

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

Спеціальність: 123 «Комп'ютерна інженерія»

Освітня програма: «Обслуговування комп'ютерних систем і мереж»

Група: 4КС-56

Дипломний проект

**здобувача освіти денної форми навчання
КС.56.16.000.ДП**

***ОЖОГИ
ВІТАЛІЯ АНДРІЙОВИЧА***

**м. Одеса
2023 р.**

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

Спеціальність: 123 «Комп'ютерна інженерія»

Освітня програма: «Обслуговування комп'ютерних систем і мереж»

Група: 4КС-56

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до дипломного проекту (роботи) на тему:

Розробка лічильника електроенергії з можливістю віддаленого контролю

Проектний матеріал складається з пояснювальної записки на 73 сторінках та графічного (презентаційного) матеріалу на 17 аркушах (слайдах).

Дипломник  (Ожога В.А.)

Керівник  (Кривченко Ю.В.)

Консультанти:

з економічної частини  (Копайгородська Т.Г.)

з охорони праці  (Чорновол Н.І.)

з дотримання вимог ЄСКД  (Петрашова В.І.)

старший консультант  (Кривченко Ю.В.)

До захисту допущений

Голова циклової комісії  (Кривченко Ю.В.)

Завідувач відділення  (Скорнякова О.В.)

Захист « 19 » червня 2023 р.

Протокол ДКК № 1

Оцінка ДКК 5 (відмінно)

Секретар ДКК 

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

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

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Заст. дир. з НВР 

Беркань І.В.

“ ” 2023 р.

ЗАВДАННЯ

на дипломний проект (роботу)

Ожогі Віталію Андрійовичу

Здобувачеві (здобувачці) освіти _____

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) Розробка лічильника електроенергії з можливістю віддаленого контролю

затверджена наказом по коледжу від “ 17 ” жовтня 202 2 р. № 235-A2-ОД

2. Термін здачі закінченого проекту (роботи) _____




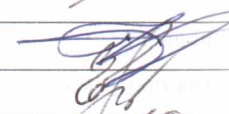




3. Вихідні данні до проекту (роботи) 1. Передбачити вимірювання приладом потужності та розрахунок електричної енергії, споживаної активним навантаженням для мережі живлення 220В, струму споживання до 15А; 2. Передбачити передачу результатів вимірювання за бездротовим каналом зв'язку для обробки, збереження та виведення у зручній для користувача формі; 3. Передбачити вбудовування приладу 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)

Огляд приладів для контролю спожитої електроенергії; Методи визначення споживаної потужності; Розробка структурної схеми лічильника електроенергії; Вибір елементної бази; Розробка принципової електричної схеми лічильника електроенергії; Розробка макету друкованої плати; Розробка програмного забезпечення вимірювального блоку; Розробка програмного забезпечення для головного блоку

5. Перелік графічного (презентаційного) матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, кількості слайдів)
Схема включення датчика струму; Структурна схема лічильника електроенергії; Функціональна схема мікроконтролера; Принципова електрична схема вимірювального блоку лічильника електроенергії; Джерело живлення з вихідною постійною напругою 3,3 В і 5 В; Макет друкованої плати пристрою; Блок-схема алгоритму роботи програми вимірювального блоку; Структура таблиці для збереження вимірюваних пристроєм даних; Блок-схема алгоритму роботи програми головного блоку; Зовнішній вигляд головної web-сторінки для візуалізації даних

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

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
1. Технологічний розділ	Кривченко Ю.В.	1.05 	 11.05
2. Екон. частина	Копайгородська Т.Г.		
3. Охорона праці	Чорновол Н.І.		
Нормоконтроль	Петрашова В.І.		

7. Дата видачі завдання 1.05.23

Керівник

Кривченко Ю.В.


(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	22.05.2023	Виконано
2.	Огляд приладів для контролю спожитої електроенергії	24.05.2023	Виконано
3.	Аналіз технічних вимог до проєктованого пристрою	25.05.2023	Виконано
4.	Методи визначення споживаної потужності	26.05.2023	Виконано
5.	Розробка структурної схеми лічильника електроенергії	28.05.2023	Виконано
6.	Вибір елементної бази	30.05.2023	Виконано
7.	Розробка принципової електричної схеми лічильника електроенергії	31.05.2023	Виконано
8.	Розробка макету друкованої плати лічильника електроенергії	2.06.2023	Виконано
9.	Розробка програмного забезпечення вимірювального блоку	6.06.2023	Виконано
10.	Розробка програмного забезпечення для головного блоку	8.06.2023	Виконано
11.	Виконання економічних розрахунків	9.06.2023	Виконано
12.	Розробка заходів з охорони праці	10.06.2023	Виконано
13.	Виконання графічної частини проєкту	11.06.2023	Виконано

Дипломник


(підпис)

Керівник


(підпис)

ЗМІСТ

Вступ.....	6
1 Технологічний розділ.....	7
1.1 Огляд приладів для контролю спожитої електроенергії.....	7
1.1.1 Ватметр/енергометр CAT II Sinotimer.....	7
1.1.2 Енергомонітор Current Cost EnviR.....	8
1.1.3 Wi-Fi-лічильник EM-129.....	10
1.2 Методи визначення споживаної потужності.....	11
1.3 Розробка структурної схеми лічильника електроенергії	18
1.4 Вибір елементної бази для реалізації схеми пристрою	19
1.4.1 Вибір датчиків напруги та струму.....	20
1.4.2 Вибір мікроконтролеру для реалізації блоку керування.....	20
1.4.3 Вибір пристрою радіозв'язку.....	21
1.4.4 Вибір платформи головного блоку лічильника електроенергії.....	26
1.4.5 Вибір стабілізаторів напруги живлення.....	28
1.4.6 Вибір діодного мосту.....	28
1.4.7 Вибір напівпровідникового стабілітрону.....	29
1.4.8 Вибір напівпровідникових діодів.....	29
1.4.9 Вибір пасивних елементів.....	29
1.4.10 Вибір контактних елементів для пристрою.....	30
1.5 Розробка принципової електричної схеми лічильника електроенергії з можливістю віддаленого контролю.....	30
1.6 Розробка макету друкованої плати лічильника електроенергії.....	36
1.7 Розробка програмного забезпечення вимірювального блоку.....	38
1.8 Розробка програмного забезпечення для головного блоку.....	40
1.8.1 Вибір способу збереження інформації в головному блоці.....	40
1.8.2 Вибір способу візуалізації даних.....	41
1.8.3 Розробка програми прийняття інформації з вимірювального блоку.....	41

1.8.4 Створення web-сторінки з візуалізацією даних.....	43
1.8.5 Зчитування параметрів з декількох вимірювальних блоків.....	47
2 Економічна частина.....	48
3 Охорона праці.....	54
3.1 Аналіз небезпечних і шкідливих факторів, що впливають на програміста.....	53
3.2 Гігієнічні вимоги до виробничого середовища.....	53
3.2.1 Освітлення.....	53
3.2.2 Шум.....	53
3.2.3 Вимоги до організації робочого місця працівника.....	53
3.2.4 Мікроклімат.....	56
3.3 Пожежна безпека.....	56
Висновки.....	58
Перелік використаних джерел.....	59
Додаток А. Вихідні коди ПЗ лічильника електроенергії.....	60
Додаток Б. Слайди мультимедійної презентації.....	65

					<i>КС 56. 16 000. 00 ДП ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		5

ВСТУП

Питання визначення енергоспоживання побутових електроприладів задля економії електроенергії та заощадження коштів стало дуже актуальним. В Україні вартість електроенергії буде стрімко зростати протягом найближчого часу. Хоч кожного року і з'являються прилади, які економніші (в сенсі споживання електроенергії) за попередні, але ще є прилади, які споживають досить суттєву кількість електроенергії, що призводить до значного збільшення сплати за цю послугу.

У даному дипломному проекті буде виконано розробку інтелектуального лічильника електроенергії з можливістю віддаленого контролю. Даний прилад можна буде вбудовувати безпосередньо в гніздо звичайної розетки, що надасть можливість вимірювати потужність під'єданого електроприладу, розраховувати споживану електроенергію та передавати отриману інформацію на зовнішній прилад задля обробки даних і виведення їх у зручному для користувача вигляді, а саме, перекладу споживаної електроенергії згідно тарифів в грошові одиниці. Завдяки цій розробці користувач зможе проаналізувати витрати електроенергії за певний проміжок часу роботи електроприладів (наприклад, водонагрівачів, холодильників, що працюють цілодобово) та прийняти певні міри з метою економії електроенергії. Для вирішення поставленої задачі треба проаналізувати існуючі методи визначення електричних величин, переваги та недоліки кожного з них, зручність використання електровимірювальних приладів та інші фактори, що впливають на концепцію розробки.

Проектований пристрій буде складатися з вимірювального та головного блоку. Вимірювальний блок буде здатен вимірювати змінну напругу в побутовій мережі електроживлення, визначати силу струму, що протікає через під'єдане навантаження, передавати ці дані на головний блок задля збереження та подальшої обробки. Головний блок повинен приймати цю інформацію, відповідним чином обробляти та зберігати для подальшого її зображення в наглядній для користувача формі.

					<i>КС 56. 16 000. 00 ДП ПЗ</i>	Арк.
						6
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

1.1 Огляд приладів для контролю спожитої електроенергії

Визначення потужності електричного приладу не є дуже важкою задачею, але все залежить від точності вимірювальних приладів і зручності їх використання. Для визначення електричної потужності достатньо знати струм, що протікає через електроприлад та напругу, прикладену до нього. Перемноживши ці дві величини ми знайдемо електричну потужність, споживану приладом. Але такий метод не є наглядним, оскільки потужність приладів не постійна, а змінна в часі через те, що електроприлад може змінювати режими роботи – з економічного на продуктивний. Також інформацію про потужність приладу можна взяти з енергетичного паспорту на нього, але зазвичай виробник вказує максимально можливе значення, яке буває тільки при максимальному навантаженні на прилад [1].

1.1.1 Ватметр/енергометр CAT II Sinotimer

На сьогоднішній день існують такі прилади, як ватметри, які дозволяють вимірювати спожиту під'єднаним електроприладом електроенергію.



Рисунок 1.1. Ватметр/енергометр CAT II Sinotimer

									Арк.
									7
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	КС 56. 16 000. 00 ДП ПЗ				

Зокрема ватметр/енергометр Sinotimer виробництва т.м. САТ (рис.1.1) здатен виводити параметри мережі живлення (напруга, сила струму, частота); потужність, яка була споживана навантаженням; кількість споживаної електроенергії; вартість витраченої електроенергії (у тому числі за кількома тарифами).

1.1.2 Енергомонітор Current Cost EnviR

Іншим прикладом для виконання моніторингу спожитої електроенергії є енергомонітор Current Cost EnviR (рис. 1.2). Даний виріб може виводити багато корисної інформації:

- споживання електроенергії в даний момент часу у вашому будинку / квартирі (оновлюється кожні 6 секунд на дисплеї);
- безконтактний метод вимірювання споживаної потужності, а саме, змінного струму, напруга задається в налаштуваннях від 200 В до 260 В. Потужність розраховується в пристрої їх добутком;
- бездротовий спосіб передачі даних від клеми-давача до дисплея-приймача по радіоканалу на частоті 433МГц;
- оцінка вартості споживаної електроенергії за день / місяць (задається тариф за 1 кВт / год);
- динаміка споживання електроенергії, тобто пристрій відображає стрибок у кВт при підключенні / відключенні споживачів енергії у будинку / квартирі;
- моніторинг поточної температури в приміщенні в місці установки дисплея-приймача;
- графік споживання енергії та поточної температури в приміщенні на сайті my.currentcost.com. Оновлюється кожні 5 хвилин. Потрібен додатковий модуль Current Cost NetSmart. На графіку, також, відображається лінія мінімального споживання, коли всі пристрої в будинку знаходяться в режимі очікування;
- можливість підключення до ПК через спеціальний шнур USB з

					<i>КС 56. 16 000. 00 ДП ПЗ</i>	Арк.
						8
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

можливістю подальшої обробки на ПК отриманих даних від пристрою у форматі XML.



Рисунок 1.2. Енергомонітор Current Cost EnviR

Прилад надає багато корисної інформації про спожиту під'єднаним приладом електроенергію, але також має і суттєві недоліки:

- в розрахунках напруга мережі приймається постійною і значення потужності отримується добутком сили струму на введене користувачем значення напруги. Але напруга в мережі не завжди має фіксоване значення, вона може змінюватись від великої кількості незалежних від нас факторів;
- зняття сили струму через неінвазійний датчик струму. Такий метод отримання значення струму зручний для портативних пристроїв, але недоцільний для стаціонарного встановлення системи моніторингу. Також має не дуже високу точність, яка залежить від багатьох факторів, серед яких найбільше впливає навколишнє магнітне поле;
- відсутність на українському ринку та висока вартість;
- великі габарити давача разом з модулем передачі інформації.

									Арк.
									9
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	КС 56. 16 000. 00 ДП ПЗ				

1.1.3 Wi-Fi-лічильник EM-129

Прилад EM-129 є Wi-Fi-лічильником для DIN-рейки, призначеним для некомерційного обліку електроенергії, дозволяє вмикати-вимикати електроустаткування (холодильник, кондиціонер, пральну машину, теле-, відео- та аудіо-техніка тощо) за розкладом або в ручному режимі одночасно захищаючи його від різних аварій по напрузі, по частоті і перевантаження по потужності. Пристрій має захист від перегріву і призначений для комутації навантаження потужністю до 14 кВт (63А).



Рисунок 1.3. Wi-Fi-лічильник EM-129

EM-129 зберігає у внутрішній пам'яті журнал своєї роботи та дані енергоспоживання за останній місяць. Завдяки тижневому таймеру можна заощаджувати електроенергію, використовуючи EM-129 для керування опалювальними або вентиляційними приладами за заздалегідь запланованим розкладом. Основні можливості приладу є такими:

- облік електроенергії, спожитої навантаженням;
- вимірювання напруги та частоти мережі;
- вимірювання струму, що споживається навантаженням;

					<i>КС 56. 16 000. 00 ДП ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

- вимірювання потужності, що споживається навантаженням;
- захист навантаження від аварійної напруги в мережі;
- захист навантаження від перевищення струму споживання;
- захист навантаження щодо перевищення потужності споживання;
- захист від перегріву внутрішніх елементів;
- годинник реального часу з резервом ходу до 5 діб (за відсутності живлення);
- автоматична синхронізація часу із сервером точного часу (NTP);
- автоматичне керування навантаженням за розкладом, заданим користувачем;
- обмеження часу роботи навантаження;
- ручне керування навантаженням з лицьової панелі;
- блокування ручного керування через проміжок часу.

Існує багато альтернатив зазначених вище виробів, які мають інший зовнішній вигляд, але виконують схожі функції. Однак, незважаючи на велику кількість корисної інформації, що дають такі прилади, в них є суттєві недоліки – деякі з них мають високу вартість, деякі – досить габаритні, деякі з них потребують окремого джерела живлення та не можуть виводити дані для подальшої обробки, тому неможлива статистична обробка даних [2].

1.2 Методи визначення споживаної потужності

Для визначення споживаної електроприладом потужності треба знати напругу, прикладену до нього, та струм, що протікає крізь нього. Отже, треба знайти методи, які дозволяють зняти ці параметри. Перш за все слід зрозуміти, як саме виглядає напруга в мережі живлення. В Україні стандарт ДСТУ EN 50160:2014 регламентує, що стандартна номінальна напруга U_n для мереж низької напруги загального призначення має значення $U_n = 230$ В між фазним і нульовим проводом або між фазними проводами. У нормальних робочих умовах, за винятком періодів, під час котрих відбувались переривання напруги, змінення

					<i>КС 56. 16 000. 00 ДП ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

напруги не повинні перевищувати $\pm 10\%$ від величини номінальної напруги U_n . Номінальна частота напруги електропостачання має бути 50 Гц. За нормальних робочих умов середнє значення частоти основного складника напруги, яку виміряно на проміжку 10 с, має бути в межах 50 Гц $\pm 1\%$ (тобто 49,5 Гц ... 50,5 Гц) протягом 99,5% часу за рік. Таким чином, будемо виконувати розрахунки для електромережі з напругою 220 $\pm 10\%$ В та частотою 50 $\pm 1\%$ Гц. Якщо розглянути через осцилограф сигнал, що поступає через мережу електроживлення, то отримаємо зображення, яке проілюстровано на рис. 1.4 (зображено лише один період, який складає 20 мс).

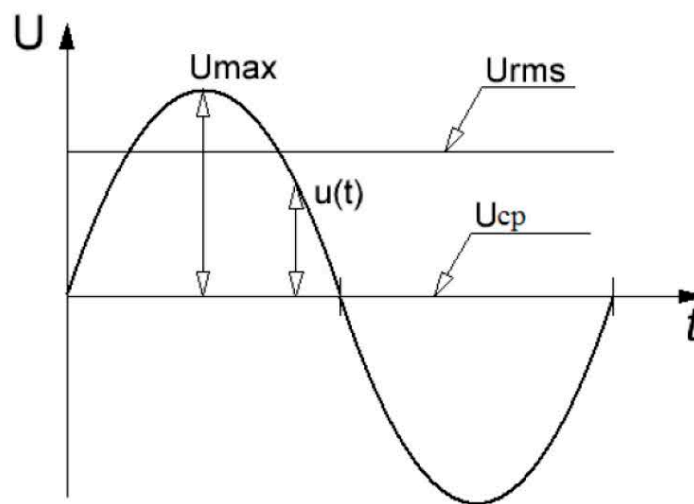


Рисунок 1.4. Форма напруги в колах змінного струму

Відповідно, має місце чотири різні величини, що мають дуже важливе значення для розрахунку значення напруги:

1. Миттєве значення напруги $u(t)$ – це різниця потенціалів між двома точками, виміряна в певний момент часу. Це значення є основним для всіх подальших розрахунків.

2. Амплітудне значення напруги U_{max} – максимальне відхилення від нульового значення. Саме це значення використовується для математичного запису гармонічного коливання в наступній формулі:

$$u(t) = U_{max} \cdot \sin(\omega \cdot t) \quad (1.1)$$

де U – напруга; $\omega = 2\pi f$ – кутова частота.

Для мережі 220 В амплітудне значення складає приблизно 311,127 В.

					КС 56. 16 000. 00 ДП ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

3. Середнє значення напруги U_{cp} – середнє арифметичне або постійна складова змінної напруги. Розраховується за наступною формулою:

$$U_{cp} = \frac{1}{T} \int_0^T u(t) dt \quad (1.2)$$

де T – період коливань.

В мережі живлення це значення повинно бути рівне нулю, оскільки відповідає постійній складовій, якої не повинно бути в змінній мережі електроживлення.

