

ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»
ФАКУЛЬТЕТ КОМП'ЮТЕРНО-ІНТЕГРОВАНИХ ТЕХНОЛОГІЙ,
МЕХАТРОНІКИ І РОБОТОТЕХНІКИ
(повне найменування інституту, назва факультету)

Кафедра інформаційно-вимірювальних технологій
(повна назва кафедри)

Пояснювальна записка

до кваліфікаційної роботи бакалавра

на тему:

**Комп'ютеризована система для вимірювання параметрів та
контролю стану електричної мережі**

Виконав: студент 4 курсу, групи МТ-4
спеціальності

152 Метрологія та інформаційно-
вимірювальна техніка

(шифр і назва напрямку підготовки, спеціальності)

Козаченко Олександр Олександрович

(прізвище та ініціали)

Керівник д.т.н., проф.

Подчашинський Ю.О.

(прізвище та ініціали)

Рецензент

(прізвище та ініціали)

Житомир 2025

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»
Факультет комп'ютерно-інтегрованих технологій, мехатроніки і
робототехніки
Кафедра інформаційно-вимірювальних технологій
Спеціальність 152 «Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

інформаційно-вимірювальних технологій

д.т.н., професор Подчашинський Ю.О.

«4» квітня 2025 р.

ЗАВДАННЯ

на кваліфікаційну роботу бакалавра

Студент Козаченко Олександр Олександрович

1. Тема роботи: Комп'ютеризована система для вимірювання параметрів та контролю стану електричної мережі

Затверджена Наказом по університету від «4» квітня 2025 р. №131/с

2. Термін здачі закінченої роботи на кафедру «10» червня 2025 р.

3. Вихідні дані до роботи вивід на дисплей значень напруги в вольтах, звуковий сигнал про критичні значення напруги (велике значення, обрив, мале значення), горіння зеленого світлодіода при включенні системи

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які підлягають розробці) технічне завдання, аналіз існуючих систем для вимірювання та контролю стану електромережі, розробка структурної схеми, розробка принципової, розробка блок-схеми алгоритму та програми, надійність та точність системи, розробка друкованої плати, охорона праці

5. Перелік графічного матеріалу (з точним визначенням обов'язкових креслень)

Структурна схема, принципова схема, блок-схема алгоритму, друкована плата

6. Консультанти з кваліфікаційної роботи бакалавра із зазначенням розділів роботи, що їх стосуються

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
1-7	Подчашинський Ю.О.		

7. Дата видачі завдання: 4 квітня 2025 року

Календарний план

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналіз систем для вимірювання стану електричної мережі	5.04.2025-9.04.2025	
2	Опис технічного завдання	10.04.2025-11.04.2025	
3	Обґрунтування складових системи вимірювання стану електричної мережі	12.04.2025-15.04.2025	
4	Розробка структурної схем системи вимірювання стану електричної мережі	18.04.2025-25.04.2025	
5	Розробка та опис принципової схем системи	26.04.2025-5.05.2025	
6	Розробка блок-схеми алгоритму та програми	15.05.2025-18.05.2025	
7	Розрахунок надійності та точності системи	20.05.2025-30.05.2025	
8	Опис охорони праці при експлуатації електричної мережі	2.06.2025-3.06.2025	
9	Оформлення пояснювальної записки та презентації	4.06.2025-9.06.2025	

Студент

_____ (підпис)

Козаченко О.О.

Керівник роботи

_____ (підпис)

Подчашинський Ю.О.

АНОТАЦІЯ

Кваліфікаційна робота бакалавра на тему «Комп'ютеризована система для вимірювання параметрів та контролю стану електричної мережі» містить 61 сторінка, 21 рисуноків, 5 таблиць, 5 формул, 27 джерел.

У даній роботі проведено аналіз літературних джерел і обґрунтовано актуальність розробки комп'ютеризованої системи для вимірювання параметрів і контролю стану електричної мережі.

Розроблено структурну та принципову схеми системи контролю електромережі, здійснено вибір необхідних компонентів. На основі принципової схеми та обраних елементів створено друковану плату.

Оцінено надійність і точність функціонування системи. Сформовано алгоритм її роботи, на основі якого написано програмне забезпечення.

ANNOTATION

Bachelor's qualification work on the topic "Computerized system for measuring parameters and monitoring the state of the electrical network" contains 61 pages, 21 figures, 5 tables, 5 formulas, 27 sources.

This work analyzes literary sources and justifies the relevance of developing a computerized system for measuring parameters and monitoring the state of the electrical network.

A structural and schematic diagram of the electrical network control system has been developed, the necessary components have been selected. Based on the schematic diagram and selected elements, a printed circuit board has been created.

The reliability and accuracy of the system's operation have been assessed. An algorithm for its operation has been formed, on the basis of which the software has been written.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
1. ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ.....	8
1.1. Призначення та область застосування.....	7
1.2. Умови експлуатації	7
1.3. Технічні параметри системи.....	8
1.4.Вимоги до конструктивного оформлення.....	9
2. ОГЛЯД ТА АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ СИСТЕМ	11
2.1.Види систем для вимірювання параметрів стану електричної мережі...	11
2.2. Огляд та аналіз існуючих технічних рішень.....	12
3. РОЗРОБКА СТРУКТУРНОЇ СХЕМИ.....	18
3.1. Обґрунтування мікроконтролеру.....	18
3.2. Обґрунтування датчика напруги.....	19
3.3. Обґрунтування дисплея.....	20
3.4. Обґрунтування кнопки.....	21
3.5.Обґрунтування світлової та звукової індикації.....	23
3.6.Обґрунтування джерела живлення.....	24
3.7. Структурна схема.....	24
4. РОЗРОБКА ПРИНЦИПОВОЇ СХЕМИ.....	26
4.1. Вибір мікроконтролеру.....	26
4.2.Вибір датчика напруги	27
4.3. Вибір дисплея.....	31
4.4. Вибір кнопки.....	32
4.5.Вибір датчика світлової та звукової індикації	34
4.6. Вибір джерела живлення.....	34
4.7. Побудова електрично принципової схеми.....	36
4.8. Розрахунок похибок визначення напруги.....	38
5. РОЗРОБКА ПРОГРАМИ ТА АЛГОРИТМУ.....	40
5.1. Розробка алгоритму	40
5.2. Розробка програми.....	42
6. РОЗРАХУНОК НАДІЙНОСТІ ТА ТОЧНОСТІ.....	45
6.1. Розрахунок надійності системи.....	45
6.2. Розробка друкованої плати.....	49
7.ОХОРОНА ПРАЦІ.....	53
7.1.Охорона праці.....	53
7.2.Охорона праці під час експлуатації електроустановок та електрообладнання.....	54
7.3.Охорона праці при роботі з системою для стану електричної мережі	56
ВИСНОВКИ.....	58
ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	59
ДОДАТКИ.....	62

					МММТ 480.005.006- ПЗ				
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Комп'ютеризована система для вимірювання параметрів та контролю стану електричної мережі	Літ.	Арк.	Аркшів	
Розробив		Козаченко О.О.					5	61	
Перевірів		Подчашинський Ю.О.				ДУ «Житомирська політехніка», МТ-4			
Рецензент									
Н. контр.									
Затверд.		Подчашинський Ю.О.							
Пояснювальна записка									

ВСТУП

Сучасне суспільство значною мірою залежить від надійного та безперебійного електропостачання, що обумовлює зростаючу потребу в ефективному контролі стану електричних мереж. Традиційні методи моніторингу не завжди забезпечують достатній рівень точності, оперативності та автоматизації процесів, що може призводити до затримок у виявленні несправностей, перевантажень або аварійних ситуацій.

