

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ВСП «ОДЕСЬКИЙ ТЕХНІЧНИЙ ФАХОВИЙ КОЛЕДЖ ОНТУ»**

Спеціальність: 123 «Комп'ютерна інженерія»

Освітньо-професійна програма: «Обслуговування

комп'ютерних систем і мереж»

Група: 4КС-58

Дипломний проект

**здобувача освіти денної форми навчання
КС.58.21.000.ДП**

***ЧИКАЛЕНКА
ІЛІ МИКОЛАЙОВИЧА***

**м. Одеса
2025 р.**

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ВСП «ОДЕСЬКИЙ ТЕХНІЧНИЙ ФАХОВИЙ КОЛЕДЖ ОНТУ»

Спеціальність: 123 «Комп'ютерна інженерія»

Освітньо-професійна програма: «Обслуговування комп'ютерних систем і мереж»

Група: 4КС-58

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до дипломного проекту на тему:

Розробка системи дистанційного визначення споживаної електричної потужності

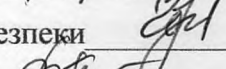
Проектний матеріал складається з пояснювальної записки на 80 сторінках та графічного (презентаційного) матеріалу на 17 аркушах (слайдах)

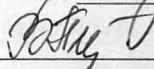
Дипломник  (Чикаленко І.М.)

Керівник  (Кривченко А.А.)

Консультанти:

з економічного розділу  (Канський М.Ю.)

з розділу охорони праці та техніки безпеки  (Чорновол Н.І.)

з нормоконтролю  (Петрашова В.І.)

старший консультант  (Кривченко Ю.В.)

До захисту допущений

Голова циклової комісії  (Кривченко Ю.В.)

Завідувач відділення  (Краснокутська К.Г.)

Захист «23» червня 2025 р. Протокол ЕК № 3

Оцінка ЕК 4 (добре) / пос.

Секретар ЕК 

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ВСП «ОДЕСЬКИЙ ТЕХНІЧНИЙ ФАХОВИЙ КОЛЕДЖ ОНТУ»

Відділення комп'ютерних систем Комісія КТ та ПІ
Спеціальність 123 «Комп'ютерна інженерія»
Освітньо-професійна програма «Обслуговування комп'ютерних систем і мереж»

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Заст. дир. з НВП 

Беркань І.В.

“ 19 ” 06 2025 р.

ЗАВДАННЯ

на дипломний проект

Здобувачеві (здобувачці) освіти Чикаленку Іллі Миколайовичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту Розробка системи дистанційного визначення споживаної електричної потужності

затверджена наказом по коледжу від “14” 11 2024 р. № 246

2. Термін задачі закінченого проекту 16.06.25.

3. Вихідні данні до проекту (роботи) 1. Передбачити вимірювання споживаної потужності та розрахунок електричної енергії, споживаної навантаженням для мережі 220В, струму споживання до 15А; 2. Передбачити передачу результатів вимірювання за бездротовим каналом зв'язку для обробки, збереження та виведення на відображення; 3. Передбачити вбудовування у гніздо розетки 220В; 4. Надати користувачеві можливість аналізу витрат на електроенергію для навантаження за певний проміжок часу

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які необхідно розробити)
Аналітичний огляд засобів контролю споживаної електроенергії; Розробка структурної схеми системи дистанційного визначення споживаної електричної потужності; Вибір і опис складових системи дистанційного визначення споживаної електричної потужності; Розробка принципової електричної схеми вимірювального блоку системи; Розробка макету друкованої плати вимірювального блоку; Розробка програмного забезпечення системи

5. Перелік графічного (презентаційного) матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, кількості слайдів)
Схема включення датчика струму ACS712; Структурна схема системи дистанційного визначення споживаної електричної потужності; Принципова електрична схема вимірювального блоку системи; Макет друкованої плати вимірювального блоку; БСА програми вимірювального блоку; Схема підключення радіомодуля SE8R01 до міні-ПК Raspberry Pi 2; БСА алгоритму програми головного блоку системи дистанційного визначення споживаної електричної потужності; Інтерфейс візуалізації даних

6. Консультанти по проекту (роботі), із зазначенням розділів проекту, що їх стосується

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
Основний розділ	Кривченко А.А.		
Економічний розділ	Канський М.Ю.		
Розділ охорони праці	Чорновол Н.І.		
Нормоконтроль	Петрашова В.І.		
Старший консультант	Кривченко Ю.В.		

7. Дата видачі завдання

13.05.25

Керівник

Кривченко А.А.

(підпис)

Завдання прийняв до виконання

(підпис)

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/р	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Термін виконання етапів дипломного проекту (роботи)	Відмітка про виконання
1.	Вступ. Постановка задачі проектування	14.05.25	викон.
2.	Огляд приладів для контролю спожитої електроенергії	17.05.25	викон.
3.	Аналіз технічних вимог до проектованої системи	18.05.25	викон.
4.	Аналіз методів визначення споживаної потужності та спожитої електричної енергії	19.05.25	викон.
5.	Розробка структурної схеми системи вимірювання споживаної електричної потужності	20.05.25	викон.
6.	Вибір елементної бази та компонентів системи	23.05.25	викон.
7.	Розробка принципової електричної схеми системи	24.05.25	викон.
8.	Розробка макету друкованої плати системи	01.06.25	викон.
9.	Розробка програмного забезпечення вимірювального блоку	02.06.25	викон.
10.	Розробка програмного забезпечення головного блоку	05.06.25	викон.
11.	Виконання графічної частини проекту	06.06.25	викон.
12.	Виконання економічних розрахунків	08.06.25	викон.
13.	Розробка заходів з охорони праці та техніки безпеки	10.06.25	викон.
14.	Підготовка доповіді та мультимедійної презентації	13.06.25	викон.

Дипломник

(підпис)

Керівник

(підпис)

ЗМІСТ

Вступ.....	7
1 Основний розділ.....	8
1.1 Аналітичний огляд засобів контролю споживаної електроенергії.....	8
1.1.1 Пристрій контролю споживаної потужності ЕКМ Metering Basic 2....	8
1.1.2 Пристрій контролю споживаної потужності Sense Energy Monitor.....	9
1.1.3 Пристрій контролю споживаної потужності Plugwise Smile P1.....	10
1.1.4 Пристрій контролю споживаної потужності Shelly ЗЕМ.....	11
1.1.5 Wi-Fi розетка TP-Link HS110.....	12
1.2 Аналіз методів вимірювання споживаної потужності і струму.....	13
1.2.1 Вимірювання напруги.....	13
1.2.2 Вимірювання струму.....	16
1.3 Розробка структурної схеми системи дистанційного визначення споживаної електричної потужності.....	18
1.4 Вибір і опис складових системи дистанційного визначення споживаної електричної потужності.....	23
1.4.1 Датчики струму і джерела напруги	24
1.4.2 Обчислювальна платформа для вимірювального блоку.....	25
1.4.3 Пристрій радіозв'язку між вимірювальним блоком та головним....	29
1.4.4 Платформа головного блоку системи.....	31
1.4.5 Стабілізатори напруги живлення компонентів системи.....	33
1.4.6 Випрямлячі напруги у системі.....	34
1.4.7 Напівпровідникові стабілітрони у системі.....	34
1.4.8 Напівпровідникові діоди у системі.....	35
1.4.9 Резистори та конденсатори у системі	36
1.4.10 Контактні елементи у системі.....	37
1.5 Розробка принципової електричної схеми вимірювального блоку системи.....	37
1.5.1 Розрахунок джерела живлення.....	39

					<i>КС 58. 21 000. 00 ДП ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		5

1.5.2	Формування датчика напруги.....	41
1.6	Розробка макету друкованої плати вимірювального блоку.....	42
1.7	Розробка програмного забезпечення системи.....	44
1.7.1	Розробка програмного забезпечення вимірювального блоку.....	44
1.7.2	Збереження інформації в головному блоці.....	47
1.7.3	Візуалізація даних.....	48
1.7.4	Програмне забезпечення прийняття інформації з вимірювального блоку.....	49
1.7.5	Створення web-сторінки для відображення споживаної електричної потужності.....	52
2	Економічний розділ.....	55
3	Розділ охорони праці та техніки безпеки праці.....	60
3.1	Аналіз небезпечних і шкідливих факторів, що впливають на програміста.....	60
3.2	Гігієнічні вимоги до виробничого середовища.....	61
3.3	Вимоги до організації робочого місця працівника.....	61
3.4	Електробезпека.....	63
3.5	Пожежна безпека.....	64
	Висновки.....	65
	Перелік використаних інформаційних джерел.....	66
	Додаток А. Фрагменти коду програм системи дистанційного визначення споживаної електричної потужності та електроенергії.....	67
	Додаток Б. Слайди мультимедійної презентації.....	72

ВСТУП

В сучасному світі ефективне використання енергетичних ресурсів є ключовим фактором сталого розвитку, особливо в контексті зростаючих тарифів на електроенергію та постійного збільшення попиту на електроенергію в побутовому секторі. Ця тенденція вимагає впровадження нових підходів до управління енергоспоживанням, що дозволить не лише знизити витрати, але й зробити процес споживання більш прозорим і контрольованим. Одним із рішень у цьому напрямку є розробка пристроїв, які дозволяють точно вимірювати енергоспоживання окремих приладів і надавати користувачам доступ до інформації про їхню роботу. Це особливо актуально для великих енергоємних приладів, які працюють протягом тривалого часу та можуть значно впливати на загальні витрати на електроенергію.

Даний дипломний проект спрямований на розробку інтелектуальної системи, що дозволить в реальному часі відстежувати споживання електроенергії побутовими приладами, які підключені через стандартні розетки. Пристрій, який буде інтегрований у побутову мережу електроживлення, здатен вимірювати такі параметри, як змінна напруга, сила струму, що проходить через підключене навантаження, і потужність, яку споживає пристрій. Отримані дані будуть передаватися на головний блок системи, що побудований на базі міні-комп'ютера Raspberry Pi 2, для подальшої обробки, зберігання і відображення у зручній для користувача формі.

Особливістю запропонованої системи є можливість автоматичного розрахунку спожитої електроенергії та її вартісної оцінки відповідно до поточних тарифів на електроенергію. Завдяки такій функції користувач зможе не тільки відстежувати енергоспоживання окремих приладів, але й прогнозувати витрати на електроенергію, що допоможе ефективніше керувати ресурсами та приймати обґрунтовані рішення щодо економії. Інтерфейс системи буде розроблено на основі веб-додатку, що дозволить отримувати доступ до даних про споживання через будь-який пристрій з доступом до мережі Інтернет, забезпечуючи дистанційний контроль та аналіз енергоспоживання.

					<i>КС 58. 21 000. 00 ДП ПЗ</i>	Арк.
						7
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1 ОСНОВНИЙ РОЗДІЛ

1.1 Аналітичний огляд засобів контролю споживаної потужності

Контроль споживаної електричної потужності та спожитої електроенергії побутовими приладами є важливим аспектом для ефективного управління енергетичними ресурсами та економії коштів. Сучасний ринок пропонує велику кількість пристроїв для вимірювання споживаної потужності, які забезпечують користувача важливою інформацією про енергоспоживання в режимі реального часу. Такі прилади допомагають користувачам не лише отримати точні дані про спожиту енергію, але й прийняти обґрунтовані рішення для оптимізації використання електроенергії. У цьому підрозділі буде проведено огляд різних приладів для контролю потужності, їхні переваги та недоліки.

1.1.1 Пристрій контролю споживаної потужності ЕКМ Metering Basic 2

ЕКМ Metering Basic 2 (рис.1.1) – це один із простих та доступних пристроїв для вимірювання потужності електричних приладів. Він надає базову інформацію про споживану електроенергію, такі як потужність, напруга та сила струму.

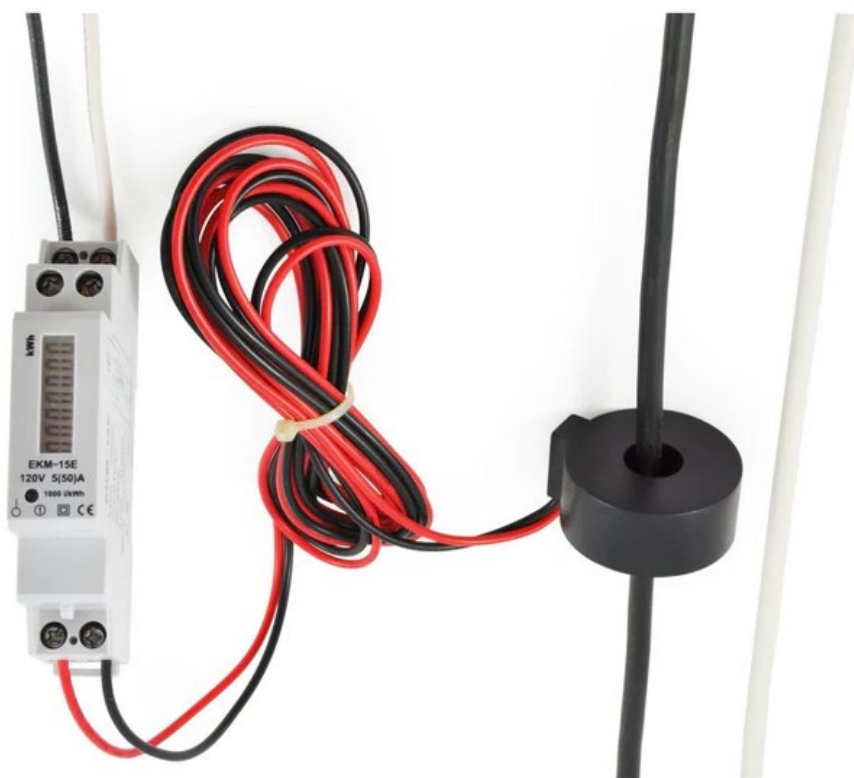


Рисунок 1.1. Пристрій контролю споживаної потужності ЕКМ Metering Basic 2

					<i>КС 58. 21 000. 00 ДП ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

Основною перевагою цього приладу є його простота у використанні та можливість установки у будь-якій точці електромережі, що дозволяє користувачеві швидко отримувати дані про споживання. Також прилад може використовуватися як для однофазних, так і для трифазних систем, що робить його універсальним для різних сценаріїв застосування.

Однак, хоча цей пристрій і забезпечує базові функції, він не підтримує обчислення вартості спожитої енергії або зберігання даних для подальшої аналітики. Це обмежує його використання для більш детального аналізу енергоспоживання.

1.1.2 Пристрій контролю споживаної потужності Sense Energy Monitor

Енергомонітор Sense Energy Monitor (рис.1.2) є одним із найсучасніших пристроїв для контролю споживаної потужності. Він має можливість детально відстежувати енергоспоживання окремих приладів та забезпечувати аналіз динаміки їхньої роботи. Прилад використовує спеціальні датчики, які встановлюються безпосередньо в електричному щитку і здійснюють безперервний моніторинг всіх підключених приладів. Користувач може переглядати дані через мобільний додаток, який також дозволяє відстежувати споживання в реальному часі та аналізувати історичні дані.

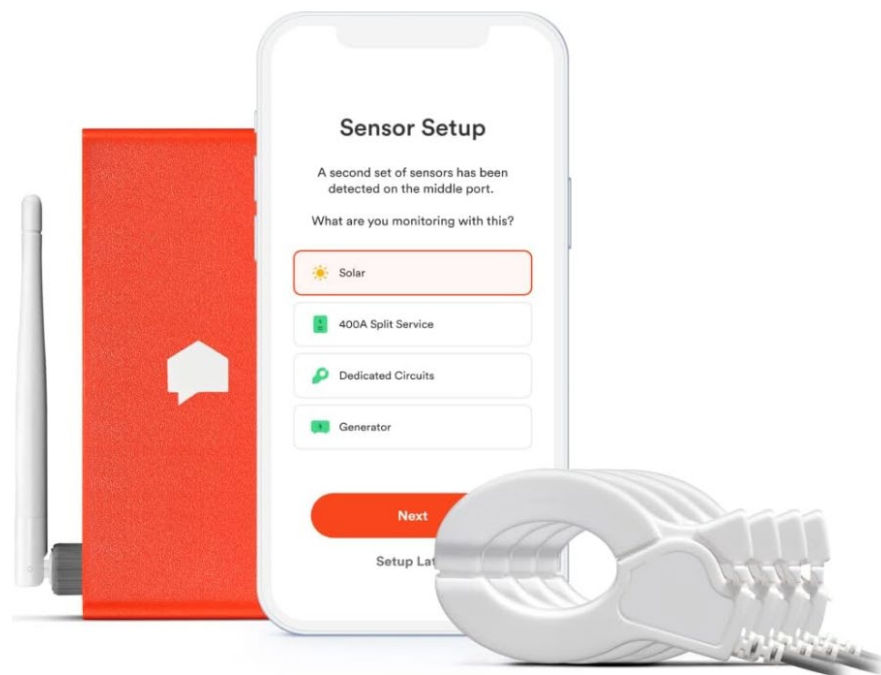


Рисунок 1.2. Пристрій контролю споживаної потужності Sense Energy Monitor

					<i>КС 58. 21 000. 00 ДП ПЗ</i>	Арк.
						9
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Однією з головних переваг Sense Energy Monitor є його здатність автоматично розпізнавати окремі прилади в будинку, що дає змогу точніше визначати, який пристрій споживає найбільше електроенергії. Це також дозволяє побачити динаміку споживання і оцінити, як змінюється потужність при зміні режимів роботи приладів. Втім, основний недолік Sense полягає у високій вартості приладу та необхідності професійної установки, оскільки датчики монтуються безпосередньо до електромережі будинку. Крім того, його використання більше підходить для великих будинків або об'єктів, де потребується контроль кількох приладів одночасно.

1.1.3 Пристрій контролю споживаної потужності Plugwise Smile P1

Plugwise Smile P1 (рис.1.3) – це пристрій, призначений для контролю споживаної потужності електроприладів у домогосподарствах, які підключені до «розумних» лічильників електроенергії. Smile P1 дозволяє користувачам переглядати дані про споживання в реальному часі через мобільний або веб-додаток. Він також забезпечує можливість інтеграції з іншими системами «розумного дому», що робить його зручним для автоматизації та дистанційного управління приладами.



Рисунок 1.3. Пристрій контролю споживаної потужності Plugwise Smile P1

					<i>КС 58. 21 000. 00 ДП ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

Smile P1 виводить на дисплей такі показники, як поточна споживана потужність, загальна кількість спожитої електроенергії, а також оцінює вартість спожитої енергії згідно з тарифами, заданими користувачем. Перевагою цього пристрою є його компактність і зручність у використанні, що робить його доступним для широкого кола споживачів.

Основним недоліком Smile P1 є те, що він потребує підключення до спеціалізованих «розумних» лічильників, що обмежує його застосування для тих споживачів, які використовують стандартні лічильники електроенергії. Крім того, його функціональність обмежується лише моніторингом, а не активним керуванням приладами.

1.1.4 Пристрій контролю споживаної потужності Shelly 3EM

Пристрій Shelly 3EM (рис.1.4) призначений для детального моніторингу енергоспоживання як у домашніх умовах, так і в комерційних приміщеннях. Цей трифазний енергомонітор здатен вимірювати напругу, силу струму, потужність та загальне споживання електроенергії для кожної фази окремо. Shelly 3EM підтримує дистанційне керування та моніторинг через мобільний додаток або веб-інтерфейс, що дозволяє користувачам переглядати дані в режимі реального часу або аналізувати їх історію.



Рисунок 1.4. Пристрій контролю споживаної потужності Shelly 3EM

					<i>КС 58. 21 000. 00 ДП ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

Перевагою цього пристрою є його висока точність вимірювань та можливість інтеграції з різними платформами автоматизації, такими як Home Assistant або Google Home. Він також має функцію передачі даних на сервери для подальшого аналізу та збереження.

Недоліком Shelly ЗЕМ є його висока вартість, а також необхідність професійного монтажу. Крім того, через складність пристрою, він більше підходить для використання у великих будівлях або підприємствах, ніж у звичайних домогосподарствах.

1.1.5 Wi-Fi розетка TP-Link HS110

TP-Link HS110 – це бюджетний варіант для моніторингу споживання електроенергії окремими побутовими приладами. Ця Wi-Fi розетка дозволяє вимірювати потужність підключеного пристрою, вести облік споживаної електроенергії та дистанційно керувати приладом через мобільний додаток. Основними перевагами HS110 є її доступна ціна та простота установки – для її використання не потрібно додаткового обладнання або спеціальних знань.



Рисунок 1.5. Wi-Fi розетка TP-Link HS110

Однак TP-Link HS110 має певні обмеження. Вона не дозволяє вимірювати параметри електромережі (напругу або силу струму), а лише розраховує споживану потужність, використовуючи стандартні значення напруги. Це може

					<i>КС 58. 21 000. 00 ДП ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

призвести до невеликої похибки у вимірюваннях, особливо при нестабільній напрузі в мережі. Існує багато аналогічних пристроїв для контролю споживаної електроенергії, які, попри відмінний дизайн та особливості виконання, забезпечують схожий функціонал. Вони дозволяють вимірювати потужність, аналізувати динаміку споживання та здійснювати базовий моніторинг енергоспоживання. Проте, незалежно від корисності таких приладів, більшість із них мають певні недоліки. Зокрема, висока вартість деяких моделей робить їх менш доступними для широкого кола користувачів. Інші пристрої відзначаються значними розмірами, що ускладнює їх установку в обмежених просторах. Крім того, деякі з цих приладів вимагають додаткового джерела живлення, що створює додаткові незручності. Існують також обмеження щодо можливості виведення та подальшої обробки даних, що унеможлиблює проведення детального статистичного аналізу енергоспоживання на основі зібраної інформації.

1.2 Аналіз методів вимірювання споживаної потужності і струму

Для точного визначення потужності, яку споживає електроприлад, необхідно виконати незалежне вимірювання двох ключових параметрів – напруги, що прикладається до пристрою, та сили струму, який через нього проходить. Отримані дані дозволяють обчислити миттєву, середню та корисну (діючу) величини, що використовуються при розрахунку енергоспоживання, а також аналізі характеристик електричних мереж.

1.2.1 Вимірювання напруги

Важливим аспектом є аналіз параметрів напруги в мережі живлення. Згідно з українським стандартом ДСТУ EN 50160:2014, для загальноживаних електромереж нижньої напруги номінальна напруга між фазою та нулем складає приблизно 230 В або між фазами, проте при проведенні вимірювань часто використовується значення 220 В із допустимим відхиленням $\pm 10\%$. Частота мережі становить 50 Гц, при цьому основний гармонічний компонент протягом 10-секундного інтервалу має знаходитись у межах 49,5–50,5 Гц.

					<i>КС 58. 21 000. 00 ДП ПЗ</i>	Арк.
						13
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

При аналізі напруги розрізняють такі основні величини:

1. Миттєве значення напруги, $u(t)$ — це різниця потенціалів між обраними точками в певний момент часу. Воно є базою для подальших обчислень і аналізу сигналу;

2. Амплітудне значення напруги, U_{max} — показує максимальне відхилення від нульового рівня. Для гармонійного сигналу математичний запис має вигляд:

$$u(t) = U_{max} \cdot \sin(\omega t)$$

де $\omega = 2\pi f$ — кутова частота. Наприклад, для мережі номінальною 220 В амплітуда сигналу наближається до 311 В (оскільки $U_{rms} = \frac{U_{max}}{\sqrt{2}}$).

3. Середнє значення напруги, U_{avg} — визначається як арифметичне середнє протягом одного періоду коливання:

$$U_{avg} = \frac{1}{T} \int_0^T u(t) dt \quad (1.1)$$

Для чисто змінного сигналу це значення практично має дорівнювати нулю, оскільки постійна складова відсутня.

4. Середньоквадратичне (діюче) значення напруги, U_{rms} — характеризує еквівалентну постійну напругу за здатністю виконувати роботу, і розраховується за формулою:

$$U_{rms} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T [u(t)]^2 dt} \quad (1.2)$$

При ідеальній синусоїді співвідношення між амплітудним і діючим значенням дорівнює:

$$U_{rms} = \frac{U_{max}}{\sqrt{2}} \quad (1.3)$$

Для того, щоб здійснити вимірювання мережевої напруги за допомогою мікроконтролерів чи аналогово-цифрових перетворювачів (ADC), вхідний сигнал необхідно привести до безпечного для пристрою рівня.

