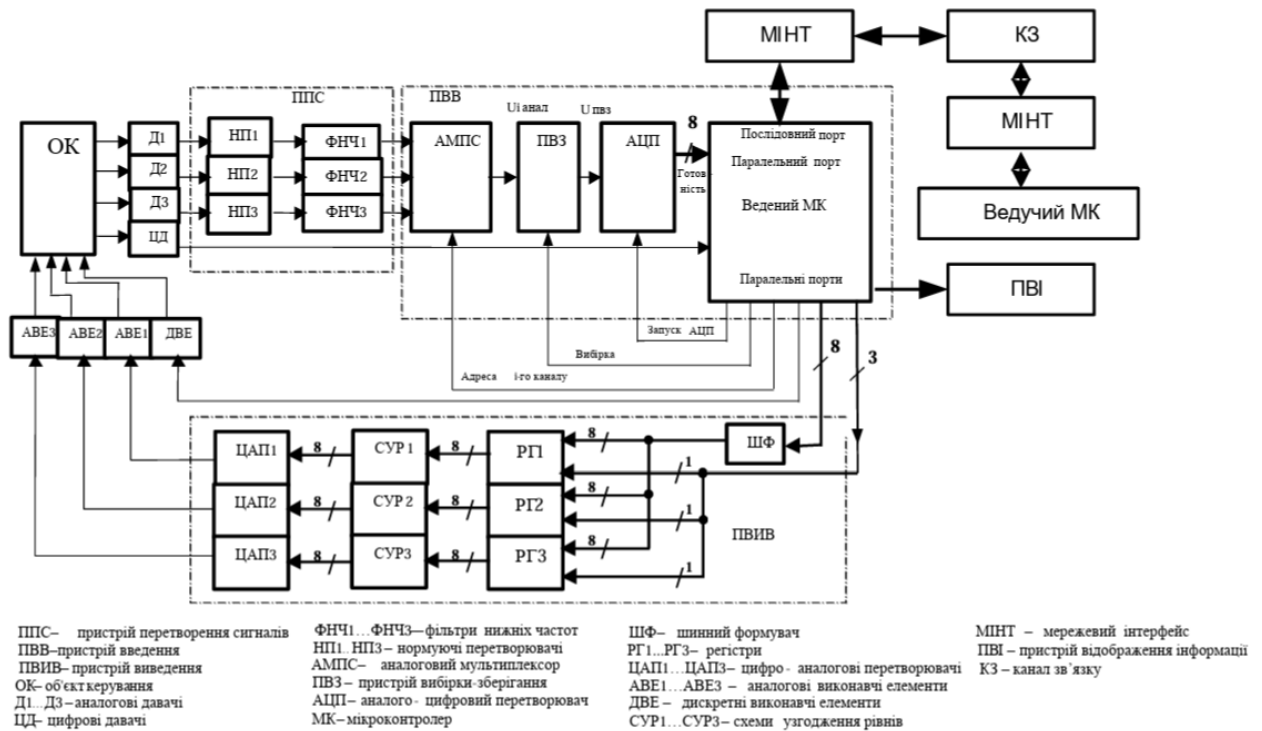


Рисунок 2.2 – Схема мікропроцесорної системи керування

РІС мікроконтролери також базуються на гарвардській архітектурі. Вони популярні серед розробників, оскільки їм характерна доступність, низька вартість, вільні засоби розробки та велика кількість застосунків. Станом на 2008 рік було випущено приблизно 6 мільярдів таких мікроконтролерів [28].

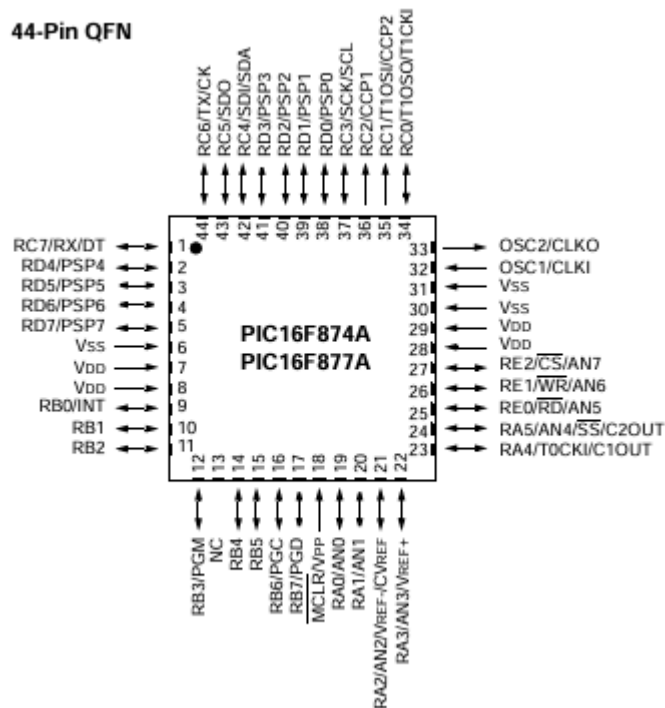
Таким мікроконтролерам характерні [29]:

- різні генератори або можливість використання зовнішнього тактового генератора;
- сторожовий таймер;
- наявність сплячого режиму.

Для АСРЕ було обрано мікроконтролер PIC16F877A-I/P (рисунок 2.3). Вартість мікроконтролера становить 158 гривень, технічні характеристики наведені в таблиці 2.1 [30]. Він має 5 портів вводу/виводу, 3 таймери, 15 преривань, 8 виходів та паралельний порт, а також три блоки пам'яті. Завдяки наявності окремих шин у пам'яті даних та пам'яті програм, доступ може бути забезпечений паралельно.



а)



б)

Рисунок 2.3 – Мікроконтролер PIC16F877A-1/P:

а – зовнішній вигляд; б – схема виходів

Цій моделі мікроконтролерів характерні наступні властивості [31]:

- можливість преривань до 14 джерел;
- режими відносної, прямої та непрямої адресації;
- восьмирівневий глибокий апаратний стек;

- можливість вибору опцій генератора;
- скидання при увімкненні живлення;
- програмований захист коду;
- повністю статична конструкція;
- енергозберігаючий сплячий режим;
- високий струм стоку/джерела: 25 мА;
- внутрішньосхемне послідовне програмування через 2 виводи;
- доступ процесора до пам'яті програм;
- можливість внутрішньосхемного послідовного програмування з однією напругою 5 В;
- високошвидкісна технологія CMOS FLASH/EEPROM;
- низьке енергоспоживання: - менше 0,6 мА.

Таблиця 2.1 – Технічні характеристики мікроконтролера PIC16F877A-I/P [30]

Характеристика	Значення
Швидкість	20
Частота	20 МГц
Напруга	4-5,5 В
Інтерфейс	PSP, USART, MSSP
Пам'ять	368 Б, EEPROM 256

2.2 GSM модуль

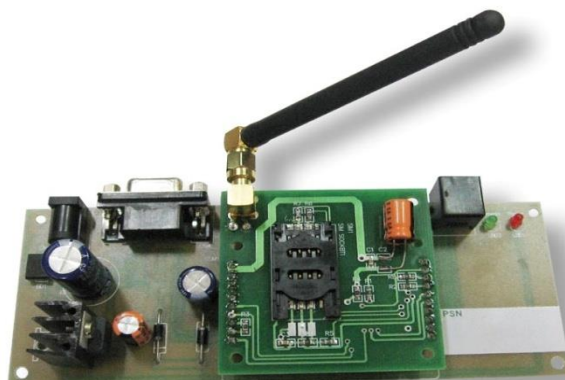
Для передачі даних про спожиту електроенергію на об'єкті необхідно в АСРЕ передбачити використання GSM модулю. В якості GSM модулю було обрано модель SIM300DZ-B14 (рисунок 2.4). Вартість цього модулю становить 423,5 гривні, а технічні характеристики подані в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Технічні характеристики GSM модулю SIM300DZ-B14 [32]

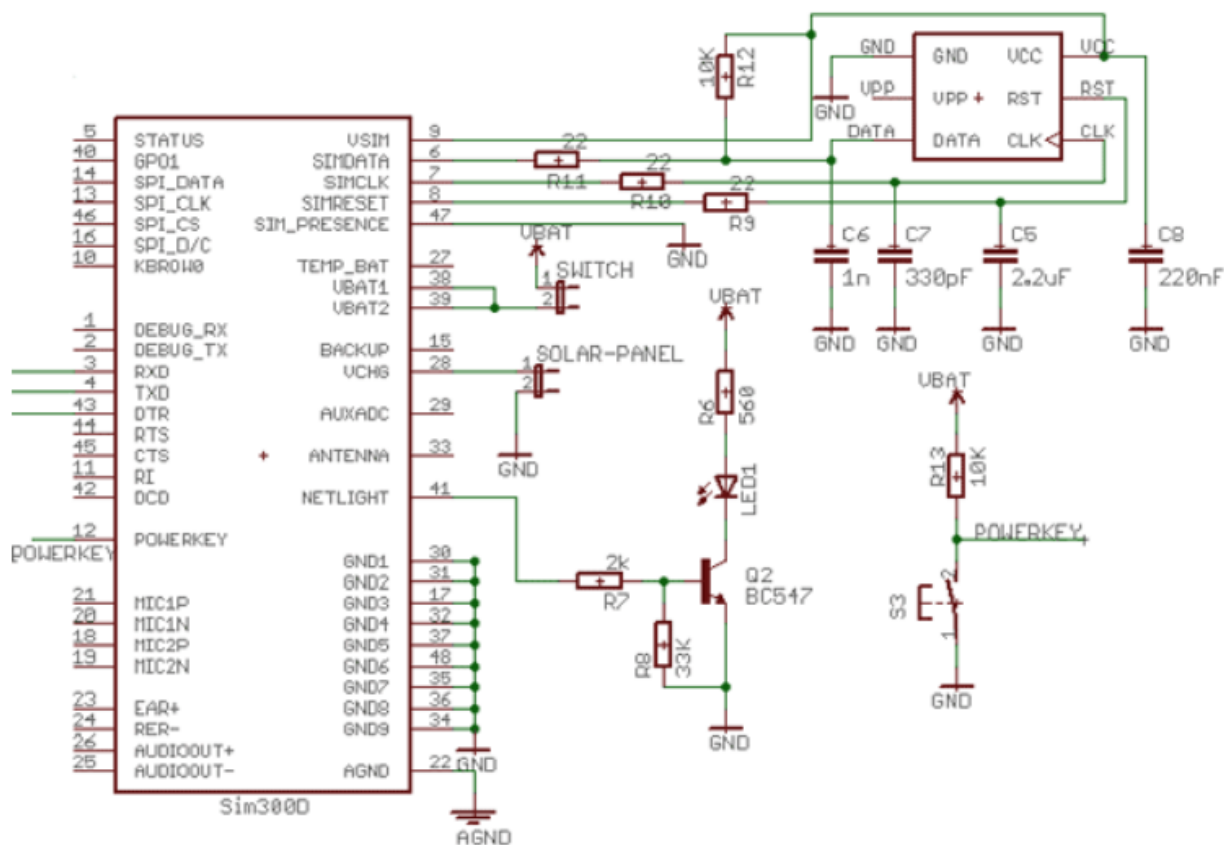
Характеристика	Значення
Робочі температури	-25...+60 °C
Робоча відносна вологість	0-95 %
Температура зберігання	-35...+80 °C
Вага	250 г
Чутливість прийому	102 дБм
Динамічний діапазон	62 дБ
Живлення	12, 7,5 або 5 В
Струм в режимі очікування	50 мА
робочий	300 мА
Допуск по частоті	± 0,1 ppm
Діапазон частот	1900 / 1800 / 900
Випромінювана потужність	Клас 4 та клас 1 (2 Вт на 900 МГц та 1 Вт на 1800 МГц відповідно)
Споживаний струм в режимі очікування	23 мА
в режимі передачі	до 470 мА
максимальний струм	2 А
Напруга живлення	3,4 – 4,5 В
Вага	7,8 г
Розміри	33 x 33 x 6,2

Цей модуль – це тридіапазонний GPRS/GSM, який використовується для передачі даних, голосу, повідомлень. Саме ця модель була обрана по причині його маленьких розмірів, оскільки він ідеально підходить для систем, де необхідно вбудувати модуль. Завдяки SMD форм-фактору модель можна інтегрувати у пристрій

на автоматичній лінії без необхідності використання другого допоміжного обладнання.



а)



б)

Рисунок 2.4 - GSM модуль SIM300DZ-B14:

а – зовнішній вигляд; б – принципова схема

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

Підключення модулю до мікроконтролера наведено на рисунку 2.5.