У зв'язку з цим зростає значення впровадження комп'ютеризованих систем, які дозволяють автоматизовано вимірювати електричні параметри, оперативно виявляти відхилення від норми та приймати рішення для забезпечення стабільної роботи мережі. Такі системи сприяють підвищенню надійності електропостачання, зменшенню втрат енергії та забезпечують більш ефективне управління енергетичними ресурсами.

Таким чином, розробка комп'ютеризованої системи для вимірювання параметрів та контролю стану електричної мережі є актуальною задачею, що відповідає сучасним вимогам енергетичної безпеки, автоматизації та цифровізації енергетичних процесів.

Метою роботи є створення комп'ютеризованої системи для вимірювання параметрів та контролю стану електричної мережі

Завдання даної дипломної роботи є:

1. Формулювання технічного завдання на розробку системи контролю;
2. Аналіз існуючих аналогічних комп'ютеризованих систем для моніторингу стану електричних мереж;
3. Обґрунтування вибору складових компонентів майбутньої системи;
4. Розробка структурної та принципової схем комп'ютеризованої системи;
5. Побудова алгоритму роботи системи та написання відповідного програмного забезпечення;
6. Проєктування друкованої плати на основі принципової схеми;
7. Виконання розрахунків надійності та точності функціонування системи.

					МММТ 480.005.006 - ПЗ	Арк.
						6
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1. ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

1.1. Призначення та область застосування

Комп'ютеризована система для вимірювання параметрів та контролю стану електричної мережі призначена для автоматизованого збору, обробки та аналізу електротехнічних параметрів (напруги, струму, частоти тощо) з метою оперативного моніторингу, виявлення аварійних ситуацій, попередження перевантажень і забезпечення стабільної та безпечної роботи електричних мереж.

Система дозволяє підвищити ефективність технічного обслуговування, скоротити час реагування на несправності та оптимізувати енергоспоживання завдяки точному контролю параметрів у реальному часі.

Система контролю стану електричної мережі має широку сферу застосування, яка охоплює різні сфери:

1. Житлові будинки та багатоквартирні комплекси — для моніторингу навантаження, виявлення перевантажень, коротких замикань і покращення енергоефективності;

2. Промислові підприємства – для постійного контролю якості електроенергії, забезпечення безперебійної роботи обладнання та запобігання аваріям;

3. Офісні та комерційні будівлі – для оптимізації енергоспоживання, моніторингу енергетичних витрат і підтримки стабільної роботи електросистем;

4. Інфраструктурні об'єкти (лікарні, школи, транспортні вузли) – для забезпечення високої надійності та безперервності електропостачання;

5. Системи «розумного дому» та автоматизації будівель – для інтеграції з іншими елементами управління, збору даних і автоматичної реакції на зміни стану мережі;

6. Енергетичні компанії та оператори мереж – для диспетчерського контролю, віддаленого моніторингу та аналізу стану розподільчих мереж.

					МММТ 480.005.006 - ПЗ	Арк.
						7
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Початок розробки – 5 квітня 2025 р.

Кінець розробки – 10 червня 2025 р.

1.2. Умови експлуатації

Умови експлуатації комп'ютеризованої системи для вимірювання параметрів та контролю стану електричної мережі

1. Температурний режим: Система призначена для роботи в умовах помірного клімату за температури навколишнього середовища від +5°C до +40°C.

2. Вологість: Відносна вологість повітря не повинна перевищувати 80% при температурі +25°C, без конденсації вологи.

3. Електроживлення: Живлення системи здійснюється від акумулятора на 5 В.

4. Захист від впливів середовища: Система повинна експлуатуватись у приміщеннях, захищених від пилу, вологи, агресивних хімічних речовин, прямих сонячних променів та механічних пошкоджень.

5. Вимоги до монтажу: Установлення системи має здійснюватися на рівній, стійкій поверхні або у відповідному електрощитку/корпусі з урахуванням вимог безпеки.

6. Обслуговування: Періодична перевірка контактних з'єднань, очищення від пилу, оновлення програмного забезпечення (за потреби) та контроль правильності показників.

7. Безпека: Експлуатацію повинні здійснювати особи, що мають відповідну кваліфікацію та допускаються до роботи з електроустановками.

1.3. Технічні параметри системи

Система повинна забезпечити рішення наступних завдань:

– Вимірювання напруги в електричній мережі;

					МММТ 480.005.006 - ПЗ	Арк.
						8
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- Виведення інформації на дисплей;
- Індикація нормальної роботи системи;
- Звукове сповіщення про відхилення;
- Живлення системи від автономного джерела;
- Управління через кнопку;
- Забезпечення стабільної та безперервної роботи.

Режими роботи системи: автоматичний.

Технічні характеристики системи та її складових частин:

- Напрацювання на відмову складає не менше 13500;
- Точність вимірювання до 250 В складає 1,7 В, абсолютна похибка 1%;
- Дисплей підключається до мікроконтролеру через інтерфейс I2C.

Система має бути побудована на основі уніфікованих компонентів, таких як мікроконтролер, датчик напруги, LCD-дисплей, світлодіод, динамік, кнопка та акумулятор. Застосування стандартизованих елементів забезпечує простоту обслуговування, можливість оперативної заміни окремих вузлів, а також уникає необхідності вносити зміни до принципової електричної схеми під час ремонту чи модернізації системи.

1.4.Вимоги до конструктивного оформлення

Конструктивно система контролю параметрів електричної мережі повинна бути реалізована таким чином, щоб забезпечити зручність монтажу, доступність для обслуговування та надійність роботи. Датчик напруги має розміщуватись у місці підключення до електричної мережі, де можливе безпечне та точне вимірювання параметрів. А також роз'єми для підключення щупів, що будуть під'єднуватися до мережі.