4. Середньоквадратичне значення напруги U_{rms} , також відоме як діюче значення напруги – на лінійному активному навантаженні воно виконує ту ж саму роботу, що і постійна напруга такого ж рівня. Визначається за формулою:

$$U_{rms} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T u^2(t) dt} \quad (1.3)$$

При визначенні напруги в мережі нас цікавить саме діюче значення напруги. Також відомо, що амплітудне та діюче значення напруги пов'язані між собою через $\sqrt{2}$, тобто амплітудне значення більше діючого в $\sqrt{2}$ разів. Оскільки має місце змінна напруга, то при приєднанні навантаження по ньому буде текти змінний струм, який також має миттєве, амплітудне, середнє та середньоквадратичне значення, які розраховуються по формулам, що наведені вище, але замість напруги фігурує струм [3].

Розглянемо можливі варіанти визначення напруги засобами мікроконтролерної обробки, тобто можливі реалізації давачів напруги. Найпростішим варіантом визначення напруги мережі мікроконтролером є використання дільника напруги, зображеного на рис. 1.5, який зменшить максимально можливий рівень напруги в мережі (220 В+10%) до 5 В для того, щоб АЦП мікроконтролера зміг розпізнати цей рівень. Напруга на виході дільника напруги буде визначатися як вхідна напруга, помножена на коефіцієнт дільника, який визначається формулою (1.4).

					<i>КС 56. 16 000. 00 ДП ПЗ</i>	Арк.
						13
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$U_2 = U \cdot \frac{R_2}{R_1 + R_2} \quad (1.4)$$

де U_2 – вихідна напруга;

U – вхідна напруга;

R_1 та R_2 – опори резисторів.

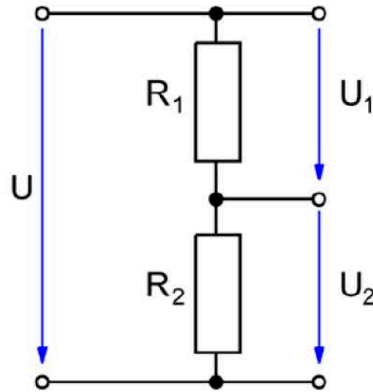


Рисунок 1.5. Використання дільника напруги

Незважаючи на простоту такий метод має і недоліки: великий нагрів елементів, а відповідно і великі втрати, відсутність гальванічної розв'язки. Варіант використання трансформатора напруги є ще одним з різновидів трансформаторів, призначений не для перетворення електричної потужності для живлення різних пристроїв, а для гальванічної розв'язки ланцюгів високої (6 кВ і вище) від низької (зазвичай 100 В) напруги вторинних обмоток. Однак можливо сконструювати трансформатор так, щоб на виході було потрібне для мікроконтролера значення напруги, яке буде пропорційне вхідній напрузі (рис. 1.6).

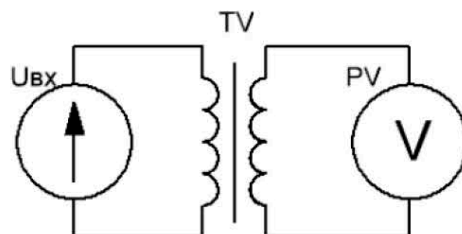


Рисунок 1.6. Використання трансформатора напруги

Клас точності трансформатора залежить від робочої ділянки характеристики намагнічування. Також, робоча точка впливає на вихідний сигнал, неправильний вибір робочої форми може зіпсувати синусоїдальний сигнал. Тому, хоч цей метод

визначення напруги має дуже корисну гальванічну розв'язку, він має і суттєві недоліки, такі як важкість конструювання такого трансформатора, габаритність виробу [4].

Існує можливість визначити напругу в мережі завдяки безтрансформаторному джерелу живлення, у якому в якості давача використовується нестабілізована напруга, знята безпосередньо зі входу, та яка є пропорційною вхідній. Такий варіант є найкращим, адже також забезпечить пристрій живленням та дозволить визначити напругу в мережі, але слід пам'ятати, що таке джерело живлення не має гальванічної розв'язки між входом та виходом.

За допомогою мікроконтролера теж можна визначити силу струму. Наприклад, для визначення сили струму можна скористатися вимірювальним шунтом, оскільки, як відомо, при протіканні струму через активний опір, на ньому відбувається падіння напруги, яке пропорційне струму, що вимірюється. Схематичне зображення шунту наведено на рис. 1.7.

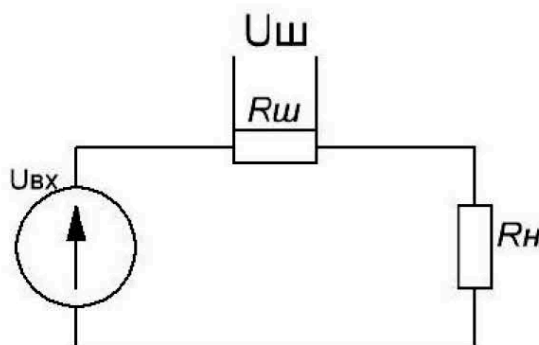


Рисунок 1.7. Застосування вимірювального шунту

На шунті падіння напруги пропорційне струму, який протікає, що видно з формули (1.5):

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

де $U_{ш}$ – напруга, що падає на шунті;

$I_{ш}$ – струм, який протікає крізь шунт;

$R_{ш}$ – опір шунту.

На шунті падіння напруги призведе до втрат потужності, що виділяються у вигляді тепла, тому при великих струмах треба задовольнятися малими

значеннями напруги з датчика, щоб обмежити втрати. У якості прикладу можна розглянути струмові шунти серії FL-2С, зовнішній вигляд одного з яких для номінального струму 100А наведено на рисунку 1.8.



Рисунок 1.8. Струмовий шунт-резистор FL-2С 100А

На потенційних затискачах для всіх шунтів при номінальному струмі падіння напруги становить 75 мВ, що значно менше, ніж максимальна напруга на аналоговому вході такого популярного мікроконтролера, як АТМega 328, а саме 5В. Тому для використання струмового шунту буде потрібно розробляти підсилювач, який пропорційно підніме рівень напруги 75мВ до 5В, що значно ускладнює схему приладу та вносить похибки в вимірюване значення. Також в цьому підході не передбачено гальванічної розв'язки [5].

Також відомим методом визначення сили струму в електричному колі є використання вимірювального трансформатора струму, приклад якого наведено на рис.1.9. Цей прилад являє собою звичайний трансформатор, первинна обмотка якого підключається до джерела струму, а вторинна замикається на вимірювальні прилади. Перевагою цього методу є те, що трансформатори струму дозволяють вимірювати значні струми та мають гальванічну розв'язку. Однак є і значні недоліки, а саме складність експлуатації (вторинна обмотка повинна бути навантажена, адже в зворотному випадку на ній виникне великий потенціал, що пошкодить прилад), та зміна форми сигналу через магнітні явища.



Рисунок 1.9. Вимірювальний трансформатор струму CST2020

					<i>КС 56. 16 000. 00 ДП ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

Останнім часом набули популярності датчики струму на ефекті Холла. Ефект Холла полягає в наступному: якщо провідник зі струмом помістити в магнітне поле, то на його краях виникає ЕРС, спрямована перпендикулярно, як до напрямку струму, так і до напрямку магнітного поля. Через тонку пластину напівпровідникового матеріалу, звану елементом Холла, протікає струм I . При наявності магнітного поля на рухомі носії заряду (електроні) діє сила Лоренца, яка викривляє траєкторію руху електронів, що призводить до перерозподілу об'ємних зарядів в елементі Холла. Внаслідок цього на краях пластини, паралельних напрямку протікання струму, виникає ЕРС, так звана ЕРС Холла. Ця ЕРС пропорційна векторному добутку індукції B на щільність струму I і має типові значення біля декількох мікрвольт. Дуже зручними для вимірювання сили струму є серія інтегральних датчиків на ефекті Холла компанії Allegro Microsystems – ACS712, включення якого в схему зображене на рис. 1.10а.

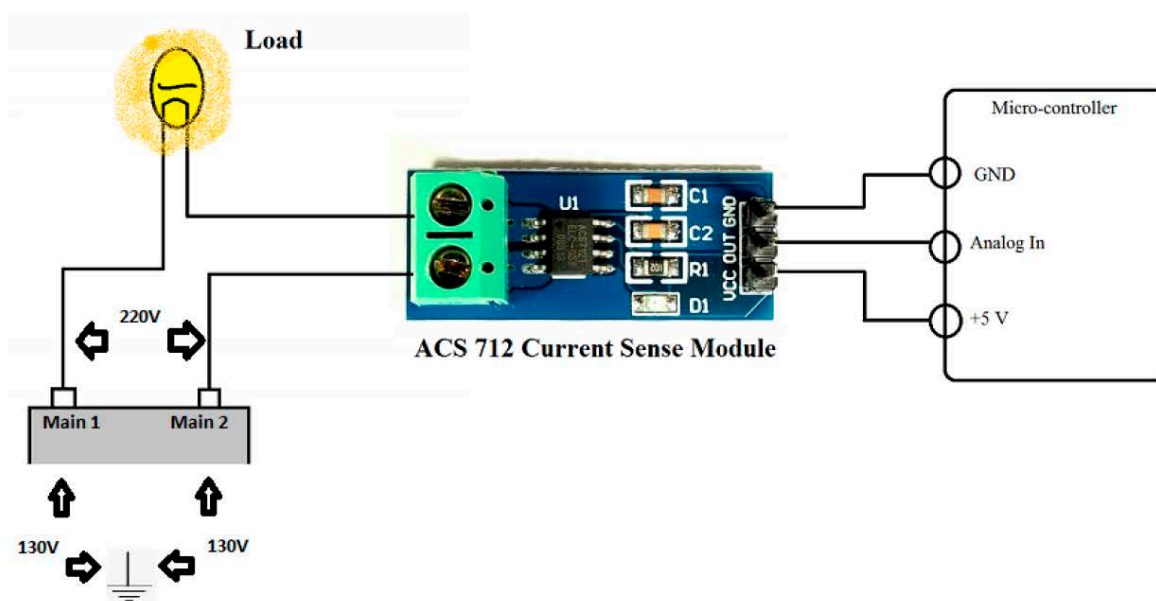


Рисунок 1.10. Схема включення датчика струму ACS712

Датчик струму ACS712 утворює провідний шлях для вимірюваного струму з внутрішнім опором порядку 1.2 мОм, що визначає дуже малі втрати потужності. Його параметри обрані такими, щоб прилад витримував силу струму, яка в п'ять разів перевищує максимально допустиме значення. Контакти силового провідника електрично ізолювані від виводів датчика (виводи 5-8), тобто є гальванічна розв'язка. Розрахункова міцність ізоляції становить 2.1 кВ. Вихідна

						<i>КС 56. 16 000. 00 ДП ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			17

напруга датчика пропорційна струму, що протікає через провідний шлях (від виводів 1 і 2 до виводів 3 і 4). Даний датчик має чутливість 100мВ/А. При нульовому струмі, що протікає через датчик, вихідна напруга дорівнює половині напруги живлення ($V_{cc} / 2$). Через досить малу інерційність (згідно документації час наростання складає 3.5 мкс) можливо обраховувати середньоквадратичне значення змінного струму [6].

1.3 Розробка структурної схеми лічильника електроенергії

З урахуванням поставленої задачі розроблено структурну схему (рис.1.11) розроблюваного пристрою лічильника електроенергії, яка має такі складові:

- МЖ – мережа живлення, слугує для живлення електроприладів;
- ДНТС – давачі напруги та струму, спеціальні модулі, які слугують для визначення напруги в мережі живлення та сили струму, що протікає крізь споживача електроенергії;
- СП – споживач електроенергії;
- БЖ – блок живлення, модуль, який виконує перетворення напруги з мережі живлення в таку, при якій може працювати мікроконтролер;
- МК – мікроконтролер, виконує опитування давачів та обробку інформації, передачу її на пристрій радіозв'язку;
- ПРЗВБ – пристрій радіозв'язку вимірювального блоку;
- ПРЗГБ – пристрій радіозв'язку головного блоку;
- Обидва пристрої радіозв'язку слугують для створення бездротової мережі між вимірювальним блоком та головним.
- ПК – персональний комп'ютер, отримує дані з вимірювального блоку, оброблює їх, зберігає та виводить в зрозумілому для користувача вигляді;
- К – користувач.

З наведеної на рис.1.11 структурної схеми зрозуміло, що може бути декілька вимірювальних блоків, які схемотехнічно мають однакове виконання, працюють одночасно, незалежно один від одного та передають інформацію на головний

					<i>КС 56. 16 000. 00 ДП ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

блок, який її оброблює та виводить в зрозумілому для користувача вигляді. Зі збільшенням кількості вимірювальних блоків зменшується частота опитування певного блоку.

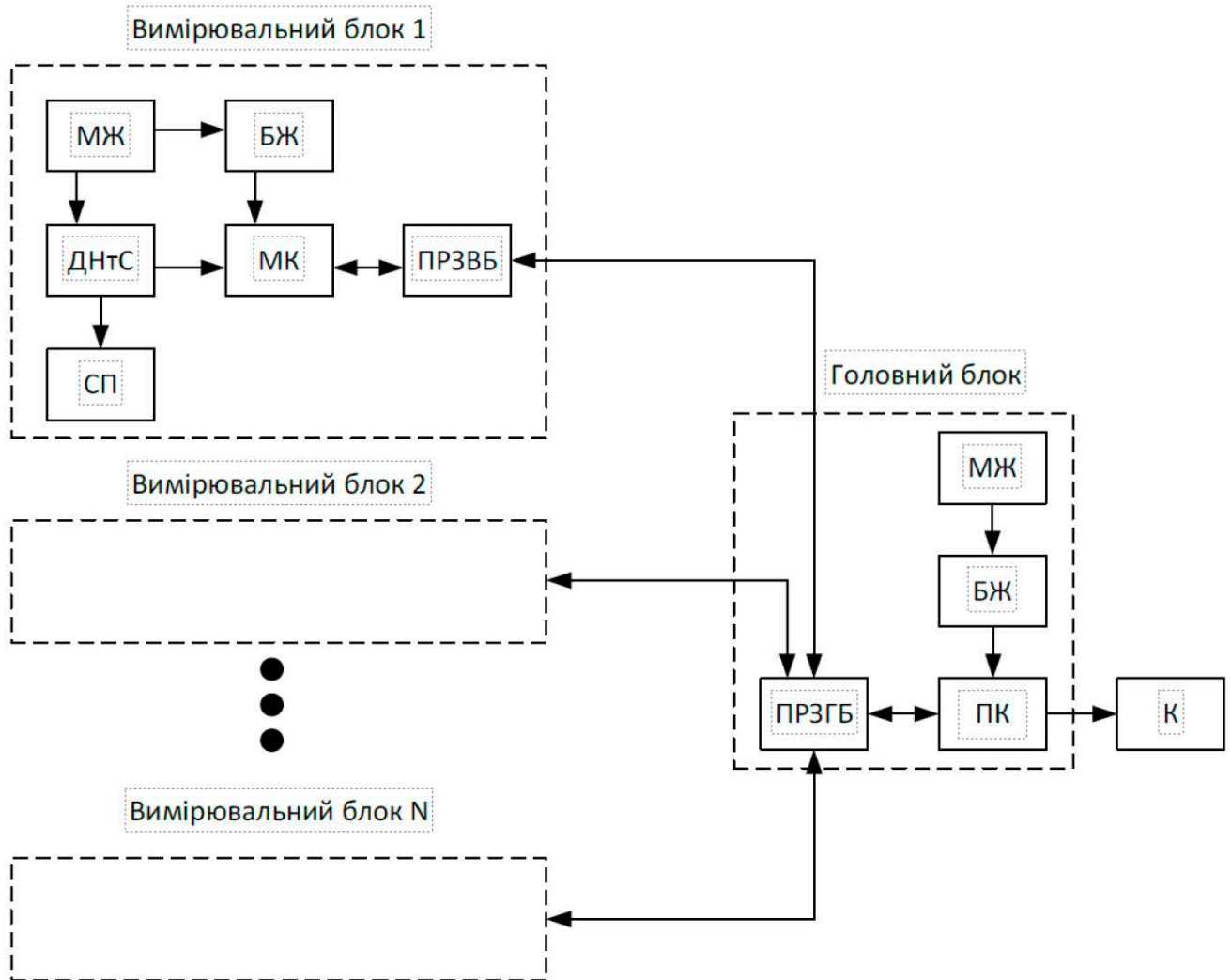


Рисунок 1.11. Структурна схема лічильника електроенергії з можливістю віддаленого контролю

1.4 Вибір елементної бази для реалізації схеми пристрою

Під час вибору елементної бази пристрою лічильника електроенергії потрібно керуватися наступними критеріями:

- обрана елементна база повинна забезпечити потрібні електричні параметри з потрібною точністю;
- правильний вибір елементної бази дозволить оптимізувати вагу та габарити кінцевого виробу;
- елементна база визначає надійність приладу;

- вибір типу елементної бази впливає на технологію виготовлення приладу, впливає на можливість автоматизації збірки;
- доступність елементної бази;
- елементна база впливає на вартість виробу.

Проектований пристрій буде мати як активні електронні елементи, так і пасивні. При виборі елементів слід пам'ятати, що виріб буде мати невеликий розмір, тому потрібно намагатися обирати елементи, встановлення яких виконується поверхневим монтажем, тобто елементи типу SMD. Проте прилад буде мати штучне експериментальне виконання, тому потрібно обирати елементи такого розміру, який можливо припаяти вручну.

1.4.1 Вибір датчиків напруги та струму

У якості джерела напруги буде використовуватись нестабілізоване безтрансформаторне джерело живлення. У якості датчика струму буде використано датчика струму на ефекті Холла ACS712 [7].

1.4.2 Вибір мікроконтролера для реалізації блоку керування

Мікроконтролер буде розраховувати середньоквадратичне значення струму та напруги і передавати це значення на головний блок для подальшої обробки, тому він повинен відповідати наступним критеріям:

- наявність реалізованих на апаратному рівні основних інтерфейсів (UART, SPI, I2C);
- наявність аналого-цифрового перетворювача з роздільною здатністю не менше 8 біт;
- достатня швидкодія задля розрахунку середньоквадратичного значення періодичних величин;
- наявність 5-вольтової логіки для роботи з датчиком струму;
- поширеність та низька вартість;
- легкість експлуатації та налагоджування.

Існує велике різноманіття мікроконтролерів різних сімейств та архітектур, але серед них найбільш доцільним для застосування у даній розробці буде

					<i>КС 56. 16 000. 00 ДП ПЗ</i>	Арк.
						20
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- кількість каналів АЦП (аналогові входи): 6;
- кількість апаратних USART (Serial): 1;
- кількість апаратних SPI: 1 Master / Slave;
- кількість апаратних I²C / SPI: 1;
- роздільна здатність АЦП: 10 біт.