Дільник напруги (рис.1.6). Найпростішим рішенням є використання дільника напруги, що складається з двох резисторів, який знижує вхідну напругу до рівня, допустимого для ADC (наприклад, до 5 В). Схематичне зображення

					КС 58. 21 000. 00 ДП ПЗ	Арк.
						14
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

даної схеми наведено на Рисунку 1.6. Формула розрахунку вихідної напруги має вигляд:

$$U_{\text{вих}} = U_{\text{вх}} \times \frac{R_2}{R_1 + R_2} \quad (1.4)$$

де:

- $U_{\text{вх}}$ – вхідна напруга мережі;
- R_1 та R_2 – значення опорів резисторів дільника.

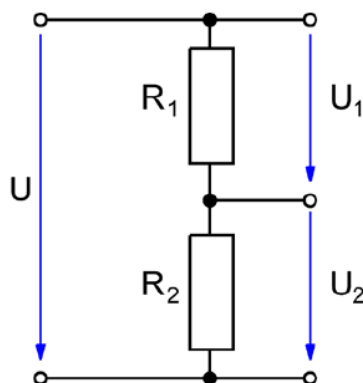


Рисунок 1.6. Схема дільника напруги для адаптації мережевого сигналу

Хоча цей метод є досить простим в реалізації, він має свої недоліки: високі теплові втрати в резистивних елементах і відсутність гальванічної розв'язки, що може бути критично для безпеки.

Використання трансформатора напруги (рис.1.7). Іншим підходом є застосування трансформатора, який не лише знижує напругу до необхідного рівня, а й забезпечує електричну ізоляцію між високовольтною частиною системи та схемою вимірювання. На Рисунку 1.7 подано приклад такої схеми. Проте вибір та конструювання трансформатора потребують точного визначення робочої точки насичення та правильного формування вихідного сигналу, інакше можуть виникнути спотворення форми синусоїдального сигналу.

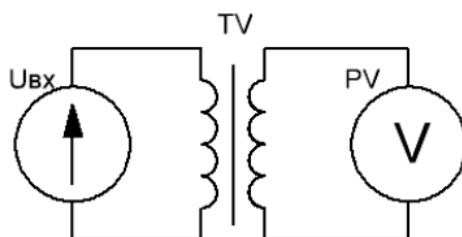


Рисунок 1.7. Схема трансформатора напруги для вимірювання сигналу

Безтрансформаторне джерело живлення. Також існує підхід із використанням нестабілізованої напруги, отриманої безпосередньо зі входу електроживлення. Такий варіант дозволяє отримати сигнал, пропорційний вхідній напрузі, і водночас жити вимірювальну схему. Основним недоліком є відсутність гальванічної розв'язки.

1.2.2 Вимірювання струму

Для визначення потужності необхідно також точно виміряти величину струму, що протікає через електроприлад. Серед перевірених методів виділяють:

Метод з використанням вимірювального шунта (рис.1.8). Принцип роботи цього методу базується на законі Ома: при протіканні струму через резистивний елемент (шунт) виникає падіння напруги, яке пропорційне значенню струму. Вираз для розрахунку має вигляд:

$$U_{ш} = I_{ш} \times R_{ш} \quad (1.5)$$

де:

- $U_{ш}$ – напруга, що фіксується на шунті;
- $I_{ш}$ – струм, який протікає через шунт;
- $R_{ш}$ – опір шунтового елемента.

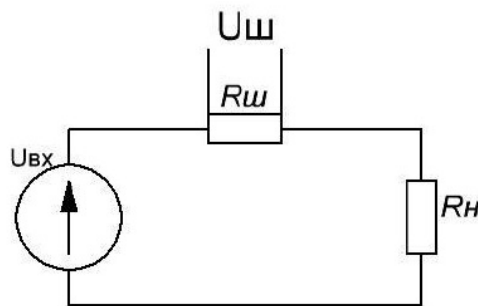


Рисунок 1.8. Схематичне зображення використання вимірювального шунта

Використання шунта ефективно при малих струмах, але при значних струмах навіть невелике падіння напруги може призвести до значних теплових втрат. Наприклад, у струмових шунтах серії FL-2С для номінального струму 100 А типове падіння складає близько 75 мВ. Оскільки цих 75 мВ недостатньо для прямого вимірювання на вході ADC (5 В), зазвичай потрібне застосування додаткового підсилювача, що ускладнює схему та може вносити похибки.

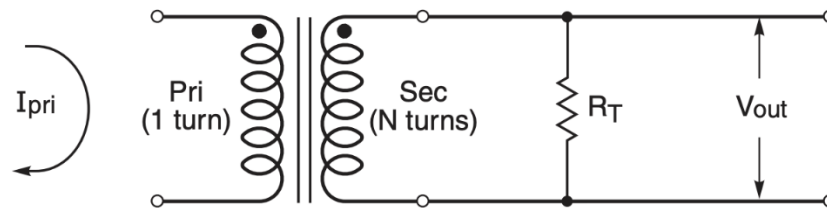


Рисунок 1.9. Схема застосування трансформатора для вимірювання струму

Вимірювальні трансформатори струму (рис.1.9). Цей метод заснований на використанні традиційного трансформатора, де первинна обмотка інтегрується в електричний ланцюг, а вторинна подається на вимірювальні пристрої. Основною перевагою є можливість вимірювання великих струмів та забезпечення гальванічної розв'язки. Проте увага має приділятися навантаженню вторинної обмотки: його відсутність може призвести до виникнення небезпечних високих потенціалів, а магнітні явища – до спотворення форми сигналу.

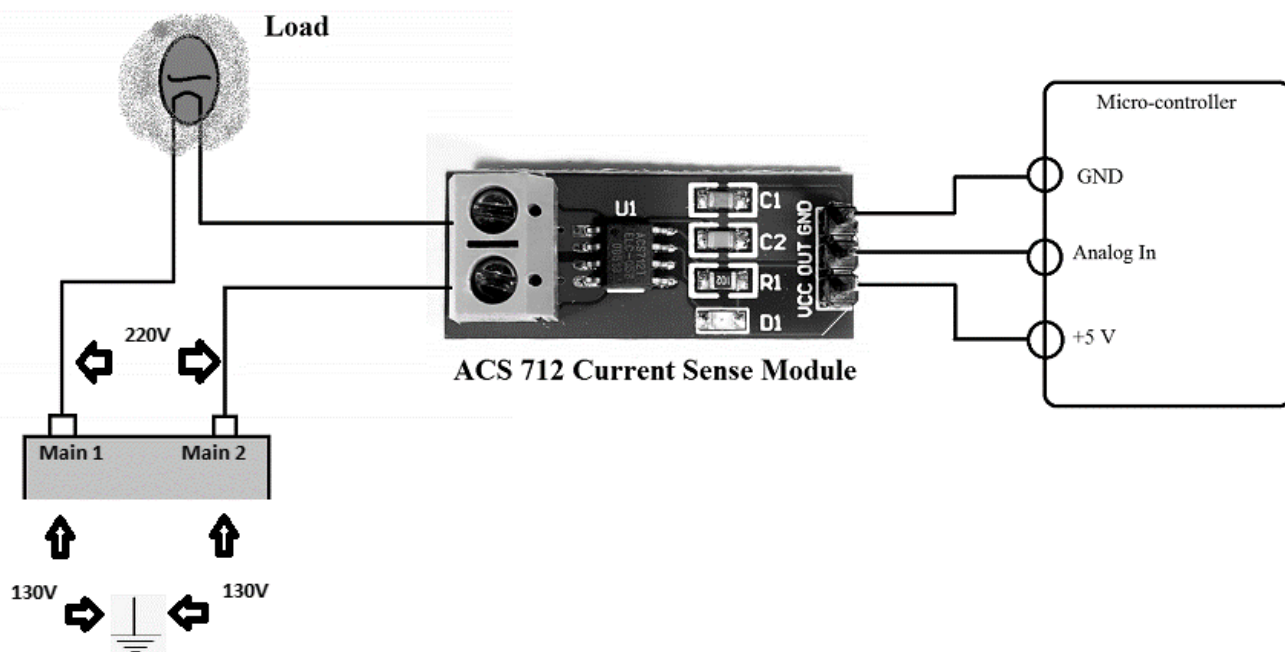


Рисунок 1.10. Схематика підключення датчика струму ACS712

Датчики струму на основі ефекту Холла (рис.1.10). Останнім часом дедалі популярнішим стають датчики струму, що працюють на основі ефекту Холла. При розміщенні провідника із струмом у магнітному полі на спеціальній тонкій пластинці напівпровідникового матеріалу виникає поперечна ЕРС (електрорушійна сила), що пропорційна силі струму. Наприклад, інтегральний

датчик ACS712 від Allegro Microsystems має чутливість 100 мВ/А та забезпечує вбудовану гальванічну розв'язку. При відсутності вимірюваного струму вихідна напруга датчика дорівнює половині напруги живлення ($V_{cc}/2$), що дозволяє легко обраховувати як позитивні, так і негативні відхилення. Завдяки малому часу наростання (близько 3.5 мкс) датчик дозволяє проводити точний розрахунок середньоквадратичного значення змінного струму.

Кожен із описаних методів має свої переваги та обмеження. Використання простого дільника напруги забезпечує компактність та мінімальну складність схеми, але супроводжується високими тепловими втратами і відсутністю гальванічної ізоляції. Трансформаторний метод дозволяє досягти високої точності та безпеки, однак вимагає складнішої конструкції і ретельного налаштування робочих характеристик. При вимірюваннях струму застосування шунтів забезпечує простоту реалізації, але може потребувати підсилення сигналу для коректної обробки, тоді як датчики на основі ефекту Холла пропонують безконтактне визначення струму з гальванічною розв'язкою і швидкою реакцією.

Таким чином, вибір конкретного методу визначається специфікою застосування, вимогами до точності вимірювання, рівнем безпеки та умовами експлуатації. У наступних підрозділах буде розглянуто питання інтеграції обраних рішень із системою мікроконтролерної обробки сигналу та методами компенсації можливих похибок.

1.3 Розробка структурної схеми системи дистанційного визначення споживаної електричної потужності

Розробка системи дистанційного визначення споживаної електричної потужності базувалася на принципах модульності та масштабованості. Схема побудована таким чином, щоб забезпечити одночасну роботу кількох вимірювальних блоків, які можуть бути розташовані на відстані один від одного. Кожен вимірювальний блок незалежно від інших збирає інформацію про споживану потужність свого підключеного споживача та передає її до головного блоку. Головний блок обробляє всі отримані дані та передає їх на ПК, де користувач може відслідковувати роботу всієї системи в реальному часі.

					<i>КС 58. 21 000. 00 ДП ПЗ</i>	Арк.
						18
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Система забезпечує незалежне функціонування кожного вимірювального блоку, що дозволяє розширювати її без суттєвих змін у структурі. Кожен вимірювальний блок має ідентичну архітектуру, що спрощує процес масштабування системи при додаванні нових блоків. Для кожного з них передбачено окремий набір датчиків, мікроконтролер і модуль радіозв'язку, що дозволяє їм працювати незалежно один від одного.

Принцип роботи системи є таким:

1. Опитування датчиків. Кожен вимірювальний блок починає свою роботу з періодичного опитування датчиків напруги та струму. Це здійснюється мікроконтролером, який зчитує значення напруги і сили струму, що протікає через споживача. Датчики забезпечують високу точність вимірювань, що є критично важливим для точного визначення споживаної електричної потужності.

2. Обробка даних. Після зчитування даних мікроконтролер виконує попередню обробку отриманої інформації. Він перетворює аналогові сигнали від датчиків у цифрові дані, а також здійснює первинні обчислення для визначення потужності. Формула для розрахунку активної потужності $P = U \times I \times \cos(\phi)$, де U — напруга; I — сила струму; $\cos(\phi)$ — коефіцієнт потужності.

У випадку наявності різних типів навантажень (активних, індуктивних, ємнісних) мікроконтролер також може проводити більш складні обчислення для визначення реактивної потужності, залежно від типу споживача.

3. Передача даних. Оброблені дані з мікроконтролера передаються до головного блоку за допомогою радіозв'язку. Використання бездротової передачі даних забезпечує високу мобільність системи і дозволяє розміщувати вимірювальні блоки на значній відстані від головного блоку. Технології радіозв'язку, такі як ZigBee або Bluetooth Low Energy (BLE), використовуються через їхню енергоефективність і стійкість до перешкод.

4. Обробка на головному блоці. Головний блок збирає дані від усіх підключених вимірювальних блоків. Він агрегує інформацію про споживання енергії з кожного блоку, а також може здійснювати додаткову обробку даних, наприклад, їх фільтрацію або виявлення аномалій у споживанні.

					<i>КС 58. 21 000. 00 ДП ПЗ</i>	Арк.
						19
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5. Передача даних на ПК. Після збору і обробки інформації головний блок передає зведені дані на персональний комп'ютер користувача. На ПК встановлюється програмне забезпечення, яке виводить інформацію про споживану потужність в реальному часі, а також надає можливість перегляду історичних даних і генерації звітів.

6. Аналіз та моніторинг споживання енергії. Користувач через програмне забезпечення має можливість контролювати споживання електроенергії кожного споживача. Зазвичай відображається поточна потужність, середнє споживання за певний період, а також графіки зміни споживання в часі. Такі дані дозволяють користувачу здійснювати аналіз ефективності використання електроенергії та, за необхідності, оптимізувати енергоспоживання.

Переваги та особливості розроблюваної системи є такими:

1. Масштабованість. Система спроектована таким чином, що може легко розширюватися за рахунок додавання нових вимірювальних блоків. Кожен блок функціонує автономно, незалежно від інших блоків, що дозволяє збільшувати кількість контрольованих споживачів без перегляду архітектури системи.

2. Бездротовий зв'язок. Завдяки використанню бездротового зв'язку система не вимагає прокладання додаткових кабелів для передачі даних. Це значно знижує витрати на встановлення і дає можливість використовувати систему в місцях з важкодоступною проводкою або на великих відстанях між компонентами.

3. Енергоефективність. Використання сучасних мікроконтролерів та технологій радіозв'язку з низьким енергоспоживанням забезпечує тривалу роботу вимірювальних блоків без необхідності частої заміни джерел живлення або складного технічного обслуговування.

4. Гнучкість та універсальність. Система може бути налаштована для роботи з різними типами споживачів електроенергії: як побутовими приладами, так і промисловими установками. Це дозволяє адаптувати її для широкого спектра застосувань, від домашнього моніторингу до використання на підприємствах для оптимізації енергоспоживання.

					<i>КС 58. 21 000. 00 ДП ПЗ</i>	Арк.
						20
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5. Безпека та надійність. Під час розробки особлива увага була приділена безпеці. Використання ізольованих давачів та блоків живлення гарантує, що високовольтні ланцюги не загрожують роботі низьковольтних компонентів. Крім того, система може бути оснащена додатковими функціями, такими як захист від перенапруги або короткого замикання.

Розроблювана система, структурна схема якої наведена на рис. 1.11, забезпечує вимірювання електричних параметрів споживаної енергії та передачу даних на головний блок для подальшої обробки та виведення інформації у зручному для користувача вигляді. Основними складовими схеми є:

- МЖ — мережа живлення: джерело електричної енергії для живлення побутових або промислових споживачів. Це базовий елемент, від якого живляться всі компоненти системи, зокрема споживачі енергії.
- ДНтС — давачі напруги та струму: давачі відіграють ключову роль у вимірюванні параметрів електричної мережі. Вони контролюють напругу в мережі живлення та силу струму, що протікає через споживача електроенергії. Ці показники є необхідними для розрахунку споживаної потужності.
- СП — споживач електроенергії: це може бути будь-який пристрій або група пристроїв, що споживають електроенергію від мережі. Споживач може бути побутовим або промисловим, і система здатна відстежувати його споживання енергії в реальному часі.
- БЖ — блок живлення: цей модуль виконує функцію перетворення напруги з мережі живлення у напругу, придатну для живлення мікроконтролера та інших компонентів системи. Він забезпечує стабільне та безперебійне живлення для коректної роботи електронних компонентів.
- МК — мікроконтролер: центральний обчислювальний модуль системи. Мікроконтролер здійснює опитування давачів напруги та струму, обробляє отримані дані і передає їх на радіозв'язковий модуль для відправки інформації на головний блок. МК також може виконувати додаткові функції, такі як валідація даних та базовий аналіз.

					<i>КС 58. 21 000. 00 ДП ПЗ</i>	Арк.
						21
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

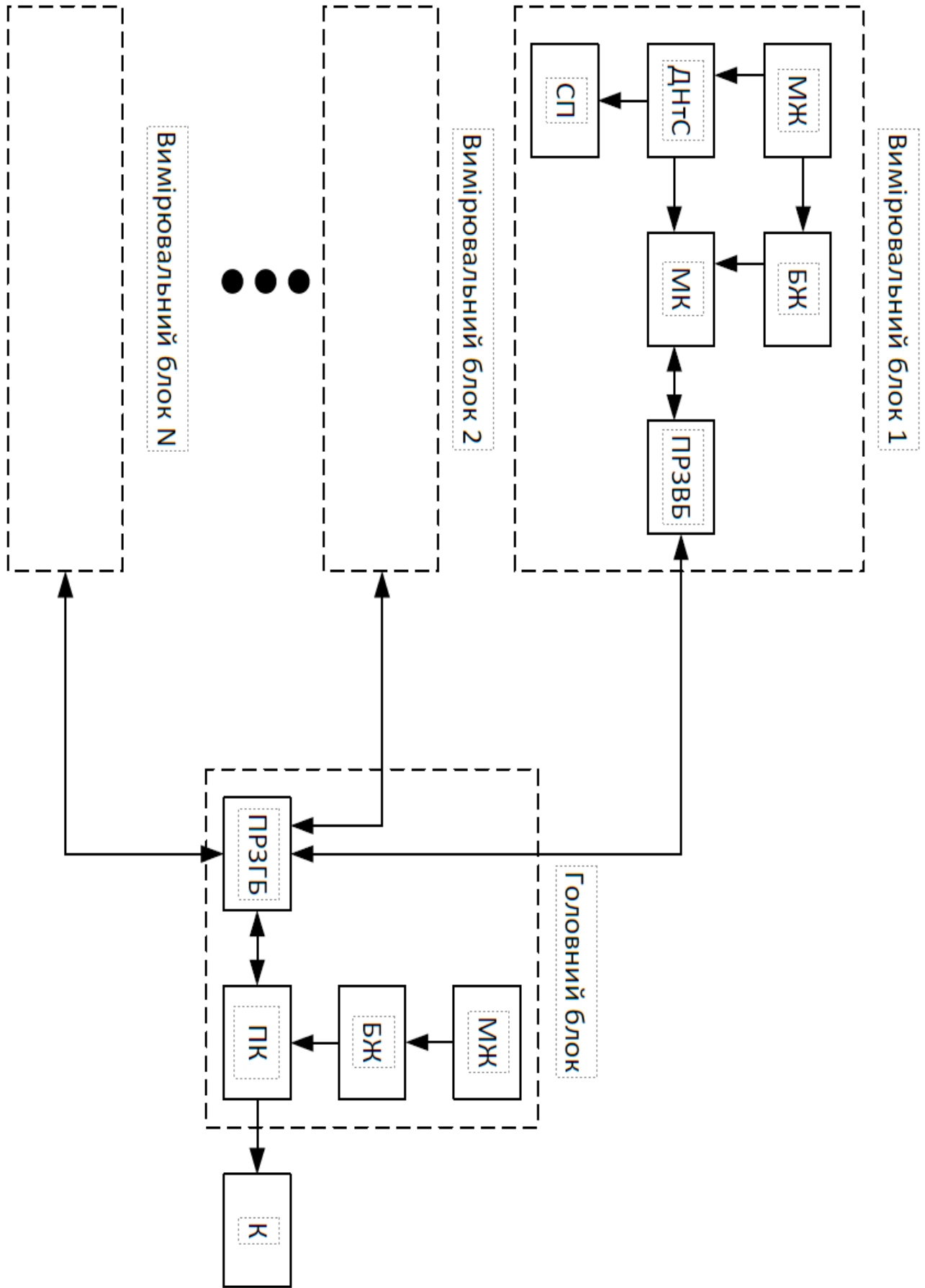


Рисунок 1.11. Структурна схема системи дистанційного визначення споживаної електричної потужності

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КС 58. 21 000. 00 ДП ПЗ

- ПРЗВБ — пристрій радіозв'язку вимірювального блоку: цей модуль забезпечує бездротову передачу даних від вимірювального блоку до головного. Завдяки використанню бездротового з'єднання, вимірювальні блоки можуть бути розташовані на значній відстані від головного блоку.
- ПРЗГБ — пристрій радіозв'язку головного блоку: відповідає за прийом даних від вимірювальних блоків та передачу їх на персональний комп'ютер для подальшої обробки та аналізу.
- ПК — персональний комп'ютер: після отримання даних від головного блоку, ПК виконує їх обробку, аналіз та зберігання. Результати вимірювань відображаються на екрані комп'ютера у вигляді, зрозумілому для користувача.
- К — користувач: кінцевий отримувач інформації, який може моніторити споживану електричну потужність за допомогою програмного забезпечення на персональному комп'ютері.

Розроблювана система дистанційного визначення споживаної електричної потужності має забезпечити високий рівень контролю над енергоспоживанням в реальному часі, мати масштабовану і гнучку архітектуру, а також пропонує можливість інтеграції з існуючими системами управління електроенергією завдяки використанню бездротових технологій і сучасних мікроконтролерів.

1.4 Вибір і опис складових системи дистанційного визначення споживаної електричної потужності

Під час вибору елементної бази системи дистанційного визначення споживаної електричної потужності важливо дотримуватись кількох ключових критеріїв. Перш за все, обрані компоненти мають забезпечувати необхідні електричні параметри з достатньою точністю для отримання коректних результатів вимірювань. Від правильного підбору елементів залежить не лише точність, але й оптимізація ваги та розмірів кінцевого пристрою, що є важливим для досягнення компактності та зручності використання. Крім того, надійність пристрою також багато в чому визначається якістю обраних компонентів, тому доцільно використовувати перевірені рішення, здатні працювати стабільно

					<i>КС 58. 21 000. 00 ДП ПЗ</i>	Арк.
						23
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

впродовж тривалого часу. Вибір елементної бази впливає на технологію виробництва пристрою, зокрема на можливість автоматизації процесу складання, що може суттєво полегшити виробництво в серійних масштабах. Важливим фактором при розробці пристрою є також доступність елементів на ринку, оскільки це впливає на швидкість виготовлення та підтримку приладу в робочому стані. Не менш важливою є й економічна складова: компоненти мають відповідати запланованим бюджетним обмеженням, що дозволить тримати загальну вартість виробу на прийнятному рівні.

Проектована система передбачає використання як активних, так і пасивних електронних компонентів. З огляду на невеликі розміри пристрою, доцільно застосовувати компоненти поверхневого монтажу (SMD), які дозволяють зекономити місце на платі та забезпечують високу щільність монтажу. Однак, оскільки пристрій є прототипом і передбачає експериментальне використання, обрані компоненти повинні бути такими, щоб їх можна було легко паяти вручну, що полегшить процес тестування та подальшого вдосконалення системи.

1.4.1 Датчики струму і джерела напруги

У розроблюваній системі дистанційного визначення споживаної електричної потужності джерелом напруги буде використано нестабілізоване безтрансформаторне джерело живлення. Такий тип джерела є простим у конструкції та дозволяє значно зменшити габарити і масу пристрою, що є критично важливим для забезпечення компактності кінцевого виробу. Нестабілізоване джерело живлення забезпечує базову подачу напруги, достатню для живлення мікроконтролера та інших електронних компонентів системи, які не потребують високої стабільності напруги.

Для вимірювання сили струму у системі буде використовуватися датчик струму на ефекті Холла ACS723. Цей датчик забезпечує точне вимірювання струму у колі за допомогою ефекту Холла, що дозволяє уникнути прямого контакту з високовольтними частинами схеми. Датчик має низький рівень шуму та здатний працювати у широкому діапазоні струмів, що робить його універсальним для більшості завдань. Цей датчик має знижений рівень

					КС 58. 21 000. 00 ДП ПЗ	Арк.
						24
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

електричних шумів та вбудований захист від перенапруги. Використання ACS723 дозволить отримати стабільніші та точніші дані, що особливо важливо для коректного визначення споживаної електричної потужності.

1.4.2 Обчислювальна платформа для вимірювального блоку

Для виконання функцій вимірювання та передачі даних обчислювальна платформа вимірювального блоку повинна мати достатню обчислювальну потужність, щоб здійснювати розрахунки середньоквадратичного значення струму та напруги. Ці дані передаються на головний блок для подальшої обробки, тому вибір мікроконтролера в даному випадку повинен відповідати наступним вимогам:

1. Наявність основних інтерфейсів (UART, SPI, I2C), що необхідні для взаємодії з іншими модулями системи;
2. Вбудований аналого-цифровий перетворювач (АЦП) із роздільною здатністю не менше 8 біт, для точного зчитування аналогових сигналів з датчиків струму та напруги;
3. Висока швидкодія, необхідна для розрахунку середньоквадратичного значення періодичних величин;
4. Наявність 5-вольтової логіки для безпосередньої роботи з датчиком струму;
5. Широка доступність, поширеність та низька вартість, що спрощує проектування та знижує загальну вартість пристрою;
6. Простота в експлуатації та програмуванні, що дозволяє швидко розробляти та налагоджувати систему.