Усі інші компоненти системи – мікроконтролер, дисплей, кнопка, світлодіод, динамік та акумулятор – повинні бути змонтовані на друкованій платі та розміщені в пластиковому корпусі.

					МММТ 480.005.006 - ПЗ	Арк.
						9
Зм.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

Система виводу інформації (дисплей, світлова та звукова індикація) повинна бути встановлена в зручному для користувача місці, наприклад, на стіні або панелі керування, щоб забезпечити візуальний та звуковий доступ до сигналів у реальному часі.

Корпус системи має бути виконаний з міцного термостійкого пластику, із необхідними отворами для вентиляції, кнопки, індикації та підключення живлення. За потреби допускається виконання конструктивних доробок для кращої інтеграції в інтер'єр або монтажного середовища.

Габаритні розміри системи:

Загальні розміри корпусу – 90×198×46 мм.

Розмір друкованої плати – 77×178 мм.

					МММТ 480.005.006 - ПЗ	Арк.
						10
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2. ОГЛЯД ТА АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ СИСТЕМ

2.1. Види систем для вимірювання параметрів стану електричної мережі

Точне виявлення прихованої проводки у стінах має ключове значення для безпеки, ефективного планування та обслуговування електричних мереж. Це дозволяє уникнути випадкового пошкодження кабелів під час будівельних або ремонтних робіт, що може спричинити коротке замикання, ураження струмом або пожежу.

Крім того, знання точного розміщення кабелів дозволяє правильно планувати розташування розеток, вимикачів і приладів, а також суттєво спрощує діагностику несправностей та ремонт.

Методи визначення прихованої проводки:

- Металошукачі – реагують на наявність металу в стінах, зокрема мідних або алюмінієвих проводів.
- Тепловізори – виявляють температурні відмінності, що виникають через проходження струму в кабелях.
- Електронні контактні та безконтактні детектори – фіксують наявність змінного струму в кабелях під напругою, не пошкоджуючи стіну.
- Смартфон-додатки з радіохвильовими сенсорами – допомагають орієнтовно визначити розташування проводки, проте мають меншу точність.[1]

Враховуючи, що в нашій системі використовується датчик напруги, найдоцільніше застосовувати електронний контактний детектор напруги. Такий сенсор дозволяє фіксувати наявність змінного струму у проводці, ідеально підходить для системи, орієнтованої на моніторинг стану мережі. Він забезпечує безпечне, точне та оперативне виявлення активної проводки без фізичного втручання у конструкцію стін.

					МММТ 480.005.006 - ПЗ	Арк.
						11
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.2.Огляд та аналіз існуючих технічних рішень

Розглянемо три популярні моделі детекторів прихованої проводки, які доступні для придбання в Україні. Кожен з них має свої особливості, технічні характеристики та призначений для виявлення електропроводки, металевих конструкцій та інших матеріалів у стінах.

Універсальний детектор від Bosch, призначений для точного виявлення магнітних і немагнітних металів, електропроводки під напругою, а також дерев'яних конструкцій

Детектор Bosch Detector GMS 120 Professional представлений на рис.2.1



Рис 2.1. Детектор Bosch Detector GMS 120 Professional

Технічні характеристики:

- Максимальна глибина виявлення:
- Електропроводка під напругою: до 50 мм;
- Мідь: до 120 мм;
- Сталь: до 100 мм;
- Деревина: до 30 мм;
- Індикація: Світлова та звукова;
- Живлення: 2 батареї 1,5 В LR6 (AA);

					МММТ 480.005.006 - ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

- Вага: 0,29 кг;
- Захист: IP54 (захист від пилу та брызок);
- Ціна: Приблизно 4 536 грн [2]

Детектор Digital BOSCH Universal представлений на рис.2.2. Цифровий детектор від Bosch, який дозволяє легко визначити місце знаходження проводки, арматури та інших об'єктів всередині стіни, підлоги або стелі.



Рис. 2.2. Детектор Digital BOSCH Universal

Технічні характеристики:

- Максимальна глибина виявлення:
- Електропроводка під напругою: до 50 мм;
- Мідь: до 60 мм;
- Сталь: до 70 мм;
- Індикація: Світлова та звукова;
- Живлення: 3 батареї 1,5 В LR03 (AAA) ;
- Вага: 0,15 кг;
- Ціна: ~2 629 грн.[3]

Бюджетний детектор від Stanley, який дозволяє виявляти металеві об'єкти та електропроводку в стінах.

					МММТ 480.005.006 - ПЗ	Арк.
						13
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Детектор будівельний Stanley STHT0-77406 представлений на рис.2.3.



Рис. 2.3. Детектор будівельний Stanley

Технічні характеристики:

- Максимальна глибина виявлення:
- Метал: до 76 мм;
- Електропроводка під напругою: до 50 мм;
- Індикація: світлова та звукова;
- Живлення: 1 батарея 9 В;
- Вага: 0,2 кг;
- Ціна: Приблизно 1 200 грн.

Особливості:

- Калібрування за допомогою однієї кнопки робить її дуже швидкою і простою операцією;
- Виявлення дерев'яних деталей на глибині до 19 мм;
- Виявлення металевих деталей на глибині до 19 мм;
- Виявлення проводів з змінним струмом на глибині до 51 мм;
- Визначення центру деталей із застосуванням технології виявлення за один прохід;

					МММТ 480.005.006 - ПЗ	Арк.
						14
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

– Попереджувальні звукові сигнали + світлодіодна індикація при виявленні проводів з змінним струмом;

– Ергономічний корпус з двох матеріалів для зручності в роботі і надійного контролю пристрою. [4]

Професійний детектор від Makita, який забезпечує точне визначення металів, деревини та електропроводки під напругою. Детектор Makita DWD181ZJ представлений на рис.2.4.



Рис.2.4. Детектор Makita DWD181ZJ

Технічні характеристики:

- Максимальна глибина виявлення:
- Метал: до 180 мм;
- Деревина: до 38 мм;
- Електропроводка під напругою: до 50 мм;
- Індикація: Кольоровий дисплей та звукова;
- Живлення: Акумулятор 12 В (не входить в комплект);
- Вага: 0,4 кг;
- Ціна: Приблизно 6 000 грн. [5]

					МММТ 480.005.006 - ПЗ	Арк.
						15
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Зведемо всі розглянуті детектора по основним показникам в порівняльну таблицю детекторів прихованої проводки, , що доступні на ринку України табл.2.1.