На рис. 1.12 наведено діаграму архітектури мікроконтролера ATМega328. Його пам'ять має 16-ти бітну організацію. Мікроконтролер побудовано за Гарвардською архітектурою, тобто в ньому розділені адресні простори пам'яті програм, даних та шини доступу до них. Кожна з областей пам'яті даних розташована у своєму адресному просторі. Ядро складається, в першу чергу, з пам'яті програм (Flash Program Memory) і арифметико-логічного пристрою (ALU), блоку керування і програмного лічильника (Program Counter). Також передбачено тактовий генератор, що задає імпульси, відносно яких працюють блоки мікроконтролера. При старті мікроконтролера значення програмного лічильника складає 0000, що є адресою першої команди у Flash Program Memory. Мікроконтролер бере звідти два байти (код команди і її аргументи) і віддає на виконання в декодер команд (Instruction Decoder). Подальший шлях залежить від самої команди. Якщо це просто команда роботи з будь-якими діями, то вони будуть виконані, а на наступному такті значення програмного лічильника буде збільшено і з наступної пари елементів пам'яті будуть взяті ще два байти команди і також відправлені на виконання. Всі математичні операції робляться за допомогою ALU. Цей модуль може складати, віднімати, порівнювати, зсувати різними способами, ділити і множити. В якості проміжних операндів використовуються 32 комірочки – оперативні регістри загального призначення. Доступ до цих комірок найшвидший, а число операцій з їх вмістом найбільше. В асемблері ці регістри називаються R0, R1, R2 ... R31 [8].

Платформа Arduino працює з багатьма мікроконтролерів AVR, серед яких є і ATМega328. Arduino дозволяє дуже зручно програмувати мікроконтролери на зрозумілій мові програмування, схожій на C, але за це приходиться розплачуватися меншою швидкістю та неможливістю відлагоджувати код на

моніторинг вже не виконується. Якщо радіомодуль налаштовано у якості передавача, CE завжди тримається в низькому рівні. Для передачі даних потрібно самі дані поставити в чергу FIFO та перемкнути CE мінімум на 10 мкс (низький рівень → високий рівень, 10 мкс, високий рівень → низький рівень).

Призначення контактів плати радіомодулю є таким:

- CSN – Chip Select Not. Зазвичай має високий рівень. Перехід в низький рівень дозволяє почати спілкування між мікроконтролером та радіомодулем по SPI. Для припинення спілкування потрібно знову повернутися на високий рівень;
- SCK – тактуючий сигнал SPI. Перехід з низького рівня на високий вказує на те, що радіомодуль може читати біт з MOSI та записувати в MISO;
- MOSI – Master Out Slave In. Слугує для послідовної передачі даних від ведучого пристрою до веденого;
- MISO – Master In Slave Out. Слугує для послідовної передачі даних від веденого пристрою до ведучого;
- IRQ – Interrupt Pin. Формує сигнал, коли на стороні радіомодуля трапляється певна подія (дані відправлено, дані отримано, збій операції). Активний рівень – низький, тобто при виникненні певної події цей вхід на короткий термін перейде в високий стан, а потім повернеться в низький.

Радіомодуль підтримує технологію Enhanced ShockBurst, яка дозволяє створити радіозв'язок при мінімальному споживанні електроенергії, утворити двосторонній обмін даними між мікроконтролерами. Ця технологія має наступні основні риси:

- корисне навантаження від 1 до 32 байт;
- автоматична обробка переданих пакетів.

Згідно з технічною документацією пакет, що відправляється або отримується має наступні розділи:

- розділ Preamble містить послідовність бітів, які використовуються для

					<i>КС 56. 16 000. 00 ДП ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

синхронізації демодулятора приймача у відповідності з вхідним потоком бітів. Даний розділ розміром в 1 байт містить число 01010101 або 10101010. Якщо перший біт адреси одиниця то преамбула встановлюється в значення 10101010, якщо ж нуль – то містить число 01010101. Це виконується для того, щоб впевнитися, що є достатня кількість переходів в преамбулі, щоб стабілізувати приймач;

- розділ Address містить адресу приймача. Адреса чітко визначає пакет, який буде прийнятий певним приймачем, запобігає отримання іншими радіомодулями в мережі з великою їх кількістю;
- розділ Packet Control Field містить інформацію про відправлене повідомлення. Підрозділ Payload length містить інформацію про розмір відправленого повідомлення. Довжина може бути від 0 до 32 байт. Нулю байт відповідає запис 000000 в цьому підрозділі, 32 байти – 100000. Підрозділ PID (Packet identification) визначає стан повідомлення – чи було вже отримано нове. Завдяки цьому підрозділу не відбувається багаторазове прийняття однакової інформації. Підрозділ NO_ACK (No acknowledgment flag) визначає стан функції автоматичного підтвердження отриманих даних. Одиниця вмикає цю функцію, нуль – вмикає.
- розділ Payload містить передану інформацію;
- розділ CRC (Cyclic Redundancy Check) є обов'язковим механізмом виявлення помилки в пакеті. Розмір цього розділу визначається розділами Address, Packet Control Field та Payload. Якщо контрольна сума не збігається, то пакет не приймається.

Таким чином, даний радіомодуль доцільно використати для обміну інформацією за бездротовим каналом.

1.4.4 Вибір платформи головного блоку лічильника електроенергії

Головний блок виступатиме в якості центру обробки даних, який буде отримувати значення з вимірювального блоку, зберігати та відображати їх в

					<i>КС 56. 16 000. 00 ДП ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

Raspberry Pi 2 має 4-х ядерний процесор ARM Cortex-A7, який працює на частоті 900 МГц, 1 Гб DDR2 оперативної пам'яті, Ethernet роз'єм. Також цей пристрій має 40 портів GPIO, за допомогою яких можливо під'єднати прилади з різними інтерфейсами, серед яких UART, I2C, TWI, SPI, 1-Wire, 4 USB 2.0 порта, Ethernet роз'єм, HDMI, комбінований 3,5мм аудіо-роз'єм та композитне відео, що дозволяє розширити можливості пристрою та виводити зображення на монітори. Досить висока швидкодія дозволить використовувати цей міні-ПК у якості веб-серверу для невеликої кількості користувачів. Для цього пристрою існує багато операційних систем, але спільне в них те, що вони побудовані на ядрі Linux, що дозволяє використовувати велике різноманіття програмного забезпечення, створеного для операційних систем на базі цього ядра. Сам пристрій досить компактний, має розміри 85,6×53,98×17мм. Живиться пристрій через роз'єм Micro-USB напругою 5 В та споживає до 800 мА без зовнішніх пристроїв. Raspberry Pi 2 дуже економічний, тому доцільно використати саме цей пристрій у якості головного блоку [9].

1.4.5 Вибір стабілізаторів напруги живлення

У якості стабілізаторів напруги живлення варто обрати інтегральні стабілізатори, такі як серія LD1117 від компанії STMicroelectronics, а саме LD1117S33TR для стабілізатора напруги на 3,3 В та LD1117S50TR для стабілізатора напруги на 5 В відповідно. Ця серія стабілізаторів має малу напругу падіння на самому стабілізаторі, а саме 1 В, вихідний струм до 800 мА, робочу потужність до 12 Вт, максимальну вхідну напругу 15 В, робочу температуру від 0 до +125°C.

1.4.6 Вибір діодного мосту

У якості випрямляча напруги варто обрати діодний міст DF04S від компанії Vishay, який являє собою збірку чотирьох діодів в одному корпусі типу DFS і встановлюється поверхневим монтажем. Для нього максимальне значення дійової напруги складає 280 В, прямий струм може сягати 1А.

					<i>КС 56. 16 000. 00 ДП ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28

1.4.7 Вибір напівпровідникового стабілітрону

У якості стабілітрону варто обрати стабілітрон BZV55-C8V2 від компанії Philips, який виконано в скляному корпусі SOD80C і встановлюється поверхневим монтажем. Даний стабілітрон має напругу стабілізації 8,2В з точністю стабілізації $\pm 5\%$, а прямий струм складає 250 мА.

1.4.8 Вибір напівпровідникових діодів

У якості напівпровідникових діодів варто обрати діоди 1N4007 від компанії Toshiba, які виконані в корпусі DO-214AC та призначені для поверхневого монтажу. Ці діоди мають робочу змінну напругу до 280 В, прямий струм до 1 А. Вибір саме цих діодів обумовлений доступністю, низькою вартістю та відповідністю усім заданим вимогам [10].

1.4.9 Вибір пасивних елементів

До пасивних елементів відносяться резистори та конденсатори. Варто обрати резистори та конденсатори таких типів:

- метало-плівковий резистор серії MFR від компанії Hitano. Резистори цієї серії на відміну від інших подібних резисторів мають менший розмір, широкий температурний діапазон роботи (від -55°C до $+155^{\circ}\text{C}$) та високу робочу напругу (до 500 В);
- керамічний SMD-резистор серії RMC від компанії Cinetech типорозміру 1206;
- багатооборотний потенціометр серії 3296W від компанії Bourns. Вибір цього потенціометра обумовлено його стабільними електричними та механічними характеристиками;
- плівковий конденсатор серії MER від компанії Hitano, що має досить малі розміри;
- електролітичні конденсатори для поверхневого монтажу серії EZV від компанії Hitano;
- керамічні SMD-конденсатори з діелектриком X7R типорозміру 1206 від компанії Hitano.

					<i>КС 56. 16 000. 00 ДП ПЗ</i>	Арк.
						29
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Вибір чіп-резисторів та чіп-конденсаторів типорозміру 1206 обумовлено тим, що розроблюваний пристрій має штучне та експериментальне виконання, тому вибираються елементи такого розміру, при якому є можливість змонтувати їх без додаткових засобів, окрім паяльника. При налагоджуванні масового виробництва розроблюваного пристрою можливо замінити відповідні елементи на менші за розміром [11].

1.4.10 Вибір контактних елементів для пристрою

У якості контактних елементів варто обрати клемники серії KF301-5.0-2р від компанії Kefa. Ці клемники на два контакти мають відстань між контактами 5 мм, номінальний струм 16 А, номінальну напругу 300 В. Під'єднання та закріплення дроту відбувається завдяки гвинтовому механізму, що досить зручно та надійно. Міжплатний з'єднувач PBD-8R від компанії Cvilux має 8 контактів, які розташовані у два ряди по 4 контакти. Крок складає 2,54 мм, тому цей міжплатний з'єднувач цілком сумісний з радіомодулем, обраним вище.

1.5 Розробка принципової електричної схеми лічильника електроенергії з можливістю віддаленого контролю

Електрична принципова схема вимірювального блоку, розроблена у відповідності до наведеної вище структурної схеми пристрою, наведена на рис.1.16. Далі наведено розрахунок та опис роботи окремих блоків цієї схеми.

Оскільки вимірювальний блок буде знаходитись всередині підрозетника, дуже важливо обрати таке джерело живлення, що займало б найменше місця. Використання джерела живлення, у складі якого є трансформатор, є недоречним, оскільки трансформатор буде утворювати магнітне поле, яке може вплинути на давач струму на ефекті Холла. Тому обрано безтрансформаторне джерело живлення, (рис. 1.17). Таке джерело являє собою звичайний дільник напруги, в якому замість одного з резисторів використовується конденсатор. Конденсатор використовується через те, що в нього активна потужність при змінному сигналі на одному періоді дорівнює нулю, тобто при будь-якому значенні напруги та струму буде отримуватися нульове значення потужності.

					<i>КС 56. 16 000. 00 ДП ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		30

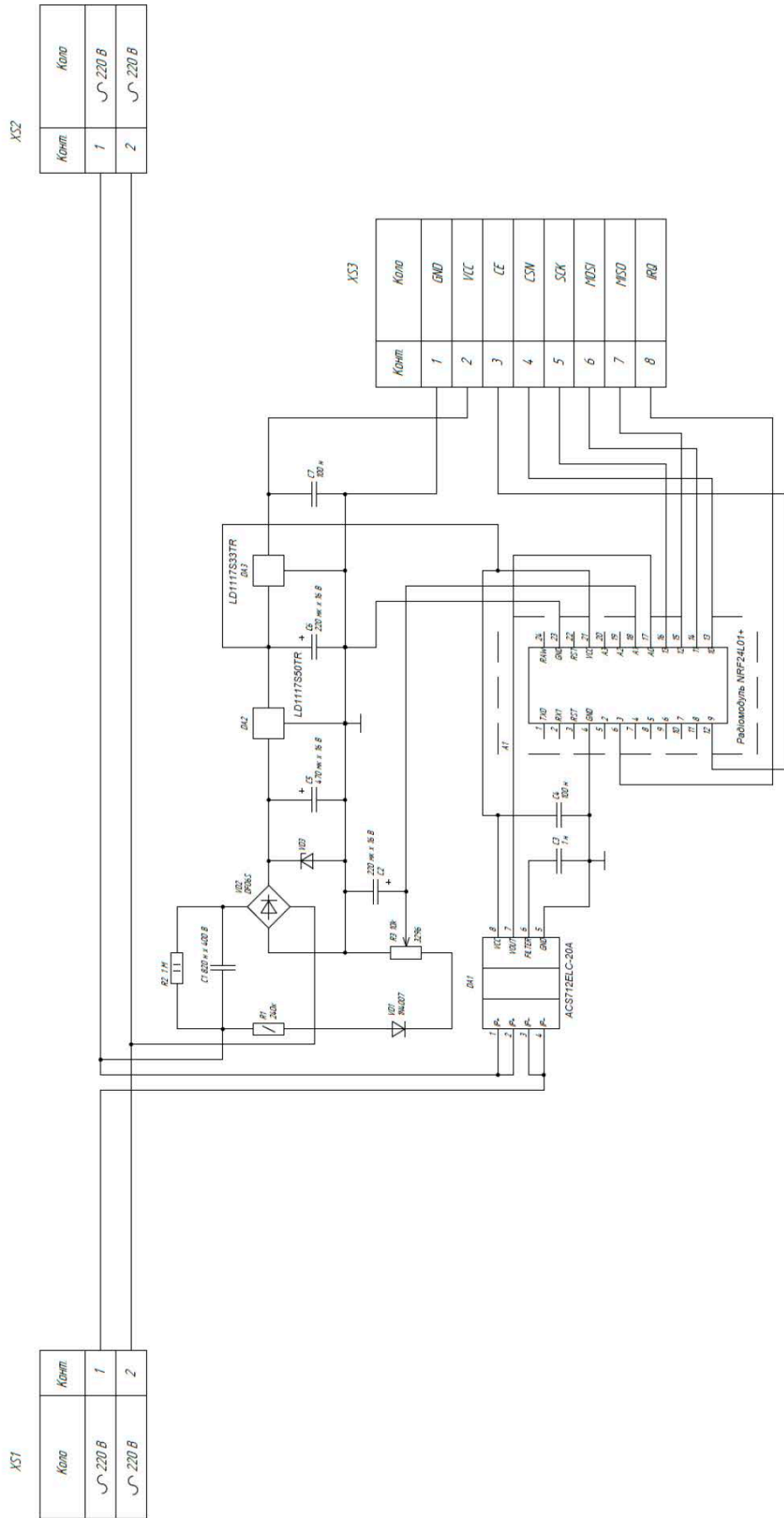


Рисунок 1.16. Принципова електрична схема вимірювального блоку лічильника електроенергії

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

КС 56. 16 000. 00 ДП ПЗ

Арк.

31

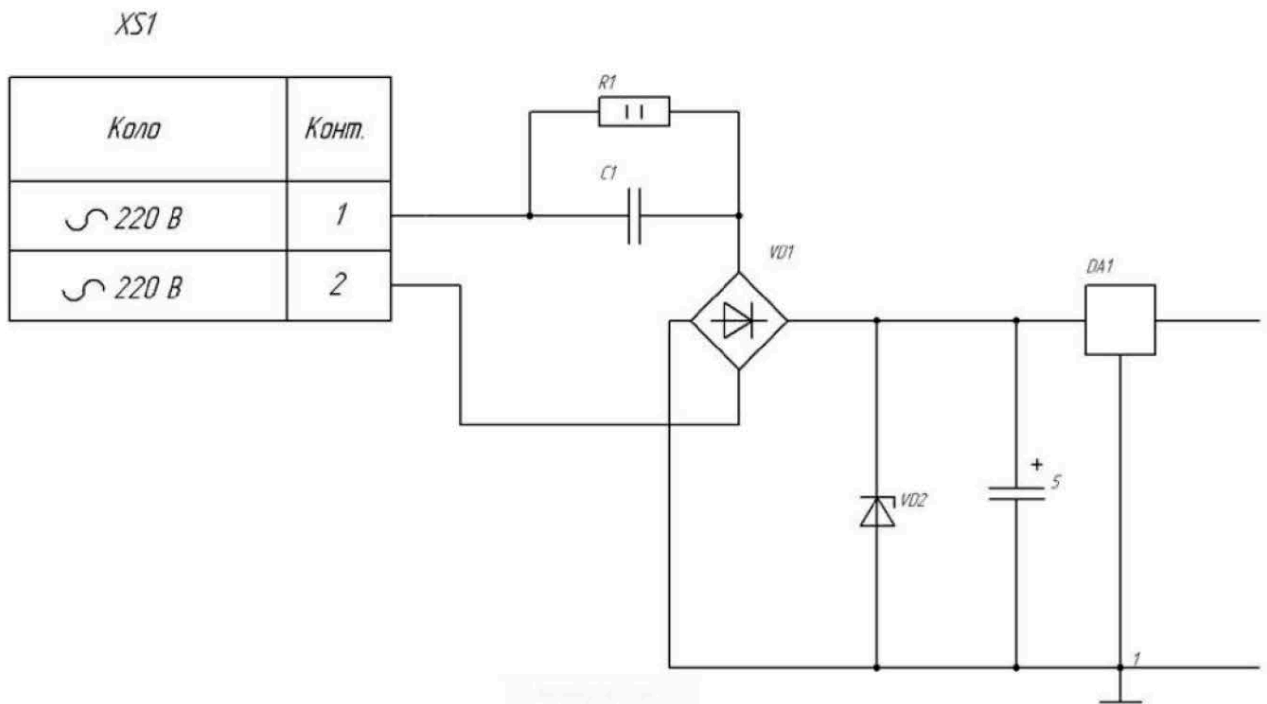


Рисунок 1.17. Схема безтрансформаторного джерела живлення

Джерело живлення буде жити мікроконтролер, датчик струму та радіомодуль, тому потрібно спроектувати блок живлення таким чином, щоб він займав мінімум місця, давав рівні напруги 3,3 В та 5 В та мав достатню потужність для роботи елементів схеми. З експериментальних досліджень відомо, що споживання приладу складає від 30 мА до 45 мА, тому для розрахунку можна прийняти струм навантаження $I_{ам} = 50$ мА. Тепер потрібно визначити струм на вході блоку живлення. Оскільки на вході струм має змінний характер, потрібно визначити його дійове та амплітудне значення. Дійове значення:

$$I_{ac} = I_{ам} \cdot \frac{\pi}{\sqrt{2}} \quad (1.6)$$

Амплітудне та дійове значення струму пов'язані співвідношенням:

$$I_m = I_{ac} \cdot \sqrt{2} \quad (1.7)$$

Таким чином на вході джерела живлення струм буде мати наступні значення:

$$I_{ac} = 50 \cdot \frac{\pi}{\sqrt{2}} = 111 \text{ мА} \text{ — дійове значення;}$$

$$I_m = 111 \cdot \sqrt{2} = 157 \text{ мА} \text{ — амплітудне значення.}$$

Використовуючи вимірне значення струму навантаження можна розрахувати ємність конденсатора. Резистор R1 використовується для розрядки конденсатора коли джерело не під'єднано до мережі. Діодний міст VD1 використовується для позбавлення від від'ємної складової змінної напруги інвертуючи її в додатну. Стабілітрон VD2 використовується для стабілізації пульсуючої напруги, що робить напругу на виході більш стабільною. Конденсатори слугують своєрідним буфером, який заряджається, коли прикладена додатна напруга, та віддає заряд, коли прикладена від'ємна напруга. Стабілізатор напруги DA1 слугує для виставлення потрібного рівня напруги відносно землі, тобто на виході ми отримуємо таку постійну напругу, на яку сконструйовано стабілізатор напруги DA1. Також особливістю цієї схеми є те, що на її основі можна побудувати датчик напруги (рис. 1.18).