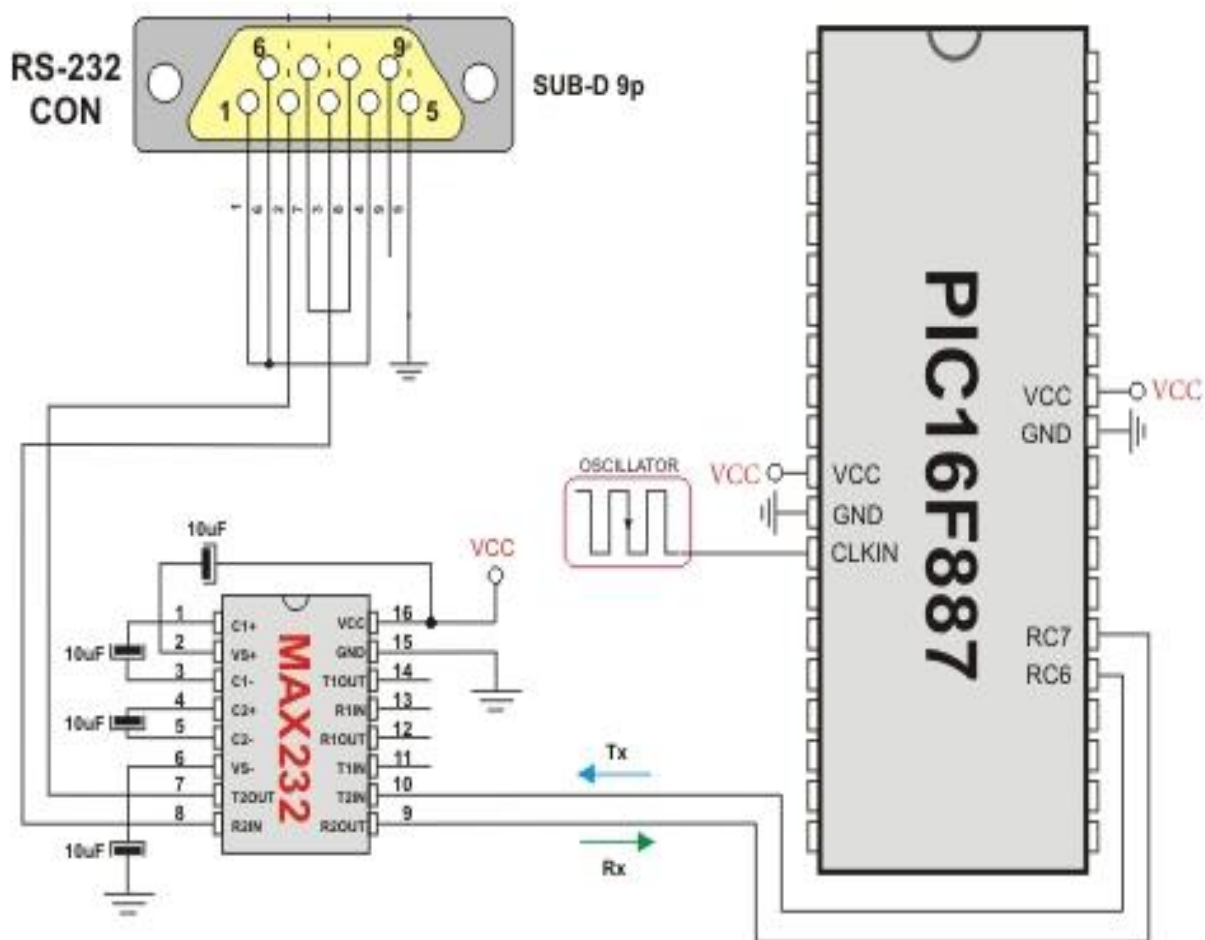


Рисунок 2.5 – Підключення GSM модулю до мікроконтролера

В модуль вбудований повнофункціональний стек TCP/IP, а також передбачена можливість керування та контролю заряду літійового акумулятора.

В цього модуля є ряд додаткових функцій, а саме:

- вбудований таймер реального часу;
- функція заряду акумулятора;
- робота з SIM картою;
- моніторинг температури модуля.

Керування модулем передбачено через AT команди. При передачі голосу наявні функції придушення луни та зниження шуму. На плату він встановлюється через пайку SMD. Має два аудіо канали, а саме гарнітуру та трубку.

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

КВРАКІТ.2022134.01.19.ПЗ

Арк.
32

Код АТ команд для відправки повідомлень з модуля наведений у додатку Б.

Для використання цього модуля з мікроконтролером необхідно передбачити використання програми для Windows, яка називається HyperTerminal. В такому випадку АТ-команди будуть надсилатись програмою до модуля. Коди результатів та/або інформаційна відповідь приймають мікроконтролером та передаються на термінал.

Модуль має інтерфейс RS232, який використовується для послідовного зв'язку із зовнішнім периферійним пристроєм. Для цього передбачається використання мікросхеми MAX232 (рисунок 2.6), характеристики якої наведені в таблиці 2.3. Вартість мікросхеми становить 99 гривень [33].



Рисунок 2.6 – Мікросхема MAX232

Таблиця 2.3 – Технічні характеристики мікросхеми MAX232 [33]

Характеристика	Значення
Діапазон температур	0...+70 °C
Корпус	SOIC-16
Тип монтажу	SMD
Живлення	4,5 – 5,5 В

Ця мікросхема використовується для перетворення сигналів із послідовного порту RS-232 в сигнали, які можна використовувати для цифрових схем на базі інших технологій. Ця інтегральна схема перетворює сигнали RTS, CTS, TX, RX.

Модифікація, позначена літерою А, сумісна із МАХ232, але при цьому здатна працювати на більш високих швидкостях, саме тому вона була обрана для АСРЕ.

2.3 Лічильник електроенергії

Також необхідно обрати лічильник електроенергії. В першому розділі було наведено типи лічильників та їх класифікацію. Найбільш поширеним видом лічильників є електромеханічний індукційний. Основний недолік цього виду лічильників полягає в тому, що в ньому наявні рухомі частини, тому його надійність з часом зменшується в результаті спрацювання та природнього зносу рухомих механізмів.

На таких лічильниках кількість енергії, що відповідає одному оберту диска (K_h) вимірюється в ватах-годин за один оберт. Значення K_h дозволяє визначити енергоспоживання в будь-який момент часу шляхом засікання часу обертання диску за допомогою таймера. Формула для розрахунку наступна:

$$P = \frac{K_h \cdot 3600}{t}, \quad (2.1)$$

де t – час, який відповідає одному обертанню диска лічильника, с;

P – потужність, Вт.

В Хмельницькому регламентовані технічні характеристики засобів обліку спожитої електроенергії, які регламентовані на сайті Хмельницькобленерго [34]. Зазначається, що лічильник «повинен мати знаки відповідності Технічним регламентам, затвердженим Постановами Кабінету Міністрів України № 94 від 13 січня 2016 та/або № 163 від 24 лютого 2016 і ідентифікаційний код організації, яка виконувала випробування лічильників на відповідність даним Технічним регламентам».

					<i>КВРАКІТ.2022134.01.19.ПЗ</i>	Арк.
						34
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

Клас точності лічильників повинен відповідати вимогам ПУЕ [35]. Основні характеристики, яким повинен відповідати лічильник електроенергії, наведені в таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 – Характеристики, які регламентується для лічильників електроенергії [34]

Характеристика	Значення
Номінальний струм, А	5
Номінальна напруга, В	220(230)
Максимальний струм, А	Не менше 60
Чутливість, мА	Не більше 20
Діапазон температур, °С	-35...+60
Споживана потужність по ланцюгах напруги, Вт	2
по ланцюгах струму, ВА	4
Розрядність, кВт x год	Не менше 6+1
Діаметр отвору кріплення, мм	Не менше 5
Ступінь захисту корпусу	IP-51 (внутрішня установка всередині приміщення) IP54 (зовнішня установка)
Гарантійний термін експлуатації	Не менше 6 років

Оскільки основна мета – це розробка дешевої автоматизованої системи реєстрації енергоспоживання, то було обрано простий та дешевий однофазний лічильник електроенергії, який відповідає всім нормам, наведеним у таблиці 2.4.

Це електричний лічильник GROSS DDS-UA есо 1.0 5(50)А (рисунок 2.7), вартість якого становить 790 гривень [35]. Він призначений для вимірювання активної електроенергії в ланцюгах змінного струму однофазних, напруга та частота в яких становить 220 В та 50 Гц відповідно.



Рисунок 2.7 - Електричний лічильник GROSS DDS-UA eco 1.0 5(50)A

Виробник (українська компанія) надає гарантію 36 місяців на такий лічильник, а допустиме відхилення від напруги в мережі становить від -20 до + 15 %.

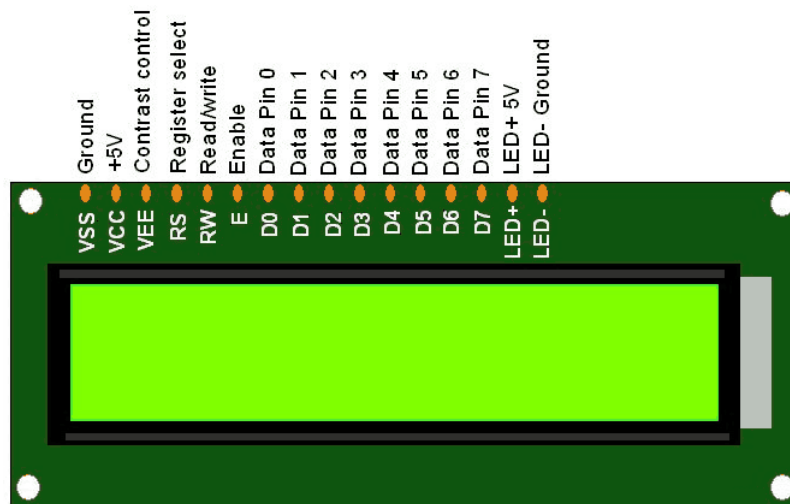
2.4 Дисплей та реле

Для відображення інформації про функціонування АСПЕ в ній необхідно передбачити наявність рідкокристалічного дисплею. Такі екрани є більш енергоефективними, тому їх часто застосовують в системах, де основним елементом живлення є батарейки. Такий дисплей представляє собою електронно-модульований пристрій, який має певну кількість сегментів, що заповнені рідкими кристалами. Ці кристали розташовані перед джерелом світла або рефлектором, в результаті чого отримується монохромне або кольорове зображення.

Для АСРЕ було обрано РК дисплей 1602 (рисунок 2.8), який містить 2 рядка по 16 символів. Першочергово була обрана модель синього кольору, але колір на ефективність не впливає і можна обрати будь-який інший колір, наприклад жовтий.



а)



б)

Рисунок 2.8 – Дисплей 1602 (синій):
а – зовнішній вигляд; б – схема контактів

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

КВРАКІТ.2022134.01.19.ПЗ

Арк.
37

Вартість дисплею становить 103 гривні, технічні характеристики наведені в таблиці 2.5 [36].

Виводи V_{SS} і V_{CC} використовуються для живлення та заземлення, а V_{EE} для керування контрастністю дисплею. Вивід RS може мати два значення, 0 або 1, які мають принципово різне значення. При $RS = 0$ вибирається регістр коду команд, тобто користувач може відправити команду, наприклад повернути курсор, очистити екран, тощо. При значенні $RS = 1$ вибирається регістр даних, завдяки якому користувач може надсилати дані для їх подальшого відображення на екрані.

Таблиця 2.5 – Характеристики дисплею 16x2 [36]

Характеристика	Значення
Живлення	5 В
Колір символів	білий
Колір тла	синій
Кількість рядків	2
Кількість символів в рядку	16
Адреса приладу	0x27 або 0x3F
Налаштування яскравості	є

Запис інформації користувачем на дисплей або зчитування інформації з дисплею передбачається через вивід R/W. Для зчитування $R/W = 1$, а для запису $R/W = 0$. E_n відповідає за ввімкнення дозволу для фіксації інформації, що передається на виводи даних. Для передачі інформації використовуються виводи D0-D7, які відповідають за відображення літер від A до Z, а також цифр від 0 до 9.

На рисунку 2.9 наведено схему підключення дисплею до мікроконтролера. Інтерфейс може бути як 4-бітним, так і 8-бітним. Різниця між ними полягає лише в тому, які команди або дані подаються на дисплей. У 8-бітному режимі команди

і дані передаються через лінії даних, а при 4-бітному режимі задіяні лише 4 виводи, які передаються по лініях D4-D7.

Також в АСРЕ необхідно використовувати реле. Для вибору реле необхідно спочатку розглянути його види. Перший вид реле (рисунок 2.10, а) – це твердотільне реле. Вони використовуються для перемикання навантажень змінного струму, які працюють в основному в діапазоні від 100 до 230 В. Зазвичай вони приймають слабкострумний сигнал керування, який лежить в межах від 3 до 32 В постійного струму. Вони здатні перемикати навантаження змінного струму до 10 ампер.