Таблиця 2.1. Порівняльна таблиця детекторів виявлення електромережі

Характеристика	Bosch GMS 120	Stanley S200	Makita DWD181ZJ	Bosch UniversalDetect
Глибина виявлення електропроводки	до 50 мм	до 50 мм	до 50 мм	до 50 мм
Глибина виявлення металу	до 120 мм (мідь), до 100 мм (сталь)	до 76 мм	до 180 мм	до 100 мм
Глибина виявлення деревини	до 30 мм	—	до 38 мм	до 25 мм
Індикація	Світлова, звукова	Світлова, звукова	Дисплей, звукова	Сенсорний дисплей, світлова, звукова
Живлення	2хАА	1х9 В	Акумулятор 12 В	4хААА
Вага	0,27 кг	0,2 кг	0,4 кг	0,34 кг
Орієнтовна ціна	~4 500 грн	~1 200 грн	~6 000 грн	~3 400 грн

Існуючі на ринку пристрої для виявлення прихованої проводки, такі як Bosch GMS 120, Stanley S200, Makita DWD181ZJ та Bosch UniversalDetect, мають низку переваг – це зручність у використанні, автоматичне калібрування, наявність світлової або звукової індикації, а в деяких моделей – дисплей для візуального контролю. Вони ефективні у виявленні металевих об'єктів і електропроводки під напругою, можуть бути застосовані як у побуті, так і в професійному середовищі.

Однак, незважаючи на ці сильні сторони, у більшості з них відсутня можливість вимірювання параметрів електричної мережі в реальному часі (напруга, навантаження, частота), автоматичного аналізу стану системи, а також інтеграції з сучасними розумними технологіями.

Крім того, деякі з них мають високу вартість або обмежений функціонал. Це створює передумови для розробки власної комп'ютеризованої системи, яка дозволить не лише виявляти приховану проводку, а й

					МММТ 480.005.006 - ПЗ	Арк.
						16
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

контролювати стан електромережі з можливістю збереження та візуалізації даних, звукового сповіщення та високої точності вимірювань.

Створення власної комп'ютеризованої системи на основі мікроконтролера дозволить:

- Врахувати особливі потреби користувача;
- Використовувати доступні та недорогі компоненти;
- Реалізувати індикацію, логіку та звукове сповіщення;
- Отримати систему моніторингу та оповіщення в одному пристрої;
- Знизити витрати та підвищити надійність завдяки простоті обслуговування.

					МММТ 480.005.006 - ПЗ	Арк.
						17
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3. РОЗРОБКА СТРУКТУРНОЇ СХЕМ

3.1. Обґрунтування мікроконтролера

Для комп'ютеризованої системи для вимірювання параметрів та контролю стану електричної мережі, пропонується використати недорогий, компактний мікроконтролер сімейства AVR. Доцільно звернути увагу на мікроконтролери серії Atmega. Нижче в табл.3.1 представлені про найпопулярніші моделі [6].

Таблиця 3.1. Найпопулярніші моделі мікроконтролерів серії Atmega

Модель	Flash (КБ)	RAM (КБ)	GPIO	UART/I2C/SPI	Частота	Корпус	Примітки
ATmega8	8	1	23	Є	16 МГц	DIP-28	Дуже бюджетний, обмежений функціонал
ATmega328P	32	2	23	Є	16 МГц	DIP-28 / SMD	Найпопулярніший (Arduino Uno), оптимальний баланс
ATmega32	32	2	32	Є	16 МГц	DIP-40	Більше портів, але більший за розміром
ATmega88	8	1	23	Є	20 МГц	DIP/SMD	Компактний, новіший аналог ATmega8
ATtiny85	8	0.5	6	Є (обмежено)	20 МГц	DIP-8	Дуже маленький, але мало пінів і пам'яті

Пропонується обрати ATmega328, тому що:

1. Має достатню кількість портів введення/виведення (23 GPIO), чого вистачить для підключення датчика напруги, дисплея, кнопок, динаміка і LED.
2. 32 КБ Flash-пам'яті — досить для збереження прошивки з алгоритмами логіки, дисплеєм і обробкою даних.
3. Підтримка UART, SPI, I2C — зручно для підключення датчиків та дисплеїв.
4. Працює на частоті до 16 МГц, чого вистачить для системи моніторингу в реальному часі.

					МММТ 480.005.006 - ПЗ	Арк.
						18
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5. Доступний у зручному корпусі DIP-28 або компактному SMD.

6. Сумісний з Arduino (UNO) та можна програмувати в Arduino.IDE, тому зручний для розробки та тестування [7].

ATmega328P забезпечує баланс між розміром, потужністю, портами і ціною. Для універсальності, розширюваності та легкості розробки найкращим вибором для розроблюваної системи буде ATmega328P.

3.2. Обґрунтування датчика напруги

Існує кілька основних типів датчиків, які використовуються для вимірювання напруги:

– Резистивний дільник напруги – це найпростіший спосіб зниження напруги для її подальшого вимірювання. Він складається з двох послідовно з'єднаних резисторів, між якими знімається частина напруги. Проте при роботі з високими напругами, як-от 220В, цей метод вимагає ретельної ізоляції та може бути небезпечним без додаткових захистів.

– Аналогові датчики напруги – це пристрої, які формують аналоговий вихід, пропорційний вхідній напрузі. Вони забезпечують точне й стабільне вимірювання в заданому діапазоні. Прикладами є схеми на операційних підсилювачах або спеціалізовані інтегральні модулі.

– Цифрові датчики напруги – мають вбудовану систему аналого-цифрового перетворення (АЦП) та передають дані в цифровому вигляді. Такі сенсори зручно підключати до мікроконтролера, однак вони часто працюють у вузькому діапазоні напруг і не завжди підходять для роботи з 220В без попередньої трансформації сигналу [8].

Пропонується обрати найбільш розповсюджений на ринку датчик напруги ZMPT101B.

ZMPT101B – це спеціалізований аналоговий датчик для безпечного та точного вимірювання змінної напруги до 250В, призначений саме для побутових електромереж.

					МММТ 480.005.006 - ПЗ	Арк.
						19
Зм.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

Основні причини вибору:

1. Призначений для 220–250 В змінного струму, що ідеально відповідає нашому завданню.
2. Ізольоване вимірювання – завдяки використанню трансформатора ZMPT101B забезпечує гальванічну розв'язку, що підвищує безпеку.
3. Аналоговий вихід, який легко обробити через вбудований АЦП мікроконтролера (наприклад, ATmega328P).
4. Живиться від 5В, тобто повністю сумісний із живленням нашої плати.
5. Простий у налаштуванні та калібруванні, має потенціометр для регулювання чутливості [9].

Таким чином, ZMPT101B – це оптимальне рішення для нашої системи, яка повинна точно вимірювати змінну напругу 220В, працювати з 5В живленням та легко інтегруватися з мікроконтролером.