Мікроконтролери сімейства AVR від компанії Atmel відповідають зазначеним вимогам, зокрема модель ATMega328, яка є ідеальним варіантом для цього проекту. Вона має достатні обчислювальні ресурси та інтерфейси для виконання всіх необхідних завдань.

Основні характеристики мікроконтролера ATMega328:

- Тактова частота: до 20 МГц;
- Об'єм Flash-пам'яті: 32 Кб, об'єм SRAM-пам'яті: 2 Кб;

					КС 58. 21 000. 00 ДП ПЗ	Арк.
						25
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- Об'єм EEPROM-пам'яті: 1 Кб;
- Напруга живлення: 1,8 – 5,5 В;
- Споживаний струм в активному режимі: 0,2 мА при 1 МГц, 1,8 В;
- Споживаний струм в режимі сну: 0,75 мкА при 1 МГц, 1,8 В;
- Кількість таймерів: два 8-бітних і один 16-бітний;
- Кількість портів вводу-виводу: 23;
- ШІМ-канали і канали АЦП: 6;
- Апаратні інтерфейси USART, SPI та I²C.

На рис. 1.12 зображено функціональну схему мікроконтролера ATmega328, що ілюструє основні блоки цього пристрою. Він побудований за Гарвардською архітектурою, де адресні простори для пам'яті програм і даних розділені, що дозволяє одночасно виконувати доступ до різних типів пам'яті.

Для розробки вимірювального блоку в цьому проекті доцільно використовувати платформу Arduino Pro Mini, яка базується на мікроконтролері ATmega328. Вона є компактною і підтримує всі необхідні інтерфейси та можливості для підключення датчиків та інших компонентів системи. Плата Arduino Pro Mini має компактні розміри, що важливо для створення невеликих пристроїв. Вона також дозволяє використовувати програмування через зовнішній програматор, що зручно для відлагодження та експлуатації.

На рис. 1.13 показано зовнішній вигляд плати Arduino Pro Mini, включно з її контактами, що використовуються для підключення до інших елементів схеми. Ця плата забезпечує всі необхідні функції для реалізації вимірювального блоку системи дистанційного визначення споживаної електричної потужності.

Через відсутність вбудованого USB-інтерфейсу для програмування ця плата орієнтована на досвідчених користувачів, які можуть використовувати додатковий адаптер USB-to-Serial. Підключення Arduino Pro Mini передбачає використання спеціальних контактів для живлення, вводу-виводу та програмування. До плати можна підключити джерело живлення через роз'єм RAW, який підтримує напругу від 3.4V до 12V, що проходить через вбудований стабілізатор і забезпечує 3.3V або 5V (залежно від версії плати) на виході VCC.

					<i>КС 58. 21 000. 00 ДП ПЗ</i>	Арк.
						27
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Якщо використовується зовнішній стабілізований блок живлення, його можна підключати безпосередньо до контакту VCC. Для заземлення передбачені контакти GND.

Цифрові входи-виходи (позначені як D0–D13) можуть працювати як у режимі введення, так і виведення, а контакти D3, D5, D6, D9, D10 та D11 підтримують широтно-імпульсну модуляцію (PWM). Вбудовані аналогові входи (A0–A7) дозволяють зчитувати дані з датчиків, працюючи з напругою від 0 до 5V (або 3.3V залежно від версії).

Крім того, плата підтримує роботу з комунікаційними інтерфейсами: UART (D0 – RX, D1 – TX) для зв'язку з комп'ютером або іншими мікроконтролерами, SPI (D10–D13) для підключення периферійних пристроїв, таких як карти пам'яті та дисплеї, та I²C (A4 – SDA, A5 – SCL) для взаємодії з датчиками та іншими модулями.

Програмування Arduino Pro Mini здійснюється за допомогою адаптера USB-to-Serial, який підключається до відповідних контактів (GND, VCC, TX, RX, DTR). Контакт DTR використовується для автоматичного скидання плати під час завантаження скетчу. Через малий розмір і низьке енергоспоживання плата ідеально підходить для автономних пристроїв, робототехніки, портативних гаджетів і систем розумного дому. Завдяки сумісності з Arduino IDE її можна легко програмувати, використовуючи стандартні бібліотеки та інструменти.

1.4.3 Пристрій радіозв'язку між вимірювальним блоком та головним

Для організації надійного каналу радіозв'язку між вимірювальним блоком та головним модулем було обрано радіомодуль SE8R01 (рис.1.14), який забезпечує швидку та енергоефективну передачу даних. Цей модуль працює на частоті 2.4 ГГц, що дозволяє йому передавати інформацію в межах квартири без значного впливу на навколишні пристрої та людину. Його використання відповідає чинним законодавчим нормам щодо бездротового зв'язку.

Керування NRF24L01+ здійснюється через інтерфейс SPI, що забезпечує швидкий обмін даними між мікроконтролерами вимірювального та головного блоків. Радіомодуль підтримує швидкість передачі до 2 Мбіт/с, що дозволяє

					<i>КС 58. 21 000. 00 ДП ПЗ</i>	Арк.
						29
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ефективно передавати виміряні значення потужності. Завдяки наявності 126 каналів зв'язку можливе використання багатоточкових конфігурацій та уникнення перешкод від інших бездротових пристроїв. Вбудований механізм контролю помилок і автоматичне підтвердження прийому даних забезпечують високу надійність обміну інформацією.

Живлення модуля можливе в діапазоні від 1.9 В до 3.6 В, але рекомендовано використовувати стабілізовану напругу 3.3 В. Модуль споживає малий струм (близько 11 мА під час роботи), що важливо для автономних систем. Дальність зв'язку в приміщенні залежить від перешкод і може сягати 30-50 м, а на відкритому просторі – до 100 м.

Конструктивно радіомодуль виконаний у вигляді компактної плати з інтегрованою антеною. Він має 8 виводів для підключення до мікроконтролера:

- VCC – живлення 3.3 В;
- GND – заземлення;
- CE – керування режимами роботи;
- CSN – вибір пристрою SPI;
- SCK – тактовий сигнал;
- MOSI – передача даних від мікроконтролера;
- MISO – прийом даних від радіомодуля;
- IRQ – вихід переривань.



Рисунок 1.14. Зовнішній вигляд та підключення радіомодулю SE8R01

При налаштуванні радіомодуля в режим приймача високий рівень на CE дозволяє отримувати дані, а низький переводить його в режим очікування. У режимі передавача CE зазвичай знаходиться в низькому стані, а для передачі даних необхідно короткочасно подавати на нього високий рівень.

SE8R01 підтримує технологію Enhanced ShockBurst, що дозволяє організувати енергоефективний двосторонній обмін даними. Передача відбувається у вигляді пакетів, які містять преамбулу для синхронізації, адресу приймача, службові дані, корисне навантаження (до 32 байт) і контрольну суму для перевірки цілісності.

Таким чином, використання SE8R01 у системі дистанційного визначення споживаної електричної потужності забезпечує ефективний, надійний та економічний спосіб передачі даних між вимірювальним і головним блоками.

1.4.4 Платформа головного блоку системи

Головний блок виконує роль центра обробки даних у системі дистанційного визначення споживаної електричної потужності. Він отримує дані від вимірювального блоку, зберігає їх і відображає у зручному для користувача вигляді. Для ефективної роботи система потребує обчислювальної платформи, яка відповідає таким критеріям: низьке енергоспоживання, доступна вартість, компактні розміри, можливість взаємодії із зовнішніми пристроями на низькому рівні та достатня швидкодія для обробки даних і візуалізації результатів.

Враховуючи ці вимоги, оптимальним рішенням для головного блоку є одноплатний міні-комп'ютер Raspberry Pi 2 (рис.1.15). Це популярна платформа, заснована на 4-ядерному процесорі ARM Cortex-A7 із тактовою частотою 900 МГц, що забезпечує достатню продуктивність для виконання поставлених завдань. Обсяг оперативної пам'яті 1 ГБ (DDR2) дозволяє обробляти отримані дані в режимі реального часу.

Однією з ключових переваг Raspberry Pi 2 є велика кількість периферійних інтерфейсів, серед яких 40 портів GPIO, що підтримують UART, I2C, SPI, 1-Wire для підключення зовнішніх сенсорів, дисплеїв та інших модулів. Крім того, пристрій оснащений 4 портами USB 2.0, Ethernet-роз'ємом, HDMI, комбінованим 3,5-мм аудіовиходом та композитним відеовиходом, що дозволяє працювати з різними зовнішніми пристроями та передавати дані через дротові та бездротові мережі.

					<i>КС 58. 21 000. 00 ДП ПЗ</i>	Арк.
						31
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

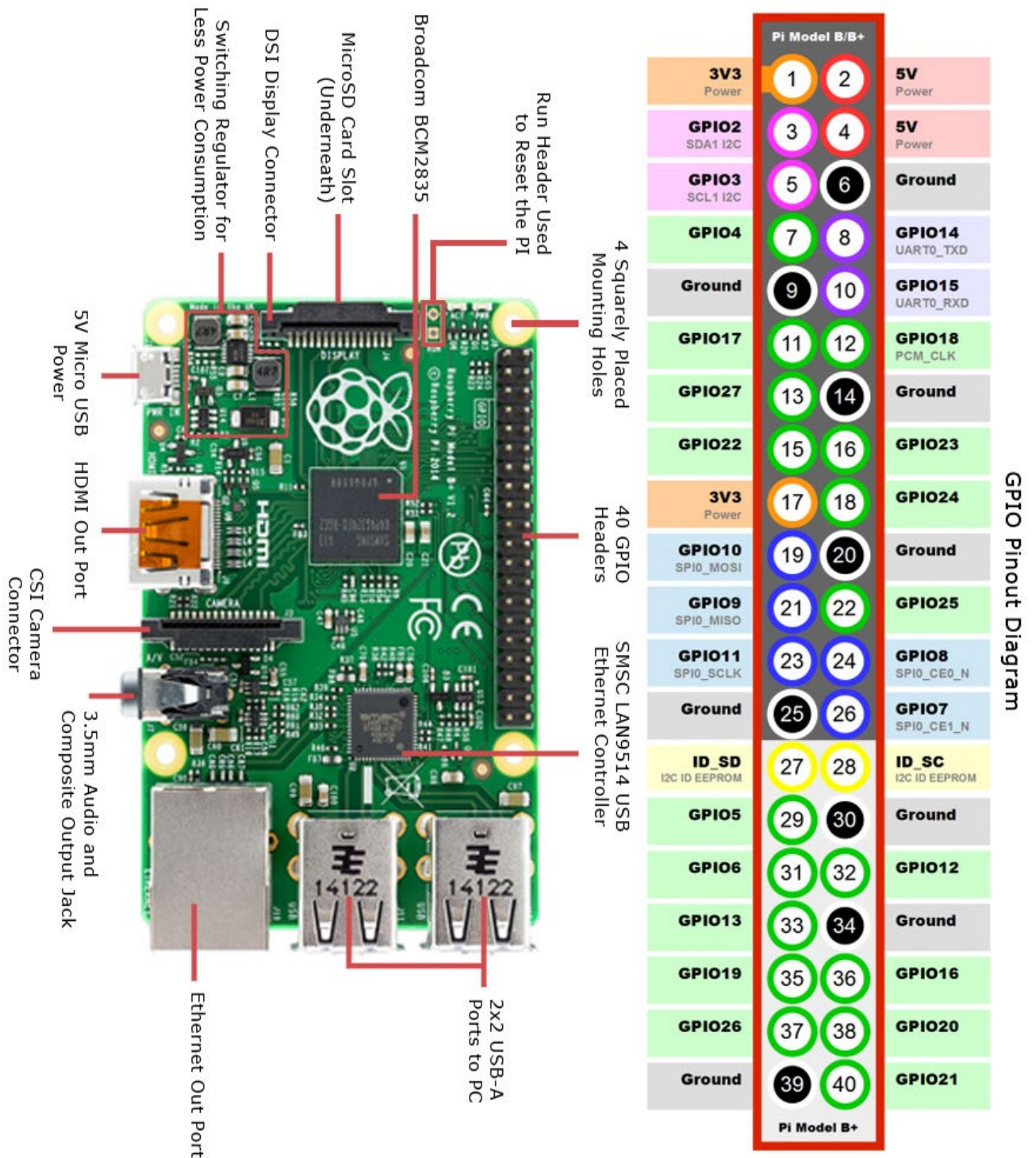


Рисунок 1.15. Зовнішній вигляд та підключення платформи Raspberry Pi 2

Завдяки підтримці операційних систем на базі ядра Linux, Raspberry Pi 2 може використовувати широкий спектр програмного забезпечення для обробки, аналізу та візуалізації отриманих даних. Також його можна налаштувати як локальний веб-сервер, що дозволить отримувати доступ до вимірних даних через браузер або мобільний додаток.

Пристрій має компактні розміри 85,6×53,98×17 мм, що дозволяє інтегрувати

його у невеликі корпуси або електронні системи. Живлення здійснюється через Micro-USB (5 В), а енергоспоживання становить до 800 мА без підключених додаткових пристроїв, що робить його енергоефективним рішенням для безперервної роботи.

Таким чином, використання Raspberry Pi 2 у якості головного блоку є виправданим завдяки його високій продуктивності, широким комунікаційним можливостям, підтримці сучасних операційних систем та низькому енергоспоживанню. Це забезпечує стабільну та ефективну роботу всієї системи дистанційного визначення споживаної електричної потужності.

1.4.5 Стабілізатори напруги живлення компонентів системи

Для забезпечення стабільного живлення компонентів системи дистанційного визначення споживаної електричної потужності необхідно використовувати надійні стабілізатори напруги з низьким падінням напруги (LDO). Вони дозволяють підтримувати стабільну вихідну напругу навіть при зміні навантаження та незначних коливаннях вхідної напруги.

У цій системі використовуються два типи стабілізаторів:

- AMS1117-3.3 – для отримання 3,3 В;
- AMS1117-5.0 – для отримання 5 В.

Ці стабілізатори мають низьке падіння напруги, приблизно 1,1 В, що дозволяє ефективно працювати при невеликій різниці між вхідною та вихідною напругою.

Основні характеристики стабілізаторів AMS1117:

- Максимальна вхідна напруга – до 15 В;
- Вихідний струм – до 1 А, що дозволяє жити основні модулі системи;
- Робоча потужність – до 12 Вт;
- Робочий температурний діапазон – від -40°C до +125°C, що забезпечує стабільність у різних умовах.

Також можливе використання стабілізаторів MIC29302-3.3WT та MIC29302-5.0WT, які мають ще нижче падіння напруги (до 0,6 В) і забезпечують високу ефективність при роботі з більшою потужністю.

					<i>КС 58. 21 000. 00 ДП ПЗ</i>	Арк.
						33
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.4.6 Випрямлячі напруги у системі

Для випрямлення змінної напруги у системі дистанційного визначення споживаної електричної потужності використовується діодний міст, який забезпечує перетворення змінного струму в постійний. При виборі діодного мосту необхідно враховувати такі параметри, як максимальна допустима напруга, прямий струм та тип монтажу.

У даній системі використовується діодний міст MB6S виробництва ON Semiconductor, який є компактним і зручним для поверхневого монтажу. Він містить чотири діоди у корпусі типу SOIC-4, що дозволяє заощадити місце на платі та зменшити кількість монтажних операцій.

Основні характеристики MB6S:

- Максимальна вхідна напруга – 600 В;
- Прямий струм – 0,5 А;
- Піковий струм перевантаження – 30 А;
- Низький рівень зворотного струму, що підвищує ефективність випрямлення;
- Малий розмір корпусу, що робить його зручним для компактних електронних пристроїв.

Також можливе використання діодного мосту KBR206G від Diodes Incorporated, який має аналогічні характеристики, але підтримує струм до 2 А, що дозволяє використовувати його в системах з підвищеним навантаженням.

1.4.7 Напівпровідникові стабілітрони у системі

Для забезпечення стабільного рівня напруги в електронних схемах системи дистанційного визначення споживаної електричної потужності використовується стабілітрон. Він служить для обмеження напруги в межах заданого рівня, захисту від перенапруг та стабілізації живлення чутливих компонентів.

У цій системі застосовується стабілітрон MMSZ8V2T1G виробництва ON Semiconductor, який є компактним та призначений для поверхневого монтажу у корпусі SOD-123.

					<i>КС 58. 21 000. 00 ДП ПЗ</i>	Арк.
						34
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Основні характеристики MMSZ8V2T1G:

- Напруга стабілізації – 8,2 В;
- Точність стабілізації – $\pm 5\%$;
- Максимальний прямий струм – 200 мА;
- Малий рівень динамічного опору, що забезпечує стабільну роботу у широкому діапазоні струмів;
- Компактний корпус SOD-123, що дозволяє використовувати його у схемах з обмеженим простором.

Альтернативним варіантом може бути BZT52C8V2S від Vishay, який має аналогічні параметри та забезпечує стабільну роботу в низьковольтних електронних пристроях.

1.4.8 Напівпровідникові діоди у системі

У системі дистанційного визначення споживаної електричної потужності напівпровідникові діоди використовуються для випрямлення змінного струму, захисту від перенапруг та керування струмовими потоками. При виборі діодів необхідно враховувати такі параметри, як робоча напруга, максимальний прямий струм, тип корпусу та метод монтажу.

Для даної системи обрано діоди M7 виробництва Diodes Incorporated, які виконані у корпусі DO-214AC (SMA) і призначені для поверхневого монтажу.

Основні характеристики M7:

- Максимальна робоча напруга – 1000 В;
- Прямий струм – 1 А;
- Піковий імпульсний струм – 30 А;
- Низький рівень зворотного струму, що забезпечує високу ефективність роботи;
- Компактний корпус, який дозволяє зменшити розміри друкованої плати.

Альтернативним варіантом є S1M від ON Semiconductor, який має аналогічні характеристики, але додатково відзначається підвищеною стійкістю до температурних коливань.

					<i>КС 58. 21 000. 00 ДП ПЗ</i>	Арк.
						35
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.4.9 Резистори та конденсатори у системі

Резистори та конденсатори виконують важливі функції у системі дистанційного визначення споживаної електричної потужності. При виборі цих компонентів необхідно враховувати їх стабільність характеристик, довговічність, температурний діапазон роботи та зручність монтажу:

- Металоплівкові резистори серії CFR від компанії Royal Ohm. Вони забезпечують високу точність, стабільність характеристик у широкому температурному діапазоні (від -55°C до $+155^{\circ}\text{C}$) та витримують робочу напругу до 500 В;
- Керамічні SMD-резистори серії RC від Yageo типорозміру 1206. Вони мають низький рівень шуму, високу термічну стабільність та зручні для поверхневого монтажу;
- Багатооборотні потенціометри серії 3296P від Vishay. Ці потенціометри забезпечують точне регулювання опору, мають високу механічну зносостійкість та зберігають стабільність характеристик протягом тривалого часу;
- Плівкові конденсатори серії CBV21 від EPCOS (TDK). Вони мають низький рівень втрат, високу стабільність ємності та компактні розміри.
- Електролітичні конденсатори для поверхневого монтажу серії EEE-FK від Panasonic, які забезпечують високу надійність, низький рівень імпедансу та тривалий термін служби;
- Керамічні SMD-конденсатори серії GRM від Murata з діелектриком X7R та типорозміром 1206. Вони забезпечують високу термічну стабільність, низький рівень втрат та використовуються в схемах стабілізації живлення.

Вибір чіп-резисторів і чіп-конденсаторів типорозміру 1206 обумовлений тим, що пристрій розробляється для експериментального та штучного виконання, тому елементи такого розміру можуть бути змонтовані без спеціалізованого обладнання, використовуючи лише паяльник. У разі масового виробництва пристрою можливий перехід на менші типорозміри компонентів для зменшення габаритів друкованої плати.

					<i>КС 58. 21 000. 00 ДП ПЗ</i>	Арк.
						36
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.4.10 Контактні елементи у системі

Контактні елементи у системі дистанційного визначення споживаної електричної потужності забезпечують надійне електричне з'єднання між модулями та компонентами. До них належать клемники, міжплатні з'єднувачі та інші конектори, які повинні бути зручними для монтажу, витримувати необхідні струми та напруги, а також забезпечувати механічну стійкість з'єднань.

Для реалізації електричних підключень у системі використовуються наступні елементи:

- Клемники серії XY2500-5.0-2P від DGKYD. Це гвинтові клемники на два контакти з міжконтактною відстанню 5 мм, які забезпечують надійне закріплення проводів. Вони розраховані на номінальний струм до 16 А та напругу до 300 В, що робить їх оптимальними для підключення силових ланцюгів;
- Міжплатний з'єднувач HT508-08 від HRO Electronics. Це 8-контактний конектор із кроком 2,54 мм, що забезпечує сумісність із радіомодулем, обраним у попередніх розділах. Його конструкція дозволяє легко підключати та відключати модулі без втрати контакту, що важливо для технічного обслуговування та налаштування системи.

1.5 Розробка принципової електричної схеми вимірювального блоку системи

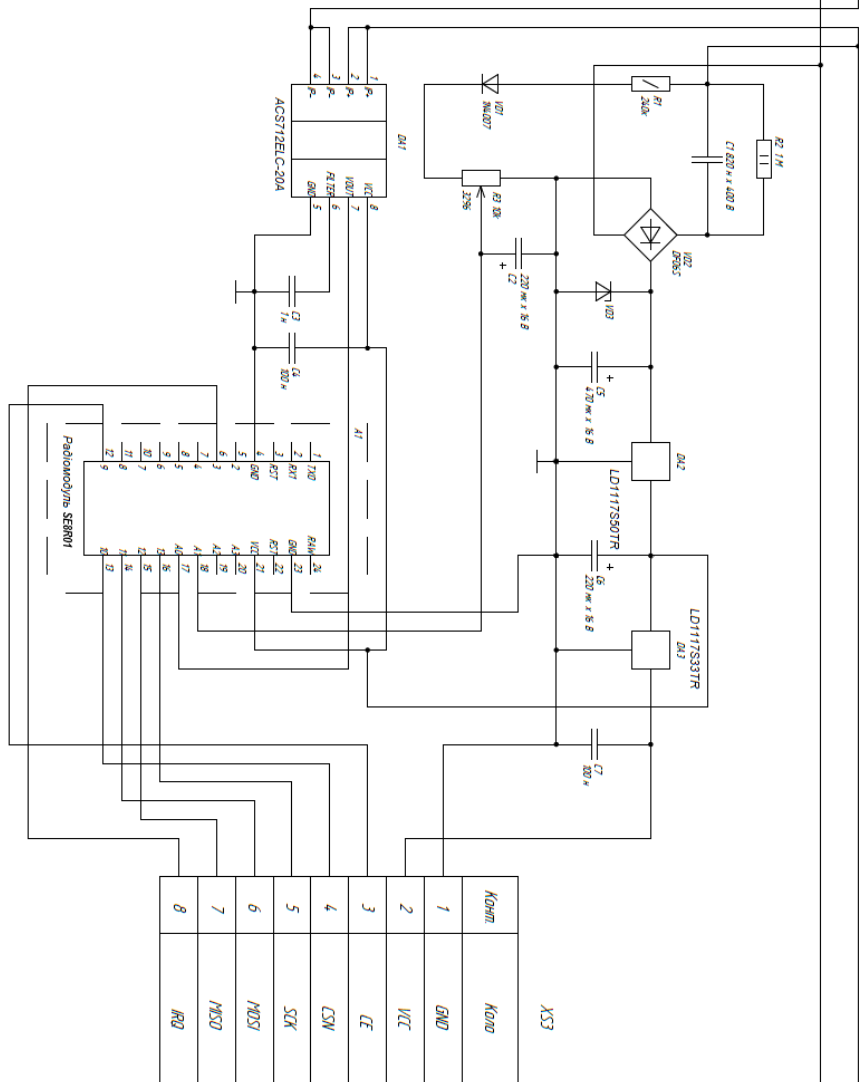
Принципова електрична схема вимірювального блоку розроблена відповідно до наведеної вище структурної схеми пристрою та зображена на рис. 1.16. Далі наведено опис роботи окремих вузлів схеми та їх розрахунки.