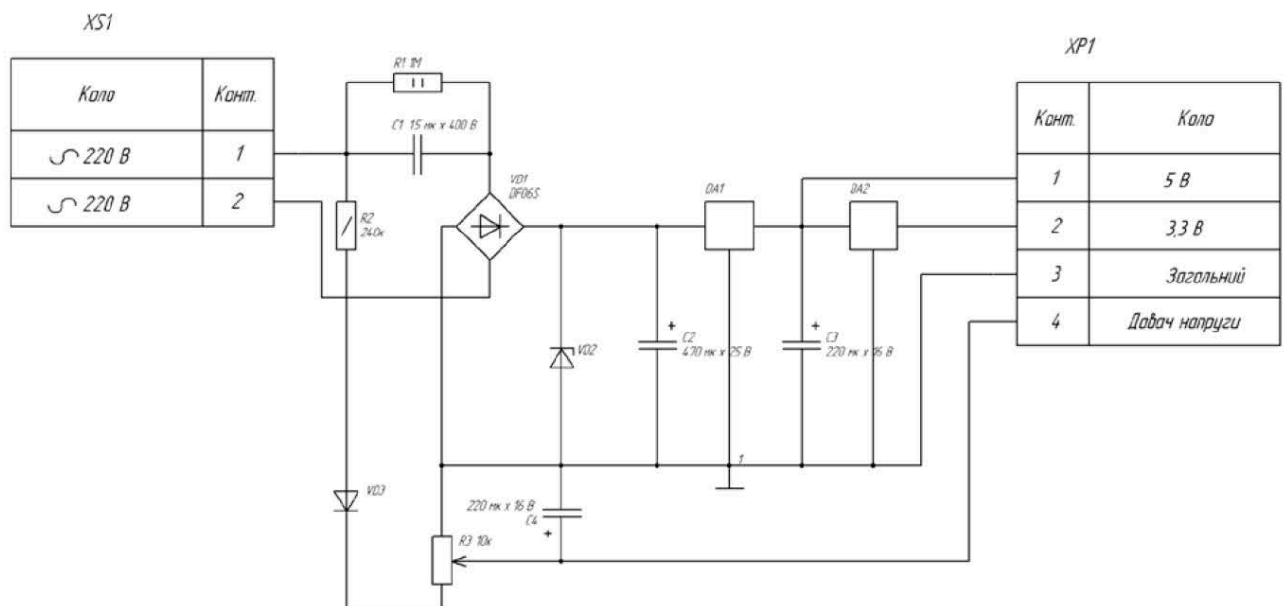


Рисунок 1.18. Джерело живлення з вихідною постійною напругою 3,3 В і 5 В та з виходом, напруга на якому пропорційна вхідній змінній напрузі

Згідно схеми на вихідному контакті 4 встановлюється постійна напруга, яка пропорційна вхідній змінній. Це досягається завдяки резистору R4, на якому падає напруга мережі, та який обмежує струм, що протікає крізь це коло. Діод VD3 прибирає від'ємну частину змінної напруги, а конденсатор C4 перетворює змінну напругу після діода на постійну. Резистор R3 слугує для підстроювання значення напруги на виході та виставляється за еталонним вольтметром. Для

отримання значення напруги на вході достатньо напругу з цього виходу помножити на ваговий коефіцієнт, який визначається експериментально. Такий спосіб визначення напруги є досить простим, але при вмиканні джерела живлення потрібно чекати певний проміжок часу, поки конденсатор зарядиться до потрібного рівня. Також, оскільки визначення напруги виконується без гальванічної розв'язки від мережі, немає сенсу використовувати джерело живлення з гальванічною розв'язкою [12].

Оскільки відоме дійове значення струму, можна визначити номінал елементів С1 та R1. Слід зазначити, що конденсатор С1 обов'язково повинен бути плівковим з робочою напругою більшою, ніж амплітудна напруга мережі. Ємність конденсатора розраховується за формулою:

$$C_1 \geq \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot \frac{U_{ac}}{I_{ac}}} \quad (1.8)$$

де f – частота мережі; U_{ac} – дійова напруга мережі.

Таким чином отримаємо

$$C_1 \geq \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot 50 \cdot \frac{220}{111 \cdot 10^3}} = 723,4 \text{ нФ}$$

Орієнтуючись на номінальний ряд E24 обираємо значення ємності 820 нФ. Резистор R1 зазвичай обирають номіналом 1-2 МОм та потужністю 1-2 Вт, тому обираємо резистор на 1 МОм потужністю 2 Вт. Такий вибір обумовлений тим, що цей резистор слугує для розрядки конденсатора С1 в той момент, коли зникає живлення. На конденсаторі може накопичуватися значний заряд, який резистор повинен бути в змозі витримати та розсіяти на собі, не втрачаючи працездатності.

Оскільки для стабілізаторів було обрано напругу падіння 1 В, мінімальна вхідна напруга повинна складати $5+1 = 6$ В. Щоб мати запас по напрузі візьмемо 6,4 В. Конденсатор С1 треба розрахувати таким чином, щоб напруга не впала нижче рівня 6,4 В у той момент часу, коли йде від'ємний напівперіод, бо в цей період навантаження отримує енергію саме з цього конденсатора. Цей

					<i>КС 56. 16 000. 00 ДП ПЗ</i>	Арк.
						34
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

конденсатор розраховується за формулою:

$$C_2 \geq \frac{I_{am}}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot U_d} \quad (1.9)$$

де $U_d = U_{max} - U_{min}$ – розмах напруги.

В нашому випадку $U_{min} = 6,4$ В. U_{max} обирається за наступним принципом: більше значення дозволить вибрати конденсатор меншої ємності, але сильніше навантажує стабілізатор напруги залишковою напругою, яку він повинен буде гасити на собі. Менше значення розвантажує стабілізатор напруги, але вимагає конденсатор більшої ємності. Тому візьмемо 7,5 В. Тоді:

$$C_2 \geq \frac{50 \cdot 10^{-3}}{2 \cdot \pi \cdot 50 \cdot (7,5 - 6,4)} = 454,5 \text{ мкФ}$$

Користуючись рядом E24 обираємо значення ємності 470 мкФ. Конденсатор С3 зазвичай беруть в два рази меншим, ніж С2, тому обираємо 220 мкФ. Ці конденсатори повинні бути електролітичні, полярні, а їх робочу напругу обираємо з подвійним запасом від максимальної напруги. Тому конденсатори С2 та С3 повинні мати робочу напругу 16 В.

Потрібна номінальна напруга стабілітрона повинна бути рівною максимальній напрузі на згладжувальному конденсаторі С2 з додаванням напруги падіння на цьому стабілітроні, тобто $U_z > 7,5 + 0,7 = 8,2$ В. Тому обрано стабілітрон з напругою стабілізації 8,2 В, потужністю 500 мВт та прямим струмом більше 50 мА.

Резистор R2 слугує для обмеження струму, що буде текти через коло датчика напруги. Діод VD3 слугує для позбавлення від від'ємного напівперіода змінної напруги. Конденсатор С4 слугує для випрямлення напруги. Резистор R3 слугує для налагоджування показників датчика. Скориставшись програмним забезпеченням Proteus 8 Professional були обрані наступні номінали цих елементів: R2 складає 240 кОм з потужністю не менше 0,125 Вт, R3 – змінний резистор з загальним опором 10 кОм з потужністю не менше 0,125 Вт, С4 – електролітичний конденсатор ємністю 220 мкФ з робочою напругою 16 В.

					КС 56. 16 000. 00 ДП ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		35

1.6 Розробка макету друкованої плати лічильника електроенергії

Розміри друкованої плати визначаються доступним вільним місцем корпусі пристрою, тому обрано друковану плату розміром 55 мм на 60 мм зі зрізаними кутами по 10 мм під кутом 45 градусів з усіх сторін. Тобто плата має восьмикутну форму.

Відповідно до електричної принципової схеми на платі мають бути присутні провідники, що мають різне призначення – силові та сигнальні, з різними значеннями прикладеної напруги та з різними струмами, що проходять крізь них. Тому потрібно відповідним чином вибрати ширину провідника, спираючись на струм, що протікає крізь нього. Мінімально допустима ширина провідника з урахуванням допустимого рівня струму на ньому обчислюється за формулою:

$$t = \frac{I_{\max}}{h_p \cdot j_p} \quad (1.10)$$

де I_{\max} – максимальний струм;

h_p – товщина шару металізації;

j_p – допустима щільність струму в провіднику.

У друкованому провіднику щільність струму $j_p = 20 \text{ А/мм}^2$.

Обирається третій клас точності друкованої плати. Мінімальна ширина провідника, обумовлена виробничими можливостями складає 0,3 мм. Присутні також провідники, по яким протікають струми до 15 А та до 50 мА. Оптимальна ширина провідників наведена у 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

Якщо неможливо створити провідник шириною 0,55 мм через нестачу місця, то можна використовувати провідник шириною 0,3 мм. Провідники, по яким протікає струм до 15 А мають додатково лудитися до товщини більше 300 мкм.

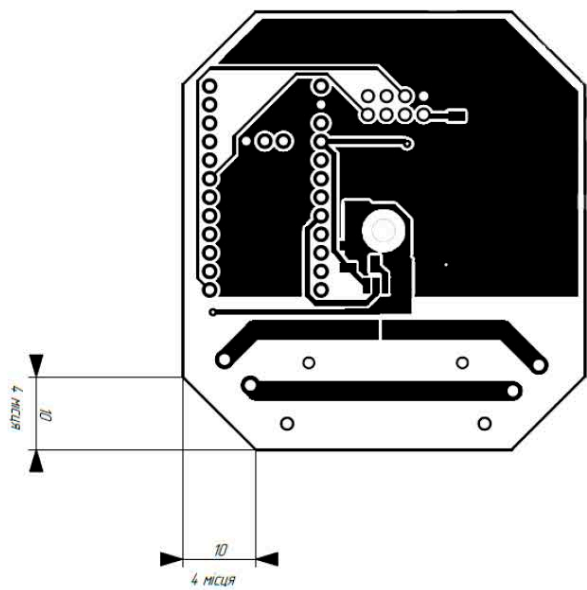
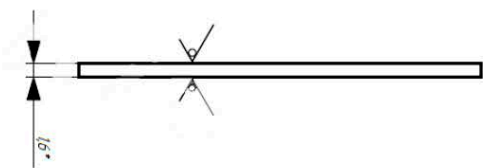
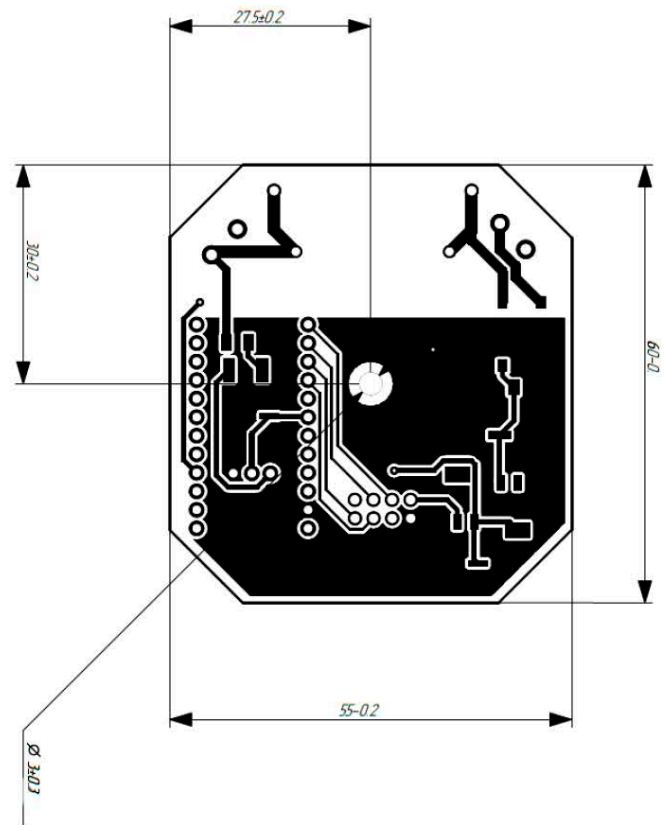


Рисунок 1.19. Макет друкованої плати пристрою

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КС 56. 16 000. 00 ДП ПЗ

Арк.

37

В результаті трасування друкованої плати для лічильника електроенергії були отримано топологічні шари, зображені на рис. 1.19. Трасування плати виконувалось за допомогою програмного забезпечення P-CAD. Отримано двосторонню друковану плату, що складається з верхнього і нижнього шару провідників. Отвори мають передбачати металізацією. Плата має захисну маску, яка закриває усі провідники окрім контактних майданчиків. Увесь вільний простір плати має бути рівномірно залитий шаром міді, приєднаної до схемної землі. Для датчика струму та необхідних для його роботи елементів використовується окрема заливка контакту схемної землі відповідно до рекомендацій його виробника [13].

1.7 Розробка програмного забезпечення вимірювального блоку

У розроблюваному пристрої лічильника електроенергії з можливістю віддаленого контролю вимірювальний блок побудовано на платформі Arduino Pro Mini, а у якості мікроконтролера використовується АТМega328. Для даної платформи існує багато можливостей для програмування, але перевагу було віддано Arduino IDE через її зручний інтерфейс та легке налагоджування.

У додатку А наведено лістинг програмного коду для вимірювального блоку. Блок-схема алгоритму роботи програми наведено на рис. 1.20. Як видно за цим алгоритмом, в основі роботи цього блоку лежить нескінченний цикл, в тілі якого міститься розрахунок сили струму і напруги в мережі, прослуховування радіопростору та відправлення даних при отриманні контрольного повідомлення.

При розробці програмного коду було використано відкриту бібліотеку для роботи з радіомодулем NRF24L01. Розрахунок сили струму виконується в тілі функції `current()`. В ній середньоквадратичне значення сили струму обчислюється за формулою:

$$I_{rms} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T i^2(t) dt} \quad (1.11)$$

де I_{rms} – середньоквадратичне значення струму;

					<i>КС 56. 16 000. 00 ДП ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		38

$i(t)$ – миттєве значення струму.

АЦП мікроконтролера за 100 мс знімає 250 значень миттєвого значення сили струму з давача ACS712, що дає частоту оклику 2,5 кГц. При частоті в мережі 50 Гц цієї частоти оклику більш ніж достатньо. Зняті значення відповідним чином перераховуються в значення сили струму, що споживається навантаженням.

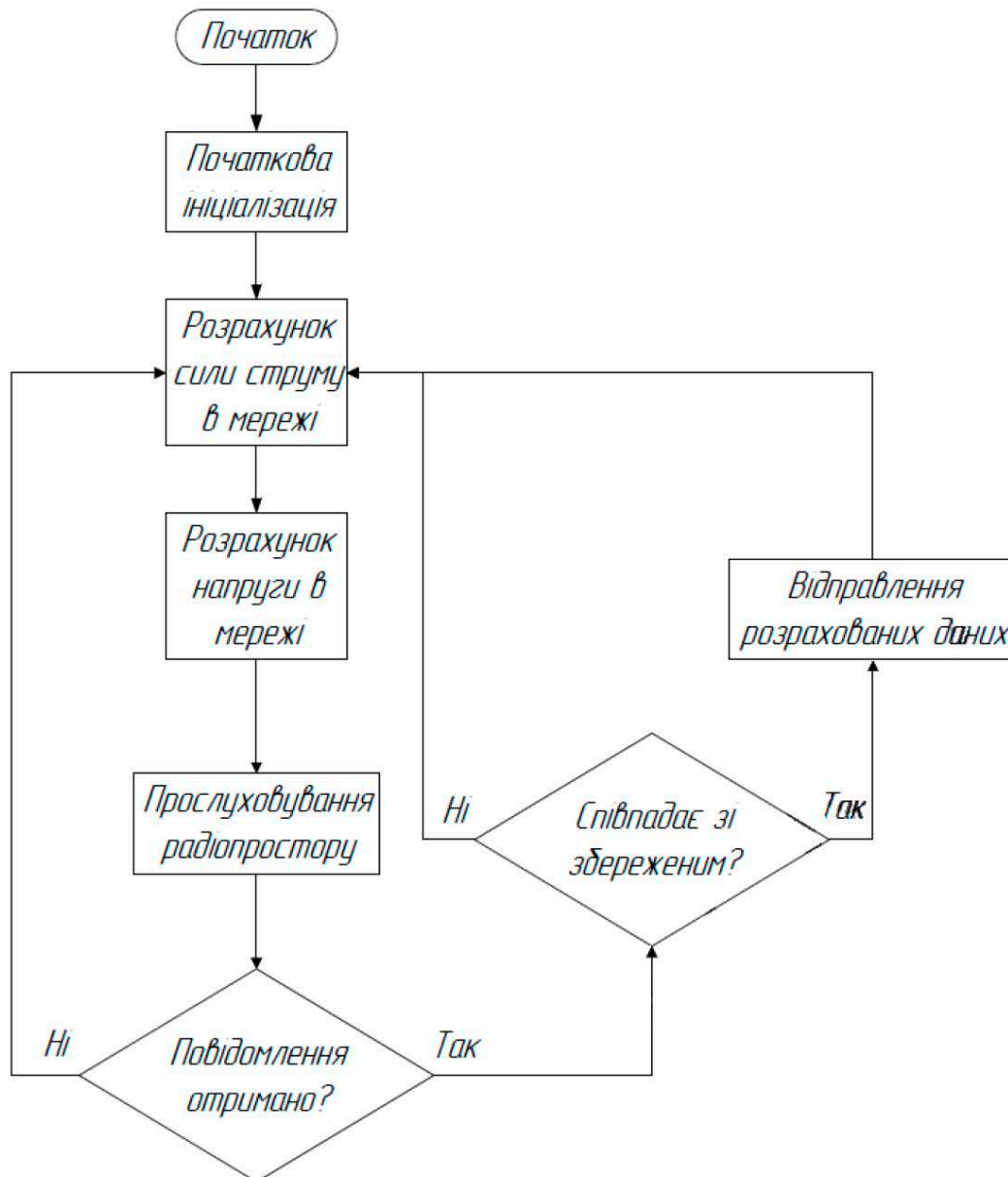


Рисунок 1.20. Блок-схема алгоритму роботи програми вимірювального блоку

Розрахунок напруги відбувається в тілі функції `voltage()`. В ній визначається середнє арифметичне із 100 знятих АЦП значень, яке переводиться в напругу та множиться на ваговий коефіцієнт, визначений експериментально. Передача розрахованої інформації відбувається в тілі функції `NRF24L01(float Irms, int`

Vrms) яка отримує два значення для подальшої передачі. В ній передані дані перетворюються у рядкові дані (оскільки радіомодуль може передати тільки рядок). Після цього відбувається прослуховування простору, отримання повідомлення за його наявності, порівняння з контрольним повідомленням та, якщо повідомлення однакові, відбувається передача розрахованого значення і розрахунок виконується заново. Якщо повідомлення різні, розрахунок також виконується заново. Крім цього наявна можливість зчитування розрахованої інформації з мікроконтролера за допомогою комп'ютера, але слід дотримуватися техніки безпеки при роботі з приладами, які не мають гальванічної розв'язки від мережі живлення. Наведений у додатку А програмний код використовує 13,476 байтів (41%) програмної пам'яті. Максимум складає 32,256 байтів. Глобальні змінні використовують 564 байтів (27%) динамічної пам'яті, залишаючи 1,484 байтів для локальних при максимумі у 2,048 байтів.