Для вимірювання напруги за допомогою датчика необхідно під'єднати щупи (вхідні дроти) датчика до контрольованої електричної мережі. Один щуп під'єднується до фази, інший – до нуля або іншої точки вимірювання. Важливо дотримуватись полярності та техніки безпеки, оскільки мова йде про високовольтну мережу 220 В.

3.3. Обґрунтування дисплея

Для виводу вимірянних значень параметрів та контролю стану електричної мережі потрібно застосувати дисплей. На ньому буде відображатися значення напруги в вольтах та відповідні повідомлення про високу напругу, низьку напругу чи обрив лінії електромережі.

Дисплей – це пристрій, що служить для виведення інформації у вигляді тексту, графіки чи відео, дозволяючи користувачу взаємодіяти з системою через візуальний інтерфейс. Види дисплеїв відрізняються за принципом роботи, якістю зображення та застосуванням.

					МММТ 480.005.006 - ПЗ	Арк.
						20
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Серед основних типів дисплеїв:

- LCD (рідкокристалічні дисплеї) – найпоширеніші у побутовій та промисловій електроніці. Вони складаються з рідких кристалів, які змінюють прозорість під дією електричного сигналу. LCD характеризуються невеликим енергоспоживанням і хорошою читабельністю.

- OLED – дисплеї з органічних світлодіодів, які мають високу яскравість, контраст і широкі кути огляду. Частіше використовуються в сучасних смартфонах і телевізорах.

- Плазмові дисплеї (PDP) – створюють зображення за допомогою газового розряду. Вони забезпечують добру передачу кольору, але менш поширені через високе енергоспоживання.

- Проекційні дисплеї – відображають інформацію через проекцію зображення на екран за допомогою технологій DLP, LCD або лазерної проекції [10].

У нашій системі доцільно використовувати LCD-дисплей, оскільки він підтримує інтерфейс I2C, що дозволяє значно зменшити кількість необхідних проводів для з'єднання з мікроконтролером. Крім того, такий дисплей має достатню кількість символів для відображення повідомлень, сумісний із обраним мікроконтролером, а також працює при напрузі живлення 5 В, що відповідає живленню всієї плати. Це робить LCD оптимальним вибором для реалізації простої, зручної та ефективної візуалізації інформації в системі контролю електричної мережі.

3.4. Обґрунтування кнопки

За допомогою кнопки відбувається перемикання включення та виключення системи.

Тактова кнопка – це електромеханічний елемент, що дозволяє короткочасно замикати електричний контакт у відповідь на натискання.

					МММТ 480.005.006 - ПЗ	Арк.
						21
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Принцип її роботи полягає у тому, що при натисканні відбувається миттєве з'єднання контактів, утворюючи короткий електричний імпульс. Цей імпульс фіксується мікроконтролером як вхідний сигнал, на який система реагує відповідно до запрограмованого алгоритму.

Тактова кнопка використовується переважно для того, щоб користувач міг ініціювати певні дії в системі, змінювати параметри або взаємодіяти з інтерфейсом. Основні сфери застосування включають:

- Керування функціями системи – наприклад, вмикання або вимикання, перемикавання режимів роботи, регулювання значень.
- Введення даних – користувач може вводити параметри або змінювати налаштування через комбінації натискань.
- Навігація в меню – кнопки можуть виконувати роль елементів управління меню: переміщення між пунктами, підтвердження вибору тощо.
- Ініціювання процесів – запуск окремих дій, наприклад, збереження значень або початок вимірювання.

Будова простої тактової кнопки представлена на рис.3.1.

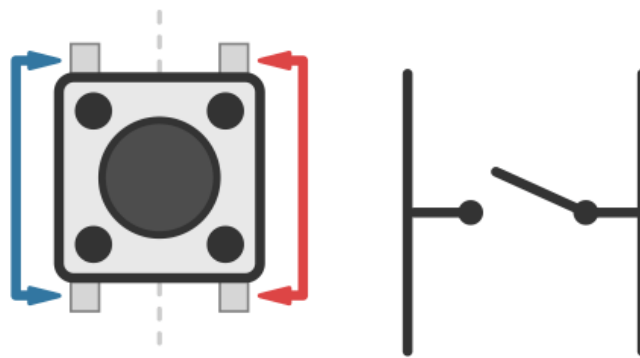


Рис.3.1. Будова тактової кнопки

Для розроблюваної комп'ютеризованої системи контролю стану електричної мережі доцільно використовувати саме тактову кнопку, оскільки вона є компактною, простою в підключенні та забезпечує надійне введення імпульсного сигналу. Вона дозволяє реалізувати простий користувацький інтерфейс для запуску, скидання або зміни режимів системи, не перевантажуючи апаратну частину складними елементами керування. [11]

					МММТ 480.005.006 - ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

3.5.Обґрунтування світлової та звукової індикації

Для реалізації звукового сповіщення в системі доцільно використовувати зумер.

Зумер є електронним пристроєм, що виконує функцію генератора звукових сигналів у відповідь на електричний імпульс. Після подачі напруги зумер створює гучний тональний або сигнал тривоги, що добре підходить для оповіщення про несправності або критичні події [12]. Зумер легко інтегрується з мікроконтролерами сімейства Atmega: достатньо запрограмувати подачу сигналу на відповідний вихід при виникненні події, що потребує сповіщення. У нашій системі планується використання простого активного зумера, сумісного з мікроконтролером Atmega328, що не потребує складного керування.

Для візуальної індикації стану системи пропонується застосування світлодіода.

Світлодіод (LED) – це напівпровідниковий елемент, здатний випромінювати світло при прямій полярності. Він складається з шарів напівпровідників Р- і N-типу, які при взаємодії випромінюють фотони. Серед основних типів світлодіодів виділяють:

- DIP (вивідні);
- SMD (поверхневого монтажу);
- COB (чіп на платі);
- Filament (ниткоподібні світлодіоди) [10].

Для розробки даної системи обрано класичний DIP-світлодіод червоного кольору, оскільки він простий у монтажі, має добру видимість та не потребує спеціального керування. Його буде використовувано як індикатор нормальної або аварійної роботи системи.

					МММТ 480.005.006 - ПЗ	Арк.
						23
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3.6. Обґрунтування джерела живлення

Система повинна функціонувати від акумулятора, що забезпечує автономну роботу у випадку зникнення основного живлення.

Критерії вибору акумулятора для розроблювальної системи наступні:

1. Напруга живлення системи: Усі компоненти (мікроконтролер Atmega328, датчик напруги ZMPT101B, дисплей I2C, зумер, кнопка, світлодіод) живляться від 5 В. Отже, джерело живлення повинне мати стабілізовану напругу 5 В або бути сумісним із стабілізатором (наприклад, через MT3608 чи інший лінійний/імпульсний регулятор).