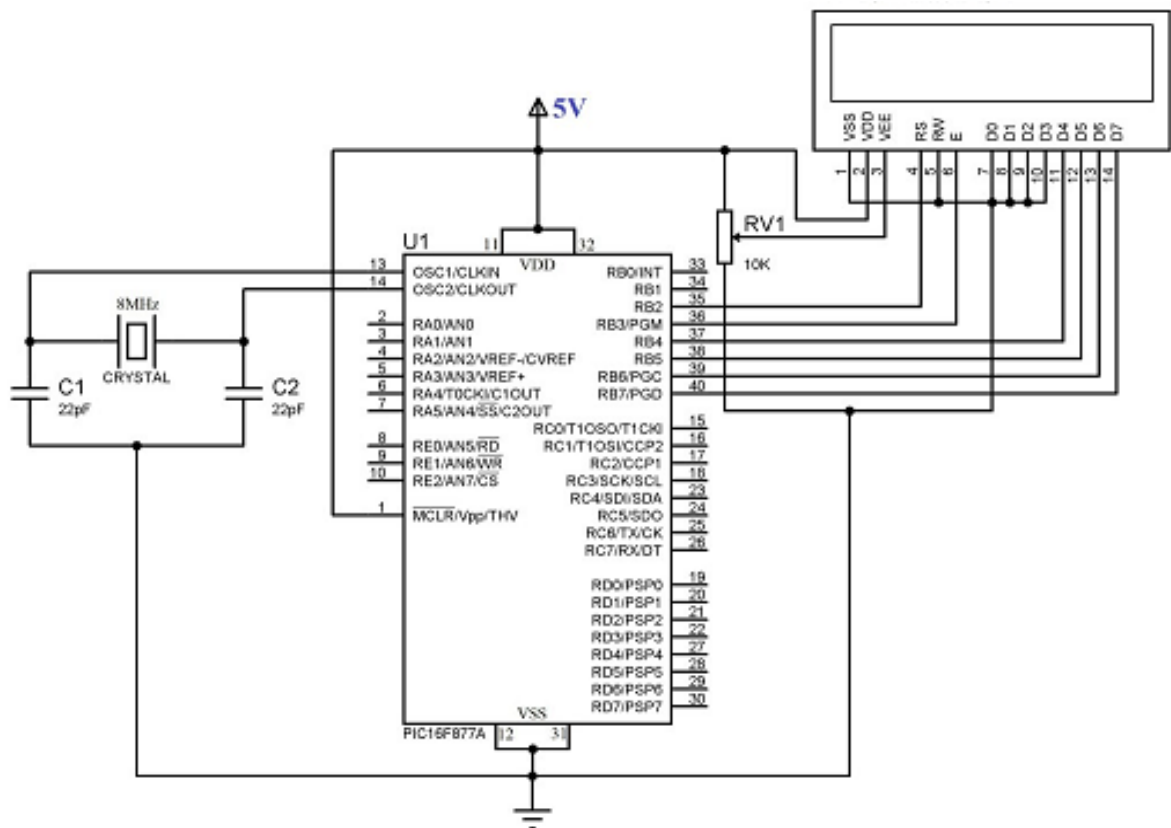


Рисунок 2.9 – Схема підключення дисплею до мікроконтролера

Фіксуючі або імпульсні реле (рисунок 2.10, б) мають два стани розслаблення, тому інколи їх ще можна назвати реле утримання. Як тільки струм цього реле вимикається, воно продовжує процес, який виконувався в останньому стані. Забезпечується цей процес завдяки електромагніту, який працює в

кулачковому механізмі. Полярзоване реле (рисунок 2.10, в) має легко регульовану чутливість та набрали своєї популярності в епоху телефонів.

Геркон (рисунок 2.10, г) – це перемикач, який укладений в електромагніт. Він має набір контактів всередині заповненої інертним газом або вакуумованої скляної трубки. Контакти виготовлені з магнітного матеріалу, завдяки якому вони рухаються під дією електромагніту. Але їм характерні відносно низькі значення напруги та струму. З часом геркон може намагнічуватись, в результаті чого постійно залишається увімкненим навіть при відсутності струму, але це трапляється досить рідко.



а)



б)



в)



г)

Рисунок 2.10 – Види реле:

а – твердотільне; б – фіксуюче; в – полярзоване; г - геркон

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

КВРАКІТ.2022134.01.19.ПЗ

Арк.
40

В АСРЕ необхідно передбачити також використання транзистора, оскільки мікроконтролер не здатен забезпечити струм, який буде достатнім для роботи реле. Наприклад, максимальний струм мікроконтролера становить 25 мА, в той час як струм для реле повинен лежати в межах між 50 до 100 мА.

Для АСРЕ краще передбачити використання герконового реле. Було обрано герконове реле РЛ-1 (рисунок 2.11), вартість якого становить 59 гривень [38]. Це реле має один замикаючий герметизований контакт.

Тому в АСРЕ реле з'єднується з мікроконтролером через транзистор (рисунок 2.12). На виводі мікроконтролера RB7 подається високий рівень, після чого вмикається транзистор та через реле протікає струм. Для захисту транзистора та мікроконтролера від зворотної напруги використовується світлодіод D1.



Рисунок 2.11 – Герконове реле

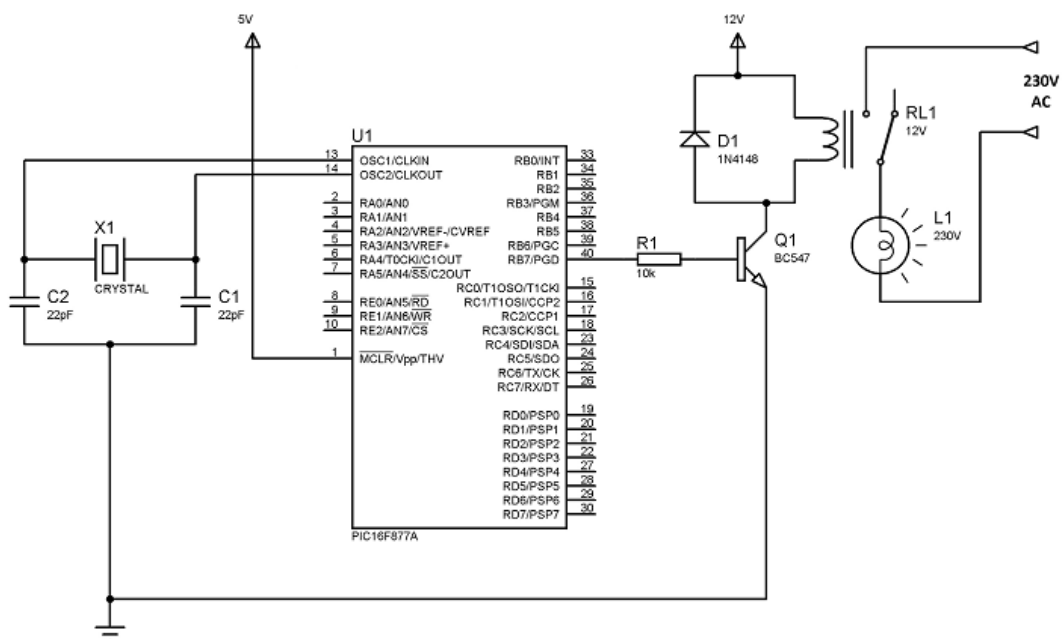


Рисунок 2.12 – Підключення реле до мікроконтролера

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

КВРАКІТ.2022134.01.19.ПЗ

Арк.

41

він буде автоматично перетворювати струм на 5 В) та надійність. Технічні характеристики наведені в таблиці 2.6 [39].



Рисунок 2.14 – Понижувальний трансформатор 230/5 В

Таблиця 2.6 – Технічні характеристики понижувального трансформатору 230/5 В [39]

Характеристика	Значення
Вихідна напруга, В	5
Вхідна напруга, В	230
Потужність, Вт	3,5
Вихідний струм, мА	700-800
ККД, %	більше 80
Розміри, мм	300 x 240 x 200
Захист	
від перевантаження	так
від короткого замикання	так

Наступним елементом блоку живлення є випрямляч. Найпоширенішим видом випрямлячів є мостовий випрямляч. Він складається з чотирьох діодів, два з яких проводять струм під час негативного циклу, а інші два – під час позитивного. Напруга постійного струму, що з'являється на виводах мостового випрямляча, зазвичай становить менше 90% від середньоквадратичного значення. Зазвичай одна зміна вхідної напруги призводить до зміни полярності. У той же час один з інших діодів проводить негативну напругу, яка подається з нижньої обмотки через прямиий зсув цього діода. Отриманий вихід не є чистим постійним струмом, отже, необхідно в АСРЕ передбачити фільтрацію.

В якості мостового випрямляча було обрано IN4007 AC-DC 3-18 В (рисунок 2.15). Він досить маленький, його розміри становлять всього 30 x 28 мм, тому він ідеально підійде для використання в АСРЕ [40].



Рисунок 2.15 – Мостовий випрямляч

Для отримання чистого струму в АСРЕ передбачено фільтрацію. Контур фільтра зазвичай складається з конденсаторів, які діють як розрядники перенапруги і завжди слідують за випрямлячем. Ці конденсатори називаються розділовими або обхідними; вони використовуються не тільки для того, щоб «закоротити» пульсації з частотою 120 Гц на землю, але і для того, щоб залишити

частоту постійного струму на виході. Навантажувальний резистор використовується для того, щоб підтримувалася прив'язка до землі. C1R1 призначений для обходу пульсацій, а C2R2 використовується як фільтр нижніх частот. Навантажувальний резистор повинен становити приблизно від 1% до 2,5% від загального навантаження.

Модуль фільтра струму для АСРЕ наведений на рисунку 2.16. Його розміри становлять 50 x 28 x 12 мм, робоча напруга лежить в межах від 0 до 50 В, а вартість становить 65 гривень [41].



Рисунок 2.16 – Модуль фільтра струму

Останнім елементом блоку живлення в АСРЕ буде стабілізатор напруги, основна мета якого полягає в забезпеченні постійної напруги для пристрою. Блоки живлення без стабілізатора зазвичай змінюють значення постійної напруги через зміну навантаження, а також коливання напруги в мережі змінного струму.

В якості стабілізатора напруги для АСРЕ було обрано LM7805 TO-220 (рисунок 2.17). Його вихідна напруга становить 5 В, а максимальний вихідний струм 1 А [42].



Рисунок 2.17 – Стабілізатор напруги LM7805 TO-220

2.6 Висновки до другого розділу

В другому розділі проведено підбір обладнання для автоматизованої системи реєстрації енергоспоживання. Система складається з мікроконтролера PIC16F877A-I/P, який виступає в ролі керуючого механізму, GSM модуля SIM300, який призначений для відправки повідомлень, дисплея 16x2, реле, а також блоку живлення, який містить стабілізатор напруги, випрямляч, фільтр струму та понижувальний трансформатор.

					<i>КВРАКІТ.2022134.01.19.ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		46

3 МОДЕЛЮВАННЯ РОБОТИ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ РЕЄСТРАЦІЇ ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ

3.1 Розробка схем автоматизованої системи реєстрації енергоспоживання

Для реєстрації АСРЕ використовується плата на базі 8-бітного мікроконтролера PIC16F877A з вбудованим АЦП, модулем таймера/лічильника, переривання, ШІМ і UART для інтерфейсу релейної схеми, лічильника енергії та GSM-модему, а також блоку живлення, який містить складові, описані в розділі 2.5.

Лічильник електроенергії має світлодіод, який блимає певну кількість разів, вказуючи на кількість спожитої енергії. Ці імпульси подаються на вхід системи на базі PIC, яка запрограмована на підрахунок цих імпульсів і збільшує внутрішній лічильник на одну одиницю після підрахунку 1600 імпульсів. На рисунку 3.1 наведено спрощений алгоритм роботи АСРЕ.

Коли повідомлення надходить від GSM-модему через інтерфейс UART, процедура обслуговування переривань перериває роботу PIC-контролера, який спочатку перевіряє тип повідомлення і повертає або показання лічильника енергії, або відключає живлення, або знову підключає живлення в залежності від типу отриманого повідомлення.

На основі розробленої блок-схеми було написано код керування автоматизованою системою реєстрації енергоспоживання, який наведений в додатку В.

Для автоматизованої системи реєстрації енергоспоживання було розроблено структурну комбіновану схему (рисунок 3.2), комбіновану схему підключень (рисунок 3.3) та електричну схему підключень (рисунок 3.4).