Оскільки вимірювальний блок встановлюється всередині підрозетника, важливо обрати компактне джерело живлення. Використання трансформаторного джерела є недоцільним, оскільки трансформатор створює магнітне поле, яке може впливати на датчик струму, що працює на основі ефекту Холла. Тому в даній схемі використовується безтрансформаторне джерело живлення, зображене на рис. 1.17.

					<i>КС 58. 21 000. 00 ДП ПЗ</i>	Арк.
						37
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Код	Комп
~ 220 В	1
~ 220 В	2

XS1



Код	Комп
~ 220 В	1
~ 220 В	2

XS2

Код	Комп
GND	1
VCC	2
CE	3
CSN	4
CLK	5
MISO	6
MISO	7
RD	8

XS3

Рисунок 1.16. Принципова електрична схема вимірювального блоку системи

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

$$I_{AM} = \frac{I_{AC}}{\sqrt{2}} \quad (1.7)$$

Ємність конденсатора С1 обирається таким чином, щоб забезпечити необхідний струм для навантаження. Формула для розрахунку ємності:

$$C_1 = \frac{I_{AC}}{2\pi f U_{AC}} \quad (1.8)$$

де:

- f – частота мережі (50 Гц);
- U_{AC} – дійова напруга мережі (220 В).

Підставляючи значення, отримуємо:

$$C_1 = \frac{50 \times 10^{-3}}{2\pi \times 50 \times 220} \approx 720 \text{ нФ} \quad (1.9)$$

Орієнтуючись на стандартний номінальний ряд Е24, обираємо конденсатор 820 нФ. Конденсатор С1 повинен бути плівковим, з робочою напругою понад амплітудне значення мережі (315 В).

Резистор R1 (для розрядки конденсатора при відключенні живлення) обирається 1 МОм, 2 Вт, щоб забезпечити швидкий розряд С1 без надмірного нагріву.

Діодний міст VD1 використовується для випрямлення змінної напруги та інвертування її у додатну. Стабілітрон VD2 згладжує пульсуючу напругу, стабілізуючи її рівень.

Конденсатори С2 і С3 слугують енергетичними буферами:

- С2 (470 мкФ, 16 В) – основний фільтруючий конденсатор;
- С3 (220 мкФ, 16 В) – допоміжний стабілізуючий конденсатор.

Вибір робочої напруги 16 В забезпечує запас у 2 рази від розрахункового значення 7,5 В.

Стабілізатор напруги DA1 відповідає за встановлення необхідного рівня напруги. Вихідна напруга залежить від типу стабілізатора, тому для отримання 3,3 В і 5 В використовуються AMS1117-3.3 та AMS1117-5.0 відповідно (рис.1.18).

					<i>КС 58. 21 000. 00 ДП ПЗ</i>	Арк.
						40
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

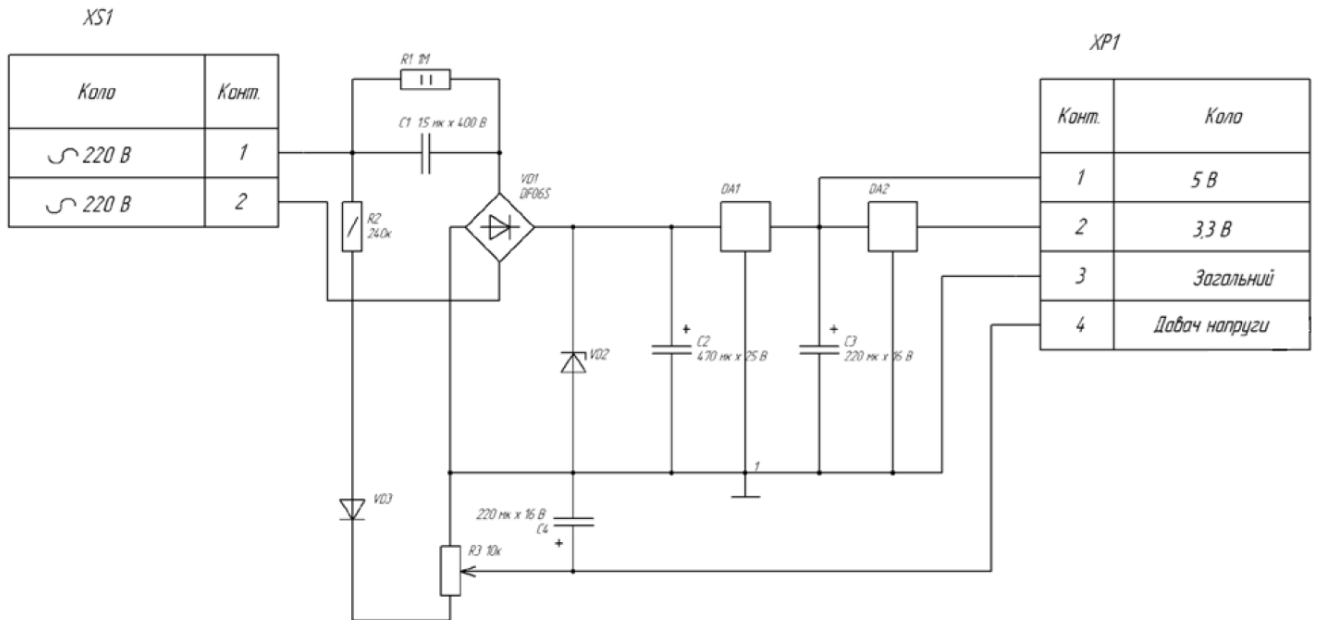


Рисунок 1.18. Схема стабілізованого подвійного джерела живлення системи

1.5.2 Формування датчика напруги

На основі цієї схеми можна реалізувати датчик напруги (рис. 1.18).

$$U_{OUT} = \frac{R_4}{R_3 + R_4} U_{IN} \quad (1.9)$$

де:

- R4 – резистор, на якому падає напруга мережі;
- R3 – підстроювальний резистор для калібрування напруги.

Діод VD3 прибирає від’ємну напівхвилю, а C4 перетворює пульсуючу напругу на постійну.

Розрахунок R2 для обмеження струму через датчик напруги:

$$R_2 = \frac{U_{AC}}{I_{R2}} \quad (1.10)$$

При $U_{AC} = 220$ В та $I_{R2} = 1$ мА:

$$R_2 = \frac{220}{1 \times 10^{-3}} = 220 \text{ кОм}$$

Обрано $R_2 = 240$ кОм, 0,125 Вт.

Резистор R3 (10 кОм) дозволяє точно підлаштувати вихідну напругу відповідно до вимірюваного сигналу. Конденсатор C4 (220 мкФ, 16 В) використовується для згладжування напруги.

1.6 Розробка макету друкованої плати вимірювального блоку

При проектуванні друкованої плати вимірювального блоку були враховані вимоги до компактності та зручності розміщення компонентів у корпусі пристрою. Для цього було обрано друковану плату розміром 55 мм на 60 мм із зрізаними кутами по 10 мм під кутом 45 градусів з усіх сторін, що надало їй восьмикутну форму. Така конфігурація забезпечує оптимальне використання простору в корпусі та дозволяє зручно розмістити всі необхідні елементи.

Згідно з електричною принциповою схемою, на платі повинні бути присутні провідники різного призначення: силові та сигнальні. Кожен тип провідника має різні значення прикладеної напруги та струму, що протікає крізь нього. Тому для забезпечення надійної роботи системи потрібно обрати ширину провідників відповідно до струму, який через них протікає.

Мінімальна допустима ширина провідника визначається з урахуванням допустимого рівня струму за формулою:

$$W = \frac{I_{\max}}{h_p \cdot j_p} \quad (1.11)$$

де:

- I_{\max} – максимальний струм;
- h_p – товщина шару металізації;
- j_p – допустима щільність струму в провіднику.

Щільність струму в друкованому провіднику приймається рівною $j_p = 20 \text{ А/мм}^2$. Для виготовлення друкованої плати обрано третій клас точності, що забезпечує мінімальну ширину провідника на рівні 0,3 мм. Це відповідає виробничим можливостям. На платі будуть присутні провідники, по яких проходять струми до 15 А і до 50 мА. Оптимальні значення ширини провідників для таких струмів наведено в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1. Оптимальна ширина провідників для друкованої плати

Струм	Ширина провідника
До 15 А	2,5 мм
До 50 мА	0,3 мм або 0,55 мм

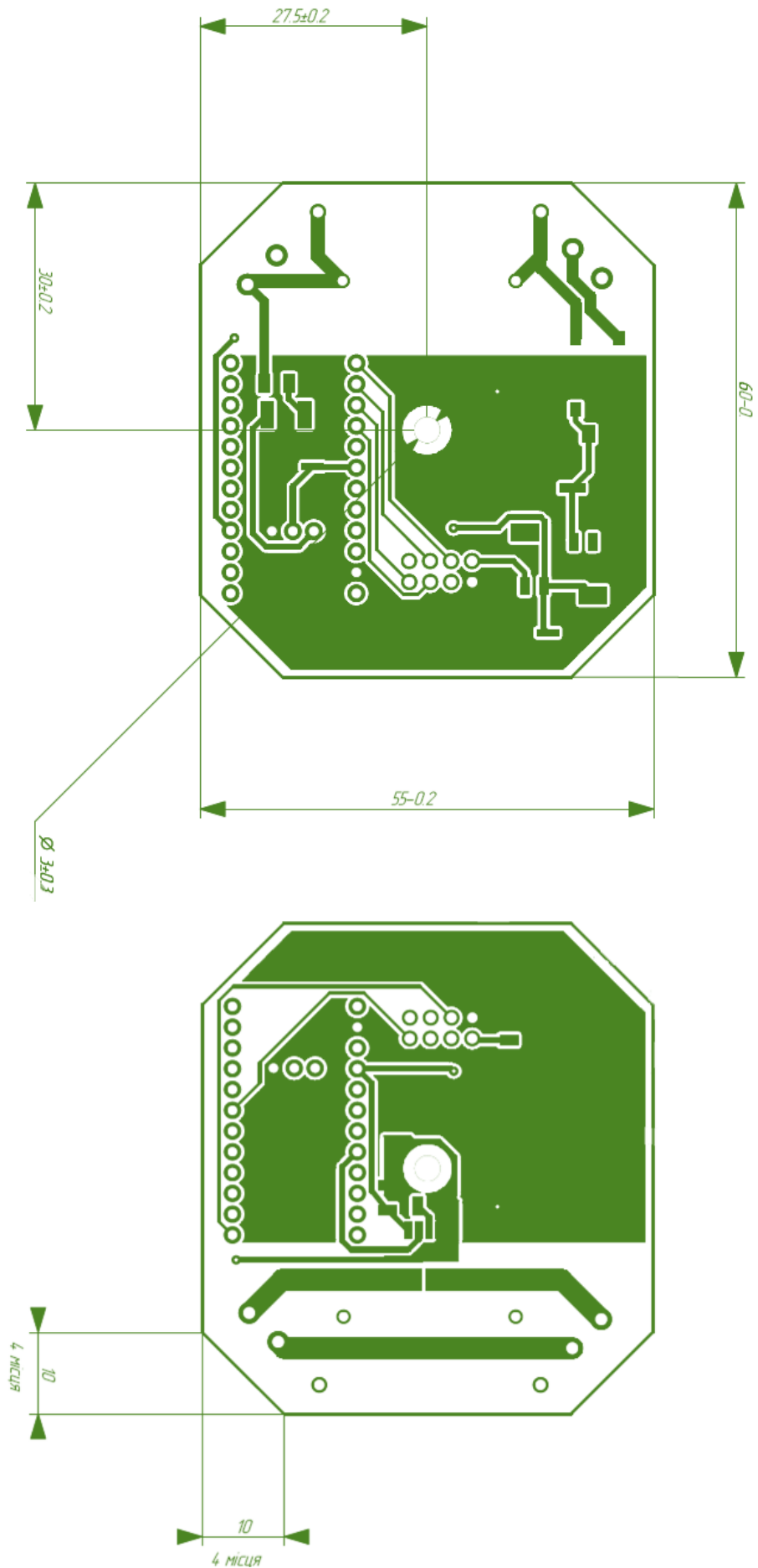


Рисунок 1.19. Макет друкованої плати вимірювального блоку

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КС 58. 21 000. 00 ДП ПЗ

Арк.

43

Якщо у деяких місцях неможливо забезпечити ширину провідника 0,55 мм через обмежений простір, допускається використання провідників шириною 0,3 мм. Однак, провідники для струмів до 15 А мають додатково лудитися до товщини більше 300 мкм для забезпечення їх надійності.

В результаті трасування друкованої плати для лічильника електроенергії, була отримана двостороння друкована плата, зображена на рисунку 1.19. Плата складається з двох топологічних шарів – верхнього і нижнього, на яких розміщено відповідні провідники. Отвори передбачені з металізацією, що покращує електричний контакт між шарами.

Друкована плата має захисну маску, яка покриває всі провідники, окрім контактних майданчиків, для захисту від пошкоджень і корозії. Крім того, вільний простір плати рівномірно залито шаром міді, приєднаним до загальної землі схеми для покращення екранування і стабільності системи. Для датчика струму та необхідних елементів передбачена окрема заливка землі відповідно до рекомендацій виробника, що дозволяє знизити рівень електромагнітних завад і забезпечити стабільну роботу сенсорних елементів.

1.7 Розробка програмного забезпечення системи

1.7.1 Програмне забезпечення вимірювального блоку

У даному проекті системи дистанційного визначення споживаної електричної потужності вимірювальний блок побудований на базі платформи Arduino Pro Mini з використанням мікроконтролера ATmega328. Вибір цієї платформи обумовлений її доступністю, гнучкістю та широкими можливостями для програмування. Для розробки програмного забезпечення було обрано Arduino IDE завдяки його інтуїтивно зрозумілому інтерфейсу та зручним засобам для налагоджування програмного коду.

Програмний код вимірювального блоку наведено у додатку А, а блок-схему алгоритму роботи програми зображено на рисунку 1.20. Як показує блок-схема, в основі роботи програми лежить нескінченний цикл, в якому постійно виконується розрахунок сили струму та напруги в мережі, прослуховування

					<i>КС 58. 21 000. 00 ДП ПЗ</i>	Арк.
						44
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

радіопростору та передача даних при отриманні контрольного повідомлення.

При розробці програмного забезпечення використовувалася відкрита бібліотека для роботи з радіомодулем SE8R01, яка дозволяє забезпечити стабільну бездротову передачу даних. Розрахунок сили струму реалізується у функції `current()`, де середньоквадратичне значення сили струму обчислюється за формулою:

$$I_{rms} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T i^2(t) dt} \quad (1.12)$$

де:

- I_{rms} – середньоквадратичне значення струму;
- $i(t)$ – миттєве значення струму.

Аналогічно, напруга вимірюється через АЦП мікроконтролера, який бере середнє арифметичне значення з кількох вибірок для підвищення точності. Ці значення також використовуються для обчислення потужності:

$$P = I_{rms} \cdot V_{rms} \quad (1.13)$$

Мікроконтролер здійснює зчитування 250 значень миттєвого струму за 100 мс з датчика ACS723, що забезпечує частоту опитування 2,5 кГц. Це більш ніж достатньо для частоти в мережі 50 Герц. Зібрані дані обробляються і перетворюються на значення сили струму, яке споживається навантаженням.

Розрахунок напруги виконується у функції `voltage()`, де знімаються 100 значень із АЦП, після чого обчислюється їхнє середнє значення. Це значення переводиться в напругу з подальшим множенням на ваговий коефіцієнт, що був визначений експериментально. Передача результатів розрахунків здійснюється за допомогою функції SE8R01 (`float Irms, int Vrms`), яка отримує два параметри: силу струму та напругу. Ці значення перетворюються у рядковий формат, оскільки радіомодуль SE8R01 може передавати лише рядкові дані. Після цього програма виконує прослуховування радіопростору, отримує контрольне повідомлення і порівнює його з еталонним. Якщо повідомлення збігаються, дані передаються, і цикл розрахунку починається знову. Якщо повідомлення

					<i>КС 58. 21 000. 00 ДП ПЗ</i>	Арк.
						45
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

відрізняються, програма повторює розрахунки без передачі даних.

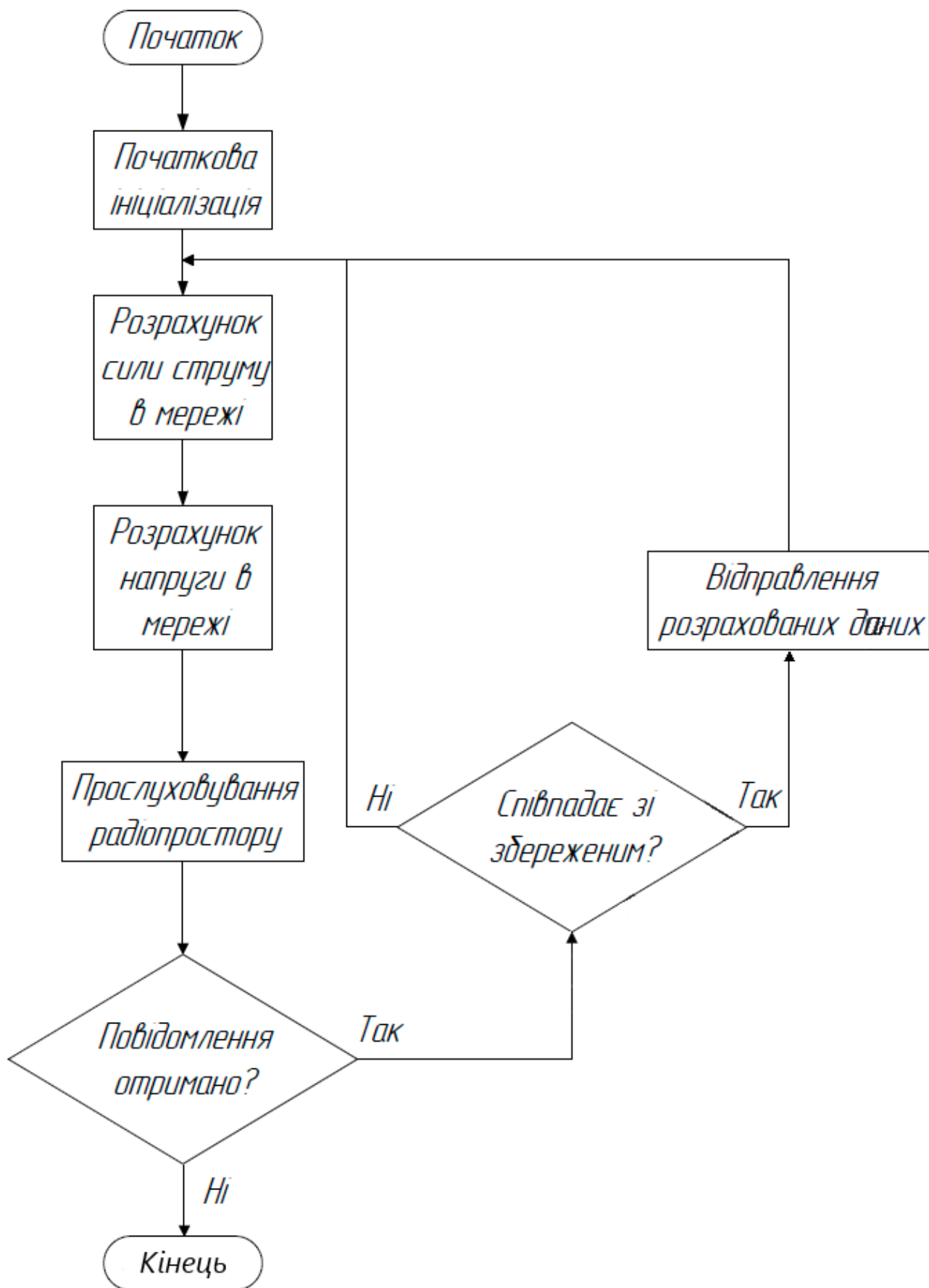


Рисунок 1.20. БСА програми вимірювального блоку системи

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Окрім віддаленої передачі даних, мікроконтролер також підтримує можливість зчитування інформації безпосередньо через комп'ютер, проте при цьому необхідно дотримуватися техніки безпеки, оскільки пристрій не має гальванічної розв'язки з мережею живлення.

Загальний розмір програмного коду складає більше 40% від доступної програмної пам'яті. Глобальні змінні до 30% динамічної пам'яті.

Головний блок пристрою побудовано на базі міні-ПК Raspberry Pi 2, який працює під управлінням операційної системи Raspbian, що створена на базі Linux. Цей блок виконує обробку отриманих даних від вимірювального блоку та візуалізацію цих даних. Головний блок під'єднано до мережі Інтернет за допомогою Ethernet або Wi-Fi.

1.7.2 Збереження інформації в головному блоці

Головний блок системи дистанційного вимірювання споживаної електричної потужності розроблено на базі міні-ПК Raspberry Pi 2, який функціонує під управлінням операційної системи Raspbian, побудованої на платформі Linux. Цей блок виконує обробку та візуалізацію даних, отриманих від вимірювального блоку, а також підключений до мережі Інтернет через Ethernet або Wi-Fi для забезпечення доступу до даних та управління системою.

Одним із ключових завдань головного блоку є збереження отриманої інформації для подальшого доступу та аналізу. Вибір способу збереження даних повинен забезпечувати високу швидкість запису інформації, оскільки дані надходять досить часто. Найбільш ефективним рішенням для цього є використання баз даних, які підтримують SQL-запити. Цей підхід дозволяє не лише організувати зручну структуру збереження інформації, а й забезпечити швидкий доступ до неї за допомогою SQL-запитів для пошуку за різними критеріями (час, діапазон величин, співпадіння параметрів тощо).

Для зберігання даних обрано реляційну базу даних MySQL. Це одне з найпоширеніших і найзручніших рішень для обробки великої кількості даних. У MySQL створено таблицю, яка містить інформацію про отримані від вимірювального блоку параметри: порядковий номер запису, час отримання

					КС 58. 21 000. 00 ДП ПЗ	Арк.
						47
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

даних у форматі UNIX-часу, значення сили струму, напруги, потужності, спожитої енергії та витрат на електроенергію. Значення напруги в мережі зберігається у вигляді цілого числа, тоді як значення струму, потужності, енергії та вартості подаються у форматі чисел з плаваючою крапкою. Структура таблиці бази даних представлена в таблиці 1.2.

Таблиця 1.2. Структура для збереження вимірюваних даних

<i>id</i>	<i>timestamp</i>	<i>current (A)</i>	<i>voltage (V)</i>	<i>power (W)</i>	<i>energy (kWh)</i>	<i>cost (UAH)</i>
1	1672531200	3.25	220	715	0.05	0.80
2	1672531300	2.90	221	641	0.08	1.28
3	1672531400	1.75	223	390	0.12	1.92
4	1672531500	4.10	218	893	0.17	2.72
5	1672531600	0.50	224	112	0.18	2.88

Стовпчик *id* у структурі таблиці має параметр `AUTO_INCREMENT`, що означає автоматичне визначення порядкового номера кожного нового запису. Стовпчик *timestamp* за замовчуванням має значення `CURRENT_TIMESTAMP`, яке автоматично фіксує час отримання даних у вигляді кількості секунд, що минули з 1 січня 1970 року, до моменту запису.

Таким чином, використання MySQL у головному блоці системи забезпечує надійне збереження та легкий доступ до вимірюваних параметрів електричних величин, що дозволяє здійснювати ефективний моніторинг споживання електроенергії в реальному часі.

1.7.3 Візуалізація даних

Для ефективної візуалізації отриманих від вимірювального блоку даних було вирішено використовувати веб-інтерфейс. Такий підхід дозволяє користувачам отримувати доступ до інформації з будь-якого пристрою, що має підключення до Інтернету, незалежно від його платформи чи розташування. Веб-сторінка, розміщена на головному блоці системи, відображає графічну інформацію у вигляді динамічних графіків, що показують залежність обраних величин (струм, напруга, потужність тощо) від часу.

Для створення графіків було обрано сервіс Highcharts, який пропонує

простий і ефективний інструментарій для побудови інтерактивних графіків із широкими можливостями налаштування. Це рішення забезпечує зручний користувацький інтерфейс, динамічні оновлення даних у реальному часі та можливість перегляду результатів у вигляді різних типів графіків (лінійних, гістограм, тощо). Крім того, Highcharts легко інтегрується у веб-додатки та підтримує різні формати виводу даних, що робить його ідеальним для цього проекту.

У якості веб-сервера для розміщення веб-сторінки було обрано Apache HTTP Server — потужний і надійний сервер із відкритим кодом, що широко використовується для створення веб-сервісів різної складності. Apache забезпечує стабільну роботу, високу продуктивність та гнучкість у налаштуваннях, що дозволяє належним чином організувати обмін даними між вимірювальним блоком і кінцевим користувачем. Це рішення також дозволяє масштабувати систему за потреби та забезпечити підтримку безпеки доступу до даних.