2. Споживання струму: Орієнтовне середнє споживання всієї системи – 50–150 мА, в залежності від режиму роботи (з підсвіткою дисплея, звуком, активністю мікроконтролера).

3. Час автономної роботи: Бажано забезпечити не менше 4–6 годин автономної роботи у випадку аварії мережі.

4. Розмір і габарити: Система має бути компактною, тому акумулятор повинен бути малим за розміром, але мати достатню ємність.

Пропоноване рішення використати Li-ion акумулятор 18650, тому що:

- Номінальна напруга: 3.7 В (можна підняти до 5 В через підвищувач напруги, наприклад, на базі MT3608).
- Ємність: від 2000 до 3500 мА·год (залежно від моделі).
- Розміри: стандартні (18 мм × 65 мм).
- Можливість перезарядки спеціальними пристроями або заміна акумулятора на новий.

3.7. Структурна схема

Враховуючі обрані компоненти, побудуємо структурну схему системи для вимірювання параметрів та контролю стану електричної мережі (рис.3.2).

					МММТ 480.005.006 - ПЗ	Арк.
						24
Зм.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		



Рис. 3.2. Структурна схема системи

Блоками структурної схеми було обрано:

- Мікроконтролер;
- Дисплей;
- Джерело живлення;
- Підвищувач напруги
- Зумер;
- Датчик напруги;
- Світлодіод;
- Кнопка.

4. РОЗРОБКА ПРИНЦИПОВОЇ СХЕМИ

4.1. Вибір мікроконтролера

АТmega328 – це один із найпопулярніших мікроконтролерів із сімейства AVR, розробленого компанією Microchip Technology (раніше Atmel). Цей мікроконтролер широко застосовується в різних електронних проектах завдяки своїй універсальності та простоті використання. Зовнішній вигляд плати на рисунку 4.1.

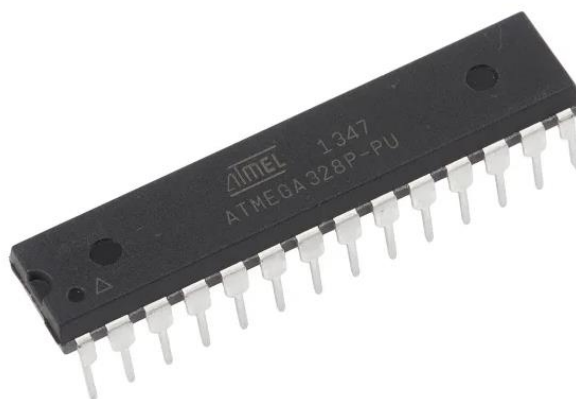


Рис. 4.1. АТmega328Р

Призначення виводів АТmega328Р представлена на рис.4.2.

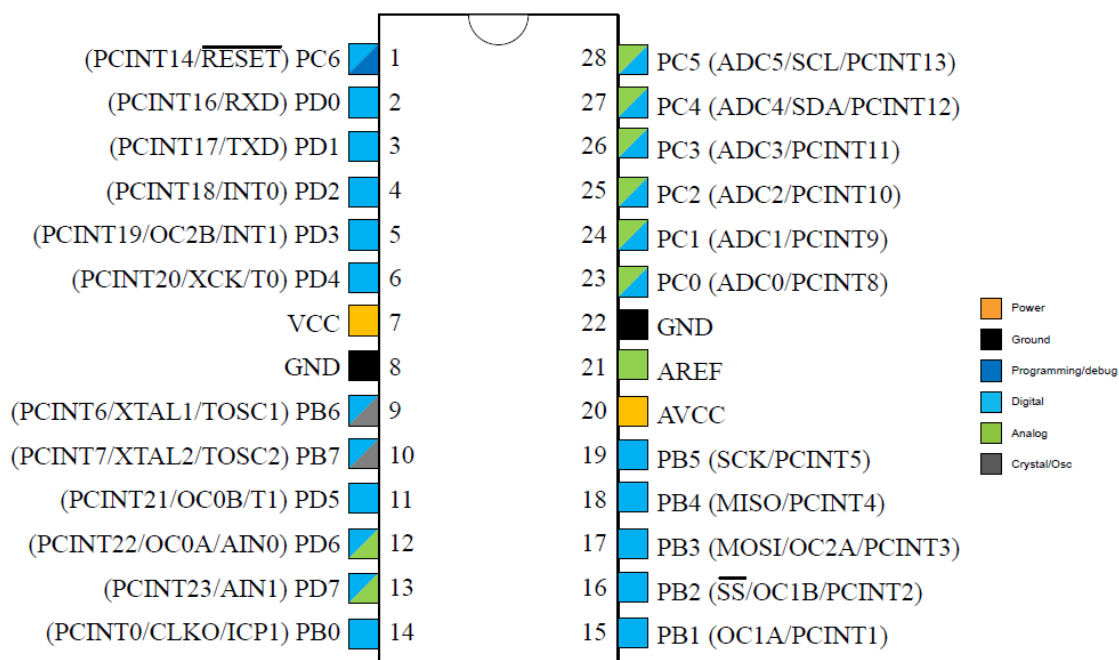


Рис.4.2. Розташування АТmega328Р

Ось деякі основні характеристики ATmega328:

1. Архітектура: Працює на 8-бітному ядрі AVR з RISC-архітектурою. Містить три основні типи пам'яті: флеш-пам'ять для збереження програм, енергонезалежну EEPROM для зберігання постійних даних, а також оперативну SRAM для змінних під час виконання.

2. Тактова частота: Максимальна швидкодія мікроконтролера досягає 20 МГц.

3. Об'єм пам'яті: Включає 32 КБ флеш-пам'яті, 2 КБ оперативної пам'яті (SRAM) і 1 КБ EEPROM.

4. Порти введення/виведення: Має широкий набір цифрових та аналогових входів/виходів, а також інтегровані периферійні модулі — таймери, ШІМ, UART, SPI та I²C, які забезпечують легку інтеграцію з іншими пристроями.

5. Живлення: Працює в діапазоні напруги від 1.8 В до 5.5 В, що робить його сумісним з різними джерелами живлення.

6. Програмування: Підтримує програмування через USBasp, Arduino ISP та інші програматори. Може зручно використовуватись із середовищем Arduino IDE, що значно спрощує розробку коду, особливо для початківців.

Завдяки поєднанню доступності, функціональності та підтримки з боку спільноти, ATmega328 є оптимальним вибором для багатьох вбудованих систем. [13]

4.2.Вибір датчика напруги

Для визначення напругив стіні використовуємо датчик напруги ZMPT101В рис.4.3 та розташування виводів представлена на рис.4.4.