					<i>КВРАКІТ.2022134.01.19.ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		47

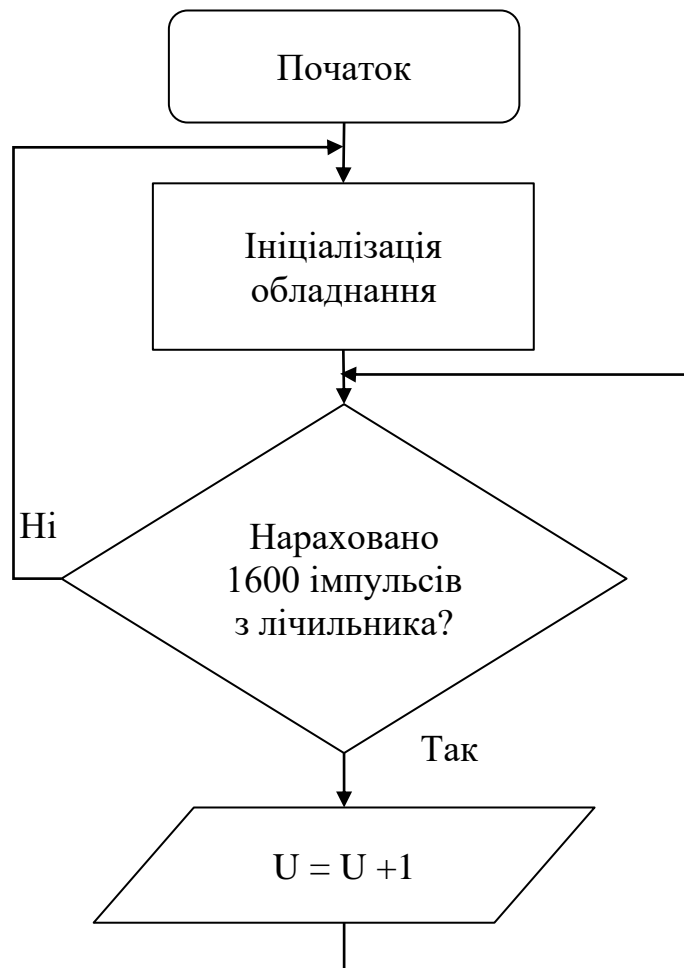


Рисунок 3.1 – Спрощена блок-схема АСПЕ

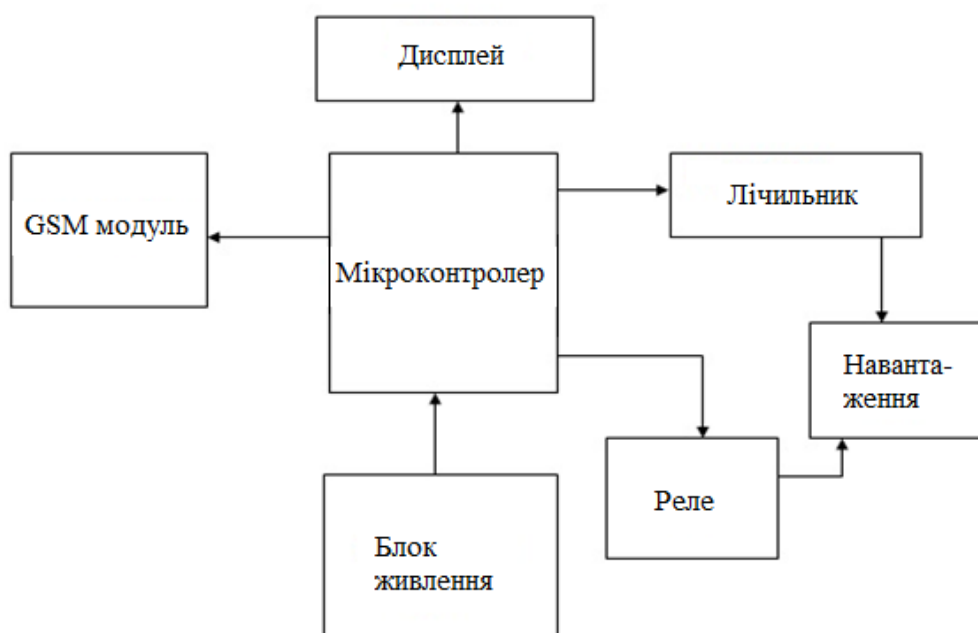


Рисунок 3.2 – Комбінована структурна схема АСПЕ

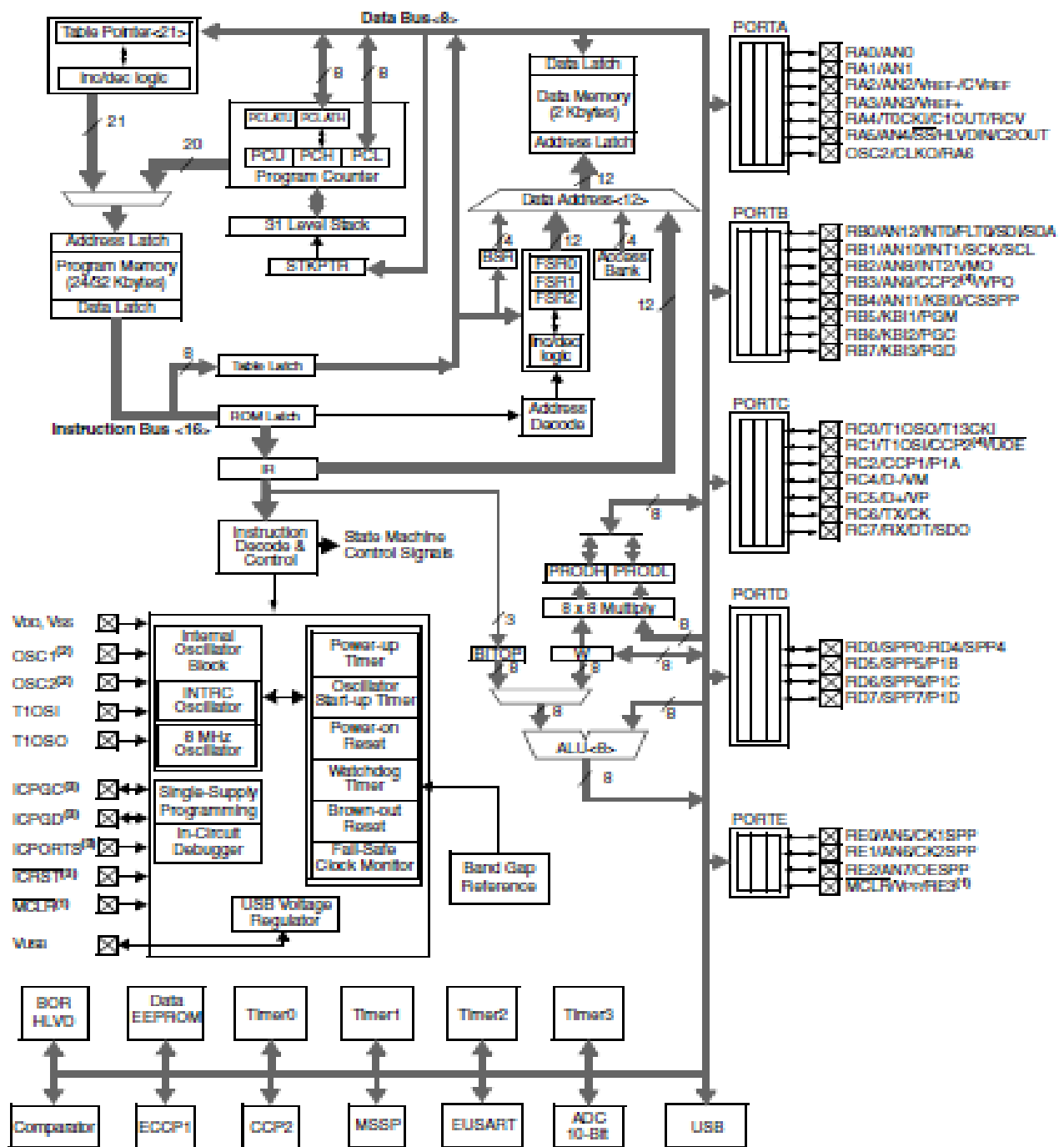


Рисунок 3.3 – Комбінована схема підключень АСРЕ

Тобто, автоматизована система реєстрації енергоспоживання призначена в першу чергу для тих споживачів електричної енергії, які бажають вдосконалити передачу показників лічильника та передбачити можливість відправки інших повідомлень на власний мобільний телефон без необхідності проведення заміни лічильника з індукційного на електричний та без залучення відповідних комунальних служб.

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

КВРАКІТ.2022134.01.19.ПЗ

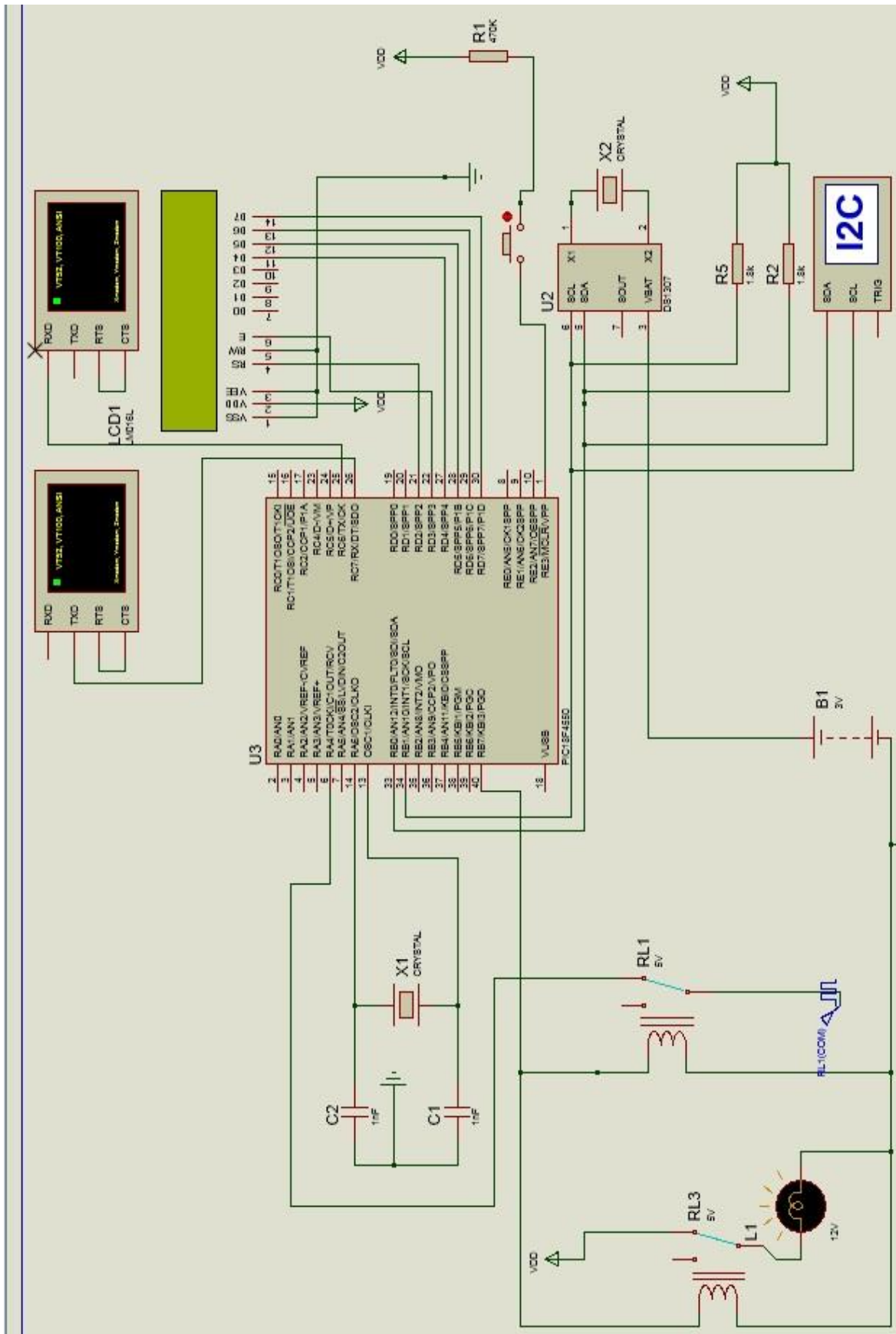


Рисунок 3.4 – Електрична схема підключень АСРЕ

3.2 Принцип роботи автоматизованої системи реєстрації енергоспоживання

Для реєстрації кількості спожитої електричної енергії в АСРЕ передбачено використання лічильника. Мікроконтролер представляє собою керуючий механізм в системі, а GSM-модуль використовується для передачі даних стосовно кількості спожитої енергії відповідній комунальній службі, яка залучена в розподілі та обліку електричної енергії.

Для відключення передбачено використання реле, а на дисплеї виводить інформація щодо кількості використаної енергії за встановлений користувачем проміжок часу.

АСРЕ можна умовно розбити на п'ять підсистем, а саме:

- блок живлення;
- мікроконтролер;
- лічильник електроенергії;
- передача сигналів;
- комутаційна схема.