1.7.4 Програмне забезпечення прийняття інформації з вимірювального блоку

Для забезпечення надійної передачі та приймання даних від вимірювального блоку використовується радіомодуль SE8R01, підключений до міні-ПК Raspberry Pi 2 через SPI-інтерфейс. На рис. 1.21 представлено схему підключення радіомодуля до міні-ПК, виконану за допомогою програмного забезпечення Fritzing. Для організації передачі даних між головним блоком та вимірювальним блоком використовується стандартний SPI-інтерфейс, який підтримується обома пристроями.

Програмне забезпечення для приймання даних на головному блоці реалізовано за допомогою мови програмування Python 3. Дана мова обрана через її простоту, гнучкість та високу ефективність при роботі з GPIO-інтерфейсом Raspberry Pi. Також Python має велику кількість бібліотек для роботи з різними протоколами, що дозволяє спростити процес розробки.

					<i>КС 58. 21 000. 00 ДП ПЗ</i>	Арк.
						49
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

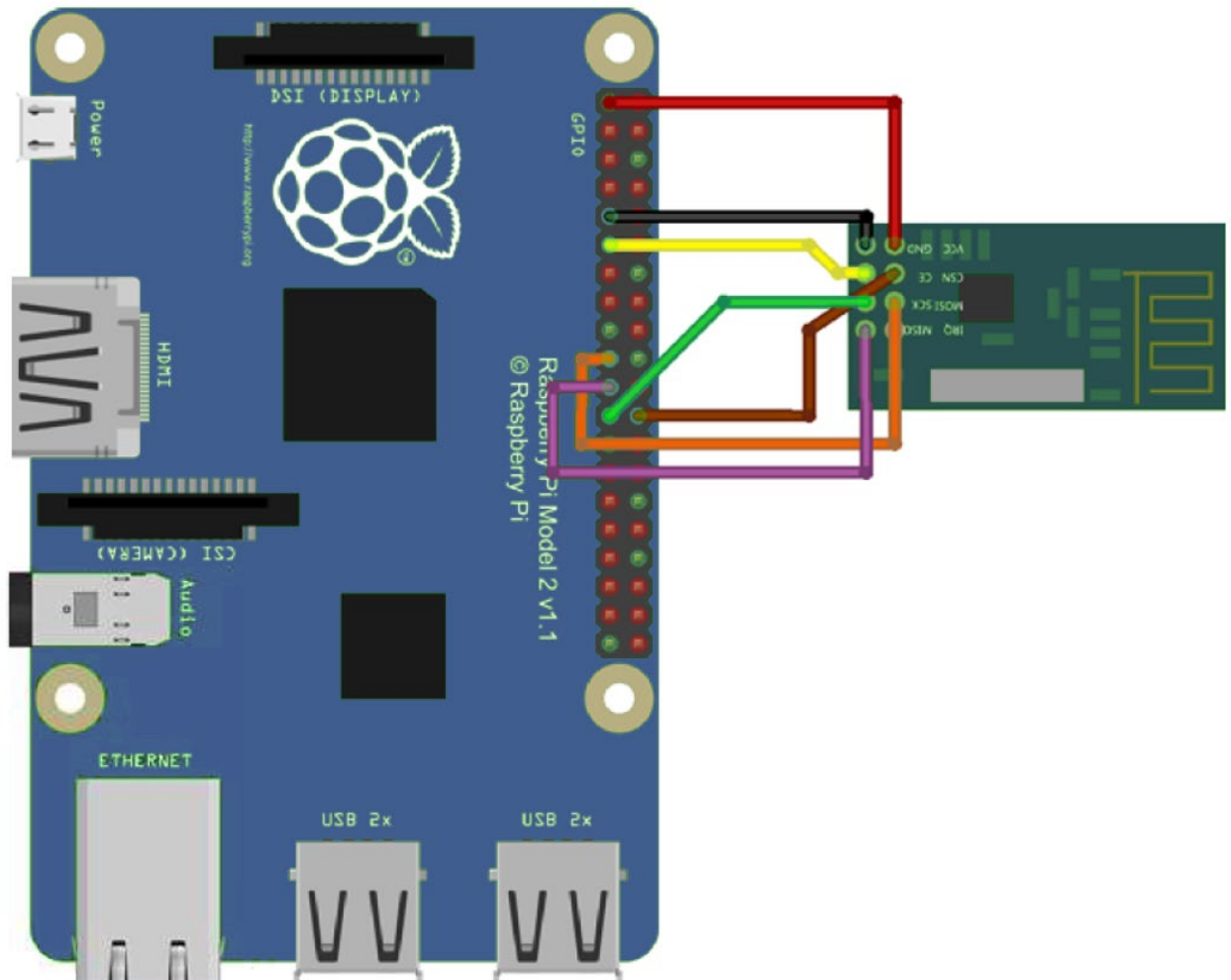


Рисунок 1.21. Підключення модулю SE8R01 до Raspberry Pi 2

Алгоритм роботи головного блоку (рис.1.22) базується на нескінченному циклі, який постійно очікує надходження даних від вимірювального блоку. Програма починає свою роботу з ініціалізації радіомодуля SE8R01 та налаштування каналу зв'язку для прийому даних. Використовується канал 118, що відповідає частоті 2,518 ГГц. Швидкість передачі встановлена на рівні 1 Мб/с, що забезпечує високу швидкодію системи та мінімізацію затримок.

Основною функцією програми є `receive_message()`, яка відповідає за приймання повідомлень, що надходять з вимірювального блоку. Ця функція отримує дані у вигляді рядків, перевіряє їх на коректність та передає для подальшої обробки. Якщо дані відповідають вимогам, функція викликає `process_data()`, яка відповідає за перевірку отриманих значень струму та напруги. Значення перевіряються на відповідність допустимим межах, після чого вони передаються на зберігання в базу даних.

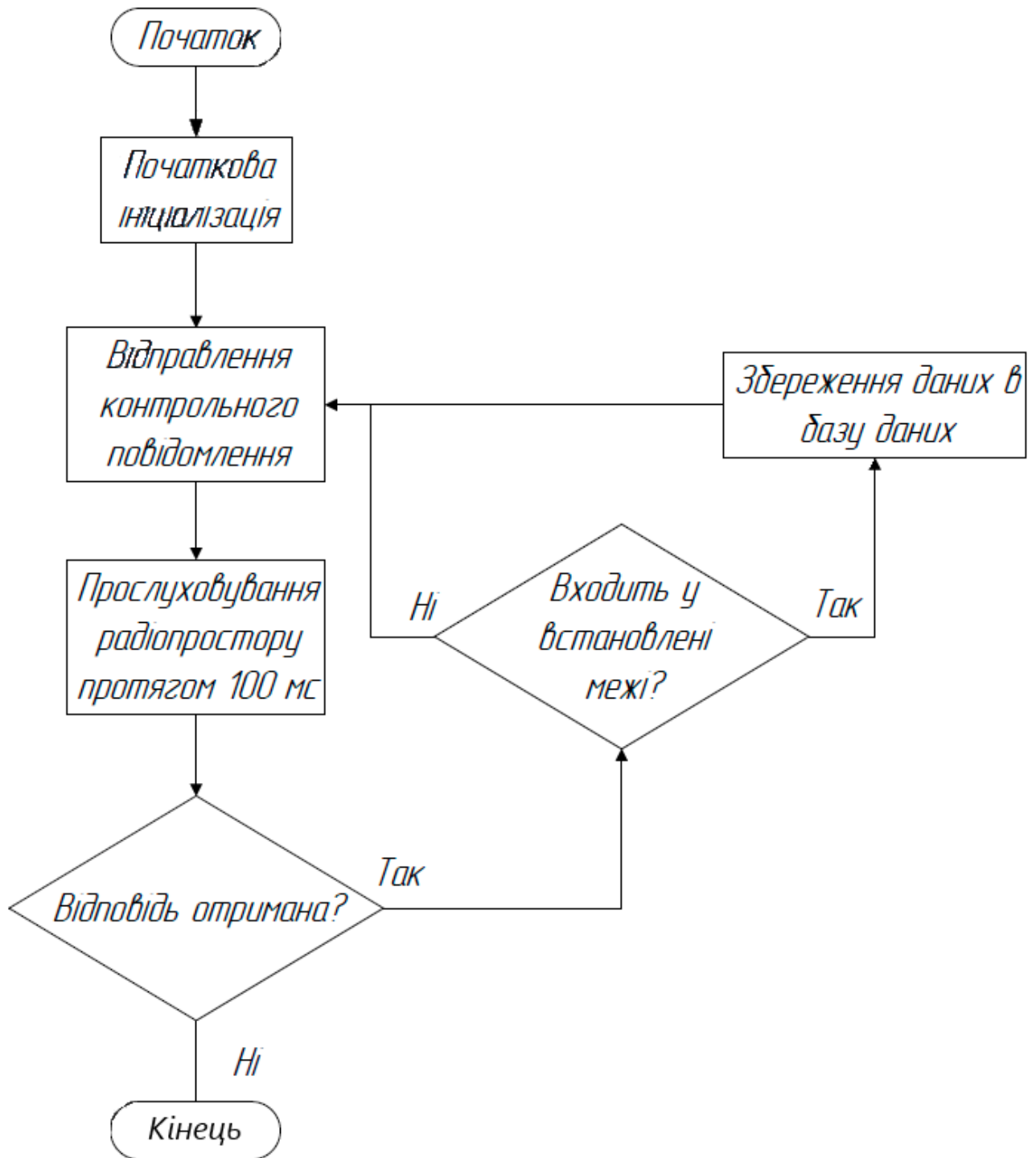


Рисунок 1.22. БСА алгоритму програми головного блоку системи

Для доступу до бази даних використовується бібліотека PyMySQL, що дозволяє інтегрувати роботу з СУБД MySQL безпосередньо в програмний код. Функція `store_data(I, V)` приймає значення струму та напруги та записує їх у відповідні поля таблиці бази даних. У таблиці зберігаються не лише значення вимірюваних величин, але й час надходження даних у форматі UNIX, що забезпечує можливість подальшого аналізу історії споживання енергії.

З експериментальних досліджень було визначено, що один вимірювальний блок може опитуватись в середньому раз на 1,3 секунди, що забезпечує достатню частоту збору даних для моніторингу споживання енергії в реальному часі.

1.7.5 Створення web-сторінки для відображення споживаної електричної потужності

Для візуалізації споживаної електричної потужності та спожитої електроенергії, зібраних вимірювальним блоком, було розроблено веб-сторінку, яка дозволяє відображати зміну величини споживаної потужності в реальному часі. Користувач отримує доступ до даних через графік, що відображає залежність споживання від часу. Графік оновлюється автоматично через певний проміжок часу (нове значення додається кожні кілька секунд), забезпечуючи оперативний моніторинг електроспоживання.

Для коректного функціонування веб-сторінки на міні-комп'ютері Raspberry Pi 2 було реалізовано наступну файлову структуру:

- assets/css/bootstrap.css;
- assets/css/main.css;
- assets/js/bootstrap.js;
- assets/js/current.js;
- assets/js/energy.js;
- assets/js/jquery.js;
- assets/js/money.js;
- assets/js/power.js;
- assets/js/voltage.js;
- chart.php;
- current.html;
- data.php;
- energy.html;
- index.html;
- info.php;
- power.html;

- voltage.html.

Файли в директорії assets/css містять каскадні таблиці стилів для корекції зовнішнього вигляду веб-сторінок. Файли в директорії assets/js відповідають за інтерактивні функції, що реалізуються за допомогою мови JavaScript. Основні скрипти (current.js, energy.js, power.js та ін.) забезпечують динамічне звернення до бази даних через data.php для отримання актуальних значень споживання електроенергії, а також до chart.php для відображення параметрів графіка.

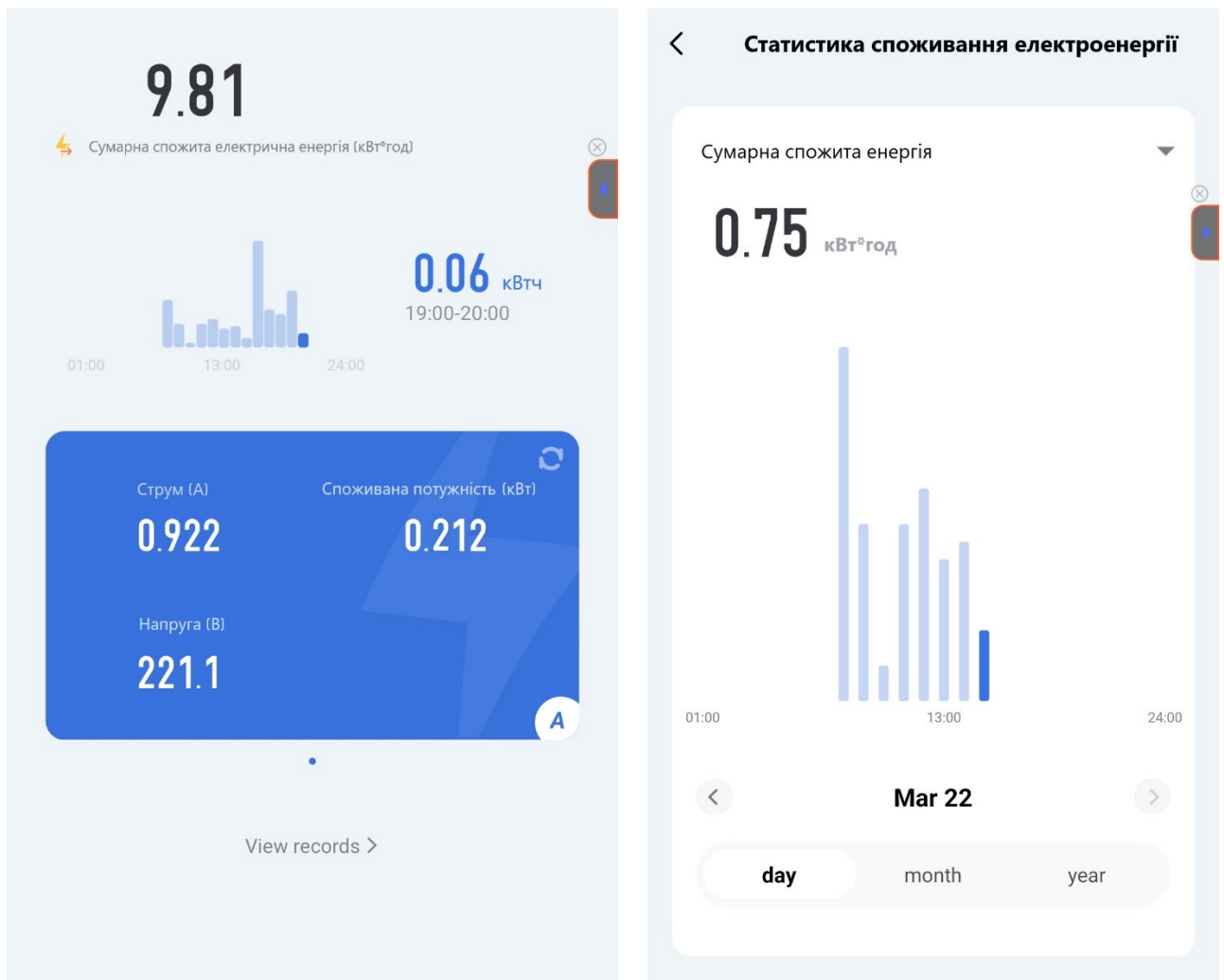


Рисунок 1.23. Інтерфейс web-застосунку відображення споживаної потужності

Файл index.html є головною сторінкою веб-інтерфейсу, яка відкривається за замовчуванням і надає доступ до інших підсторінок. Файл data.php обробляє запити до бази даних і передає відповідні значення для візуалізації на графіку.

Для розробки веб-сторінки використовувався фреймворк Bootstrap, який забезпечує легкість в оформленні та інтерактивність інтерфейсу. Даний

фреймворк також дозволяє швидко створювати адаптивні веб-застосунки з урахуванням вимог до сучасних веб-технологій.

На рис. 1.23 наведено приклад інтерфейсу веб-застосунку для моніторингу споживаної електричної потужності та споживання електроенергії. Графік будується на основі отриманих даних з вимірювального блоку і оновлюється в режимі реального часу з інтервалом в одну секунду. Крім того, на веб-сторінці відображається останнє отримане значення спожитої потужності, що дозволяє користувачам стежити за поточним станом енергоспоживання.

Користувач має можливість обрати проміжок часу для аналізу, а також перемикається між різними графіками, що відображають параметри споживання, такі як потужність, струм та напруга. Ця функціональність дозволяє гнучко адаптувати аналіз даних під конкретні потреби.

В подальшому, створений веб-застосунок можна використовувати для довготривалого аналізу енергоспоживання та виявлення можливих шляхів для оптимізації витрат. Наприклад, моніторинг роботи водонагрівача може дати змогу користувачам оцінити, скільки енергії витрачається на підігрів води, і відповідно до цього планувати його роботу для зниження енерговитрат.

					<i>КС 58. 21 000. 00 ДП ПЗ</i>	Арк.
						54
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2 ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗДІЛ

У рамках даного дипломного проєкту здійснено розробку системи для дистанційного визначення споживаної електричної потужності. Для цього було створено комплексне апаратно-програмне рішення, яке включає вимірювальний модуль, мікроконтролер та спеціалізоване програмне забезпечення, що забезпечує зручне візуальне представлення отриманих даних. Завдяки цій системі користувач має можливість контролювати енергоспоживання в реальному часі, оцінювати рівень витрат електроенергії на побутові пристрої та застосовувати ці аналітичні дані для раціоналізації споживання енергії в повсякденному житті.

У цьому розділі проведено оцінку вартості розробленого пристрою. Для цього використано метод укрупненого розрахунку, який базується на аналізі вартості придбаних комплектуючих елементів та модулів. З метою точного визначення витрат складено детальний перелік компонентів, що входять до складу системи, спираючись на дані специфікацій та електричної схеми пристрою. Отримані результати дозволяють сформулювати фінансову модель.

Таблиця 2.1. Розрахунок відомості покупних комплектуючих елементів

Найменування, тип, модель	Од.вим	Кількість	Ціна, грн.	Вартість комплектуючих
Роз'єм XS1	шт.	1	5.00	5.00
Роз'єм XS2	шт.	1	5.00	5.00
Роз'єм XS3	шт.	1	5.00	5.00
Радіомодуль NRF24LO1+	шт.	1	150.00	150.00
Мікросхема DA1	шт.	1	50.00	50.00
Мікросхема DA2	шт.	1	70.00	70.00
Мікросхема DA3	шт.	1	50.00	50.00
Конденсатор C3	шт.	1	5.00	5.00
Конденсатор C1	шт.	1	50.00	5.00
Конденсатор C5	шт.	1	7.00	7.00
Конденсатор C6-C7	шт.	2	5.00	10.00
Конденсатор C2, C6	шт.	2	5.00	10.00
Діод VD1	шт.	1	10.00	10.00
Діод VD3	шт.	1	10.00	10.00
Діод VD2	шт.	1	5.00	5.00
Резистор R1	шт.	1	7.00	7.00
Резистор R2	шт.	1	7.00	7.00
Резистор R3	шт.	1	7.00	7.00
Загальна вартість покупних комплектуючих елементів				418,00
Транспортні витрати (10%)				41,8
Всього (Впк)				459,8

					КС 58. 21 000. 00 ДП ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		55

Виходячи із того, це проєктований виріб відноситься до радіоелектронної апаратури, то: питома вага матеріалу $\rightarrow \alpha_m = 20\%$; питома вага покупних виробів $\rightarrow \alpha_{пк} = 62\%$; питома вага основної заробітної плати $\rightarrow \alpha_{озп} = 18\%$.

Таблиця 2.2. Калькуляція планової собівартості

Найменування статті витрат	Значення статті, грн.	Розрахунок
1. Сировина та матеріал	148,32	$V_m = \alpha_m * V_{пк/али}$ $V_m = 0,2 * 459,8 / 0,62$
2. Комплектуючі вироби та покупні напівфабрикати	459,8	$V_{пк} = \text{см.табл.2.1}$ 459,8
3. Основна заробітна плата	133,49	$V_{оз} = \alpha_{озп} * V_{пк/али}$ $V_{оз} = 0,18 * 459,8 / 0,62$
4. Додаткова заробітна плата	53,39	$V_{дз} = 0,4 * V_{оз}$ $V_{дз} = 0,4 * 133,49$
5. Відрахування о єдиного соцфонду	41,11	$V_{ес} = (V_{оз} + V_{дз}) * 0,22$ $V_{ес} = (133,49 + 53,39) * 0,22$
6. Загально-виробничі витрати	106,79	$V_{заг.вир} = (0,8 \dots 1,5) * V_{оз}$ $V_{заг.вир} = 0,8 * 133,49$
7. Виробнича собівартість	942,9	$S_{вир} = \sum V$ $= 148,32 + 459,8 + 133,49 + 53,39 + 41,11 + 106,79$
8. Адміністративні витрати	40,05	$V_a = V_{оз} * 0,3$ $V_a = 0,3 * 133,49$
9. Витрати на збут	18,85	$V_{зб} = S_{вир} * 0,02$ $V_{зб} = 942,9 * 0,02$
10. Інші операційні витрати	9,43	$V_{оп} = S_{вир} * 0,01$ $V_{оп} = 942,9 * 0,01$
Повна собівартість	1011,23	$S_{пов.} = \sum 3$ $S_{пов.} = 942,9 + 40,05 + 18,85 + 9,43$

Розмір планового прибутку, це включається у ціну, визначаємо по формулі:

$$П = (S_{пов} * \rho) / 100\% = 2204,7 * 10 / 100 = 220,47 \text{ грн.} \quad (2.1)$$

де ρ -планова рентабельність продукції (10%...30%).

Оптову ціну виробу визначаємо по формулі:

$$Ц_o = S_{пов} + П = 1011,23 + 202,25 = 1213,48 \text{ грн.} \quad (2.2)$$

Ціну реалізації виробу встановлюємо із урахуванням ПДВ:

$$Ц_p = Ц_o + П_з,$$

					КС 58. 21 000. 00 ДП ПЗ	Арк.
						56
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де Пз – податкове зобов'язання із ПДВ:

$$Пз = Ц_0 * 0,2 = 1213,48 * 0,2 = 242,69 \text{ грн.}$$

Звідси: $Ц_r = 2425.17 + 485,03 = 2910.2 \text{ грн.}$

За даними таблиці 2.2 отримана повна собівартість визначає загальні витрати на виробництво однієї одиниці продукції для розрахункового року. Далі пропонується прогноз обсягів продажів цієї продукції на етапі життєвого циклу, що позначається як «Виробництво», з розподілом прогнозованих продажів на протязі чотирьох років. Основні етапи виробничого процесу відображені на рис. 2.1.

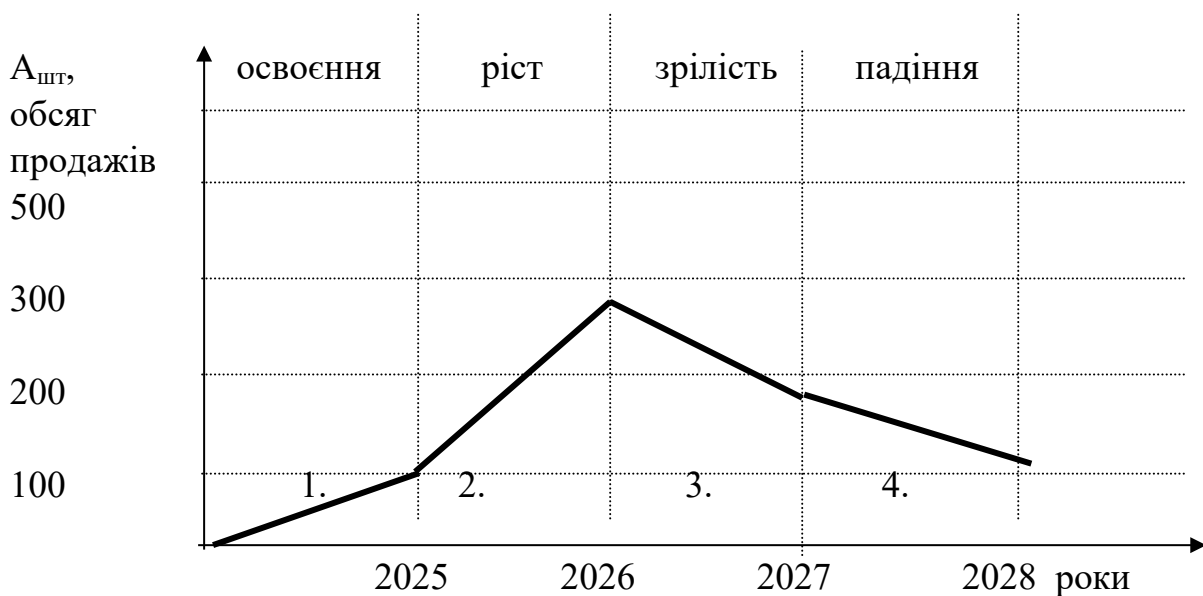


Рисунок 2.1. Роки та зони розрахункового періоду

На перший рік життєвого циклу товару прогнозується реалізація 100 шт, що здійснюватиметься за передзамовленням.