Датчик напруги ZMPT101В – це модуль для вимірювання змінної напруги (АС), який дозволяє точно і безпечно контролювати напругу в електромережі, наприклад 220 В. Він спеціально розроблений для роботи з мікроконтролерами, такими як ATmega328.

					МММТ 480.005.006 - ПЗ	Арк.
						27
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

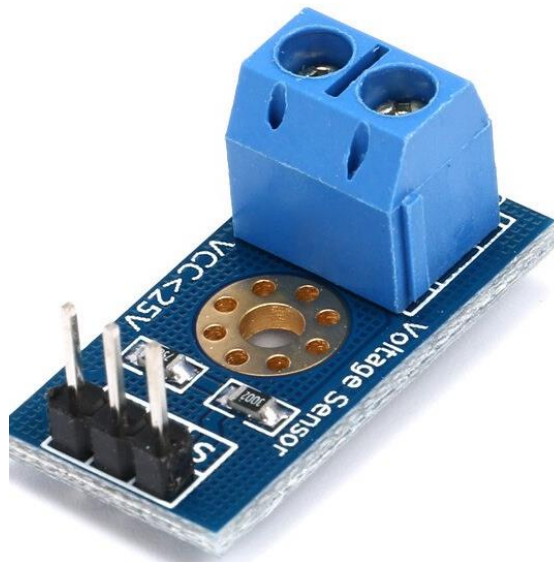
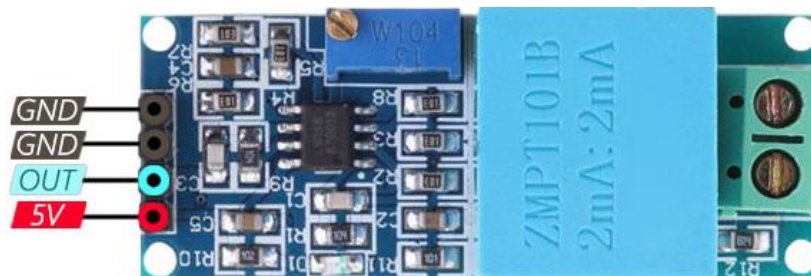


Рис.4.3. Датчик напруги ZMPT101B



4.4.Разпіновка датчика напруги ZMPT101B

Датчик ZMPT101B дозволяє точно вимірювати змінну напругу в побутовій мережі 220 В та безпечно передавати отримані значення на вхід мікроконтролера з вбудованим АЦП, наприклад АТmega328. Основою модуля є малопотужний трансформатор, який забезпечує гальванічну розв'язку, що робить вимірювання безпечними для користувача та електроніки. Вихідний сигнал модуля точно повторює форму вхідної напруги, дозволяючи отримати точні аналогові значення.

Для коригування точності вимірювання передбачено підстроювальний резистор, який дозволяє вручну відкалібрувати сенсор відповідно до фактичної напруги. З огляду на свою доступну ціну, простоту підключення, сумісність з мікроконтролерами та відсутність повноцінних аналогів у тому ж ціновому діапазоні, ZMPT101B є оптимальним вибором для систем моніторингу змінної напруги.

					МММТ 480.005.006 - ПЗ	Арк.
						28
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Основні характеристики ZMPT101B:

- Тип вимірювання: Змінна напруга (АС);
- Діапазон вимірювання: до 250 В АС;
- Тип виходу: Аналоговий сигнал, який пропорційний вхідній напрузі;
- Живлення модуля: 5 В (сумісне з Arduino та іншими 5-вольтовими контролерами);
- Вихідний інтерфейс: Штифт аналогового виходу (AOUT);
- Регулювання чутливості: Вбудований змінний резистор (підстроювальний), який дозволяє калібрувати чутливість;
- Індикація живлення: світлодіод;
- Точність вимірювання до 250 В складає 1В;
- Робоча температура: -40 .. +70°C;
- Розміри платів: 49,5 x 19,4 мм.[14]

4.3.Вибір дисплея

Пропнується для системи для вимірювання параметрів та контролю стану електричної мережі для виводу значень та повідомлень використати дисплей LED 1602 рис.4.5.

Дисплей 1602 LED (або 16x2 дисплей) – це текстовий модуль, що складається з двох рядків, кожен з яких може відображати до 16 символів. Кожен символ формується сіткою з 5x8 світлодіодних точок, що дозволяє виводити літери, цифри, спеціальні символи або просту графіку.

Цей тип дисплея має вбудовану керуючу електроніку, що спрощує роботу з ним. Для з'єднання з мікроконтролером або іншими цифровими пристроями дисплей може використовувати паралельний інтерфейс або більш зручний і компактний I2C, який значно зменшує кількість необхідних з'єднувальних дротів.

					МММТ 480.005.006 - ПЗ	Арк.
						29
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рис. 4.5. Зовнішній вигляд дисплею LED 1602

Дисплей типу 1602 LED широко застосовується в різноманітних електронних розробках, особливо в системах на базі мікроконтролерів. Він ідеально підходить для виведення текстових повідомлень, показників з датчиків, інформації про стан пристрою та інших даних, необхідних користувачеві.

Ці дисплеї вирізняються простотою у використанні, компактністю та доступною ціною. Завдяки чіткому та яскравому зображенню вони здобули популярність серед розробників електроніки.

Технічні характеристики:

- Підсвічування: біле;
- Тип скла: STN Negative Blue;
- Роздільна здатність: 16 символів × 2 рядки;
- Живлення: 5 В;
- Габарити: 84×44×13 мм;
- Видима область: 62×19 мм;
- Розмір символу: 2.95×5.55 мм;
- Робоча температура: від -20°C до +70°C;
- Температура зберігання: від -30°C до +80°C. [15]

					МММТ 480.005.006 - ПЗ	Арк.
						30
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4.4. Вибір кнопки

Для включення та виключення системи для вимірювання параметрів та контролю стану електричної мережі потрібно використати кнопку.

Тактова кнопка розміром 12×12×4.3 мм без фіксації використовується для комутації сигнальних, керуючих і живильних електричних ланцюгів. Вона розрахована на номінальну напругу змінного струму до 12 В, струм до 50 мА та комутовану потужність до 0,5 Вт.

Кнопка працює за принципом миттєвого замикання контакту без фіксації – тобто коло замикається лише під час натискання. Контактна група включає один замикаючий контакт, що забезпечує короткочасне з'єднання при натисканні.



Рис. 4.6. Тактова кнопка

Характеристики:

- Розміри корпусу 12 x 12 мм;
- Висота кнопки (вимірюється від рівня плати) 4,3 мм;
- Алгоритм роботи OFF - (ON);
- Кількість фіксованих положень 1;
- Матеріал контактів мідь;
- Максимальна напруга 12 В;
- Робочий максимальний струм 50 мА;

					МММТ 480.005.006 - ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		31

- Максимальне живлення 250 В змінного струму до 1 хв;
- Опір ізолятора 100 Мом;
- Опір контактів 0,1 Ом;
- Робоча температура -25...+70°C;
- Колір чорний клавiшi;
- Висновки прямi [16].