Керуючим механізмом в АСРЕ є мікроконтролер PIC16F877A-I/P. Він має двонаправлених портів вводу/виводу (вводу/виводу), що складаються з 35 контактів вводу/виводу, 10-розрядний аналого-цифровий перетворювач, 32 кілобайта флеш-пам'яті програм і 2048 байт пам'яті даних SRAM. Крім того, він має виводи, які можна використовувати для підключення до універсальної послідовної шини (USB) та потокового паралельного порту (SPP), і може працювати в широкому діапазоні напруг (від 2,0 В до 5,5 В).

Цей мікроконтролер можна використовувати в таких додатках, як реєстрація даних, сенсорні додатки, бездротова передача даних і системи керування живленням. Для того, щоб мікроконтролер працював ефективно, він програмується за допомогою алгоритму управління за допомогою програматора або внутрішньосхемного налагоджувача.

переривання, і поточний підрахунок надсилається у вигляді текстового повідомлення назад відправнику через GSM-модем.



Рисунок 3.5 – Експериментальний стенд автоматизованої системи реєстрації енергоспоживання

Коли надходить SMS-повідомлення «роз'єднати», мікроконтролер виявляє його і знеструмлює реле, яке розмикає ланцюг до навантаження і надсилає зворотній зв'язок відправнику через модем. SMS-повідомлення «reconnect» вмикає реле для відновлення з'єднання з навантаженням і також надсилає зворотний зв'язок відправнику.

Після збірки стенду він був протестований. В результаті було виокремлено основні повідомлення, які відповідають певним процесам в АСРЕ. Зведена таблиця таких повідомлень наведена у таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Результати тестування автоматизованої системи реєстрації енергоспоживання

№ тесту	Вивід	Відповідь	Відправлене повідомлення
1	Не застосовується	Отримано повідомлення з показаннями лічильника	Зчитано
2	Вимкнення навантаження / ламп освітлення	Отримано повідомлення «лічильник відключено»	Від'єднання АСРЕ
3	Відсутній вивід	Не отримано жодного відгуку	З'єднано
4	Ввімкнення навантаження / лампи освітлення	Отримано повідомлення «лічильник перепідключено»	З'єднано
5	Вимкнення навантаження / ламп освітлення	Повідомлення «лічильник відключено» отримано пізніше	Від'єднання АСРЕ
6	Не застосовується	Повідомлення про зчитування, отримане пізніше	Зчитано

При проведенні першої перевірки АСРЕ на роботу було відправлено повідомлення, щоб отримати покази лічильника електроенергії. Через декілька хвилин на введений користувачем номер телефону прийшло повідомлення із

показниками використаної електричної енергії. Ці дані відповідали даним, які візуально були звірені із показами лічильника. Тобто, система зчитує покази коректно та правильно надсилає повідомлення.

При проведенні другого тестування функціонування АСРЕ було відправлено повідомлено про від'єднання системи, в результаті чого лампи освітлення на розробленому експериментальному стенді вимкнулися. Очікувався саме такий результат, тобто система працює коректно.

Однак, при проведенні третьої перевірки роботи системи, на мікроконтролер було відправлено повідомлення про включення системи, але лампи освітлення не ввімкнулися. Після цього було проведено діагностування роботи системи та виявлено помилку в коді АСРЕ. Ця помилка полягала в тому, що спочатку було запрограмовано миттєве видалення повідомлень для повторного з'єднання.

Проблема була вирішена шляхом вставки в програмний код інтервалу затримки в часі, завдяки чому система встигала зчитати повідомлення належним чином перед його видаленням. При проведенні четвертого тестування, яке було аналогічне першому, система увімкнулася.

3.4 Розрахунок вартості запровадження автоматизованої системи реєстрації енергоспоживання

При запровадженні будь-якої автоматизованої системи треба враховувати також вартість її запровадження та економічну доцільність (окупність системи). У випадку АСРЕ, система складається із наступних компонентів, які відповідно коштують:

- мікроконтролер PIC16F877A-I/P – 158 гривень [30];
- GSM модуль SIM300 – 423,5 гривень [32];
- мікросхема MAX232 – 99 гривень [33];
- дисплей 16x2 – 103 гривні [36];

					<i>КВРАКІТ.2022134.01.19.ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		55

- реле РЛ-1 – 39 гривень [38];
- понижувальний трансформатор – 75 гривень [39];
- мостовий випрямляч IN4007 АС-DC – 42 гривні [40];
- фільтр струму – 65 гривень [41];
- стабілізатор напруги LM7805 ТО-220 – 13 гривень [42].

У випадку вдосконалення процесу передачі показів спожитої електричної енергії, тобто коли вже встановлений лічильник електроенергії, вартість АСРЕ буде становити:

$$M_{АСРЕ} = 158 + 423,5 + 99 + 103 + 39 + 75 + 42 + 65 + 13 = 1017,5 \text{ гривень} \quad (3.1)$$

Вартість при встановленні системи з самого початку буде збільшуватись лише на вартість лічильника електроенергії, який в середньому складає 800 гривень, тобто запровадження нової автоматизованої системи реєстрації енергоспоживання буде коштувати приблизно 1800 гривень.

Якщо порахувати економічний ефект від запровадження цієї системи, то, в першу чергу, це буде залежати від області. В середньому вартість лічильника від відповідних компаній становить 1650 гривень без врахування оплати робіт на встановлення. Загальна сума на встановлення лічильника електроенергії може становити 3150 гривень.

Тобто з врахуванням вартості лічильника ціна за запровадження АСРЕ від обласних енергетичних компаній з розподілу електричної енергії становитиме приблизно 4800 гривень. Це в п'ять разів дорожче, ніж запровадження розробленої та запропонованої в проєкті АСРЕ.

Перевагою запровадження саме розробленої АСРЕ також є те, що вона не потребує проведення ремонтних робіт.

3.5 Висновки до третього розділу

В розділі наводиться опис запроєктованого та виготовленого пристрою для автоматизованої реєстрації енергоспоживання. Також наведені розроблені схеми для автоматизованої системи реєстрації енергоспоживання. Пристрій був перевірений та протестований, результати тестування наведені в розділі 3.3.

Використання такого пристрою підвищує ефективність процесу передачі показів з лічильника електроенергії відповідним комунальним службам, а також в системі передбачена можливість сповіщення користувача АСРЕ про певні події, такі як вимкнення та увімкнення системи.

Також було розраховано вартість запровадження або вдосконалення вже встановленого лічильника електроенергії. У випадку розробки системи з самого початку, коли відсутній лічильник електроенергії, вартість становить приблизно 1800 гривень. У випадку вдосконалення вже встановленого лічильника електроенергії, вартість запровадження АСРЕ становить 1017,5 гривень. Ця сума в п'ять разів дешевше, ніж установка нового лічильника від компаній із розподілу електричної енергії із функціоналом автоматичної передачі показників електроенергії.

					<i>КВРАКІТ.2022134.01.19.ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		57

ВИСНОВКИ

В першому розділі проведено огляд технічних та технологічних рішень щодо реєстрації та обліку спожитої електричної енергії. Наведені базові принципи щодо конструкції та функціонування обладнання, яке призначене для ведення обліку спожитої енергії. До цього обладнання в першу чергу відносяться лічильники електроенергії.

Також було проведено аналіз складових автоматизованої системи керування обліком енергопостачання. Проаналізовано наявні лічильники із можливістю автоматичної реєстрації, відправки та збереження енергоспоживання, наведено їх технічні характеристики, а також виокремлено їх переваги та недоліки.

В другому розділі проведено підбір обладнання для автоматизованої системи реєстрації енергоспоживання. Система складається з мікроконтролера PIC16F877A-I/P, який виступає в ролі керуючого механізму, GSM модуля SIM300, який призначений для відправки повідомлень, дисплея 16x2, реле, а також блоку живлення, який містить стабілізатор напруги, випрямляч, фільтр струму та понижувальний трансформатор.

В третьому розділі наводиться опис запроєктованого та виготовленого пристрою для автоматизованої реєстрації енергоспоживання. Також наведені розроблені схеми для автоматизованої системи реєстрації енергоспоживання. Пристрій був перевірений та протестований, результати тестування наведені в розділі 3.3.

Використання такого пристрою підвищує ефективність процесу передачі показів з лічильника електроенергії відповідним комунальним службам, а також в системі передбачена можливість сповіщення користувача АСРЕ про певні події, такі як вимкнення та увімкнення системи.

Також було розраховано вартість запровадження або вдосконалення вже встановленого лічильника електроенергії. У випадку розробки системи з самого початку, коли відсутній лічильник електроенергії, вартість становить приблизно

					<i>КВРАКІТ.2022134.01.19.ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		58

1800 гривень. У випадку вдосконалення вже встановленого лічильника електроенергії, вартість запровадження АСРЕ становить 1017,5 гривень. Ця сума в п'ять разів дешевше, ніж установка нового лічильника від компаній із розподілу електричної енергії із функціоналом автоматичної передачі показників електроенергії.

					<i>КВРАКІТ.2022134.01.19.ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		59

електромеханіка, освітні програми «Електротехнічні системи електроспоживання» та «Електротехнічні системи електроспоживання (освітньо-наукова)». Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2018. 107 с.

11. Основні технічні параметри електролічильників, які потрібно знати сучасному споживачеві. URL: <https://elmisto.com.ua/ua/a181875-osnovnye-tehnicheskie-parametry.html#:~:text=%D0%86%D0%BD%D0%B4%D1%83%D0%BA%D1%86%D1%96%D0%B9%D0%BD%D0%B8%D0%B9%20%D0%BB%D1%96%D1%87%D0%B8%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D0%B8%D0%BA%20%E2%80%94%D0%BF%D1%80%D0%B8%D0%BD%D1%86%D0%B8%D0%BF%20%D0%B9%D0%BE%D0%B3%D0%BE%20%D1%80%D0%BE%D0%B1%D0%BE%D1%82%D0%B8,%D0%BE%D0%B1%D0%B5%D1%80%D1%82%D1%96%D0%B2%20%D0%B4%D0%B8%D1%81%D0%BA%D0%B0%20%D0%BF%D1%80%D0%BE%D0%BF%D0%BE%D1%80%D1%86%D1%96%D0%B9%D0%BD%D0%BE%20%D0%B2%D0%B8%D1%82%D1%80%D0%B0%D1%82%D1%96%20%D0%B5%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%B5%D0%BD%D0%B5%D1%80%D0%B3%D1%96%D1%97>. (дата звернення – 18.02.2025)

12. Лічильник електроенергії. URL: <https://corelamps.com/elektromontazhne-obladnannia/lichylnyk-elektroenerhii/> (дата звернення – 18.02.2025)

13. Відмінність електронного лічильника від індукційного. URL: <https://grankom.com.ua/pleznoe/294-otlichie-elektronnogo-schetchika-ot-induktsionnogo.html> (дата звернення – 20.02.2025)

14. Інтелектуальні системи в електроенергетиці. Теорія та практика: навчальний посібник. / М.І. Стаднік та ін. Вінниця: ТОВ «ТВОРИ», 2020. 332 с.

15. Бурбело М.Й. Математичні задачі електроенергетики. Математичне моделювання електропостачальних систем : навчальний посібник. Вінниця : ВНТУ, 2016. 185 с.

16. Кухарчук В.В., Заславський О.М. Комп'ютеризована система обліку електричної енергії : монографія. Вінниця: ВНТУ, 2012. 152 с.

17. Плачкова С.Г. Енергетика: історія, сучасність і майбутнє. Частина 5. URL: <http://energetika.in.ua/ua/books/book-5/intro> (дата звернення – 22.02.2025)

18. Компоненти АСКОВЕ. URL: <https://nik.net.ua/product-category/komponenty-askoye> (дата звернення – 23.02.2025)

19. ДСТУ 5003.3-4:2015 Автоматизовані системи обліку електричної енергії. Структура, функції та види забезпечення. Функції керування і допоміжні функції. Чинний від 01.07.2017. URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=81439 (дата звернення – 25.02.2025)

20. Що таке розумний лічильник і чи варто його встановлювати? URL: <https://oe.if.ua/uk/articles/63219124db9c421c239d4af4> (дата звернення – 27.02.2025)

21. Однофазний енергомонітор smart-МАІС D101. URL: <https://support.smart-maic.com/uk/knowledge-bases/2/articles/2-energomonitor-smart-maic-d101-odnofaznij> (дата звернення – 28.02.2025)

22. Вимірювач електроенергії Z-Wzve Plus Qubino Smart Meter – ZMNHTD1. URL: <https://z-wave.com.ua/ua/p524176931-izmeritel-elektroenergii-wave.html> (дата звернення – 28.02.2025)

23. 481421 Розумний лічильник електроенергії Tervix Pro Line WiFi Energy Meter. URL: <https://smart-gadget.club/ua/home-gadgets/home-system/electricity-meters/proline-wifi-energy-meter> (дата звернення – 28.02.2025)

24. Розумний лічильник WIBEEE 1N (N_left) 1ф 220В 65А. URL: <https://unitech.com.ua/ua/umnyy-schetchik-wibeee-1n-n-left-1f-220v-65a/> (дата звернення – 03.03.2025)

25. Татарчук Д.Д., Діденко Ю.В. Мікропроцесори та мікроконтролери: Курс лекцій: навч. посіб. для студ. спеціальності 153 «Мікро- та наносистемна техніка», освітньої програми «Мікро- та наноелектроніка». Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. 238 с.