При зростанні обсягів виробництва спостерігається ефект масштабування, який впливає на зменшення собівартості. Коригування витрат здійснюється за формулою:

$$C_{пi} = C_{п1} \left(\frac{A}{A_{i=1}} \right)^{0.23}, \quad (2.3)$$

Де A_i – обсяг продажів (виробництва) у 1 рік розрахункового періоду, шт.;

A_{i+1} – обсяг продажів (i+1)-го року, шт.;

0,23 – показник ступеня, це характеризує вплив росту обсягів виробництва на собівартість продукції.

Звідси випливає, це

$$C_{2026} = C_{2025} * (1000/3000)^{0,23} = 1011,23 * (100/300)^{0,23} = 778,65 \text{ грн.}$$

При відсутності росту обсягів виробництва, тобто якщо обсяг продажів чи не змінюється чи зменшується у наступному році, витрати виробництва приймаються на рівні попереднього року.

$$C_{2028} = C_{2027} = C_{2026} = 778,65 \text{ грн}$$

Плановий прибуток, це включається у оптову ціну підприємства, задля наступного року при збільшенні обсягу продажів, визначаємо по формулі:

$$P_{i+1} = C_{ni+1} * \frac{\rho}{100} \quad (2.4)$$

Звідси:

$$P_{2026} = P_{2027} = P_{2028} = 778,65 * 0,1 = 77,86 \text{ грн.}$$

Оптову ціну підприємства у наступні роки розрахункового періоду визначаємо по формулі:

$$C_{O_{i+1}} = C_{ni+1} + P_{i+1} \quad (2.5)$$

Звідси:

$$C_{2026} = C_{2027} = C_{2028} = 778,65 + 77,86 = 856,51 \text{ грн}$$

Податкове зобов'язання визначається по формулі:

$$Pz_{i+1} = C_{O_{i+1}} * 0.2 \quad (2.6)$$

Звідси:

$$Pz_{2026} = Pz_{2027} = Pz_{2028} = 856,51 * 0,2 = 171,3 \text{ грн.}$$

Ціну реалізації одиниці продукції у наступні роки визначаємо по формулі:

$$C_{P_{i+1}} = C_{O_{i+1}} + Pz_{i+1} \quad (2.7)$$

Звідси:

$$C_{p2025} = 1456,17 \text{ грн.}$$

$$C_{p2026} = C_{p2027} = C_{p2028} = 856,51 + 171,3 = 1027,81 \text{ грн.}$$

Вартісну оцінку результатів за розрахунковий період (P_T) визначаємо по формулі:

					КС 58. 21 000. 00 ДП ПЗ	Арк.
						58
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$P_T = \sum_{i=t_p}^{t_k} A_i * C_{p_i} * \alpha_i \quad (2.8)$$

де t_p, t_k – відповідно розрахунковий і кінцевий рік розрахункового періоду;

C_{p_i} – ціна реалізації в i -тім році, грн.;

A_i – обсяг продажів у i -тім році, грн.;

α_i – коефіцієнт, що включає фактор часу, тобто коефіцієнт приведення різночасних витрат і результатів до розрахункового року.

Для оцінки фінансової ефективності виробництва протягом 4 років застосовано метод приведення майбутніх доходів до поточної вартості за допомогою коефіцієнтів дисконтування.

Таблиця 2.3. Розрахунок вартісної оцінки результатів

Найменування показника	Позначення	Розрахунок виробничого періоду			
		1-й	2-й	3-й	4-й
Обсяг продажів, шт	A_i	100	300	200	100
Ціна реалізації, грн.	C_{p_i}	1456,17	1027,81	1027,81	1027,81
Вартісна оцінка результатів, млн грн.	$A_i * C_{p_i}$	145 617	308 343	205 562	102 781
Коефіцієнт, що враховує фактор часу	α_i	0.91	0.83	0.75	0.68
Вартісна оцінка результатів з урахуванням фактора часу, млн грн.	$A_i * C_{p_i} * \alpha_i$	132511,4 7	255924,6 9	154171,5	69891,08

Виробництво дає змогу одержати дохід за 4 роки 612 498,74 тис. грн.

3 РОЗДІЛ 3 ОХОРОНИ ПРАЦІ ТА ТЕХНІКИ БЕЗПЕКИ

Організація безпечного та ефективного робочого середовища є важливою складовою процесу розробки системи дистанційного визначення споживаної електричної потужності. Відповідальність за забезпечення оптимальних умов праці покладається на керівництво підприємств, установ та організацій, які впроваджують сучасні методи управління безпекою та технологічні рішення для мінімізації ризиків. Це сприяє створенню комфортного та продуктивного середовища, що позитивно впливає на здоров'я, працездатність та загальний професійний розвиток співробітників.

У процесі розробки системи контролю електричного енергоспоживання необхідно враховувати особливості робочого простору, зокрема ергономіку робочого місця, вимоги безпеки та ефективність використання обладнання. Важливо забезпечити належний захист електронних компонентів, які використовуються у вимірювальному модулі, мікроконтролері та програмному забезпеченні для моніторингу даних. Правильна організація робочого місця розробника такої системи дозволяє не лише забезпечити безпечну експлуатацію пристрою, а й оптимізувати процес створення та тестування електронних компонентів.

Таким чином, розробка системи дистанційного контролю електроспоживання поєднує в собі технологічну ефективність, безпеку та ергономіку робочого середовища, що сприяє підвищенню продуктивності та надійності фінального продукту. Це забезпечує можливість раціонального використання електроенергії та покращує управління ресурсами для кінцевих користувачів.

3.1 Аналіз шкідливих та ризикових факторів

При проведенні паяльних робіт співробітники піддаються впливу низки шкідливих та небезпечних чинників, що виникають при використанні спеціалізованих інструментів. Серед основних факторів ризику слід відзначити:

- роботу з комп'ютерною та електротехнічною апаратурою,

					<i>КС 58. 21 000. 00 ДП ПЗ</i>	Арк.
						60
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- недостатню освітленість робочої зони,
- психоемоційні навантаження,
- високий рівень шуму,
- недостатню вентиляцію приміщення,
- порушення правил пожежної безпеки тощо.

3.2 Гігієнічні вимоги до виробничого середовища

Для безперебійного, безпечного та якісного виконання паяльних робіт необхідно суворо дотримуватись правил техніки безпеки та організувати робоче місце оптимальним чином. Це означає, що всі інструменти та матеріали для паяння мають бути систематизовано розміщені, а роботи виконувати у заздалегідь підготовлених зонах, де мінімізовано вплив зовнішніх факторів.

Параметри мікроклімату робочої зони повинні відповідати вимогам санітарних норм мікроклімату виробничих приміщень (ДСН 3.3.6.042-99).

Рівень шуму має не перевищувати встановлених норм щодо виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку (ДСН 3.3.6.037-99).

Допустимі показники вібрації на робочих місцях зумовлені державними санітарними нормами загальної та локальної виробничої вібрації (ДСН 3.3.6.039-99).

Вимоги до рівнів електромагнітних полів визначені державними санітарними нормативами і правилами, затвердженими наказом МОЗ України від 18.12.2002 № 476.

3.3 Вимоги до організації робочого місця працівника

Згідно зі ст. 13 Закону України «Про охорону праці» (від 14.10.1992 р. № 2694-ХІІ), роботодавець зобов'язаний забезпечити створення належних умов праці в кожному структурному підрозділі відповідно до чинних нормативно-правових актів та організувати лабораторні дослідження робочого середовища.

Паяння використовується для з'єднання заготовок зі сталі, кольорових металів і їх сплавів, а також для створення з'єднань із зазначених матеріалів. Найчастіше ця технологія застосовується в електромонтажних роботах, монтажі

					<i>КС 58. 21 000. 00 ДП ПЗ</i>	Арк.
						61
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

контрольно-вимірювальних приладів, виробництві радіо- та електроприладів, створенні теплових обмінників, а також у технологічних процесах, де використовують вироби з армованих пластин з твердих сплавів.

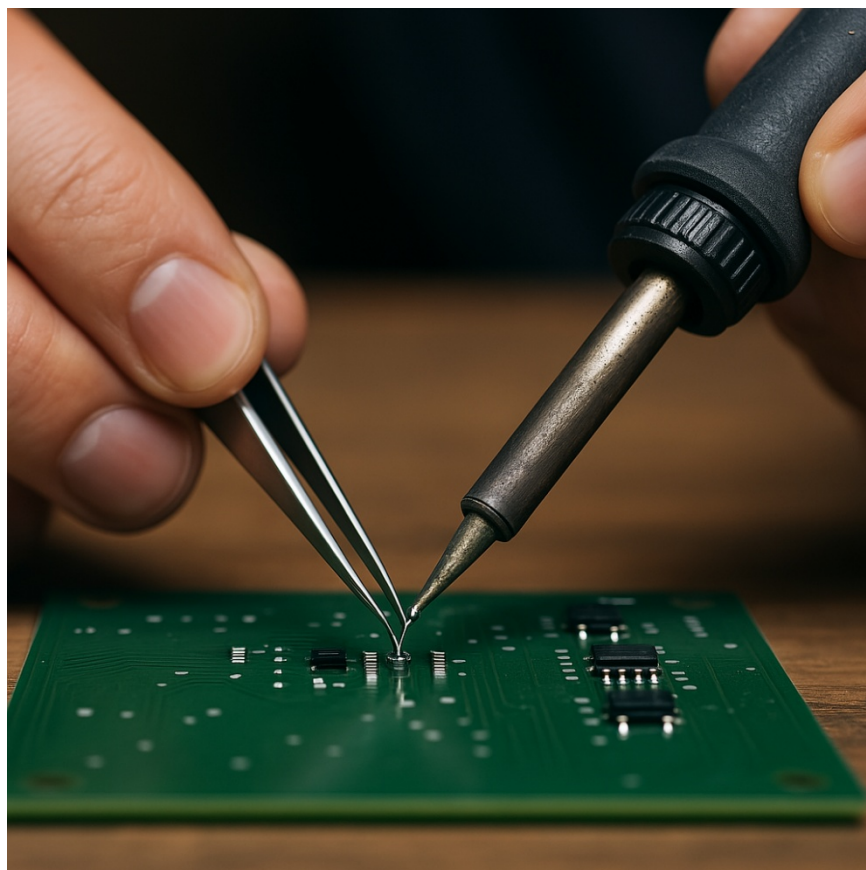


Рисунок 3.1. Процес паяння пристрою

У виробничих приміщеннях концентрація шкідливих речовин не повинна перевищувати гранично допустимих значень, визначених відповідними стандартами (наприклад, ГОСТ 12.1.005-88 «Система стандартів безпеки праці. Загальні санітарно-гігієнічні вимоги до повітря робочої зони»).

Працівники, залучені до паяльних робіт, повинні мати забезпечення засобами індивідуального захисту, а також профілактичними засобами у вигляді захисних кремів, паст чи спеціального лікувально-профілактичного харчування.

Роботодавець повинен організувати:

Організувати проведення попередніх медичних оглядів (при прийнятті на роботу) та регулярних періодичних оглядів відповідно до затвердженого порядку МОЗ України (наказ від 21.05.2007 № 246).

					<i>КС 58. 21 000. 00 ДП ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		62

3.4 Електробезпека

Обладнання, таке як персональні комп'ютери, периферійні пристрої, апаратура управління, контрольно-вимірювальні прилади та освітлювальні засоби, а також електропроводи і кабелі, мають відповідати класифікаційним вимогам за зоною застосування та бути обладнаними захисними елементами для запобігання коротким замиканням та іншим аварійним ситуаціям.

Лінія електропостачання для ПК і периферії повинна формувати окрему групову мережу з трьома провідниками: фазовим, робочим нульовим та захисним нульовим. При цьому нульовий захисний провід використовується виключно для заземлення апаратів, а його функціональність не може дублювати робочий нульовий провід. Він прокладається окремо від робочої лінії від групового розподільника до електроживильних розеток, причому недопустиме підключення обох провідників до одного контактного затискача.

Основними причинами травмування електричним струмом є:

- прямий контакт з відкритими проводами,
- взаємодія з внутрішніми компонентами комп'ютера,
- використання несправного обладнання,
- відмова засобів захисту, з якими контактує користувач,
- непередбачене виникнення напруги через пошкодження ізоляції.

Для ефективного запобігання ураження струмом необхідно:

- суворо дотримуватись інструкцій з виконання робіт і правил експлуатації обладнання,
- забезпечувати недоступність частин пристроїв, що працюють під високою напругою, для оператора,
- використовувати високоякісні ізоляційні матеріали, товщина яких відповідає вимогам безпеки,
- підключати електроживлення через спеціально обладнані розетки з функцією занулення,
- розраховувати споживану потужність для запобігання перевантаженням,

					<i>КС 58. 21 000. 00 ДП ПЗ</i>	Арк.
						63
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- здійснювати надійне заземлення всіх металевих корпусів, доступних для оператора.

3.5 Пожежна безпека

Виробничі приміщення, технологічні установки та будівлі повинні бути обладнані першоджерельними засобами пожежогасіння, до яких належать:

- вогнегасники,
- контейнери з піском,
- негорючі покривала з теплоізоляційного матеріалу,
- високоміцні тканинні вироби тощо.

Ці засоби повинні відповідати нормативним вимогам, затвердженим документами з технологічного проектування та Правилами пожежної безпеки в Україні (НАПБ А.О1.001-2014). Вогнегасники слід встановлювати в легкодоступних, добре помітних місцях (наприклад, в коридорах, біля входів та виходів або у зонах підвищеного ризику виникнення пожежі), захищаючи їх від прямого сонячного випромінювання та впливу опалювальних приладів. Розміщення вогнегасників має забезпечувати їхнє повне відкриття, причому вони встановлюються не вище 1,5 м від підлоги та на безпечній відстані від дверей.



Рисунок 3.2. Засоби пожежогасіння

Також засоби пожежогасіння (рис.3.2) не повинні заважати евакуації персоналу. Виробничі приміщення повинні забезпечуватись запасними виходами, а двері до них мають бути позначені зрозумілими освітленими написами, наприклад, «Запасний вихід». План евакуації повинен бути розміщений у видному місці біля основного виходу.

					<i>КС 58. 21 000. 00 ДП ПЗ</i>	Арк.
						64
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

У дипломному проєкті виконано розробку системи дистанційного визначення споживаної електричної потужності. Для цього було створено апаратно-програмний комплекс, що складається з вимірювального блоку, мікроконтролера та програмного забезпечення для відображення результатів у зручній формі.

Основою системи є мікроконтролер, який виконує періодичне зчитування параметрів електричного струму та напруги з під'єданого навантаження. Ці дані обробляються, розраховується споживана потужність та обсяг спожитої електроенергії, після чого результати передаються на сервер за допомогою бездротового з'єднання. В якості сервера використовувалася платформа Raspberry Pi 2, яка забезпечує подальшу обробку даних та їх відображення у веб-інтерфейсі. Для візуалізації результатів було створено веб-сторінку, де дані про споживану електричну потужність та спожиту електроенергію виводяться у вигляді графіків залежності від часу. Веб-інтерфейс розроблено з використанням технологій HTML, CSS (Bootstrap), JavaScript (jQuery), що забезпечує інтерактивність та зручність у користуванні. Обробка та збереження даних відбувається через MySQL, що дозволяє ефективно зберігати історію вимірювань для подальшого аналізу. Всі апаратні компоненти системи, зокрема вимірювальний блок, були змодельовані та спроектовані у середовищі P-CAD. Було враховано необхідні вимоги до надійності та точності вимірювань, що дозволило досягти компактності конструкції та високої стабільності роботи приладу. Пристрій здатний передавати дані на відстані до 100 метрів, а зчитування нових показників потужності виконується кожні 1,3 секунди. Робочий діапазон приладу включає силу струму до 15А при напрузі 220В.

Завдяки розробленій системі, користувач може відстежувати споживання електроенергії в реальному часі, аналізувати витрати енергії на побутові прилади (наприклад, холодильники або водонагрівачі) та використовувати ці дані для оптимізації енергоспоживання в побуті.

					<i>КС 58. 21 000. 00 ДП ПЗ</i>	Арк.
						65
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Божкова І. В., Мартиненко П. О. Розробка системи контролю споживання електроенергії: наукові основи та практичне впровадження. – Київ: Техніка, 2018. – 256 с.
2. Мартинов А. В., Шевченко Ю. М. Розробка систем дистанційного контролю та керування електрообладнанням. – Дніпро: НГУ, 2019. – 184 с.
3. Пашковський М. В., Ситник І. П. Енергозберігаючі технології та системи моніторингу в енергетиці. – Львів: Видавництво ЛНТУ, 2021. – 230 с.
4. Гринько В. В., Сухий О. С. Автоматизовані системи управління електропостачанням: навч. посіб. – Київ: Вид-во НТУУ "КПІ", 2016. – 310 с.
5. Рогачов С. В. Електронні вимірювальні прилади: основи побудови та принципи роботи. – Харків: Вид-во ХНУРЕ, 2019. – 224 с.
6. Стасенко В. П., Лисенко М. І. Основи енергетичного моніторингу та управління енергетичними системами. – Вінниця: ВНТУ, 2022. – 272 с.
7. Дьяконов В. П. Мікроконтролери та їх використання в автоматизованих системах управління. – Київ: Наукова думка, 2018. – 360 с.
8. Литвиненко А. М., Колесник В. А. Сучасні підходи до енергомоніторингу та енергоефективності. – Полтава: ПНТУ, 2021. – 198 с.
9. MySQL Documentation. Oracle Corporation. Available at: <https://dev.mysql.com/doc/> (дата звернення: 22.03.2025).
10. Official Bootstrap Documentation. Available at: <https://getbootstrap.com/docs/5.0/getting-started/introduction/> (дата звернення: 27.03.2025).
11. Official jQuery Documentation. Available at: <https://api.jquery.com/> (дата звернення: 17.04.2025).
12. P-CAD Documentation. Altium Limited. Available at: <https://www.altium.com/documentation> (дата звернення: 22.03.2025).
13. OpenEnergyMonitor Project. Available at: <https://openenergymonitor.org/> (дата звернення: 21.04.2025).

					<i>КС 58. 21 000. 00 ДП ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		66

ДОДАТОК А. Фрагменти коду програм системи дистанційного визначення споживаної електричної потужності та електроенергії

Код програми для вимірювального блоку системи

```
#include<SPI.h>
#include<RF24.h>
static char Vrms_char[3];
static char Irms_char[4];
char receivedMessage[32] = {0}; RF24 radio(9, 10);
int i = 0; float Irms = 0; int Vrms = 0;
const int CurrentPin = 0; const int VoltagePin = 1;
const unsigned long sampleTime = 100000UL;
const unsigned long numSamples = 250UL;
const unsigned long sampleInterval = sampleTime / numSamples;
const int adc_zero = 509;
const uint64_t ReadingPipe = 0xE8E8F0F0E1LL;
const uint64_t WritingPipe = 0xF0F0F0F0E1LL;
int voltage() {
int V = 0;
for (i = 0; i < 100; i++) {
int sensorValue = analogRead(VoltagePin);
V += sensorValue * (5.0 / 1023.0) * 70;}
V = V / 100; return V;}
float current() {
unsigned long currentAcc = 0;
unsigned int count = 0;
unsigned long prevMicros = micros() - sampleInterval ;
while (count < numSamples)
{if (micros() - prevMicros >= sampleInterval) {
long adc_raw = (analogRead(CurrentPin) - adc_zero);
currentAcc += (unsigned long)(adc_raw * adc_raw);
++count;
prevMicros += sampleInterval; }}
float rms = sqrt((float)currentAcc / (float)numSamples) * ((5 / 0.1) / 1023.0);
return rms; }
void NRF24L01(float Irms, int Vrms) {
dtostrf(Irms, 4, 2, Irms_char);
dtostrf(Vrms, 3, 0, Vrms_char); radio.startListening();
if (radio.available()) {
radio.read(receivedMessage, sizeof(receivedMessage));
Serial.println(receivedMessage); radio.stopListening();
String stringMessage(receivedMessage);
if (stringMessage == "GETCURRENTUNO") {
radio.write(Irms_char, sizeof(Irms_char)); }
if (stringMessage == "GETVOLTAGEUNO") { radio.write(Vrms_char, sizeof(Vrms_char));} }}
void setup() {
radio.begin();
radio.setPALevel(RF24_PA_MAX);
radio.setChannel(0x76);
radio.openWritingPipe(WritingPipe);
radio.openReadingPipe(1, ReadingPipe);
radio.enableDynamicPayloads(); radio.powerUp();}
void loop() {
Irms = 0;
for (i = 0; i < 3; i++) {
Irms += current(); }
Irms = Irms / 3; Vrms = voltage(); NRF24L01(Irms, Vrms);}
```

Код програми для головного блоку системи

```
import math
from datetime import datetime
import RPi.GPIO as GPIO
from lib_nrf24 import NRF24
import time
import spidev
import pymysql.cursors
import os
import glob
GPIO.setmode(GPIO.BCM)
T = 0
E = 0
M = 0
i = 0
ReadingPipe = [0xE8, 0xE8, 0xF0, 0xF0, 0xE1]
WritingPipe = [0xF0, 0xF0, 0xF0, 0xF0, 0xE1]
radio = NRF24(GPIO, spidev.SpiDev())
radio.begin(0, 17)
radio.setPayloadSize(32)
radio.setChannel(0x76)
radio.setDataRate(NRF24.BR_1MBPS)
radio.setPALevel(NRF24.PA_MAX)
radio.setAutoAck(True)
radio.enableDynamicPayloads()
radio.enableAckPayload()
radio.openWritingPipe(ReadingPipe)
radio.openReadingPipe(1, WritingPipe)
radio.printDetails()
ImessageUNO = list("GETCURRENTUNO")
while len(ImessageUNO) < 32:
    ImessageUNO.append(0)
VmessageUNO = list("GETVOLTAGEUNO")
while len(VmessageUNO) < 32:
    VmessageUNO.append(0)
def receive(mes):
    start = time.time()
    radio.write(mes)
    radio.startListening()
    while not radio.available(0):
        time.sleep(1/100)
    if time.time() - start > 1:
        print("Timed out.")
        break
    receivedMessage = []
    radio.read(receivedMessage, radio.getDynamicPayloadSize())
    radio.stopListening()
    string = ""
    for n in receivedMessage:
        if (n >= 32 and n <= 126):
            string += chr(n)
    return string
def output(I, V):
    global i, T, TI, E, M
    now = time.strftime("%Y-%m-%d %H:%M:%S")
    if float(I) < 20 and 200 <= float(V) <= 250:
        if i == 0:
```

```

T = 0
T1 = time.time()
i = 1
else:
T2 = time.time()
T = round(T2 - T1, 2)
T1 = time.time()
P = round(float(I)*int(V), 2)
E += round((float(I)*int(V)*T)/3600, 4)
M += 0.57*((float(I)*int(V)*T)/3600)/1000
print("Current: {} Amps,".format(I), "Voltage: {} Volts,".format(V),
"Power: {} Watts,".format(P), datetime.strftime(datetime.now(), "%Y.%m.%d %H:%M:%S"),
"Time: {} Sec,".format(T), "Energy: {} W*h,".format(E), "Money: {} UAH."format(M))
connection =
pymysql.connect(host="localhost",user="root",passwd="kovbich",db="Powermeter")
cursor = connection.cursor()
sql = "INSERT INTO data (timestamp, Current, Voltage, Power, Energy, Money)
VALUES (%s, %s, %s, %s, %s, %s)"
cursor.execute(sql, (now, float(I), int(V), P, E, M))
connection.commit()
connection.close()
else:
print("Wrong data")
try:
while True:
Irms = receive(ImessageUNO)
if float(Irms) < 0.07:
Irms = 0
time.sleep(1/2)
Vrms = receive(VmessageUNO)
output(Irms, Vrms)
time.sleep(1/2)
except KeyboardInterrupt:
print("Keyboard interrupt")
finally:
GPIO.cleanup()