1.8 Розробка програмного забезпечення для головного блоку

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.

1.8.1 Вибір способу збереження інформації в головному блоці

Отримані від вимірювального блоку дані потрібно певним чином зберегти, щоб була можливість отримати доступ до них пізніше. Сам спосіб збереження повинен бути достатньо швидким, щоб встигати зберігати дані, що надходять дуже швидко. Найкраще для цього підходить використання баз даних з підтримкою SQL. Такий метод збереження дозволить зручно організувати збереження та доступ до інформації. Використання SQL-звертань дозволить швидко отримати вибірку даних за потрібним критерієм (будь то час, проміжок певної величини чи співпадіння). Серед великого різноманіття існуючих СУБД дуже зручною та популярною є СУБД MySQL, тому обрано саме її. В даній

					<i>КС 56. 16 000. 00 ДП ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		40

СУБД створено таблицю, яка містить дані про порядковий номер, час отримання даних в форматі UNIX-часу, значення сили струму, напруги, потужності, енергії та витрачених коштів. Значення напруги в мережі є цілочисельним, а значення струму, потужності, енергії та вартість є числами з плаваючою крапкою. Структура таблиці БД наведена у табл. 1.2.

Таблиця 1.2. Структура таблиці для збереження вимірюваних пристроєм даних

#	Назва	Тип	Порівняння	Атрибути	Нуль	За замовчуванням	Додатково
<input type="checkbox"/>	1 id	int(11)			Ні	Немає	AUTO_INCREMENT
<input type="checkbox"/>	2 timestamp	timestamp			Ні	CURRENT_TIMESTAMP	
<input type="checkbox"/>	3 Current	float			Ні	Немає	
<input type="checkbox"/>	4 Voltage	int(11)			Ні	Немає	
<input type="checkbox"/>	5 Power	float			Ні	Немає	
<input type="checkbox"/>	6 Energy	float			Ні	Немає	
<input type="checkbox"/>	7 Money	float			Ні	Немає	

Стовпчик id у структурі таблиці має параметр AUTO_INCREMENT, а це означає що визначення порядкового номера відбувається автоматично. Стовпчик timestamp за замовчуванням має значення CURRENT_TIMESTAMP, тобто при записі нових даних ця колонка буде містити значення, яке відповідає кількості пройдених секунд з 1 січня 1970 р. до часу, в який відбувається запис даних.

1.8.2 Вибір способу візуалізації даних

Серед великого різноманіття способів візуалізації даних було обрано створення веб-сторінки, яка містить графік залежності обраної величини від часу. Такий спосіб візуалізації дозволить отримати доступ до інформації будь-якому пристрою з можливістю виходу в мережу Інтернет. Для побудови графіків використовується сервіс Highcharts, який надає зручні інструменти для створення інтерактивних графіків. У якості веб-сервера використовується вільний веб-сервер Apache HTTP Server [14].

1.8.3 Розробка програми прийняття інформації з вимірювального блоку

На рис. 1.21 наведено спосіб під'єднання радіомодуля NRF24L01 до міні-ПК Raspberry Pi 2 (схему створено в ПЗ fritzing). Оскільки радіомодуль використовує

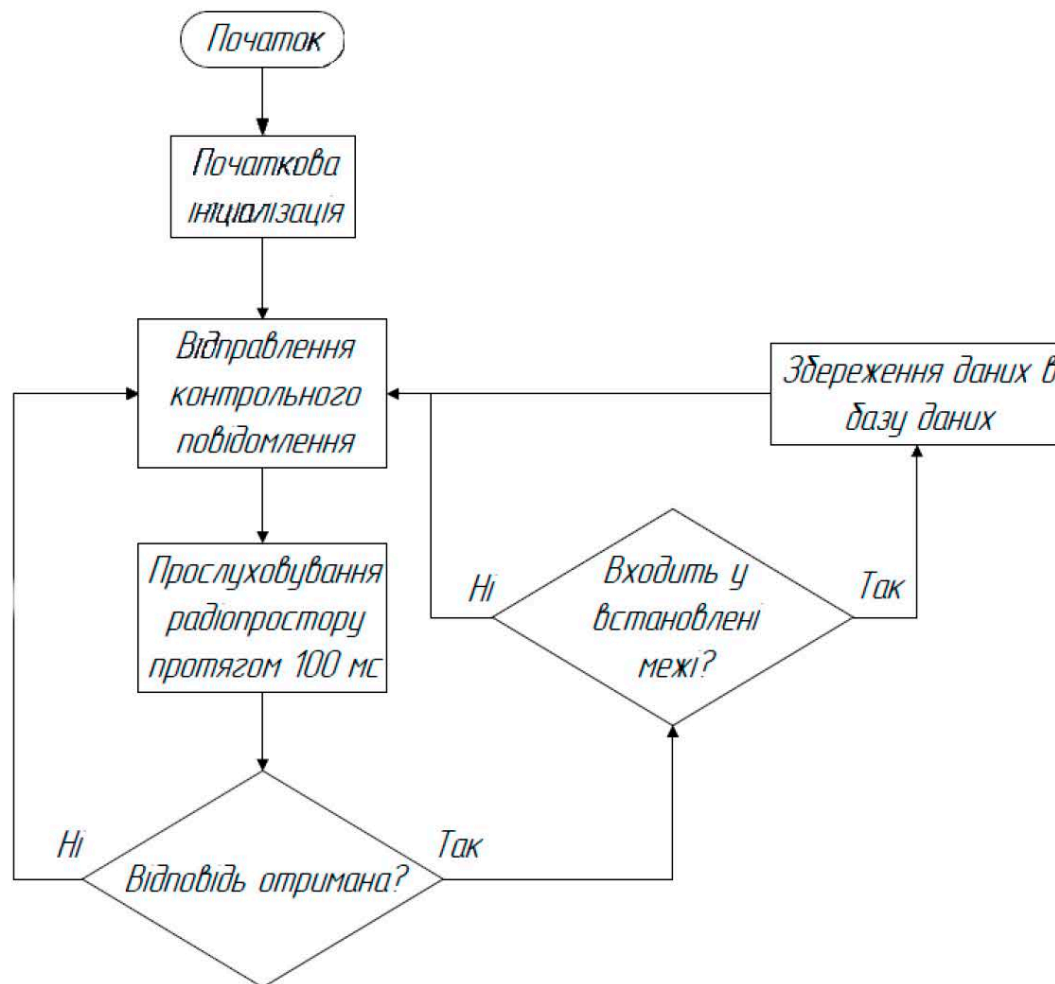


Рисунок 1.22. Блок-схема алгоритму роботи програми головного блоку

Функція `receive(mes)` приймає повідомлення зі змінної `mes`, відправляє його та чекає на відповідь. При наявності відповіді вона приймає його та повертає отримане значення в змінну. Функція `output(I, V)` приймає отримані раніше значення сили струму та напруги, перевіряє їх на допуск у встановлені межі та при виконанні усіх умов зберігає в базу даних. З експериментальних досліджень було визначено, що в середньому один вимірювальний блок може опитуватись 1 раз на 1,3 секунди. При розробці програмного коду було використано відкриту бібліотеку для роботи з радіомодулем NRF24L01. Для доступу до бази даних використовується відкрита бібліотека PyMySQL.

1.8.4 Створення веб-сторінки з візуалізацією даних

Для візуалізації даних з вимірювального блоку було створено веб-сторінку, на якій дані візуалізуються у вигляді графіка залежності досліджуваної величини

від часу, і який оновлюється через певний проміжок часу (нове значення з'являється раз у декілька секунд). На сервері, яким виступає Raspberry Pi 2, використовується така файлова структура для роботи web-сторінки:

- 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 папці assets/css є каскадними таблицями стилів, вони слугують для опису сторінки, написані мовою розмітки даних, коректують зовнішній вигляд блоків на сторінці. Файли в папці assets/js є JavaScript-сценаріями для надання інтерактивності web-сторінці. Файли current.js, energy.js, money.js, power.js та voltage.js слугують для звертання до бази даних через файл data.php для отримання відповідних даних для заповнення графіку та до файлу chart.php для отримання параметрів для побудови графіка. Файли bootstrap.js та jquery.js є загальними файлами та використовуються для підтримки роботи сторінки. Файл chart.php використовується для звернення бази даних та повертає час оновлення

					<i>КС 56. 16 000. 00 ДП ПЗ</i>	Арк.
						44
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

графіку в секундах. Файли `current.html`, `energy.html`, `index.html`, `power.html` та `voltage.html` виконані на мові розмітки гіпертекстових документів та слугують для зображення відповідних сторінок у веб-переглядачі. Сторінка `index.html` відкривається за замовченням, з неї є можливість перейти на інші. Файл `data.php` слугує для звернення до бази даних та повертає відповідні дані для побудови графіку в залежності від вхідного запиту. Файл `info.php` є інформативним та виводить службову інформацію про стан роботи РНР на сервері.

При створенні веб-сторінки було використано Bootstrap – безкоштовний набір інструментів з відкритим сирцевим кодом, призначений для створення веб-сайтів та веб-застосунків, який містить шаблони CSS та HTML для графіки, форм, кнопок, навігації та інших компонентів інтерфейсу, а також додаткові розширення JavaScript.

Лістинг файлу `data.php` наведено в Додатку А. Виконуючи відповідний запит можна з нього отримати потрібні дані. В результаті було створено веб-сторінку, на якій у вигляді графіку виводиться зміна певної величини. Зовнішній вигляд цієї сторінки подано на рис. 1.23. Слід зазначити, що графік будується в реальному часі на тому проміжку часу, який обрано користувачем з оновленням інформації кожену секунду. Крім цього виводиться останнє отримане значення величини. Завдяки блоку кнопок зверху можливо змінювати величину, графік якої будується та проміжок часу, на якому виводяться значення. Таким чином можна з легкістю отримувати доступ до інформації та відстежувати споживання під'єданого навантаження. В подальшому ці дані можуть бути використані для оптимізації споживання електроенергії в житлі. Наприклад графік затрат, який зображено на рис. 1.23, отриманий через моніторинг водонагрівача ATLANTIC Vertigo Steatite WI-FI 80 ES-MP0652F220-S WD. Зробивши довготривалий аналіз можна з легкістю визначити, скільки буде коштувати 1м^3 нагрітої цим водонагрівачем води та дізнатись, скільки часу потрібно для нагрівання повного баку. Знаючи цю інформацію можна використовувати водонагрівач таким чином, щоб зменшити споживання ним електроенергії (наприклад вимикати в ті періоди, коли він не потрібний або не давати підігрівати воду в непотрібні моменти часу).

					<i>КС 56. 16 000. 00 ДП ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		45

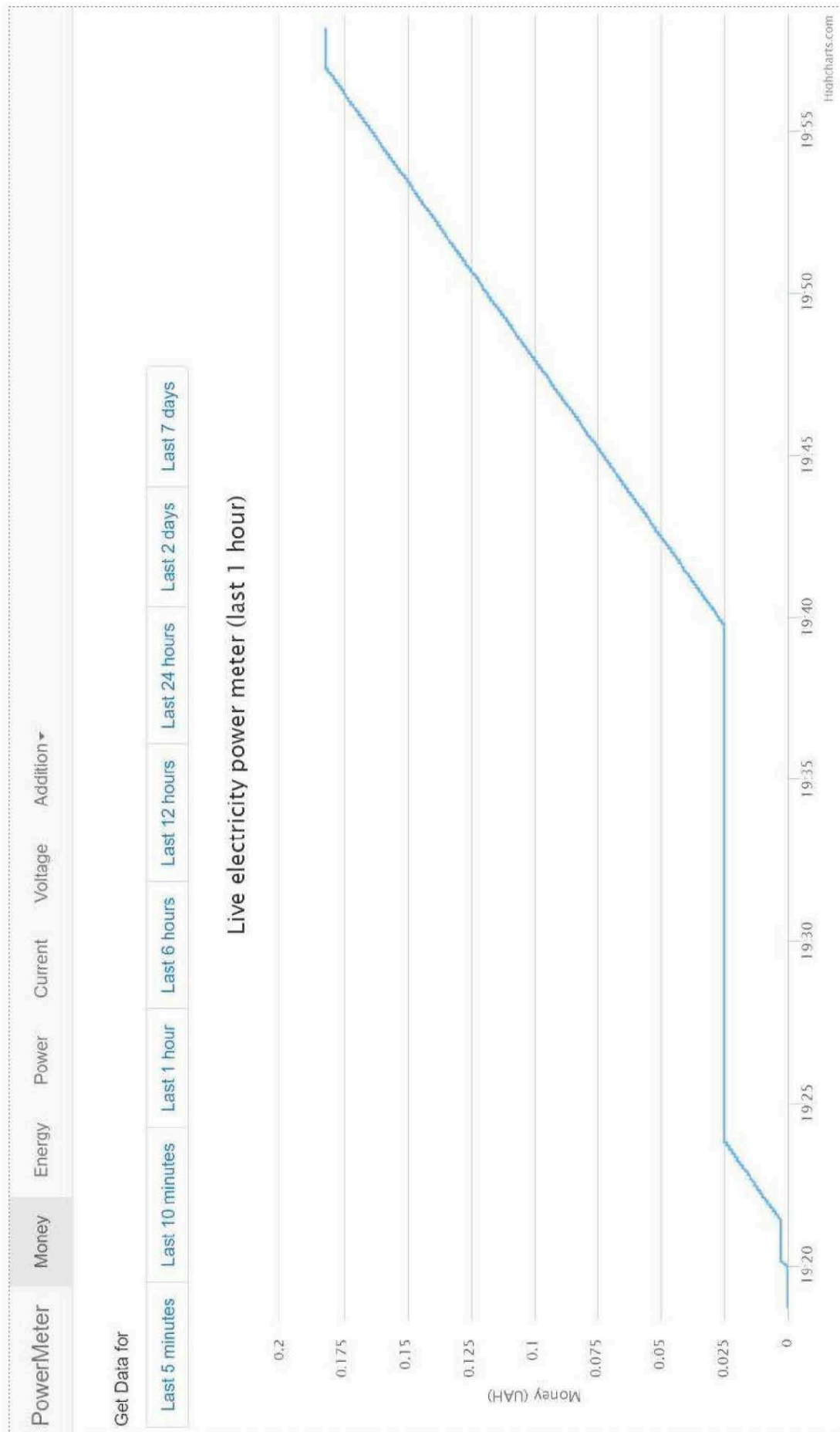


Рисунок 1.23. Зовнішній вигляд головної web-сторінки для візуалізації даних

1.8.5 Зчитування параметрів з декількох вимірювальних блоків

Для того, щоб реалізувати можливість роботи головного блоку з декількома вимірювальними блоками потрібно дотримуватися наступних умов:

- для кожного додаткового вимірювального блоку має бути створена окрема таблиця з такими ж параметрами, як описано в пункті 1.8.1;
- для кожного додаткового вимірювального блоку має бути визначене своє контрольне повідомлення, відмінне від контрольних повідомлень інших вимірювальних блоків;
- в тілі програмного коду для головного блоку потрібно додати задані контрольні повідомлення для усіх передбачених вимірювальних блоків та саме звернення до них з подальшим збереженням в потрібній таблиці;
- в тілі програмного коду для вимірювального блоку потрібно лише змінити задане контрольне повідомлення на нове.

Якщо дотримуватись цих умов, то кількість вимірювальних блоків обмежена лише вільним простором для даних на головному блоці. Слід пам'ятати, що зі збільшенням кількості вимірювальних блоків збільшується час опитування певного блоку. Тобто якщо один блок видає розраховані значення раз на 1,3 секунди, то при двох вимірювальних блоках дані з одного блоку будуть отримуватись приблизно раз на 2,5-3 секунди і так далі. Тому кількість вимірюваних блоків слід обирати з міркувань швидкодії системи, оскільки електричний струм має дуже швидкодіючий характер, через що при великому часі опитування можна пропустити моменти, коли навантаження змінило свій стан.

					<i>КС 56. 16 000. 00 ДП ПЗ</i>	Арк.
						47
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

В даному дипломному проекті виконано розробку лічильника електроенергії з можливістю віддаленого контролю. Даний прилад вбудовується безпосередньо в гніздо розетки електроживлення та буде здатний вимірювати потужність під'єданого навантаження, розраховувати споживану електроенергію та передавати отриману інформацію на зовнішній міні-ПК, виконуючи переклад споживаної електроенергії згідно тарифів в грошові одиниці. Завдяки виконаній розробці користувач зможе проаналізувати затрати електроенергії за певний проміжок часу роботи електроприладів (наприклад, водонагрівачів, холодильників, що працюють цілодобово) та прийняти певні міри з метою економії електроенергії, що особливо актуально в даний час.