26. Новацький А.О. Мікропроцесорні та мікроконтролерні системи : підручник. У 2 ч. Ч. 1. Мікропроцесорні системи. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, Вид-во «Політехніка», 2020. 361 с.

					<i>КВРАКІТ.2022134.01.19.ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		62

27. Основні типи мікроконтролерів на ринку. URL: <https://ua.led-diode.com/info/main-types-of-microcontrollers-on-the-market-38210520.html> (дата звернення – 07.03.2025)

28. Мікропроцесорні системи на мікроконтролерах. Навчальний посібник / С.В. Толюпа та ін. К.: КНУ ім. Тараса Шевченка, 2022. 295 с.

29. Смірнов В. В., Смірнова Н.В., Пархоменко Ю.М. Архітектура та програмування периферійних інтерфейсних контролерів : підручник; М-во освіти і науки України, Центральноукраїн. нац. техн. ун-т. Кропивницький : ЦНТУ, 2020. 278 с.

30. Мікроконтролер PIC16F877A-I/P. URL: https://uamper.com/%D0%9C%D0%B8%D0%BA%D1%80%D0%BE%D0%BA%D0%BE%D0%BD%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%BB%D0%BB%D0%B5%D1%80-PIC16F877A-I-P?srsltid=AfmBOorggjn_elQS0YJrSJUdiEmzDJzqaNJlvnCX1TrgbhEuXKGIInPyU (дата звернення – 09.03.2025)

31. PIC16F877XA. 28/40/44-Pin Enhanced Flash Microcontrollers. URL: <https://uamper.com/products/datasheet/PIC16F877A.pdf> (дата звернення – 09.03.2025)

32. GSM модуль SIM300DZ-B14. URL: <http://www.kosmodrom.com.ua/el.php?name=SIM300DZ> (дата звернення – 13.03.2025)

33. MAX232ACSE Maxim. URL: https://www.rcscomponents.kiev.ua/product/max232acse_91719.html (дата звернення – 15.03.2025)

34. Технічні характеристики засобів обліку. URL: <https://hoe.com.ua/page/tehnichni-harakteristiki-zasobiv-obliku> (дата звернення – 18.03.2025)

35. Правила улаштування електроустановок. Київ, Мінрегіонвугілля України. 2017. 617 с.

36. Лічильник електричний GROSS DDS-UA есо 1.0 5(50)А. URL: <https://rozetka.com.ua/ua/3862339/p3862339/> (дата звернення – 19.03.2025)

37. LCD дисплей 1602 з шиною I2C. URL: <https://artificer.com.ua/product/lcd-displej-2h16-s-shinoj-i2c/> (дата звернення – 21.03.2025)

38. Реле герконове РЛ-1. URL: <https://radioelektro.prom.ua/ua/p59492753-rele-gerkonovoe.html> (дата звернення – 25.03.2025)

39. Понижувальний трансформатор з 220 В в 5 В. URL: <https://arduino.com.ua/ua/p2136863349-ponizhayuschij-transformator-220.html?srsId=AfmBOopUjl69Rk48eYZG4AMnYNyjqzUCyklevUUYskRyPkau8ET6PsP5> (дата звернення – 27.03.2025)

40. IN4007 АС-DC мостовий випрямляч однофазний 3-18В. URL: <https://rozetka.com.ua/ua/459437019/p459437019/> (дата звернення – 29.03.2025)

41. Модуль фільтра постійного струму 0-50 VDC. URL: https://www.nikom.biz.ua/product_A310180.html?srsId=AfmBOoqTEcjkoBAa6Z1FTomMBdZvc3e7LsPaUXYygwGkm-e7BySSo8Bl (дата звернення – 29.03.2025)

42. Стабілізатор напруги LM7805 TO-220. URL: <https://arduino.ua/prod1844-stabilizator-napryajeniya-lm7805-to-220?srsId=AfmBOor9870ZOF74POeoblvPJBxpCaBT6keQRuXQa2Lp2U4hxMprF93M> (дата звернення – 29.03.2025)

					<i>КВРАКІТ.2022134.01.19.ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		64

Додатки

Кваліфікаційна робота на тему:

«Автоматизована система реєстрації енергоспоживання»

Вступ та мета роботи

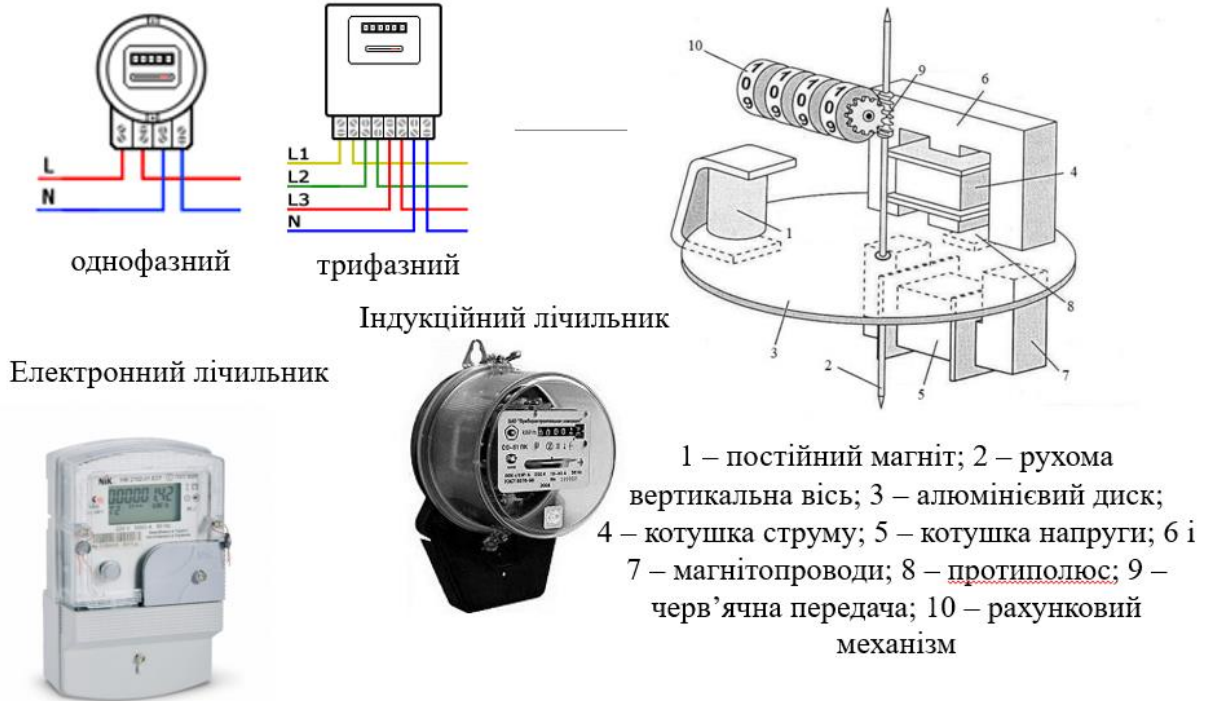
2

Для реєстрації електричної енергії використовуються лічильники. Щомісячно споживачі повинні передавати покази лічильників та виконувати оплату за тарифом за використану ними електричну енергію.

Щоденна передача показників спожитої електричної енергії на великих підприємствах ускладнює роботу працівників. В той же час підприємства, які займаються розподілом електричної енергії, мають на меті проводити щоденну звірку не тільки показників лічильників спожитої енергії, але й відповідності показів лічильників реальній кількості спожитої електроенергії.

Метою роботи є розробка автоматизованої системи реєстрації енергоспоживання із можливістю автоматичної відправки показників без необхідності зміни лічильника електроенергії.

Види лічильників



Існуючі рішення щодо автоматичної реєстрації енергоспоживання



Однофазний енергомонітор smart-MAIC D101

Розумний лічильник WIBEEE 1N

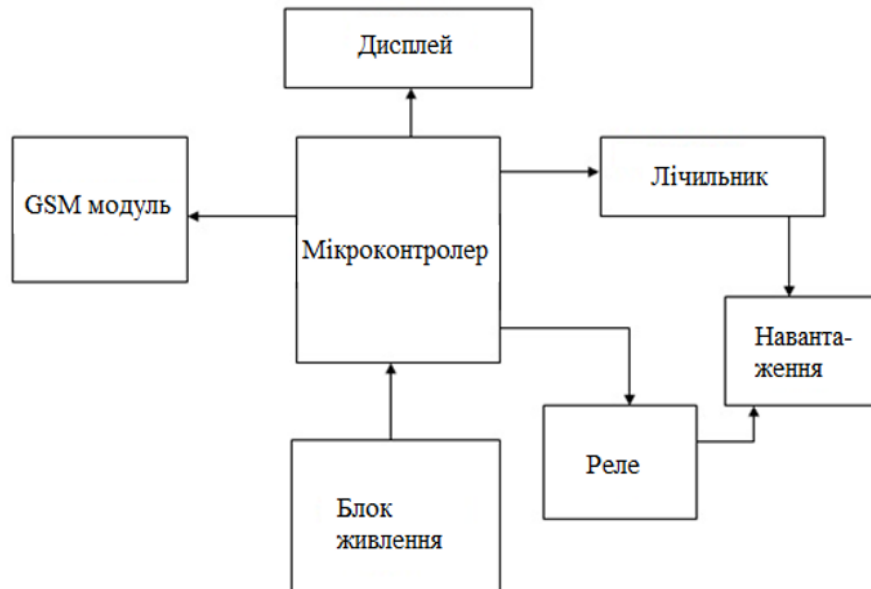


Вимірювач електроенергії Qubino ZMNHTD1



Смарт-лічильник електроенергії Tervix Pro Line

Складові автоматизованої системи реєстрації енергоспоживання

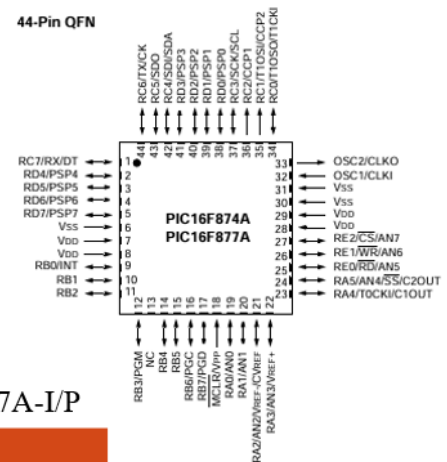


Складові автоматизованої системи реєстрації енергоспоживання



Мікроконтролер PIC16F877A-I/P

44-Pin QFN

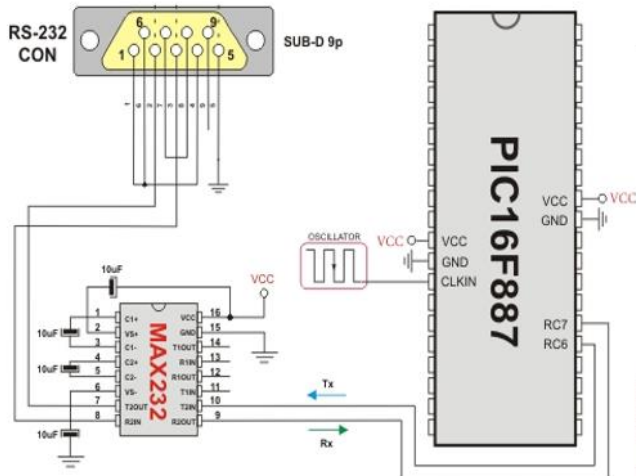


Технічні характеристики мікроконтролера PIC16F877A-I/P

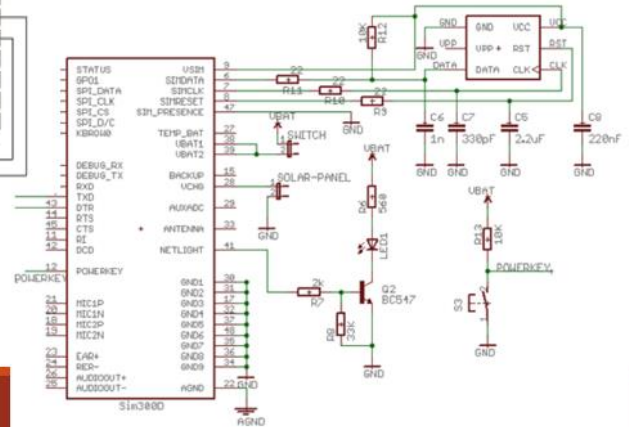
Характеристика	Значення
Швидкість	20
Частота	20 МГц
Напруга	4-5,5 В
Інтерфейс	PSP, USART, MSSP
Пам'ять	368 Б, EEPROM 256