```

Код програми data.php для отримання даних з БД і побудови графіка

```

<?php
function connect_db(){
mysql_connect("localhost", "root", "kovbich") or die(mysql_error());
mysql_select_db("Powermeter") or die(mysql_error());}
function showUsageTable(){
echo "<a href=index.html>Realtime graph</a><br>";
echo "<center>Electricity consumption</center><br>";
connect_db();
$result = mysql_query("SELECT * FROM data ORDER BY timestamp DESC") or
die (mysql_error());
?>
<table border="1" align=center>
<tr>
<td width=10>Sample</td>
<td width=200>Date and time</td>
<td width=100>Current (A)</td>
<td width=100>Voltage (V)</td>
<td width=100>Power (W)</td>
<td width=100>Energy (W*h)</td>
<td width=100>Money (UAH)</td>

```

```

</tr>
<?php
while ($row = mysql_fetch_assoc($result)) {
echo "<tr>";
echo "<td>".$row['id']."</td>";
echo "<td>".$row['timestamp']."</td>";
echo "<td>".$row['Current']."</td>";
echo "<td>".$row['Voltage']."</td>";
echo "<td>".$row['Power']."</td>";
echo "<td>".$row['Energy']."</td>";
echo "<td>".$row['Money']."</td>";
echo "</tr>"; }
?>
</table>
<?php}
function getRange($from, $to, $key1) {
connect_db();
$sql="SELECT * FROM data WHERE timestamp BETWEEN '{$from}' AND '{$to}'
ORDER BY timestamp ASC";
$result = mysql_query($sql) or die (mysql_error());
switch ($key1){
case "current":
$ar=array();
while ($row = mysql_fetch_assoc($result)) {
$pw=floatval($row['Current']);
if ($pw >= 0){
array_push($ar,
array(strtotime($row['timestamp'])*1000, $pw));
}} break;
case "voltage":
$ar=array();
while ($row = mysql_fetch_assoc($result)) {
$pw=floatval($row['Voltage']);
if ($pw >= 0){ array_push($ar,
array(strtotime($row['timestamp'])*1000, $pw)); }
} break;
case "power":
$ar=array();
while ($row = mysql_fetch_assoc($result)) {
$pw=floatval($row['Power']);
if ($pw >= 0){
array_push($ar,
array(strtotime($row['timestamp'])*1000, $pw)); }}
break;
case "energy":
$ar=array();
while ($row = mysql_fetch_assoc($result)) {
$pw=floatval($row['Energy']);
if ($pw >= 0){
array_push($ar,
array(strtotime($row['timestamp'])*1000, $pw)); }
} break;
case "money": $ar=array();
while ($row = mysql_fetch_assoc($result)) {
$pw=floatval($row['Money']);
if ($pw >= 0){
array_push($ar,
array(strtotime($row['timestamp'])*1000, $pw)); }
}
}
}

```

```

} break;}
return $ar; }
function getLast($minutes, $key1){
    $tm = time();
    $from = date('Y-m-d H:i:s', $tm - $minutes*60);
    $to = date('Y-m-d H:i:s', $tm);
    header("Content-type: text/json");
    $ar = getRange($from, $to, $key1);
    echo json_encode($ar);}
function getNow($key) {
    header("Content-type: text/json");
    connect_db();
    $result = mysql_query("SELECT * FROM data ORDER BY timestamp DESC LIMIT 1")
    or die (mysql_error());
    $row = mysql_fetch_assoc($result);
    if ($row){
        switch ($key){
            case "current":
                $ret = array(strtotime($row['timestamp'])*1000, floatval($row['Current']));
                echo json_encode($ret);
                return;
            case "voltage":
                $ret = array(strtotime($row['timestamp'])*1000, floatval($row['Voltage']));
                echo json_encode($ret);
                return;
            case "power":
                $ret = array(strtotime($row['timestamp'])*1000, floatval($row['Power']));
                echo json_encode($ret); return;
            case "energy":
                $ret = array(strtotime($row['timestamp'])*1000, floatval($row['Energy']));
                echo json_encode($ret);
                return;
            break;
            case "money":
                $ret = array(strtotime($row['timestamp'])*1000, floatval($row['Money']));
                echo json_encode($ret);
                return;
            break; }} }
foreach($_GET as $key => $val){ switch ($key){
    case "lastcurrent": getLast($val, current); return;
    case "lastvoltage":
        getLast($val, voltage); return;
    case "lastpower": getLast($val, power); return;
    case "lastenergy": getLast($val, energy); return;
    case "lastmoney": getLast($val, money); return;
    case "nowcurrent": getNow(current); return;
    case "nowvoltage": getNow(voltage); return;
    case "nowpower": getNow(power); return;
    case "nowenergy": getNow(energy); return;
    case "nowmoney": getNow(money); return;
    break; }}
showUsageTable();
?>

```

Розробка системи дистанційного визначення споживаної електричної потужності

Чикаленко Ілля, гр.4КС-58



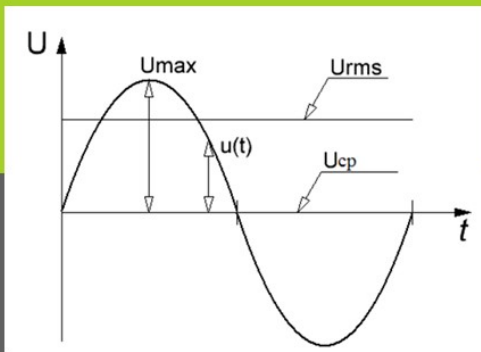
Пристрій контролю споживаної
потужності Shelly 3EM



Wi-Fi розетка TP-Link HS110



Пристрій контролю споживаної
потужності Plugwise Smile P1



Форма напруги в колах змінного струму

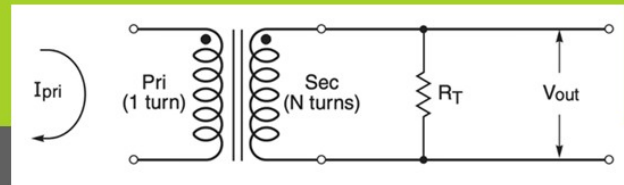


Схема застосування трансформатора для вимірювання струму

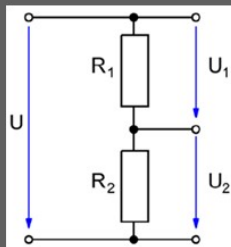
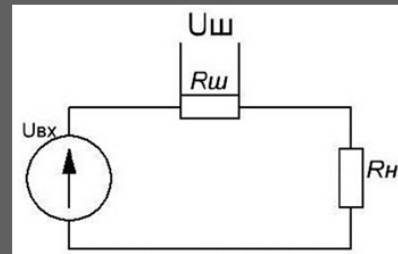
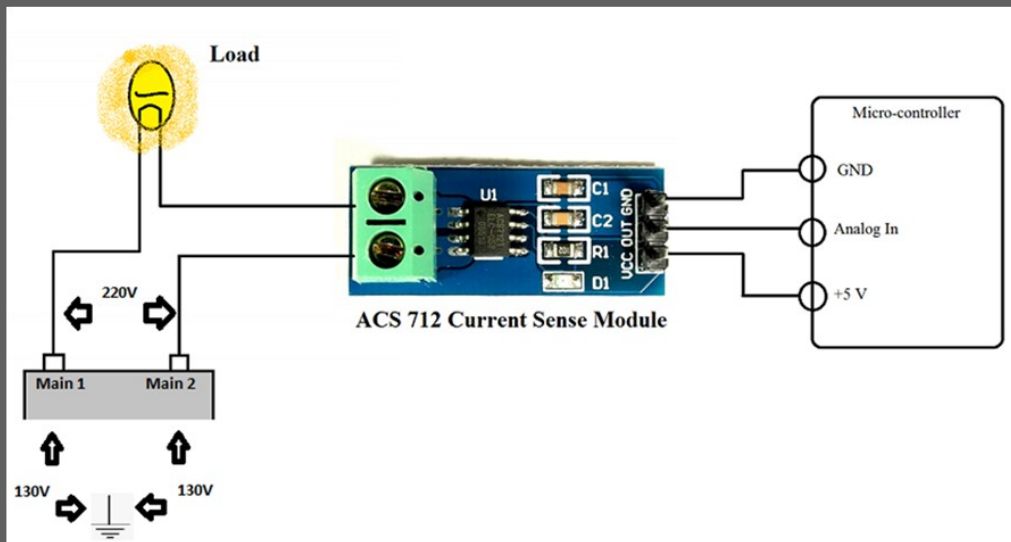


Схема дільника напруги для адаптації мережевого сигналу

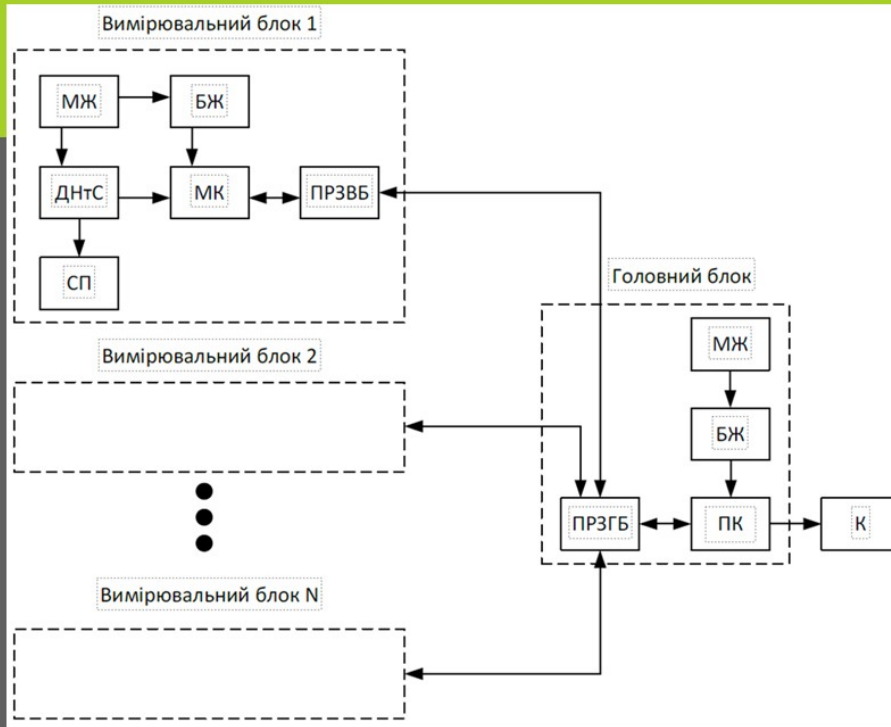


Застосування вимірювального шунту

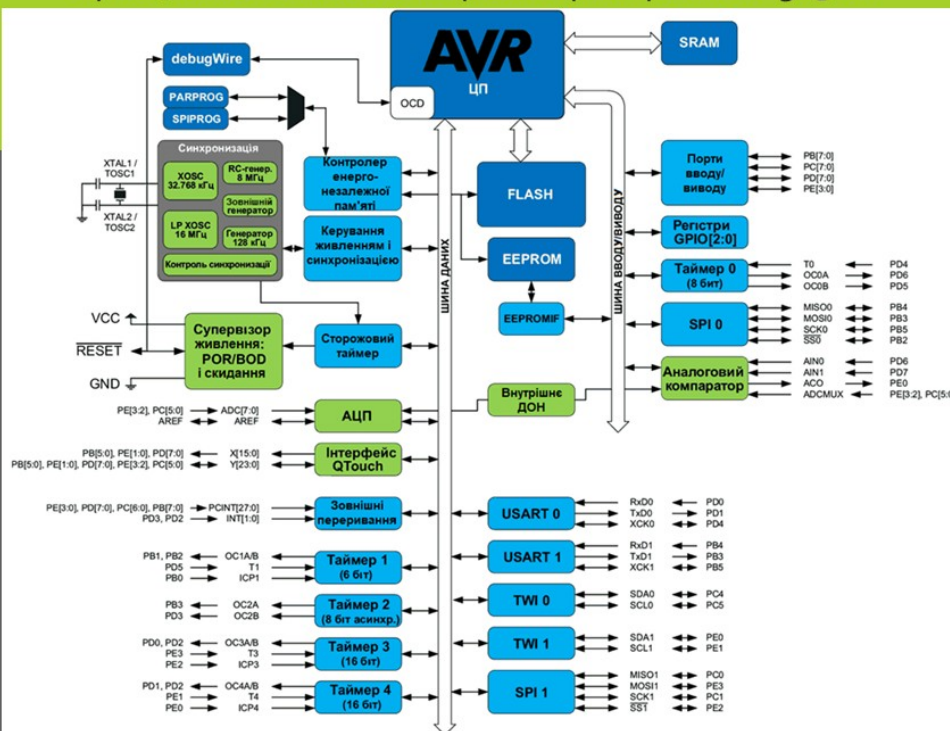
Схема включення датчика струму ACS712



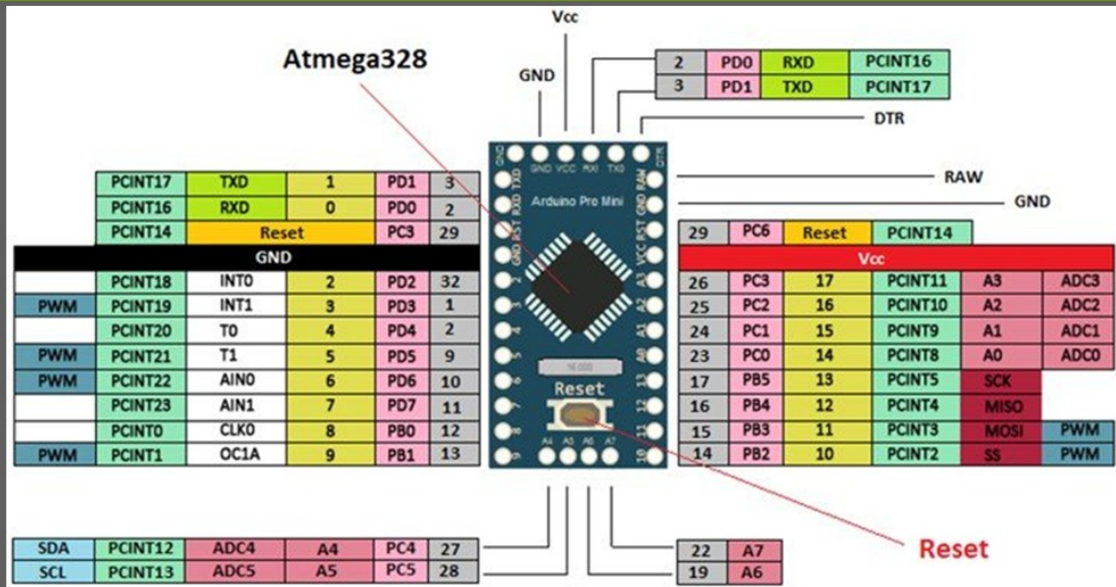
Структурна схема системи дистанційного визначення споживаної електричної потужності



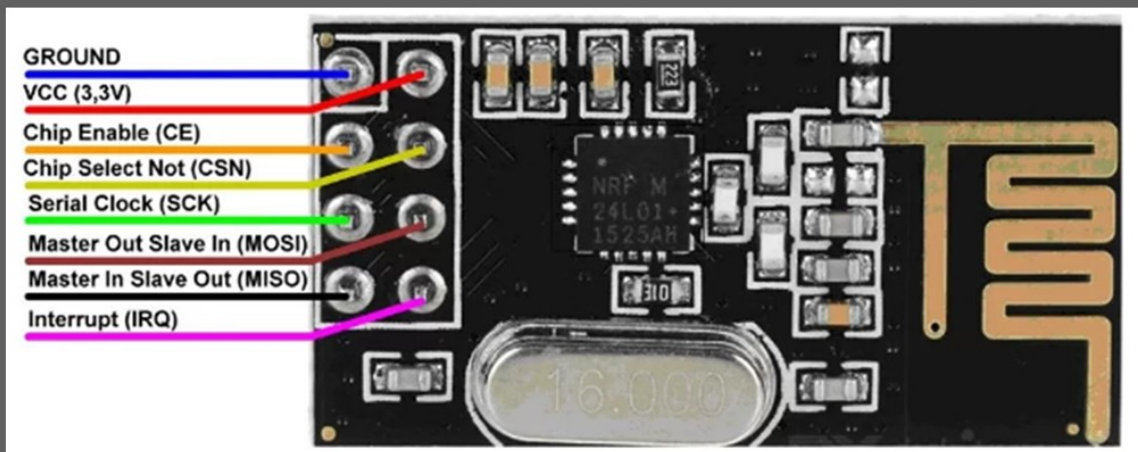
Функціональна схема мікроконтролера АТМega328



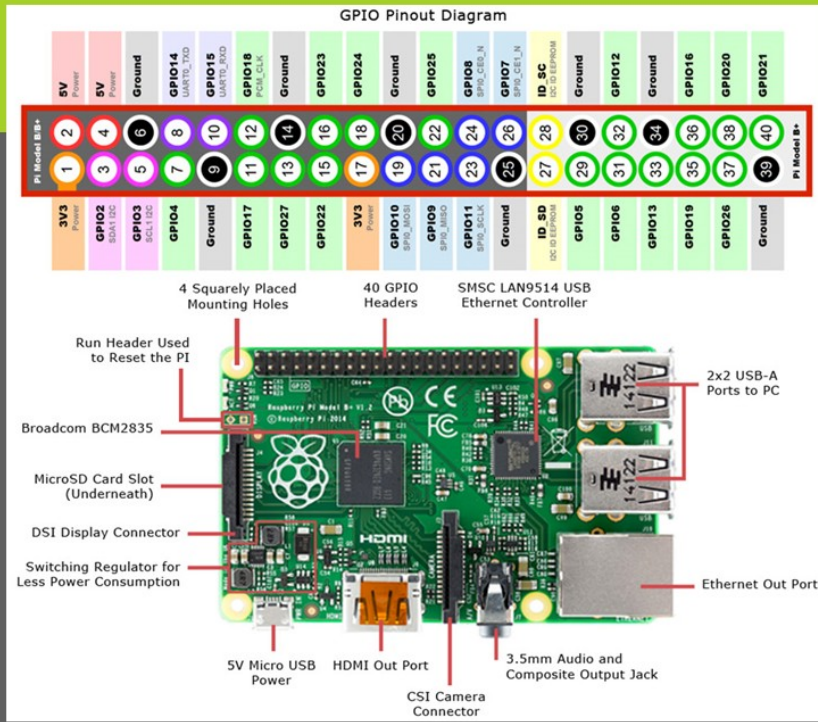
Призначення контактів плати Arduino Pro Mini



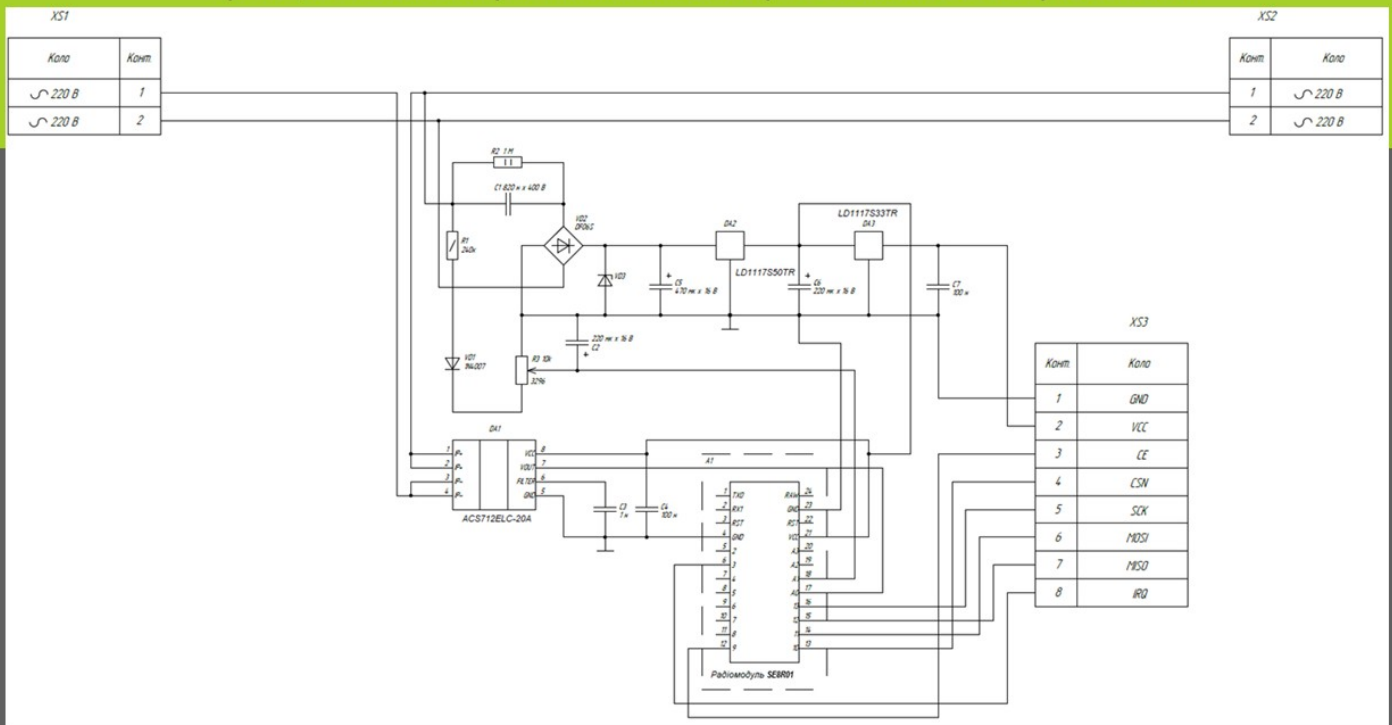
Призначення контактів плати радіомодулю SE8R01



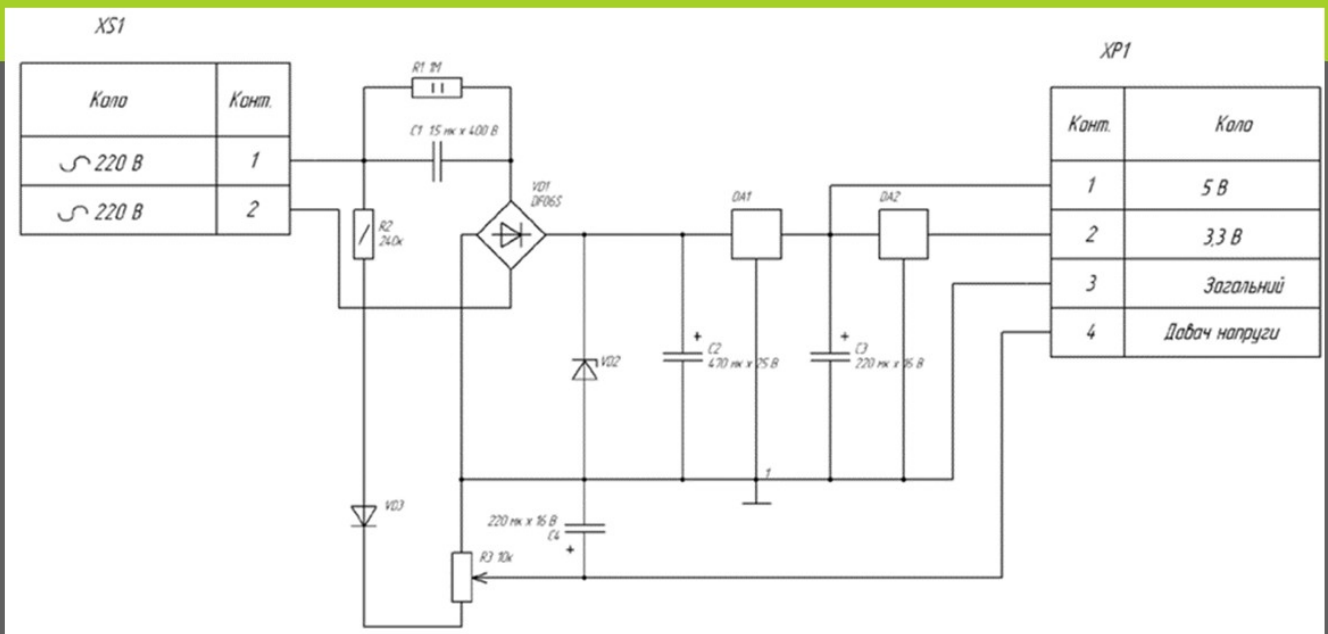
Обладнання одноплатного міні-комп'ютера Raspberry Pi 2