У даному розділі визначаємо вартісну оцінку розробленого пристрою. Спочатку визначаємо калькуляцію розробленого виробу укрупненим методом через вартість покупних комплектуючих елементів і виробів, для визначення якої складаємо перерахування елементів і виробів на основі відомості специфікацій (принципової схеми) по формі, приведених в таблиці 2.1

Таблиця 2.1 Розрахунок відомості покупних комплектуючих елементів

Найменування, тип, модель	Одвим	Норма витрат	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

					<i>КС 56. 16 000. 00 ДП ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		48

Резистор R3	шт.	1	7.00	7.00
Загальна вартість покупних комплектуючих елементів				418,00
Транспортні витрати (10%)				41,8
Всього (Впк)				459,8

Калькуляцію планової собівартості розробленого виробу розраховуємо з використанням методу питомих ваг і структури собівартості аналогічної продукції: 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, грн.	Розрахунок
1. Сировина і матеріал	148,32	$V_m = \alpha_m * V_{пк} / \alpha_{пк} = 20 * 459,8 / 62$
2. Комплектуючі вироби і покупні напівфабрикати	459,8	$V_{пк} = \text{см. табл. 2.1}$
3. Основна заробітна плата	133,49	$V_{оз} = \alpha_{озп} * V_{пк} / \alpha_{пк} = 18 * 459,8 / 62$
4. Додаткова заробітна плата	53,39	$V_{дз} = 0,4 * V_{оз} = 0,4 * 133,49$
5. Відрахування до єдиного соцфонду	106,78	$V_{ес} = (V_{оз} + V_{дз}) * 0,22 = (133,49 + 53,39) * 0,22$
6. Загально-виробничі витрати	200,23	$V_{заг.вир} = (1,2 \dots 1,5) * V_{оз} = 1,5 * 133,49$
7. Виробнича собівартість	1102,01	$S_{вир} = V_m + V_{пк} + V_{оз} + V_{дз} + V_{ес} + V_{заг.вир}$
8. Адміністративні витрати	40,04	$V_a = V_{оз} * 0,3 = 133,49 * 0,3$
9. Витрати на збут	22,04	$V_{зб} = S_{вир} * 0,02 = 1102,01 * 0,02$
10. Інші операційні витрати	11,02	$V_{оп} = S_{вир} * 0,01 = 1102,01 * 0,01$
Повна собівартість	1175,1	$S_{пов.} = S_{вир} + V_a + V_{зб} + V_{оп} = 1102,01 + 40,04 + 22,04 + 11,02$

Розмір планового прибутку, що включається в ціну, визначаємо по формулі:

$$П = (S_{пов} * p) / 100\% = (1175,1 * 10\%) / 100\% = 117,51 \text{ грн.}$$

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

Оптову ціну виробу визначаємо по формулі:

$$C_o = S_{пов} + П = 1175,1 + 117,51 \text{ грн} = 1292,61 \text{ грн.}$$

Ціну реалізації виробу встановлюємо з урахуванням ПДВ:

					КС 56. 16 000. 00 ДП ПЗ	Арк.
						49
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$Цр = Цо + Пз,$$

де Пз - податкове зобов'язання з ПДВ:

$$Пз = Цо * 0,2 = 1292,61 * 0.2 = 258,52 \text{ грн.}$$

Звідси:

$$Цр = 1292,61 + 258,52 = 1551,13 \text{ грн.}$$

Отримана в таблиці 2.2 повна собівартість являє собою витрати виготовлення одиниці виробу для даного року виробництва. Запропонуємо прогноз обсягів продажів даного виробу на другій стадії життєвого циклу виробу «Виробництво» з розподілом по роках (прогноз продажів передбачаємо на 4 роки). Характерні зони промислового випуску виробу представлені на рисунку 2.1.

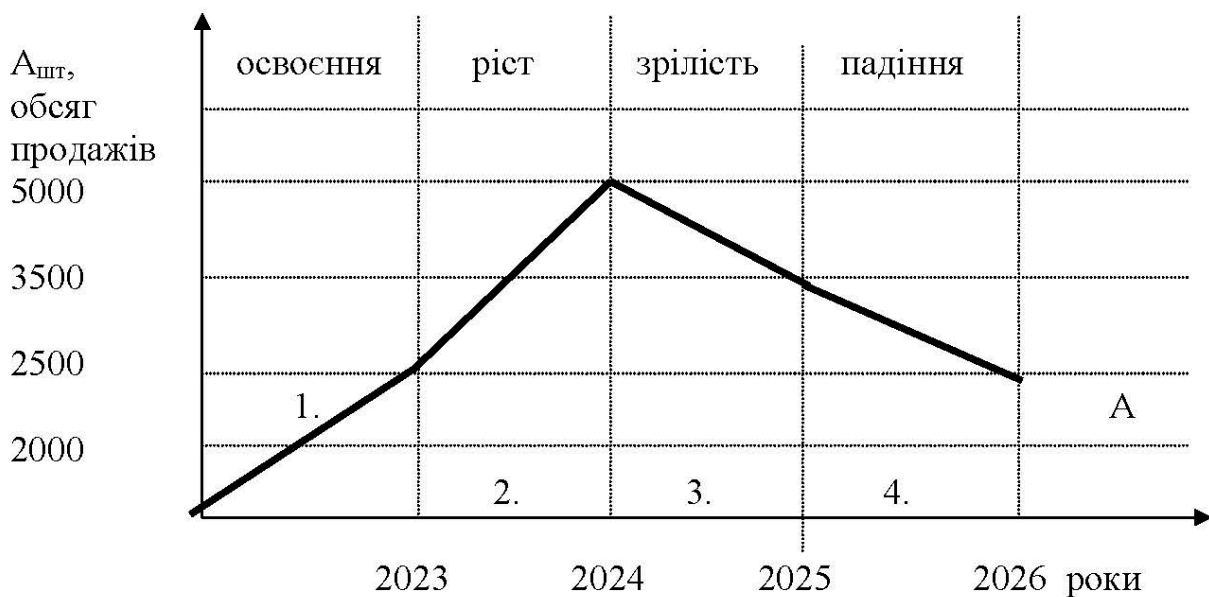


Рисунок 2.1 – Прогноз обсягів продажу

В 2023 році обсяг продажів передбачається в розмірі 2500 шт під замовлення.

В 2024 році прогнозується збільшення обсягу продажів, тому витрати виробництва визначаємо по формулі:

$$C_{\text{пов } i+1} = C_{\text{пов } i} \left(\frac{A_i}{A_{i-1}} \right)^{0,23},$$

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

i – обсяг продажів (i+1)-ом року, шт.;

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

$$C_{\text{пов}_{2024}} = 1175,1 * (2500/5000)^{0.23} = 998,83 \text{ грн.}$$

В 2025 – 2026 роках обсяг продажів зменшується, витрати виробництва приймаються на рівні попереднього року.

$$C_{\text{пов}_{2025,2026}} = 998,83 \text{ грн.}$$

Плановий прибуток, що включається в оптову ціну підприємства, для наступного року при збільшенні обсягу продажів, визначаємо по формулі:

$$П_{i+1} = C_{ni+1} * \frac{P}{100}$$

$$П_{2024,2025,2026} = 998,83 * 20/100 = 199,76 \text{ грн.}$$

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

$$Ц_{O_{i+1}} = C_{ni+1} + П_{i+1}$$

$$Ц_{2024,2025,2026} = 998,83 + 199,76 = 1198,59 \text{ грн.}$$

Податкове зобов'язання визначається по формулі:

$$ПЗ_{i+1} = Ц_{O_{i+1}} * 0.2$$

$$ПЗ_{2024,2025,2026} = 1198,59 * 0.2 = 239,72 \text{ грн.}$$

Ціну реалізації одиниці продукції в наступні роки визначаємо по формулі:

$$Ц_{P_{i+1}} = Ц_{O_{i+1}} + ПЗ_{i+1}$$

$$Ц_{P_{2024,2025,2026}} = 1198,59 + 239,72 = 1438,31 \text{ грн.}$$

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

$$P_T = \sum_{i=t_p}^{t_k} A_i * Ц_{P_i} * \alpha_i$$

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

$Ц_{P_i}$ – 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.

Вартісну оцінку за розрахунковий період визначаємо по формі, приведеної в таблиці.

					КС 56. 16 000. 00 ДП ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		51

Виробництво дає змогу одержати дохід за 4 роки 2,445 млн. грн.

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	2500	5000	3500	2500
Ціна реалізації, грн.	Π_{pi}	1551,13	1438,31	1438,31	1438,31
Вартісна оцінка результатів, млн грн.	$A_i * \Pi_{pi}$	3,877	7,191	5,034	3,595
Коефіцієнт, що враховує фактор часу	α_i	0.91	0.83	0.75	0.68
Вартісна оцінка результатів з урахуванням фактора часу, млн грн.	$A_i * \Pi_{pi} * \alpha_i$	3,528	5,968	3,775	2,445

3 ОХОРОНА ПРАЦІ

Безпека праці виступає як один з факторів, які забезпечують високу продуктивність праці. Доведено, що висока продуктивність праці може бути досягнута тільки в умовах, коли забезпечена її безпека.

Міжнародний досвід засвідчує, що організація праці, яка ігнорує вимоги гігієни і безпеки праці, підриває економічну ефективність підприємств і не може бути основою для сталої стратегії їх розвитку.

В дипломному проекті проводиться розробка лічильника електроенергії з можливістю віддаленого контролю. Тому розглянемо основні вимоги, які необхідно дотримуватися для безпеки праці працівників.

3.1 Аналіз небезпечних і шкідливих факторів, що впливають на програміста

Небезпечні та шкідливі фактори, які можуть виникати на робочому місці працівників: підвищений рівень шуму, несприятливі мікрокліматичні умови, недостатній рівень освітленості, шкідливі речовини, підвищений рівень електромагнітних випромінювань радіочастот, висока напруга електричної мережі, статична електрика та інші. При систематичному впливі виробничих факторів, які не відповідають нормативним показникам, зростає рівень професійно зумовленої захворюваності працюючих та можуть виникнути професійні захворювання органів зору, руху, нервової системи.

Таким чином, вивчення умов праці на робочому місці є необхідною умовою запобігання негативних наслідків впливу небезпечних та шкідливих факторів.

3.2 Гігієнічні вимоги до виробничого середовища

3.2.1 Освітлення

У виробничих та адміністративно-громадських приміщеннях допускається застосування системи комбінованого освітлення (крім системи загального освітлення, додатково встановлюються світильники місцевого освітлення).

					<i>КС 56. 16 000. 00 ДП ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		53

Значення освітленості має становити 300-500 лк. Якщо це неможливо забезпечити системою загального освітлення, допускається використовувати місцеве освітлення.

3.2.2 Шум

Для робочих місць з використанням пристроїв в адміністративних приміщеннях і лабораторіях, пов'язаних з часто повторюваними операціями допустиме значення еквівалентного рівня звуку не повинно перевищувати 60 дБ для 8-годинної робочої зміни. Для захисту від шуму використовуються наступні заходи:

- раціональне розміщення робочих місць і обладнання, облік шумовий карти приміщення;
- створення шумозахищених зон.

3.2.3 Вимоги до організації робочого місця працівника

Один із видів роботи – це проведення паяльних робіт. Відповідно до правил охорони праці під час проведення паяльних робіт роботодавець повинен створити для кожного працівника безпечні і нешкідливі умови праці шляхом належного облаштування робочих місць відповідно до Загальних вимог стосовно забезпечення роботодавцями охорони праці працівників, затверджених наказом Міністерства надзвичайних ситуацій України від 25 січня 2012 року № 67, зареєстрованих у Міністерстві юстиції України 14 лютого 2012 року за № 226/20539 (НПАОП 0.00-7.11-12).

Роботодавець повинен створити для кожного працівника безпечні і нешкідливі умови праці шляхом належного облаштування робочих місць відповідно до загальних вимог стосовно забезпечення роботодавцями охорони праці працівників, затверджених наказом Міністерства надзвичайних ситуацій України від 25 січня 2012 року № 67, зареєстрованих у Міністерстві юстиції України 14 лютого 2012 року за № 226/20539 (НПАОП 0.00-7.11-12). Матеріали, які використовуються під час паяння, повинні мати паспорт безпеки речовини

					<i>КС 56. 16 000. 00 ДП ПЗ</i>	Арк.
						54
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

(матеріалу) відповідно до вимог ДСТУ ГОСТ 30333:2009 «Паспорт безпеки хімічної продукції. Загальні вимоги».

Хімічні речовини необхідно зберігати в спеціально обладнаному приміщенні залежно від їхньої здатності до хімічної взаємодії відповідно до вимог ГОСТ 3885-73 «Реактивы и особо чистые вещества. Правила приемки, отбор проб, фасовка, упаковка, маркировка, транспортирование и хранение».

Флюс повинен мати температуру плавлення нижче температури припою і не повинен хімічно взаємодіяти з припоєм.

Конкретні прийоми роботи з паяльником залежать як від його конструкції, так і від типу виконуваних ним робіт, а також від вигляду спаюваних деталей і застосованих паяльних матеріалів. Найпоширенішим сучасним типом паяльників є звичайний електричний паяльник



Рисунок 3.1. Зовнішній вигляд електричного паяльника 30Вт

У галузях електротехніки та електроніки в основному використовуються електричні паяльники малої та середньої потужності.

Після вмикання, паяльнику потрібен певний час для досягнення робочої температури, який для паяльників безперервного нагріву може становити від 3 до 10 хвилин. Підготовлений паяльник, зазвичай, залишається увімкнутим в електромережу і знаходиться у розігрітому стані впродовж усього сеансу роботи. При цьому, його не можна класти на стіл або іншу найближчу поверхню, оскільки паяльник при цьому швидко охолоджується, забруднюється і може травмувати робітника або пошкодити оточуючі предмети і спричинити пожежу.

					<i>КС 56. 16 000. 00 ДП ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		55

Для тимчасового утримання розжареного паяльника існують спеціальні підставки металів із якими він вступає у контакт.

Після завершення робіт і перед вимкненням паяльника, його жало рекомендується очистити, та ще раз гарно облудити). Це забезпечить йому тривалий строк служби та дозволить без ускладнень повторно розігріти паяльник і одразу приступити до роботи.

3.2.4 Мікроклімат

Мікроклімат виробничих приміщень – це метеорологічні умови внутрішнього середовища приміщень, які визначаються спільною дією на організм людини температури, вологості, швидкості руху повітря та теплового випромінювання.

Оптимальні параметри мікроклімату в робочій зоні виробничих приміщень для різних категорій робіт у теплий та холодний періоди року становлять:

Таблиця 3.1. Параметри мікроклімату приміщення

Період року	Категорія робіт	Температура, С		Відносна вологість,%
		оптимальна	допустима	
Холодний	Легка – Іа	22-24	21-25	40-60
Теплий	Легка – Іа	23-25	22-26	40-60

Раціональна вентиляція, опалення та кондиціонування повітря є найбільш поширеними способами нормалізації мікроклімату у виробничих приміщеннях.

3.3 Пожежна безпека

Протипожежна техніка безпеки представляє собою ряд заходів, покликаних унеможливити виникнення пожеж, і організацію їх гасіння.

До засобів гасіння пожежі відносяться внутрішні пожежні водопроводи (крани –ПК), вогнегасники, сухий пісок тощо. У виробничих приміщеннях це головним чином вуглекислотні вогнегасники, достоїнством яких є висока ефективність гасіння пожежі, збереження електричного устаткування.

Розташовують вогнегасники на видних місцях, на висоті не більше як 1,5 м від полу. Будівлі укомплектовані пожежними щитами з набором інструментів, біля щитів – бочки з водою, ящики з піском.



Рисунок 3.2. Зовнішній вигляд пожежного приладдя

Внутрішні пожежні водопроводи (крани ПК). В будівлях пожежні крани встановлюють в коридорах, на майданчиках сходових кліток. Кожний пожежний кран укомплектований пожежним рукавом і розміщений у відповідних ящиках, які знаходяться на висоті 1,35 м від полу.

У разі виявлення пожежі кожний працівник зобов'язаний:

- негайно повідомити про це телефоном пожежну охорону;
- вжити (при можливості) заходів щодо евакуації людей, гасіння пожежі та збереження матеріальних цінностей;
- повідомити керівника чи відповідну посадову особу підприємства;
- у разі необхідності викликати інші аварійно-рятувальні служби (медичну, газоаварійну тощо);

У приміщенні також мається план евакуації на випадок виникнення пожежі. Забезпечення пожежної безпеки – це один із важливих напрямків щодо охорони життя та здоров'я людей, національного багатства і навколишнього середовища.

					<i>КС 56. 16 000. 00 ДП ПЗ</i>	Арк.
						57
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

У даному дипломному проекті виконано розробку лічильника електроенергії з можливістю віддаленого контролю. Для реалізації поставленої задачі знайдено оптимальний шлях визначення сили та напруги змінного струму при мінімальному розмірі конструкції. Застосування мікроконтролера дозволило реалізувати періодичне зчитування розрахованого значення і передачу його по бездротовому каналу для подальшої обробки, збереження та виведення у зручній для користувача формі.

Обрані методи визначення електричних величин дозволили реалізувати схему пристрою лічильника електроенергії у компактному виді, з надійною конструкцією і прийнятною погрішністю вимірювання. Даний прилад вбудовується безпосередньо в гніздо розетки електроживлення та буде здатний вимірювати потужність під'єданого навантаження, розраховувати споживану електроенергію та передавати отриману інформацію на зовнішній міні-ПК, виконуючи переклад споживаної електроенергії згідно тарифів в грошові одиниці. Пристрій складається з вимірювального та головного блоку і виконує обробку даних за допомогою програми, складеної мовою програмування Python. Відображення даних, що зберігаються за допомогою СУБД MySQL, виконується за допомогою web-сторінки, яка розміщена на головному блоці.

Виконане трасування друкованої плати пристрою у САПР P-CAD дозволило розробити макет пристрою оптимального розміру та врахувати товщину доріжок, розрахованих за відповідною методикою. Розроблений пристрій дозволяє виконувати зв'язок між блоками на відстані до 100 м, робоча сила струму може досягати 15А при напрузі 220В, а обмін даними між головним та вимірювальним блоком виконується кожні 1,3 с.

Завдяки виконаній розробці користувач зможе проаналізувати затрати електроенергії за певний проміжок часу роботи електроприладів (наприклад, водонагрівачів, холодильників, що працюють цілодобово) та прийняти певні міри з метою економії електроенергії, що особливо актуально в даний час.