Складові автоматизованої системи реєстрації енергоспоживання

7



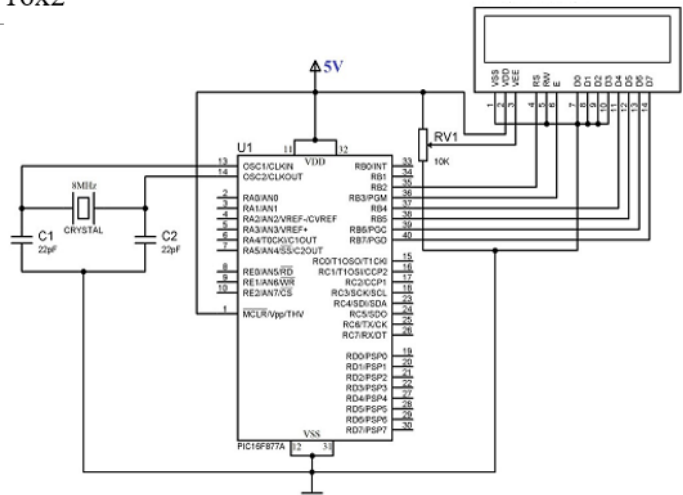
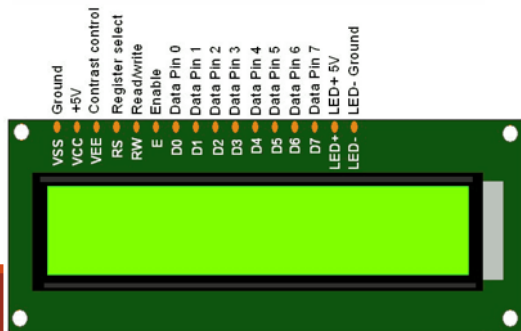
GSM модуль SIM300DZ-B14



Складові автоматизованої системи реєстрації енергоспоживання

8

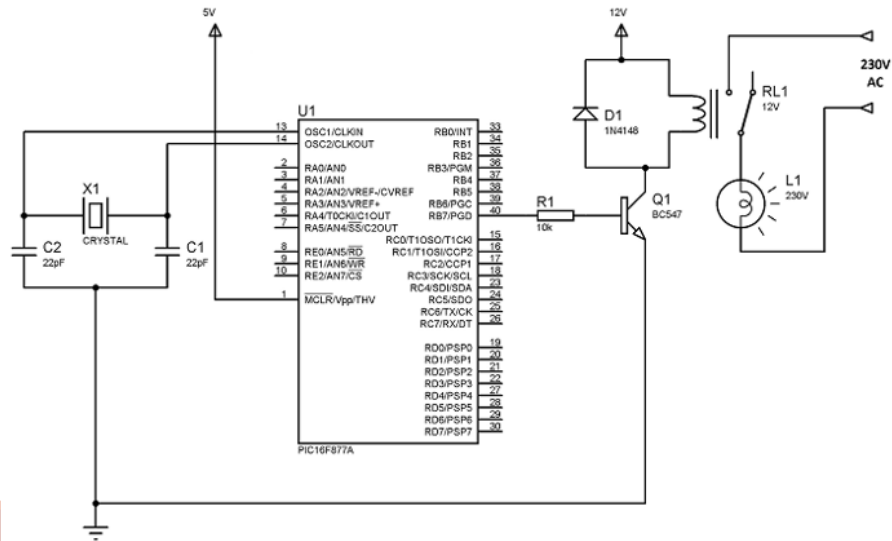
Дисплей 16x2



Складові автоматизованої системи реєстрації енергоспоживання

9

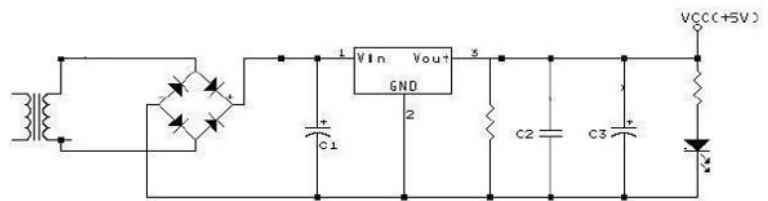
Реле



Складові автоматизованої системи реєстрації енергоспоживання

10

Схема блоку живлення



Понижувальний трансформатор 230/5 В

Фільтр струму



Мостовий випрямляч



Стабілізатор напруги LM7805 TO-220



Вартість системи

Вартість АСРЕ	Вартість від обленерго
1017,5	4800-5200

$$M_{\text{АСРЕ}} = 158 + 423,5 + 99 + 103 + 39 + 75 + 42 + 65 + 13$$

= **1017,5** гривень

- мікроконтролер PIC16F877A-I/P – 158 грн.
- GSM модуль SIM300 – 423,5 грн.
- мікросхема MAX232 – 99 грн.
- дисплей 16x2 – 103 грн.
- реле РЛ-1 – 39 грн.
- понижувальний трансформатор – 75 грн.
- мостовий випрямляч IN4007 AC-DC – 42 грн.
- фільтр струму – 65 грн.
- стабілізатор напруги LM7805 TO-220 – 13 грн.

Висновки

В роботі було розроблено автоматизовану систему реєстрації енергоспоживання.

Для системи було підібрано обладнання, яке складається з мікроконтролера PIC16F877A-I/P, який виступає в ролі керуючого механізму, GSM модуля SIM300, який призначений для відправки повідомлень, дисплея 16x2, реле, а також блоку живлення, який містить стабілізатор напруги, випрямляч, фільтр струму та понижувальний трансформатор.

Було розроблено електричну схему підключень та зібрано експериментальний стенд для перевірки роботи системи. Шість тестувань були проведені успішно і система працює коректно.

Запровадження такої системи автоматичної передачі показників в 5 разів дешевша від запропонованої від обленерго та не потребує виклику комунальних служб.

Дякую за увагу!

Додаток Б
АТ команди GSM модуля SIM300DZ-B14

//Налаштування номеру відправки повідомлення

AT+CSCA="+380XXXXXXXXXX"

TEXT parameter

AT+CSMP=17_168_0_0

АТ=*Повідомлення*

АТ=*power cut tomorrow*

//Відправити повідомлення

AT+CMGS

АТ=<S>

// Прочитати повідомлення

AT+CMGR=1

АТ=<1>

Trip ON

АТ=<0>

Trip OFF

AT+CMGF=1

AT+CMGF=4

// Видалити повідомлення

AT+CMGD

Додаток В
Код автоматизованої системи реєстрації енергоспоживання

```
sbit LCD_RS at LATE0_bit;  
sbit LCD_EN at LATE2_bit;  
sbit LCD_D4 at LATD4_bit;  
sbit LCD_D5 at LATD5_bit;  
sbit LCD_D6 at LATD6_bit;  
sbit LCD_D7 at LATD7_bit;
```

```
sbit LCD_RS_Direction at TRISE0_bit;  
sbit LCD_EN_Direction at TRISE2_bit;  
sbit LCD_D4_Direction at TRISD4_bit;  
sbit LCD_D5_Direction at TRISD5_bit;  
sbit LCD_D6_Direction at TRISD6_bit;  
sbit LCD_D7_Direction at TRISD7_bit;
```

// кінець з'єднань модулю дисплею

```
char array[8];
```

```
char array2[8];
```

```
unsigned int cnt;
```

```
unsigned int cont;
```

```
unsigned int*point;
```

```
unsigned char receive[8];
```

```
int cnt2;
```

```
int x=0;
```

```
unsigned char s_num[14];
```

```
char array9[8];
```

```
char array10[8];
```

```
char array5[]="ATE0";
```

```
char array6[]="AT+CMGF=1";
```

```
char array7[]="AT&W";
```

```
char array8[]="AT+CMGR=1";
```

```
char array11[]="Зчитування даних з лічильника:";
```

```
char array12[]="Одиниці вимірювання, що використовуються:";
```

```
char array13[]="AT+CMGS=" ;
```

```
char array14[]="AT+CMGDA=" ;
```

```
char array15[]="DEL ALL" ;
```

```
void send()  
{  
    UART1_Write_Text(array13);  
    Delay_ms(1000);  
    UART1_Write(0x22);  
    UART1_Write_Text("380687091611"); // Ваш номер телефону  
    cd_chr_cp(uart_rd);  
    Delay_ms(2000);  
    UART1_Write(0x22);  
    UART1_Write(13);  
    UART1_Write(10);  
    Delay_ms(2000);
```

```
}
```

```
void send1(){  
    Delay_ms(1000);  
    UART1_Write(0x0D);  
    Delay_ms(2000);  
    UART1_Write(26); //Ctr +Z  
    Delay_ms(2000);  
}
```

```
void well(){  
    UART1_Write_Text("ATE0");  
    UART1_Write(13);  
    UART1_Write(10);  
    Delay_ms(1000);  
    UART1_Write_Text("AT+CMGF=1");  
    UART1_Write(13);  
    UART1_Write(10);  
    Delay_ms(1000);  
    UART1_Write_Text(array8);  
    UART1_Write(13);  
    UART1_Write(10);  
}  
  
int ok_1=0;  
int ok_2=0;  
void authenticate(){
```

```

        if (s_num[5]=='4' && s_num[6]=='2' && s_num[7] == '5' &&
s_num[8] == '5') {
            ok_1=1; //Lcd_Out(2,1,".");
        }

```

```

    }

```

```

void authenticate1(){

```

```

    if (s_num[5]=='4' && s_num[6]=='2' && s_num[7] == '5' &&
s_num[8] == '5') {

```

```

        Lcd_Cmd(_LCD_CLEAR);

```

```

        ok_1=2; //Lcd_Out(2,16,".");

```

```

    }

```

```

    }

```

```

void authenticate2(){

```

```

    if (s_num[5]=='4' && s_num[6]=='2' && s_num[7] == '5' &&
s_num[8] == '5') {

```

```

        ok_2=1; //Lcd_Out(2,1,".");

```

```

    }

```

```

    }

```

```

void gsm()

```

```

{ unsigned char receive2[100];

```

```

const char auth[] = "+380687091611";
int g=0;
int j=0;
//unsigned char receive3[100]={0x00};
int b2=0;
int c=0;
int d=0;
    int a=0;
int eu; //int ok_1=0;
CCP1CON= CCP2CON = 0;
ADCON1=ADCON0= 6;
        well();
        if (UART1_Data_Ready()==1)
            uart1_read_text(receive2, "OK",100);

//delay_ms(500);
        while(receive2[g]!='2'&& receive2[g+1]!='3'&& receive2[g+2]!='3')g++;

        for(d=1;d<=13;d++){
// LCD_Chr(2,d,receive2[g]);
            s_num[d-1]=receive2[g];

//lcd_chr(2,2,s_num[d-1]);
            g++;
//LCD_Chr(1,d,auth[d-1]);

//delay_ms(500);

```

```

    }
//DELAY_MS(2000);
    authenticate();

    authenticate2();

while(receive2[g]!= 0xA)g++;
g++;

while(receive2[g]){
    receive2[j++] = receive2[g++]; receive2[j] ='\0'; }
    receive[0] = receive2[0] ;

if(receive[0]=='r' && ok_1==1 )
{   PORTB.F4 = 1;
    eu =cnt-x;
    inttostr (eu,array9);
    inttostr (cnt,array2);
    x = cnt;
    send();
    UART1_Write_Text(array11);
    UART1_Write_Text(array2);
    UART1_Write(10);
    UART1_Write_Text(array12);
    UART1_Write_Text(array9);
    //time_stamp();
    send1();

```

```
        //Delay_ms(1000);
PORTB.F4 = 0;
    }
else if(receive[0]=='d' && ok_2==1 )
    {
        PORTB.F7 = 0; //Вмикає реле
        Lcd_Cmd(_LCD_CLEAR);
        lcd_out(1,4,"Відключено");
        send();
        UART1_Write_Text("Лічильник відключений");
        send1();
        UART1_Write_Text(array14);
            Delay_ms(1000);
            UART1_Write(0X22);
            UART1_Write_Text("DEL READ");
            Delay_ms(1000);
            UART1_Write(0X22);
        Lcd_Cmd(_LCD_CLEAR);

while(1) {

b2=0;
c=0;
a=0;
d=0;

            Lcd_Out(1,1,".");
```

```

        Delay_ms(30000);

        well();

        if (UART1_Data_Ready()==1)

            uart1_read_text(receive2, "OK",100);

            Lcd_Cmd(_LCD_CLEAR);
            while(receive2[b2]!='2'&& receive2[b2+1]!='3'&&
receive2[b2+2]!='3')b2++;

                for(d=1;d<=13;d++){
// LCD_Chr(2,d,receive2[g]);
                s_num[d-1]=receive2[b2];
                // lcd_chr(2,2,s_num[d-1]);
                b2++;
//LCD_Chr(1,d,auth[d-1]);
                //delay_ms(500);
                }
                authenticate1();

                while(receive2[b2]!= 0xA)b2++;
                b2++;

                while(receive2[b2]){
                receive2[c++] = receive2[b2++];