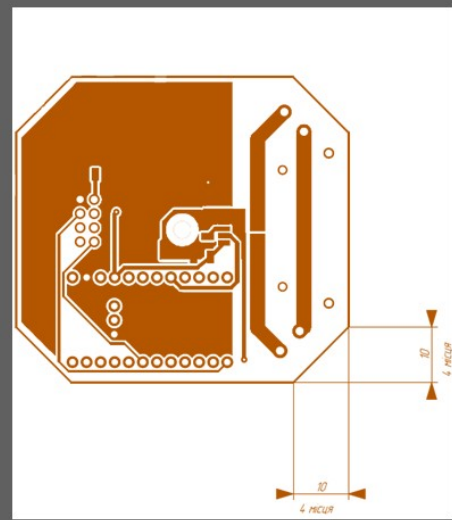
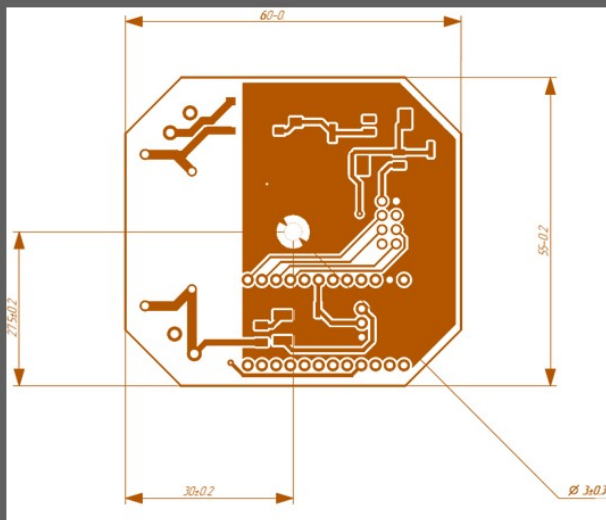
Принципова електрична схема вимірювального блоку системи



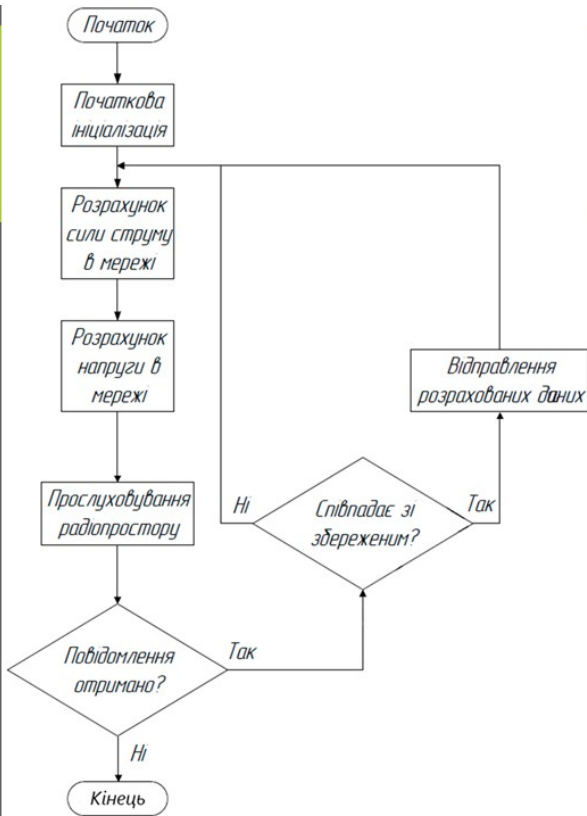
Джерело живлення з вихідною постійною напругою 3,3 В і 5 В
та з виходом, напруга на якому пропорційна вхідній змінній напрузі



Макет друкованої плати вимірювального блоку у САПР P-CAD



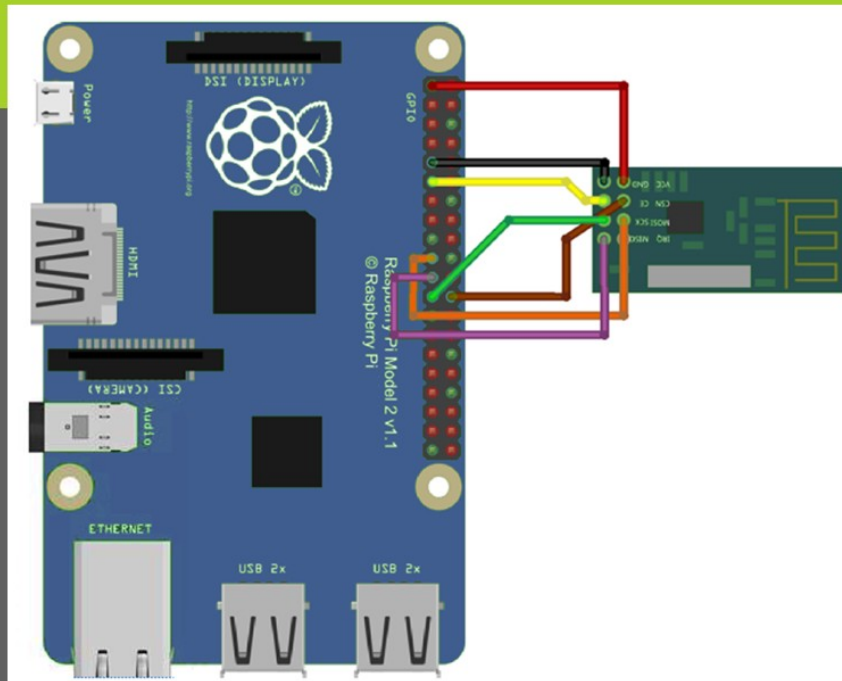
БСА програми вимірювального блоку системи дистанційного визначення споживаної електричної потужності



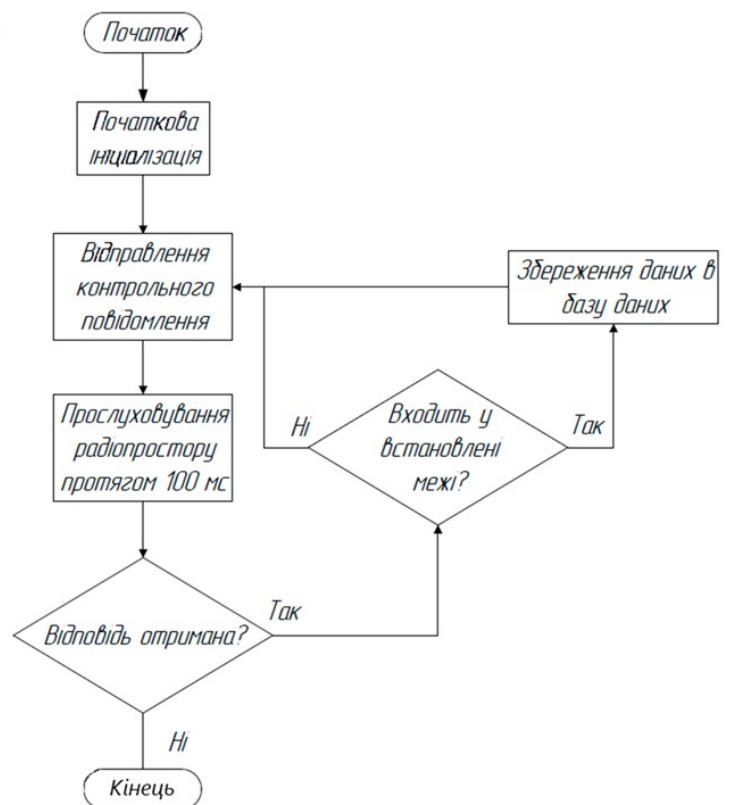
Структура таблиці для збереження вимірюваних даних

id	timestamp	current (A)	voltage (V)	power (W)	energy (kWh)	cost (UAH)
1	1672531200	3.25	220	715	0.05	0.80
2	1672531300	2.90	221	641	0.08	1.28
3	1672531400	1.75	223	390	0.12	1.92
4	1672531500	4.10	218	893	0.17	2.72
5	1672531600	0.50	224	112	0.18	2.88

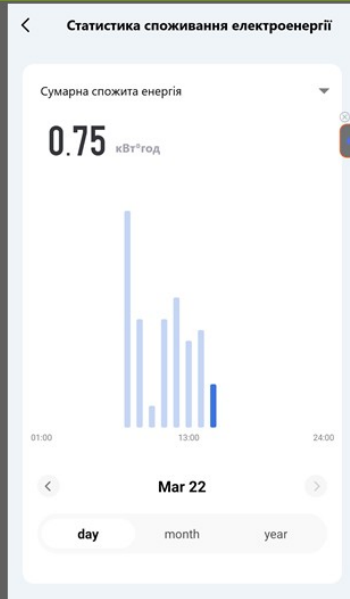
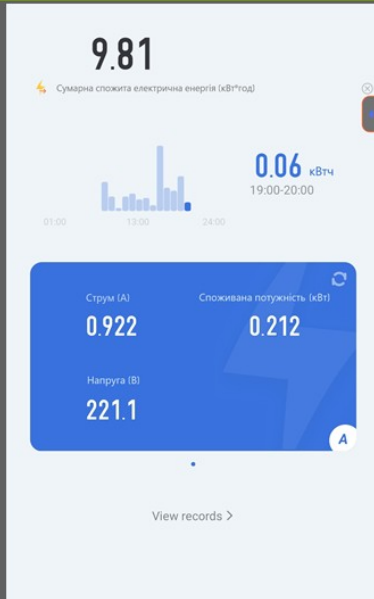
Підключення радіомодуля SE8R01 до міні-ПК Raspberry Pi 2



БСА алгоритму програми головного блоку системи дистанційного визначення споживаної електричної потужності



Зовнішній вигляд головної web-сторінки для візуалізації даних



РЕЦЕНЗІЯ

на дипломний проект здобувача (здобувачки) освіти
відділення комп'ютерних систем

Чикаленка Іллі Миколайовича

(прізвище, ім'я та по батькові)

Спеціальність 123 «Комп'ютерна інженерія»

Освітньо-професійна програма «Обслуговування комп'ютерних систем і мереж»

Керівник дипломного проекту (роботи) Кривченко Анастасія Анатоліївна

(прізвище, ім'я та по батькові)

Тема дипломного проекту (роботи) Розробка системи дистанційного визначення
споживаної електричної потужності

Обсяг розрахунково-пояснювальної записки 80 сторінок

Обсяг графічної (презентаційної) частини 17 аркушів (слайдів)

ХАРАКТЕРИСТИКА ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТУ (РОБОТИ)

а) заключення про ступінь відповідності виконаного дипломного проекту завданню

Представлений дипломний проект відповідає затвердженій темі та виконаний відповідно технічному завданню. Дипломний проект присвячений розробці системи дистанційного визначення споживаної електричної потужності і складається з пояснювальної записки та мультимедійної презентації з відповідними схемами.

б) характеристика виконання кожного розділу дипломного проекту

Пояснювальна записка складається з основного розділу (Аналітичний огляд засобів контролю споживаної електроенергії; Розробка структурної схеми; Вибір і опис складових системи дистанційного визначення споживаної електричної потужності; Розробка принципової електричної схеми; Розробка макету друкованої плати; Розробка програмного забезпечення системи), економічного розділу, розділу охорони праці та додатків. Перелічені розділи поетапно охоплюють розробку, виконані докладно та обґрунтовано.

в) оцінка якості виконання пояснювальної записки та графічної частини дипломного проекту

Графічна частина складається з 17 слайдів мультимедійної презентації, виконаної у програмному продукті MS PowerPoint, які містять структурні, принципові та функціональні схеми, фото пристрою, блок-схеми алгоритмів, передбачені технічним завданням. Пояснювальна записка виконана акуратно та у відповідності до норм. Якість виконання пояснювальної записки відмінна, розробку виконано у повному обсязі.

г) перелік позитивних якостей дипломного проекту Передача результатів вимірювання для обробки, збереження та виведення на відображення відбувається за бездротовим каналом зв'язку. Прилад має компактні розміри та може бути вбудованим у підрозетник

д) основні недоліки дипломного проекту Недостатньо описано розробку web-сторінки для відображення даних енергоспоживання та використання бази даних;
У змісті пояснювальної записки присутні деякі неточності (зокрема, назва розділу 3)

Оцінка розрахункової частини Добре
Оцінка графічної частини Відмінно
Загальна оцінка Добре

Прізвище, ім'я, по батькові рецензента к.т.н. Рудніченко Микола Дмитрович

Місце роботи і посада рецензента Національний університет «Одеська політехніка»,
доцент кафедри інформаційних технологій

Підпис:



20 червня 2025 р.

ВІДГУК

керівника на дипломний проект здобувача (здобувачки) освіти
відділення комп'ютерних систем

Чикаленка Іллі Миколайовича

(прізвище, ім'я та по батькові)

Спеціальність: 123 "Комп'ютерна інженерія"

Освітньо-професійна програма: «Обслуговування комп'ютерних систем і мереж»

Тема дипломного проекту: Розробка системи дистанційного визначення споживаної електричної потужності

ХАРАКТЕРИСТИКА ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТУ

а) обсяг і якість виконання проекту (графічного матеріалу і розрахунково-пояснювальної записки) Дипломний проект виконано відповідно технічному завданню. Пояснювальна записка містить 80 сторінок. У пояснювальній записці виконано опис етапів розробки системи дистанційного визначення споживаної електричної потужності, а також її програмного забезпечення. Графічна частина складається з 17 слайдів мультимедійної презентації, які також містять креслення, передбачені технічним завданням. Якість виконання пояснювальної записки та графічної частини добра, розробку виконано в повному обсязі.

б) самостійність роботи над проектом: Протягом всього строку дипломного проектування та переддипломної практики здобувач освіти Чикаленко І.М. поступово та послідовно виконував всі етапи розробки. Всі роботи здобувач освіти виконував самостійно, з оглядом на рекомендації керівника

в) теоретична підготовка випускника (випускниці): Здобувач освіти Чикаленко І.М. під час роботи над дипломним проектом вивчив достатню кількість літературних джерел та матеріалів за даною тематикою.

Вважаю, що теоретична підготовка дипломника добра і він готовий до захисту дипломного проекту

г) вміння розв'язувати виробничі та конструкторські питання _____
Під час дипломного проектування здобувач освіти Чикаленко І.М. мав змогу
самостійно приймати окремі рішення з реалізації принципової електричної
схеми системи та її програмного забезпечення і показав вміння
організовано працювати над поставленим завданням, скласти програмне
забезпечення, схеми та розрахунки за допомогою сучасних комп'ютерних
програмних засобів та та САПР, таких як fritzing, Diagram Designer, P-
CAD

Оцінка розрахункової частини _____ Добре
Оцінка графічної частини _____ Відмінно
Загальна оцінка _____ Добре

Прізвище, ім'я, по батькові керівника дипломного проекту _____
Кривченко Анастасія Анатоліївна

Місце роботи і посада керівника дипломного проекту _____
ВСП "Одеський технічний фаховий коледж ОНТУ", викладач
специдисциплін комісії комп'ютерних технологій та програмної інженерії

Підпис _____

«16» 06 2025 р.

**ДОЗВІЛ
НА РОЗМІЩЕННЯ
ВИПУСКНОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ
(ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТУ)
В ЕЛЕКТРОННОМУ РЕПОЗИТАРІЇ ВСП «ОТФК ОНТУ»**

Ми, що нижче підписалися,

Чикаленко І.М.,
здобувач освіти гр. 4КС-58, та

Кривченко А.А.,
керівник дипломного проекту,


не заперечуємо щодо розміщення електронного варіанту пояснювальної записки до дипломного проекту фахового молодшого бакалавра на тему:

«Розробка системи дистанційного визначення споживаної електричної потужності» (автор роботи – Чикаленко І.М., керівник роботи – Кривченко А.А.)

виконаного у ВСП «Одеський технічний фаховий коледж Одеського національного технологічного університету» в 2025 році, у повному обсязі в електронному репозитарії ВСП «ОТФК ОНТУ» для вільного доступу через мережу Інтернет.

Несемо відповідальність за ідентичність електронного та друкованого варіантів випускної кваліфікаційної роботи і даємо згоду на обробку персональних даних.

Виконавець



/ Чикаленко І.М. /

Керівник



/ Кривченко А.А. /

«16» червня 2025 р.

Д О В І Д К А

циклової комісії КТ та ПІ
про допуск до захисту дипломного проєкту
здобувача (здобувачки) освіти ІV курсу
відділення комп'ютерних систем групи 4КС-58

Чикаленка Іллі Миколайовича

на тему Розробка системи дистанційного визначення
споживаної електричної потужності

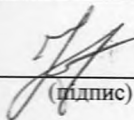
Висновок відповідальної особи за проведення нормоконтролю:
пояснювальна записка до дипломного проєкту виконана з несуттєвими
порушеннями ДСТУ та оформлена відповідно до вимог Положення про
дипломне проєктування


(підпис)

16.06.2025
(дата)

Петрашова В.І.
(П.І.Б.)

Висновок відповідальної особи за перевірку роботи на наявність академічного
плагиату згідно звіту про перевірку від 29.05.2025 р. значення коефіцієнту
подібності в роботі становить 12,93%, коефіцієнт цитування – 1,48%.


(підпис)

16.06.2025
(дата)

Краснокутська К.Г.
(П.І.Б.)

Попередня експертиза (малий захист) дипломного проєкту

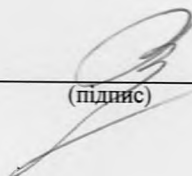
здобувача (здобувачки) освіти

Чикаленка І.М.
(П.І.Б.)

проведена « 16 » червня 2025 р.

Висновки Пояснювальна записка до дипломного проєкту виконана у повному
обсязі. Випускна кваліфікаційна робота (дипломний проєкт) відповідає
вимогам Положення про дипломне проєктування та рекомендована до
захисту.

Голова ЦК КТ та ПІ


(підпис)

Кривченко Ю.В.
(П.І.Б.)

Звіт подібності

метадані

Назва організації

Odesa Technical Professional College of Odesa National University of Technology

Заголовок

Розробка системи дистанційного визначення споживаної електричної потужності

Автор

Науковий керівник / Експерт

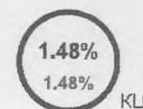
Чикаленко Ілля Миколайович Кривченко Анастасія Анатоліївна

підрозділ

Відокремлений структурний підрозділ "Одеський технічний фаховий коледж Одеського національного технологічного університету"

Обсяг знайдених подібностей

Коефіцієнт подібності визначає, який відсоток тексту по відношенню до загального обсягу тексту було знайдено в різних джерелах. Зверніть увагу, що високі значення коефіцієнта не автоматично означають плагіат. Звіт має аналізувати компетентна / уповноважена особа.



25

Довжина фрази для коефіцієнта подібності 2

14008

Кількість слів

111060

Кількість символів

Тривога

У цьому розділі ви знайдете інформацію щодо текстових спотворень. Ці спотворення в тексті можуть говорити про МОЖЛИВІ маніпуляції в тексті. Спотворення в тексті можуть мати навмисний характер, але частіше характер технічних помилок при конвертації документа та його збереженні, тому ми рекомендуємо вам підходити до аналізу цього модуля відповідально. У разі виникнення запитань, просимо звертатися до нашої служби підтримки.

Заміна букв		39
Інтервали		0
Мікропробіли		0
Білі знаки		0
Парафрази (SmartMarks)		128

Подібності за списком джерел

Нижче наведений список джерел. В цьому списку є джерела із різних баз даних. Копію тексту означає в якому джерелі він був знайдений. Ці джерела і значення Коефіцієнту Подібності не відображають прямого плагіату. Необхідно відкрити кожне джерело і проаналізувати зміст і правильність оформлення джерела.

10 найдовших фраз

Копію тексту

ПОРЯДКОВИЙ НОМЕР	НАЗВА ТА АДРЕСА ДЖЕРЕЛА URL (НАЗВА БАЗИ)	КІЛЬКІСТЬ ІДЕНТИЧНИХ СЛІВ (ФРАГМЕНТІВ)
1	https://card-file.ontu.edu.ua/server/api/core/bitstreams/c63b91ba-d04f-4715-890d-b16277695c7e/content	66 0.47 %
2	https://community.particle.io/t/am-interfacing-acs-712-with-particle-photon-getting-error-answer/20365	44 0.31 %
3	https://card-file.ontu.edu.ua/bitstreams/21173711-5b67-4b87-b17f-6302c25e7a31/download	41 0.29 %
4	https://card-file.ontu.edu.ua/bitstreams/8999d5af-6274-44f4-ae78-d23e08048d38/download	39 0.28 %
5	https://card-file.ontu.edu.ua/server/api/core/bitstreams/44c16132-5f53-48e2-b6c0-61e9a2f0fd75/content	36 0.26 %

6	https://card-file.ontu.edu.ua/bitstreams/5240e379-7721-49f0-8ee8-27140b0b473a/download	36 0.26 %
7	https://card-file.ontu.edu.ua/bitstreams/21173711-5b67-4b87-b17f-6302c25e7a31/download	33 0.24 %
8	https://card-file.ontu.edu.ua/bitstreams/0e72a3b9-bdd7-4711-a3c6-dedc1d4287cc/download	30 0.21 %
9	https://card-file.ontu.edu.ua/bitstreams/0e72a3b9-bdd7-4711-a3c6-dedc1d4287cc/download	29 0.21 %
10	https://card-file.ontu.edu.ua/bitstreams/0e72a3b9-bdd7-4711-a3c6-dedc1d4287cc/download	29 0.21 %

з домашньої бази даних (0.16 %)

ПОРЯДКОВИЙ НОМЕР	ЗАГОЛОВОК	КІЛЬКІСТЬ ІДЕНТИЧНИХ СЛІВ (ФРАГМЕНТІВ)
1	<p>Моделювання роботи кодеку модифікованого криптоалгоритму DES 5/28/2025</p> <p>Odesa Technical Professional College of Odesa National University of Technology (Відокремлений структурний підрозділ "Одеський технічний фаховий коледж Одеського національного технологічного університету")</p>	23 (3) 0.16 %

з програми обміну базами даних (0.64 %)

ПОРЯДКОВИЙ НОМЕР	ЗАГОЛОВОК	КІЛЬКІСТЬ ІДЕНТИЧНИХ СЛІВ (ФРАГМЕНТІВ)
1	<p>Petukhov.mag.rob.docx 12/9/2019</p> <p>Sumy State University (Кафедра інформаційних технологій)</p>	48 (4) 0.34 %
2	<p>YFCNU/2011/comp/comp_2011_031.pdf 10/28/2019</p> <p>Yuriy Fedkovych Chernivtsi National University(CNU) course papers (Deanery)</p>	16 (3) 0.11 %
3	<p>Ананьєв_Ткачук-8-81.pdf 6/10/2022</p> <p>Vasyl Stefanyk Precarpathian National University (VSPNU) (VSPNU)</p>	14 (2) 0.10 %
4	<p>2023_81710003_Hrynychshyn_Andrii_Bohdanovych_195005 10/26/2024</p> <p>National University "Lviv Politechnika" (National University Lviv Politechnika)</p>	12 (1) 0.09 %

з Інтернету (12.12 %)

ПОРЯДКОВИЙ НОМЕР	ДЖЕРЕЛО URL	КІЛЬКІСТЬ ІДЕНТИЧНИХ СЛІВ (ФРАГМЕНТІВ)
1	https://card-file.ontu.edu.ua/server/api/core/bitstreams/a141b658-5fa7-4f90-b0bd-7f0ccaed21e5/content	331 (30) 2.36 %
2	https://card-file.ontu.edu.ua/bitstreams/0e72a3b9-bdd7-4711-a3c6-dedc1d4287cc/download	214 (17) 1.53 %
3	https://card-file.ontu.edu.ua/bitstreams/8999d5af-6274-44f4-ae78-d23e08048d38/download	195 (10) 1.39 %
4	https://card-file.ontu.edu.ua/bitstreams/aed610a6-43ef-47e0-9066-e85c89456f3e/download	177 (15) 1.26 %
5	https://card-file.ontu.edu.ua/bitstreams/21173711-5b67-4b87-b17f-6302c25e7a31/download	120 (5) 0.86 %
6	https://card-file.ontu.edu.ua/server/api/core/bitstreams/c5cd348b-fc64-4a25-9a5b-6cc8d62db909/content	85 (6) 0.61 %
7	https://card-file.ontu.edu.ua/server/api/core/bitstreams/c63b91ba-d04f-4715-890d-b16277695c7e/content	66 (1) 0.47 %
8	https://card-file.ontu.edu.ua/bitstreams/1dff552d-7200-49b8-ae1d-ba76a1335685/download	54 (5) 0.39 %
9	https://card-file.ontu.edu.ua/bitstreams/f292747f-f875-4858-906b-e14629f6ec57/download	49 (3) 0.35 %