					<i>КС 56. 16 000. 00 ДП ПЗ</i>	Арк.
						58
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Сенько В.І. // Електроніка і мікросхемотехніка: У 4-х т. Том4. Книга2. Силова електроніка: Навч. Посібник / В.І. Сенько, М.В. Панасенко. – К.: Каравела, 2013. – 246 с
2. Ляшенко О., Мартинюк О. Моделювання та дослідження електронних пристроїв: навч. посіб. Луцьк: Схід.європ. нац. ун-т ім. Л. Українки, 2013. – 217 с.
3. Евстифеев, А. В.. Микроконтроллеры AVR семейств Tiny и Mega фирмы ATMEL. – М.: ДМК Пресс, 2015. – 558 с.
4. Кравченко, А.В. 10 практических устройств на AVR-микроконтроллерах. Книга 1 (+ CD-ROM). – М.: МК-Пресс, 2017. – 218 с.
5. Пирогова Е.В. Проектирование и технология печатных плат: Учебник. – М.: ФОРУМ:ИНФРА-М, 2005. – 560 с.
6. Проекты с использованием контроллера Arduino. – СПб.: БХВ-Петербург, 2014. – 400 с.: ил.
7. Current Cost EnviR – мониторинг потребления электроэнергии / Geektimes [Электронный ресурс] <http://geektimes.ru/post/127322/>
8. Circuit Diagram for Smart Capacitor power supply [Электронный ресурс] <http://www.engineersgarage.com/contribution/smart-capacitor-power-supply>
9. TMRh20/RF24: Optimized fork of nRF24L01 for Arduino and Raspberry Pi [Электронный ресурс] <https://github.com/TMRh20>
10. Interactive JavaScript charts for your webpage | Highcharts [Электронный ресурс] <http://www.highcharts.com/>
11. Fritzing Fritzing [Электронный ресурс]. <http://fritzing.org/home/>
12. BLAvery/lib_nrf24: Python library for NRF24L01+ Transceivers [Электронный ресурс]. https://github.com/BLAvery/lib_nrf24
13. PyMySQL/PyMySQL: Pure Python MySQL Client [Электронный ресурс]. <https://github.com/PyMySQL/PyMySQL>
14. Bootstrap: The world's most popular mobile-first and responsive front-end framework. [Электронный ресурс]. <http://getbootstrap.com/>

					<i>КС 56. 16 000. 00 ДП ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		59

ДОДАТОК А. Вихідні коди ПЗ лічильника електроенергії

Код програми для вимірювального блоку лічильника

```
#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 лічильника

```
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, T1, 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 файлу 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, $pwr)); }
} 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 ЛІЧИЛЬНИКА ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ З МОЖЛИВІСТЮ ВІДДАЛЕНОГО КОНТРОЛЮ



Віталій ОЖОГА, гр.4КС-56, ОТФК ОНУ



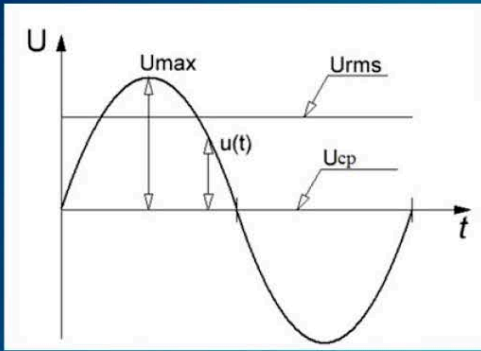
Ватметр/енергометр CAT II Sinotimer



Енергомонітор Current Cost EnvIR



Wi-Fi-лічильник EM-129



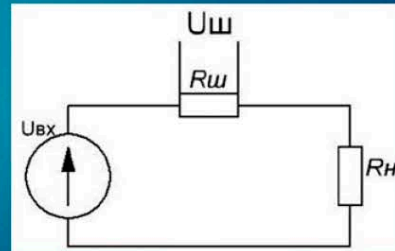
Форма напруги в колах змінного струму



Вимірювальний трансформатор струму CST2020



Струмівий шунт-резистор FL-2C 100A



Застосування вимірювального шунту

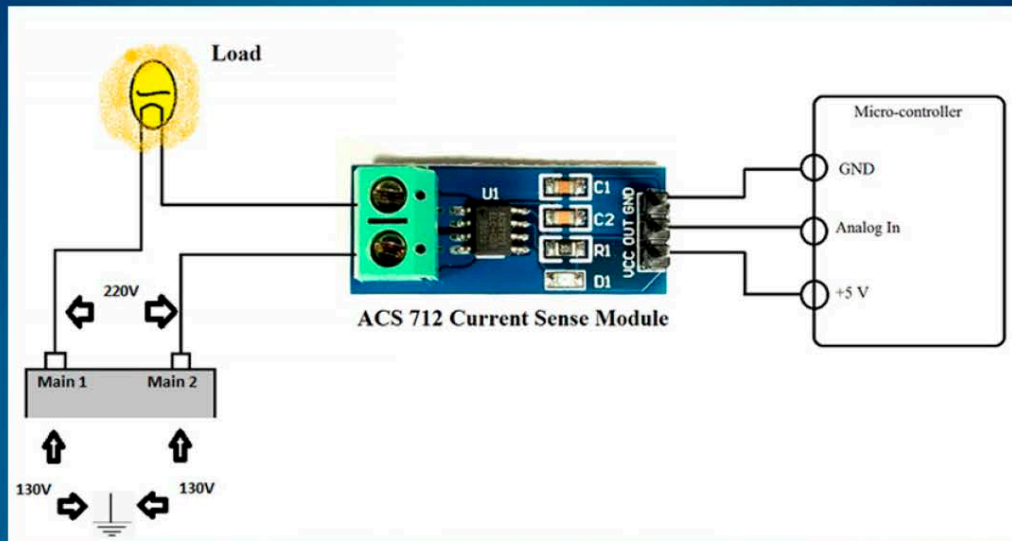
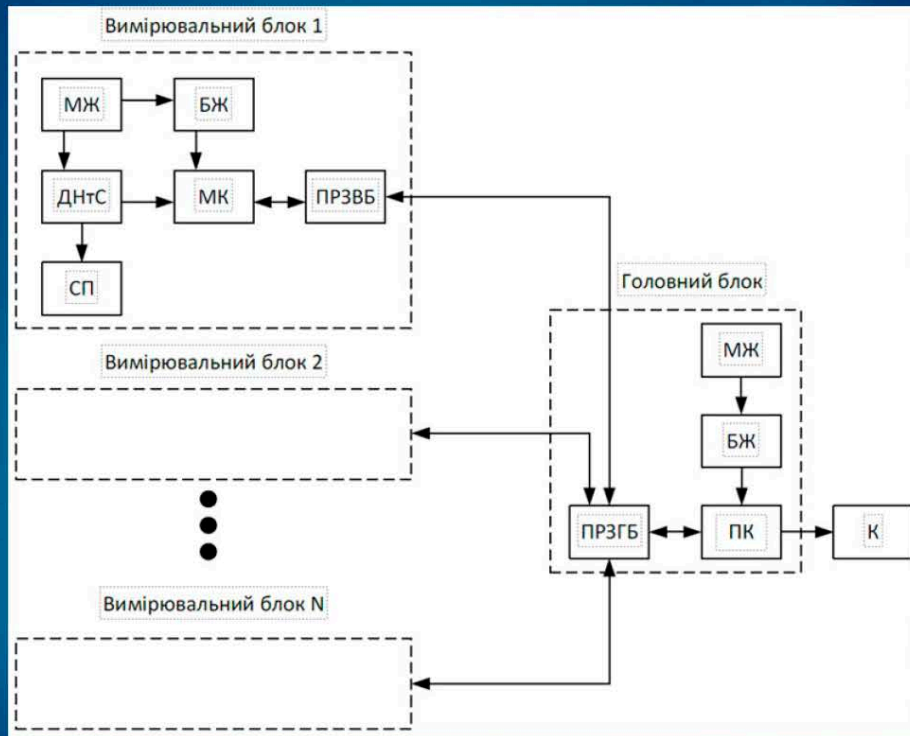
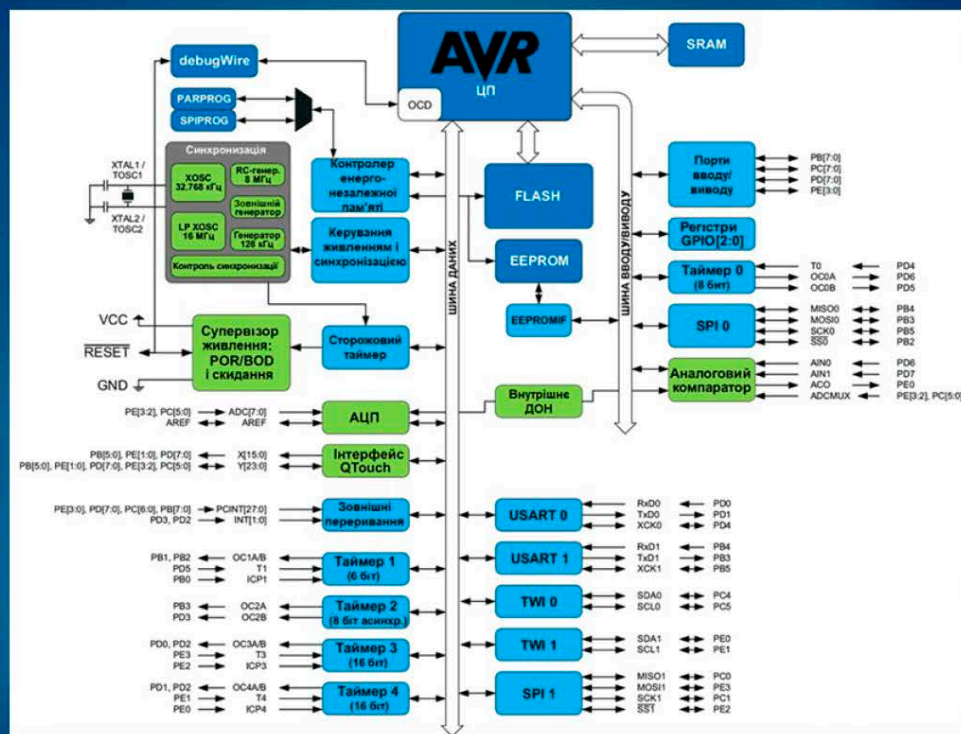


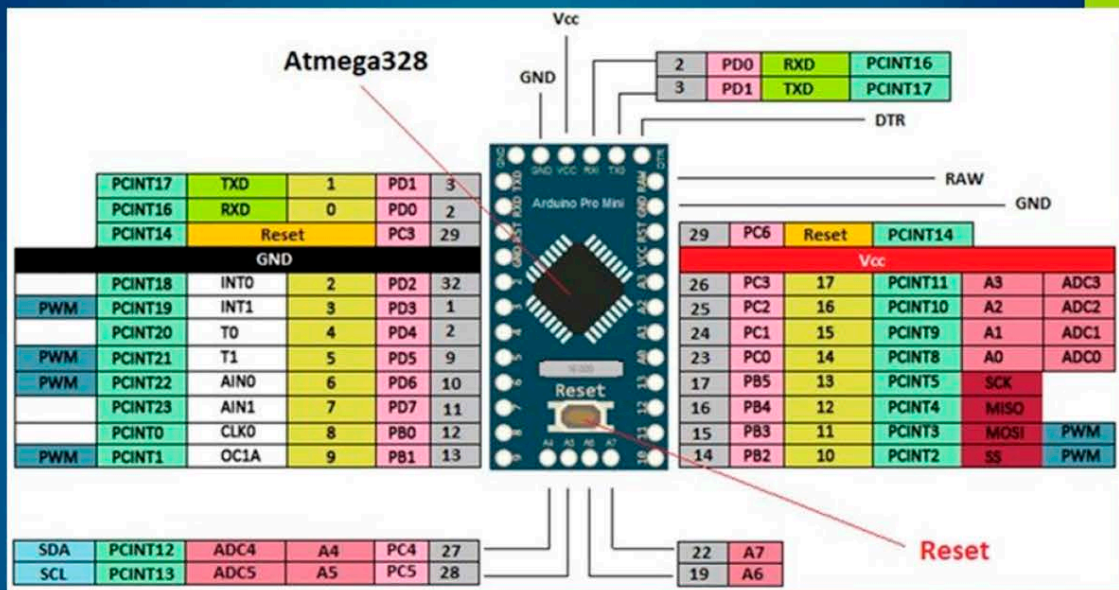
Схема включення датчика струму ACS712



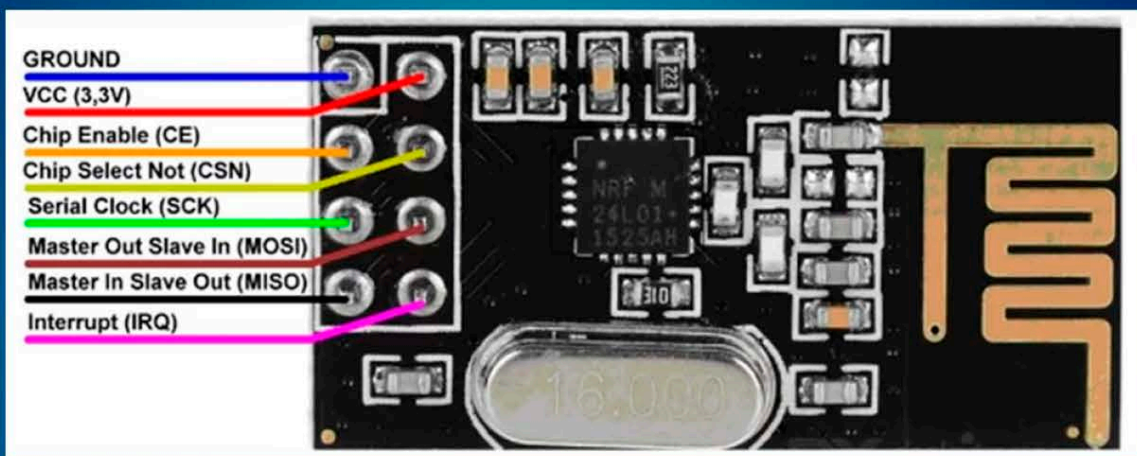
Структурна схема лічильника електроенергії з можливістю віддаленого контролю



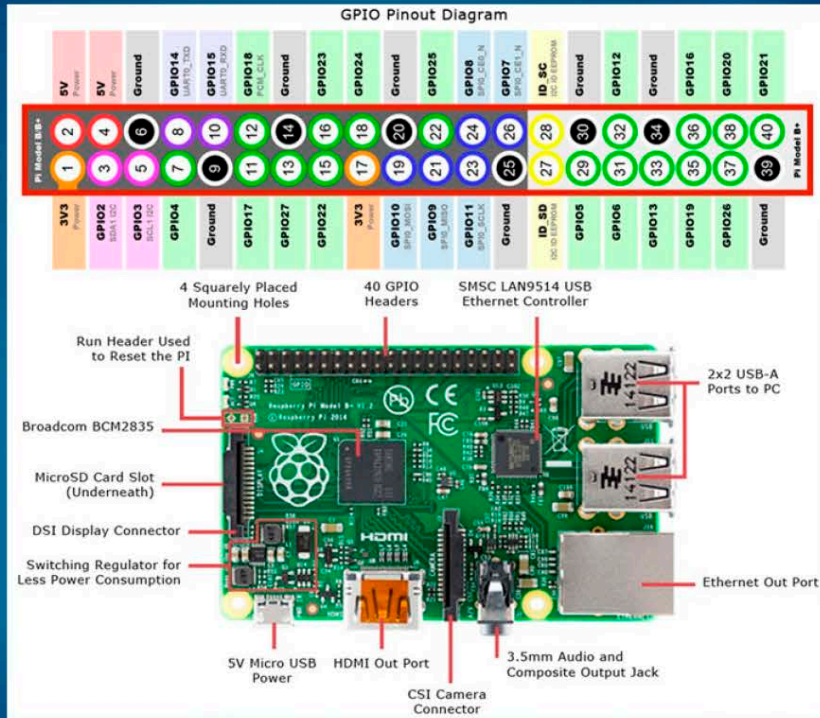
Функціональна схема мікроконтролера ATmega328



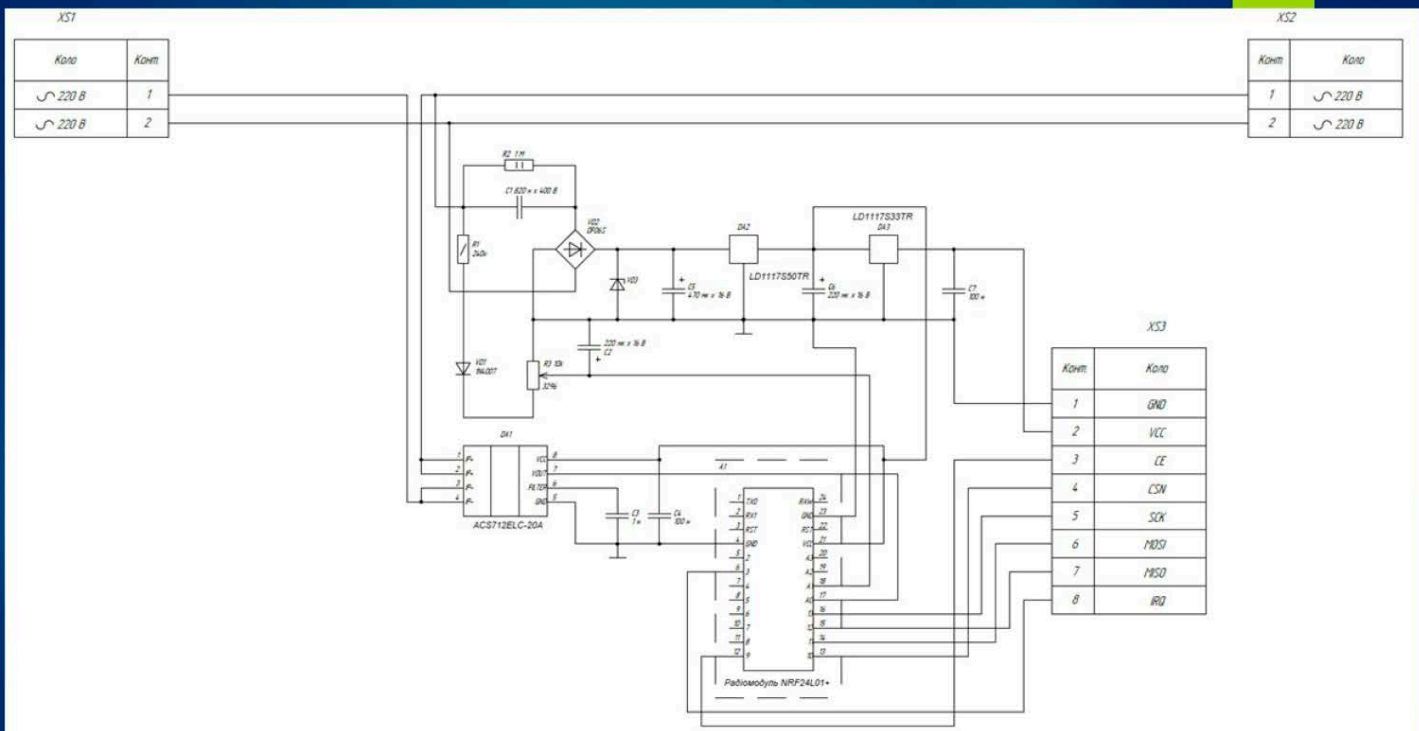
Призначення контактів плати Arduino Pro Mini