```

```

receive[0] = receive2[0] ;
receive2[j] = '\0';
}

```

```

        if(receive2[0]=='c' && ok_1==2)
{
    PORTB.F7 =1; //Вимикає реле
    Delay_ms(1000);
    Lcd_Cmd(_LCD_CLEAR);
    lcd_out(1,4,"Повторне підключення виконано");
    send();
    UART1_Write_Text("Виконане повторне підключення лічильника");
//time_stamp();          //spot
    send1();

break;
}

    UART1_Write_Text(array14);
    Delay_ms(1000);
    UART1_Write(0X22);
    UART1_Write_Text("DEL READ");
    Delay_ms(1000);
    UART1_Write(0X22);

```

```
    memset( receive2,'0',80);
    receive2[0]='\0';
}
}

else
{
    goto Error
}
Error: ;

    UART1_Write_Text(array14);
    Delay_ms(1000);
    UART1_Write(0X22);
    UART1_Write_Text("DEL READ");
    Delay_ms(1000);
    UART1_Write(0X22);

receive2[0]='\0';
memset( receive2,'0',80);

}
```

```

void main()
{

    int pulses=0;
point = &cnt;
ADCON1=ADCON0= 6;
CCP1CON=CCP2CON=0; // Вимкнення аналогових компараторів
PORTA = 0; // Перезавантаження порту А
TRISA = 0xFF; // Всі вводи порту А налаштовані як вводи
TRISD = 0; // Всі виводи порту В налаштовані як виводи
PORTD = 0x0; // Перезавантаження порту В
T0CON = 0b11111000; // Лічильник TMR0 отримує імпульси через вивід RA4
PORTE.F1=0;
LATE1_bit=0;
TRISE1_bit=0;
TRISB=0;
PORTB.F7 = 1;
    PORTB.F4 = 0;    // Коефіцієнт прескалера 1:1
Lcd_Init(); // LCD display initialization
Lcd_Cmd(_LCD_CURSOR_OFF); // Команда на РК-дисплеї (курсор
вимкнено)
Lcd_Cmd(_LCD_CLEAR); // Команда РК-дисплея (очистити РК-дисплей)
UART1_Init(9600);
Delay_ms(1000);
TMR0L= 240;          //TMR0H = ; // Скидання таймера/лічильника
TMR0
PIR1.TMR0IF = 0;
PIE1.TMR0IE = 1;
INTCON = 0xA0;     // Активувати переривання TMR0

```

```
cnt = 0;           // Змінній cnt присвоюється значення 0
cont = 0;
while(1) {
  inttostr (cnt,array2);
  Lcd_Out(1,1,array2);
  Lcd_Out(1,8,"UNITS");
  pulses=TMR0L-240;
  inttostr(pulses,array);
  Lcd_Out(2,1,array);
  if(cont!=cnt)
  { ok_1=0;
    ok_2=0;
    gsm();
    Lcd_Cmd(_LCD_CLEAR);
    cont = *point;

  }

}

}

void interrupt() {

cnt++; // Переривання викликає збільшення cnt на 1
TMR0L= 240; // Таймеру TMR0 повертається його початкове значення
INTCON = 0x20; // Біт TOIE встановлено, біт TOIF очищено

}
```

РЕЦЕНЗІЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Дипломник: Тирса Максим Васильович

Тема: Автоматизована система реєстрації енергоспоживання

Спеціальність: 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»

Обсяг кваліфікаційної роботи:

Кількість листів креслень 14 Кількість сторінок записки 67

1. Короткий зміст роботи та прийнятих рішень: створено автоматизовано систему реєстрації енергоспоживання
2. Висновок про відповідність роботи дипломному завданню: Робота повністю відповідає поставленому завданню
3. Характеристика виконання кожного розділу, ступінь використання останніх досягнень науки і техніки і передових методів роботи: В першому розділі проведено огляд технічних та технологічних рішень щодо реєстрації та обліку спожитої електричної енергії. Наведені базові принципи щодо конструкції та функціонування обладнання, яке призначене для ведення обліку спожитої енергії. В другому розділі проведено підбір обладнання для автоматизованої системи реєстрації енергоспоживання. Система складається з мікроконтролера PIC16F877A-I/P, який виступає в ролі керуючого механізму, GSM модуля SIM300, який призначений для відправки повідомлень, дисплея 16x2, реле, а також блоку живлення, який містить стабілізатор напруги, випрямляч, фільтр струму та понижувальний трансформатор. В третьому розділі наводиться опис запроєктованого та виготовленого пристрою для автоматизованої реєстрації енергоспоживання. Також наведені розроблені схеми для автоматизованої системи реєстрації енергоспоживання. Пристрій був перевірений та протестований. Використання такого пристрою підвищує ефективність процесу передачі показів з лічильника електроенергії відповідним комунальним службам, а також в системі передбачена можливість сповіщення користувача АСРЕ про певні події, такі як вимкнення та увімкнення системи.
4. Позитивні сторони роботи: висока практична цінність роботи.

5. Негативні сторони роботи: доцільно було б навести порівняння точності та якості відправки даних розробленої системи із існуючими системами, що самостійно відсилають дані до контролюючих органів

6. Оцінка графічного оформлення та пояснювальної записки роботи: Пояснювальна записка оформлена коректно, згідно діючих стандартів оформлення документації

7. Відгук про роботу в цілому: Робота виконана на належному науково-технічному рівні.

8. Інші зауваження: відсутні

9. Оцінка дипломної роботи: задовільно (3,50/Д)

Рецензент (прізвище, ім'я, по батькові, посада, місце роботи) _____

Майдан Павло Сергійович, доцент кафедри машин і апаратів, електромеханічних та енергетичних систем Хмельницького національного університету

“16” 06 2025 р.

Майдан (підпис)

3,50

Завідувачу кафедри АКІТтаР
д-ру техн.наук, проф. Мартиноку В.В.

Тирса М.В.

ПІБ здобувача вищої освіти

ФІТ, 3 курс, групи АКІТс-22-1

ЗАЯВА

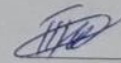
З правилами чинного Положення «Про систему забезпечення академічної доброчесності у Хмельницькому національному університеті» від 01.07.2022, згідно з яким виявлення плагіату є підставою для відмови в допуску кваліфікаційної роботи до захисту та застосування заходів дисциплінарної та академічної відповідальності, ознайомлений (а). Про використання програмно-технічних засобів для перевірки кваліфікаційних робіт здобувачів вищої освіти на наявність плагіату ознайомлений(а) та надаю свою згоду на обробку та збереження університетом моєї роботи в інституційному репозитарії університету.

Також надаю університету право на передачу моєї роботи для обробки та збереження в базах даних програмно-технічних засобів (StrikePlagiarism та Anti-Plagiarism) та використання роботи для виявлення плагіату в інших роботах, які перевіряються програмно-технічними засобами та користувачами, що мають доступ до цих програмно-технічних засобів, виключно в обмежених цілях для виявлення плагіату в текстах робіт.

Робота для перевірки університетом надається в друкованому та електронному варіанті. Електронна версія моєї роботи збігається (ідентична) з друкованою.

02.06.25

дата



підпис

Anti-Plagiarism (UA) v-15.281 Educational

The maximum coincidence with one document 2.0%

Dictionaries check: en_US, ru_RU, ua_UA. Errors in the documents: 12%

ID: 245920 Title: БКР Автоматизована система реєстрації енергоспоживання Added in a DB: 2025-06-15 Authors: Максим ПІРСА Heads: Деніс МАКАРІШКІН Consultants: Opponents:	Document		Sum coincidence on the DB	
	Symbols	Lexemes	Symbols	Lexemes
	42610	662	1678 (4%)	23 (3%)

Plagiarism sources

ID	Description	Plagiarism presence in the document	
		Symbols	Lexemes

Протокол аналізу звіту подібності експертом

Заявляю, що я ознайомився (-лась) з Повним звітом подібності, який був згенерований Системою виявлення і запобігання плагіату щодо роботи:

Автор: Максим ТИРСА

Співавтор:

Назва: Тирса на антиплагіат

Експерт:

Підрозділ: Кафедра автоматизації, комп'ютерно-інтегрованих технологій та робототехніки

Коефіцієнт подібності 1:0.6%

Коефіцієнт подібності 2:0.5%

Мікропробіли: 0

Заміна букв: 1

Інтервали: 0

Білі знаки: 1

Дата створення звіту: 2025-06-15 12:20:16.0

Після аналізу Звіту подібності констатую наступне:

Запозичення, виявлені в роботі є законними і не є плагіатом. Рівень подібності не перевищує допустимої межі. Таким чином робота незалежна і приймається.

Запозичення не є плагіатом, але перевищено граничне значення рівня подібностей. Таким чином робота повертається на доопрацювання.

Виявлено запозичення і плагіат або навмисні текстові спотворення (маніпуляції), як передбачувані спроби укриття плагіату, які роблять роботу невідповідною вимогам законодавства (Ст. 32. ЗУ Про вищу освіту, пункт 3.1, Ст. 42. ЗУ Про освіту) та вимог НАЗЯВО (Критерій 5), а також кодексу етики і процедур. Таким чином робота не приймається.

Обґрунтування:

2025-06-15

Доцент Микола Федула

Дата

експерт

РІШЕННЯ ЕКСПЕРНОЇ КОМІСІЇ
КАФЕДРИ АВТОМАТИЗАЦІЇ, КОМП'ЮТЕРНО-ІНТЕГРОВАНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ТА
РОБОТОТЕХНІКИ
ПРО ДОПУСК КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ ДО ЗАХИСТУ

Підтверджуємо ознайомлення з результатом звіту подібності щодо роботи, генерованого системою виявлення текстових збігів/ідентичності/схожості:

Назва: Автоматизована система реєстрації енергоспоживання

Автор: Тирса Максим Васильович

Спеціальність: 151 – Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

Освітня програма: Освітньо-професійна програма «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»

Науковий керівник: Макаришкін Денис Анатолійович, кандидат технічних наук, доцент

Після аналізу звіту подібності зроблено такий висновок:

№	Висновок	Позначка про відповідність
1	Запозичення, виявлені в роботі, є законними і не є плагіатом. Робота приймається до захисту.	відповідає
2	Виявлені запозичення не є плагіатом, розміщені в розділах, які не описують безпосередньо авторське дослідження, але кількість цитат перевищує обсяг, виправданий поставленою метою роботи. Робота приймається до захисту, але має бути відкоригована. Відкоригований варіант має бути поданий на кафедру за 2 дні до захисту, разом із заявою щодо самостійності виконання письмової роботи та ідентичності друкованої й електронної версії роботи	
3	Виявлені запозичення не є плагіатом, але частково розміщені в розділах, які описують безпосередньо авторське дослідження, а кількість цитат перевищує обсяг, виправданий поставленою метою роботи. В зв'язку з цим мета роботи та поставлені завдання не були досягнені. Робота може бути допущена до захисту (наступного року) після того, як буде відкоригована та допрацьована і успішно пройде повторну перевірку на академічний плагіат.	
4	Робота містить навмисні текстові спотворення, передбачувані спроби укриття запозичень або інші прояви академічного плагіату. Робота містить фабрикацію або фальсифікацію даних. Робота не допускається до захисту.	
5	Інше:	

Підтвердження:

Запозичення, виявлені в роботі, є законними і не є плагіатом, оскільки:

1) у тексті кваліфікаційної роботи системами перевірки на плагіат виявлено схожість з деякими документами в частині загальноживаних обов'язкових словосполучень у стандартних бланках (титулка, відомість документів), у структурі змісту, назвах розділів/підрозділів тощо, у назвах публікацій у переліку джерел посилання;

2) усі запозичення є фрагментарними або мають належним чином оформленні посилання;

3) виявлені модифікації тексту не впливають на відсоток схожості.

Сумарний обсяг всіх запозичень, визначений системою виявлення збігів ідентичності/схожості, складає 0,63% і адресується до 31 джерела, що, з урахуванням наведених обґрунтувань, відповідає характеру теми і свідчить на користь кваліфікаційної роботи.

Завідувач кафедри

Гарант освітньої програми

Керівник кваліфікаційної роботи

Валерій МАРТИНЮК

Юрій ФОРКУН

Денис МАКАРИШКІН