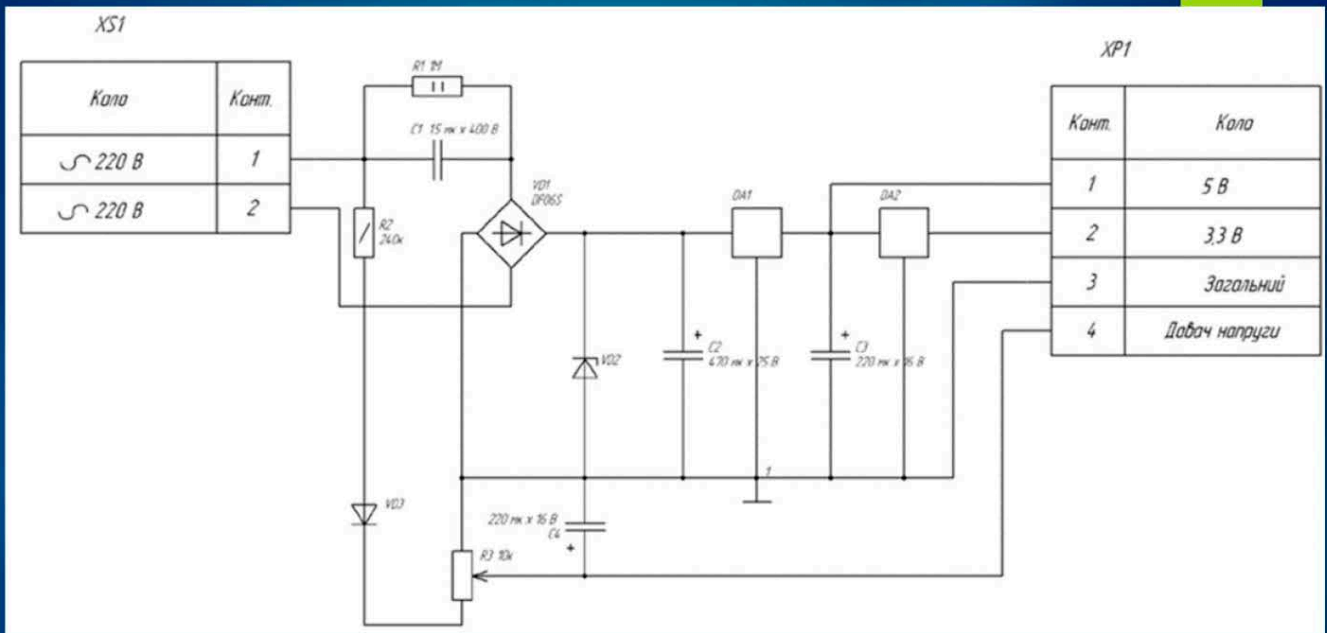
Призначення контактів плати радіомодулю NRF24L01+



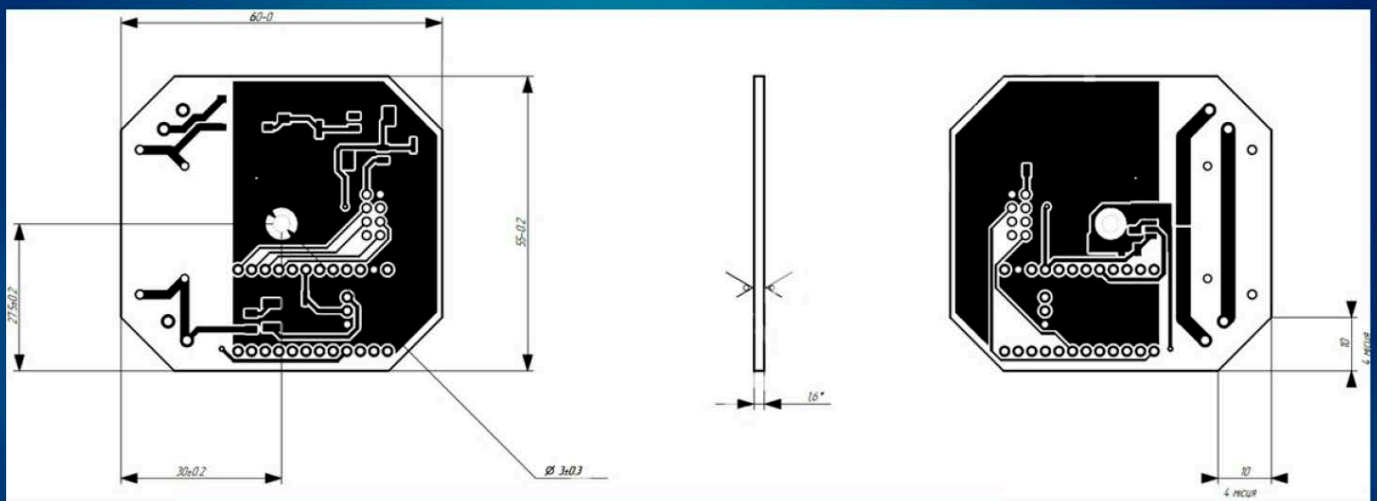
Обладнання одноплатного міні-комп'ютера Raspbery Pi 2



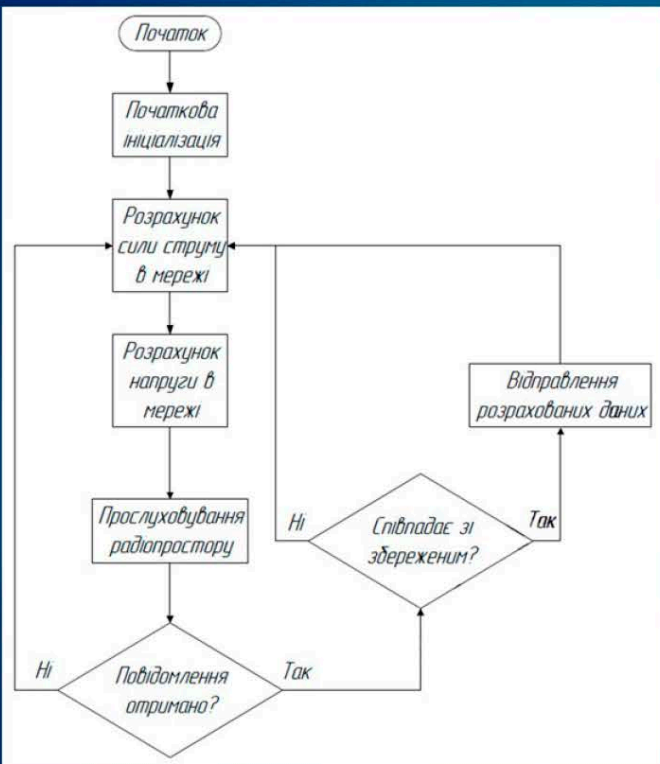
Принципова електрична схема вимірювального блоку лічильника електроенергії



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



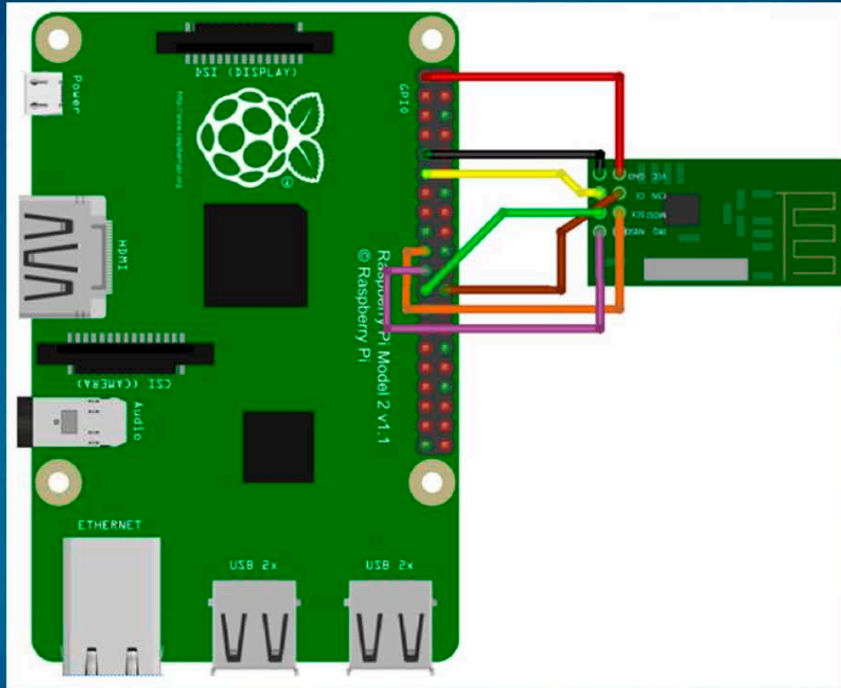
Макет друкованої плати пристрою



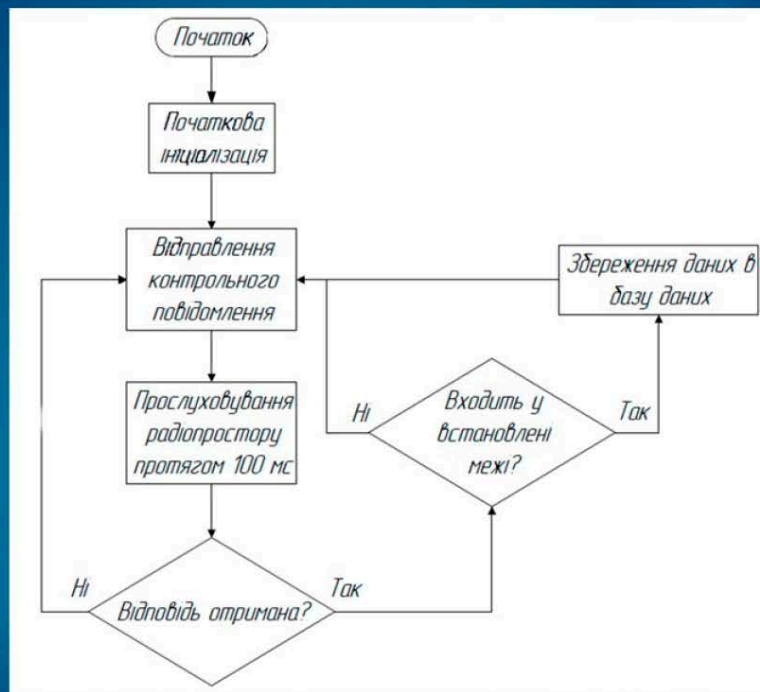
Блок-схема алгоритму роботи програми вимірювального блоку

#	Назва	Тип	Порівняння	Атрибути	Нуль	За замовчуванням	Додатково
<input type="checkbox"/> 1	id	int(11)			Ні	Немає	AUTO_INCREMENT
<input type="checkbox"/> 2	timestamp	timestamp			Ні	CURRENT_TIMESTAMP	
<input type="checkbox"/> 3	Current	float			Ні	Немає	
<input type="checkbox"/> 4	Voltage	int(11)			Ні	Немає	
<input type="checkbox"/> 5	Power	float			Ні	Немає	
<input type="checkbox"/> 6	Energy	float			Ні	Немає	
<input type="checkbox"/> 7	Money	float			Ні	Немає	

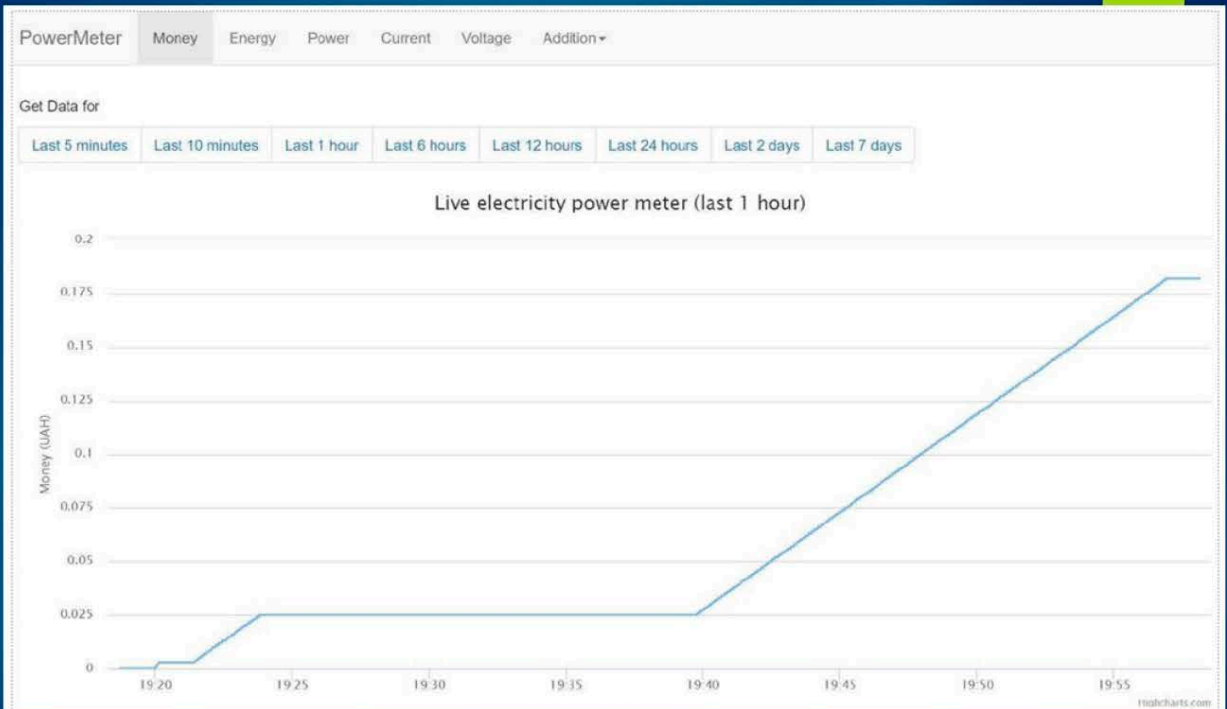
Структура таблиці для збереження вимірюваних пристроєм даних



Підключення радіомодуля NRF24L01 до міні-ПК Raspberry Pi 2



Блок-схема алгоритму роботи програми головного блоку



Зовнішній вигляд головної веб-сторінки для візуалізації даних

ВІДГУК

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

Ожоги Віталія Андрійовича

(прізвище, ім'я та по батькові)

Спеціальність: 123 "Комп'ютерна інженерія"

Освітня програма: «Обслуговування комп'ютерних систем і мереж»

Тема дипломного проекту: Розробка лічильника електроенергії з можливістю
віддаленого контролю

ХАРАКТЕРИСТИКА ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТУ

а) обсяг і якість виконання проекту (графічного матеріалу і розрахунково-пояснювальної записки) Дипломний проект виконано відповідно технічному завданню. Пояснювальна записка містить 73 сторінок. У пояснювальній записці виконано опис етапів розробки лічильника електроенергії з можливістю віддаленого контролю, а також його 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 Ожога В.А. 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 Ожога В.А. 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 Ожога В.А. мав змогу
самостійно приймати окремі рішення з реалізації принципової електричної
схеми пристрою та показав вміння організовано працювати над поставленим
завданням, складати креслення та розрахунки за допомогою сучасних
комп'ютерних програмних засобів та САПР, таких як fritzing, Diagram
Designer, P-CAD

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

Прізвище, ім'я, по батькові керівника дипломного проекту _____
Кривченко Юрій Вікторович _____

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

Підпис _____

« 12 » червня 2023 р.

РЕЦЕНЗІЯ

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

Ожоги Віталія Андрійовича

(прізвище, ім'я та по батькові)

Спеціальність 123 "Комп'ютерна інженерія"

Освітня програма «Обслуговування комп'ютерних систем і мереж»

Керівник дипломного проекту (роботи) Кривченко Юрій Вікторович

(прізвище, ім'я та по батькові)

Тема дипломного проекту (роботи) Розробка лічильника електроенергії з
можливістю віддаленого контролю

Обсяг розрахунково-пояснювальної записки 73 сторінок

Обсяг графічної (презентаційної) частини 17 аркушів (слайдів)

ХАРАКТЕРИСТИКА ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТУ (РОБОТИ)

а) заклучення про ступінь відповідності виконаного дипломного проекту (роботи) завданню Представлений на рецензію дипломний проект повністю відповідає меті проектування та технічному завданню. Тематика дипломного проекту є актуальною та присвячена розробки лічильника електроенергії з можливістю віддаленого контролю, а також його програмного забезпечення.

б) характеристика виконання кожного розділу дипломного проекту (роботи) Дипломний проект складається зі вступу, трьох розділів, висновків, переліку використаних джерел. У технологічному розділі виконано огляд і аналіз приладів для контролю спожитої електроенергії, методи визначення споживаної потужності, вибір елементної бази для реалізації схеми пристрою, розробка принципової електричної схеми лічильника електроенергії з можливістю віддаленого контролю, створення web-сторінки з візуалізацією даних.

в) оцінка якості виконання пояснювальної записки та графічної частини дипломного проекту (роботи) Графічна частина виконана на достатньо високому рівні у вигляді презентації із використанням офісного пакету Microsoft PowerPoint та Visio. Пояснювальна записка виконана акуратно та у відповідності до норм оформлення документів із використанням офісного пакету Microsoft Word. Загальна якість виконання документації – добра, академічного плагіату у роботі не виявлено

г) перелік позитивних якостей дипломного проекту (роботи) _____

Обрані методи визначення електричних величин дозволили реалізувати схему пристрою лічильника електроенергії у компактному виді, з надійною конструкцією і прийнятною погрішністю вимірювання. Даний прилад вбудовується безпосередньо в гніздо розетки електроживлення

д) основні недоліки дипломного проекту (роботи) _____

Серед недоліків роботи варто вказати, відсутність посилань на перелік використаних джерел та недостатньо розглянуто застосування мікроконтролеру.

Оцінка розрахункової частини _____ **відмінно**

Оцінка графічної частини _____ **відмінно**

Загальна оцінка _____ **відмінно**

Прізвище, ім'я, по батькові рецензента Стайкуца Сергій Володимирович

Місце роботи і посада рецензента _____

“Державний університет інтелектуальних технологій і зв’язку”,

доцент кафедри кібербезпеки та технічного захисту інформації,

помічник декана факультету інформаційних технологій та кібербезпеки

Підпис: _____

« 16 » серпень 2023 р.

ПІДПИС ПОСВІАЧУЮ
НАЧАЛЬНИК ВІДДІЛУ
КАДРІВ ДУІТЗ



**ДОЗВІЛ
НА РОЗМІЩЕННЯ
ВИПУСКНОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ
В ЕЛЕКТРОННОМУ РЕПОЗИТАРІЇ ВСП «ОТФК ОНТУ»**

Ми, що нижче підписалися,

Ожога Віталій Андрійович,
здобувач освіти гр. 4КС-56, та

Кривченко Юрій Вікторович,
керівник дипломного проекту,

не заперечуємо щодо розміщення електронного варіанту пояснювальної записки до випускної кваліфікаційної роботи молодшого спеціаліста на тему:

«Розробка лічильника електроенергії з можливістю віддаленого контролю» (автор роботи – Ожога В.А., керівник роботи – Кривченко Ю.В.)

виконаного у ВСП «Одеський технічний фаховий коледж Одеського національного технологічного університету» в 2023 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



/ Ожога В.А. /

Керівник



/ Кривченко Ю.В. /

« 12 » червня 2023 р.

Ім'я користувача:
Наталія Вікторівна Копусь

ID перевірки:
1015285457

Дата перевірки:
27.05.2023 14:53:28 EEST

Тип перевірки:
Doc vs Internet + Library

Дата звіту:
27.05.2023 15:12:16 EEST

ID користувача:
100011688

Назва документа: Ожога В.А._4КС-56

Кількість сторінок: 53 Кількість слів: 9574 Кількість символів: 71519 Розмір файлу: 1.97 MB ID файлу: 1014957987

8.12% Схожість

Найбільша схожість: 1.63% з Інтернет-джерелом (http://nmc pz.ho.ua/document/biblio/NPAOP_pajalnye%20raboty.pdf)

8.12% Джерела з Інтернету

454

Сторінка 55

Не знайдено джерел з Бібліотеки

0% Цитат

Вилучення цитат вимкнене

Вилучення списку бібліографічних посилань вимкнене

0% Вилучень

Немає вилучених джерел

Модифікації

Виявлено модифікації тексту. Детальна інформація доступна в онлайн-звіті.

Замінені символи

27