4.5. Вибір датчика світлової та звукової індикації

Для відображення включення системи для вимірювання параметрів та контролю стану електричної мережі використовується червоний світлодіод.

Світлодіод діаметром 10 мм червоного кольору – це компактний однотонний ультрафіолетовий світловипромінювальний діод із матовою (непрозорою) лінзою. Він слугує для індикації режимів роботи електронних пристроїв, а також використовується для підсвічування LCD-екранів, кнопок, і широко застосовується в іграшках та розважальній електроніці.



Рис.4.7. Червоний LED світлодіод

Характеристики світлодіода:

- Колір світання: червоний;
- Робоча напруга : 3.2-3.4В;
- Споживчий струм: 20 mA;
- Кут огляду: 30°;

					МММТ 480.005.006 - ПЗ	Арк.
						32
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- Сила світла: 14,000 – 16,000 мкд;
- Діаметр: 10 мм;
- Довжина світлодіода: 13,7 мм.[17]

В випадку критичного значення напруги чи обриву дрота застосовується також і звукова сигналізація. Для цього використовуємо зумер рис.4.8.



Рис. 4.8. Зумер AC1407

Зумер AC1407 – це компактний п'єзоелектричний звуковий випромінювач, призначений для генерації звукових сигналів у електронних пристроях. Зазвичай застосовується для звукового сповіщення в мікроконтролерних системах, охоронних сигналізаціях, побутовій техніці, таймерах, індикаторах стану тощо.

Він може працювати як активний зумер (видає звук при подачі напруги) або як пасивний, що потребує сигналу керування (в залежності від модифікації).

Зумер AC1407 легко інтегрується з мікроконтролерами, такими як ATmega328P, завдяки простому підключенню та невеликому енергоспоживанню.

Технічні характеристики AC1407:

- Тип: п'єзоелектричний зумер;
- Діаметр: 14 мм;
- Висота: 7 мм;
- Тип монтажу: на плату (ТНТ, з виводами);

					МММТ 480.005.006 - ПЗ	Арк.
						33
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- Номінальна напруга: 5 В DC;
- Робочий діапазон напруги: 3 – 7 В DC;
- Струм споживання: ≤ 30 мА;
- Частота звуку: ~ 2.7 кГц;
- Рівень звукового тиску: ≈ 85 дБ (на відстані 10 см);
- Тип зумера: активний (має вбудований генератор);
- Робоча температура: $-20 \dots +70$ °С;
- Колір корпусу: чорний.[18]

4.6. Вибір джерела живлення

В якості джерела живлення необхідно застосувати акумулятор. Для вибору акумулятора необхідно врахувати робочі напруги всіх складових елементів, табл.4.2.

Таблиця 4.1

Робоча напруга складових компонентів системи

Назва компоненту	Живлення
Atmega328	3-5 В
Дисплей LCD1602	5В
Світлодіод червоний	5В
Зумер АС1407	5В
Кнопка	3,5-12В
Датчик напруги zmpt101b	5В

Враховуючи те, що всі складові елементи мають напругу 5В та будуть живитися від Atmega328, пропонується використати для живлення розроблюваної системи літій-іонний акумулятор типу 18650 на 3,7 В. Напруга живлення акумулятора 18650 складає 3.7 В, яка сумісна з більшістю мікроконтролерних систем через можливість використання стабілізатора на 5 В.

					МММТ 480.005.006 - ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		34

В якості стабілізатора напруги (підвищувача напруги до 5 В) пропонується використати сучасну мікросхему MT3608 рис.4.9.

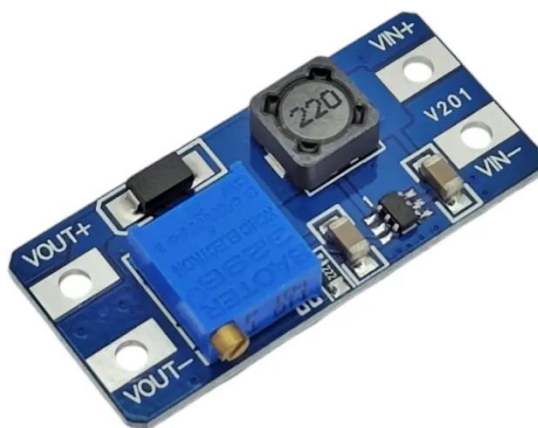


Рис.4.9. Стабілізатор напруги MT3608

Модуль MT3608 DC-DC Step-Up Converter 2...24В to 5...28В – це компактний і ефективний перетворювач постійного струму, що підвищує, на мікросхемі імпульсного перетворювача MT3608.

Максимальний вихідний струм – 2А, частота перетворення – 1.2 МГц. Вихідна напруга регулюється потенціометром.

Технічні характеристики

- Вхідна напруга: 2...24 В;
- Вихідна напруга: 5...28 В;
- Вихідний струм макс.: 2А;
- ККД: до 97%;
- Частота перетворення: 1.2 МГц;
- Розміри: 37х17х7мм;
- Діапазон робочих температур: -45°C...+85°C.[19]

В якості джерела живлення використано акумулятор Samsung INR18650-35E (рис.4.10) – промисловий варіант літій-іонних акумуляторних осередків, готовий для складання в батареї відповідно до поставлених завдань. Дані акумуляторні осередки мають формфактор 18650, що дозволяє гнучко набирати будь-яку конфігурацію батареї, при цьому економно витратити простір виділеного під акумулятор відсіку.

					МММТ 480.005.006 - ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		35



Рис.4.10. Акумулятор Samsung INR18650-35E

Технічні характеристики:

- Напруга: 3,6 В;
- Ємність: 3450 мАг;
- Напруга повної зарядки: 4,2 В;
- Напруга відсічення: 2,65 В;
- Конфігурація: 1S1P;
- Струмівіддача: 2.5 С (8 А в тривалому режимі, 13 А в короткочасному);
- Струм заряду: 0.3 С (1,7 А стандартно, 1,02 А для циклічної зарядки);
- Час зарядки: 4 години;
- Режим заряджання: CC-CV;
- Внутрішній опір: до 35 мОм;
- Конектор: ні;
- Розміри: 18,55 x 18,55 x 65,25 мм;
- Вага: 50 г [20].

4.7. Побудова електрично принципової схеми

Враховуючи складові системи та побудовану структурну схему, побудуємо електрично принципову схему рис.4.11.

					МММТ 480.005.006 - ПЗ	Арк.
						36
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

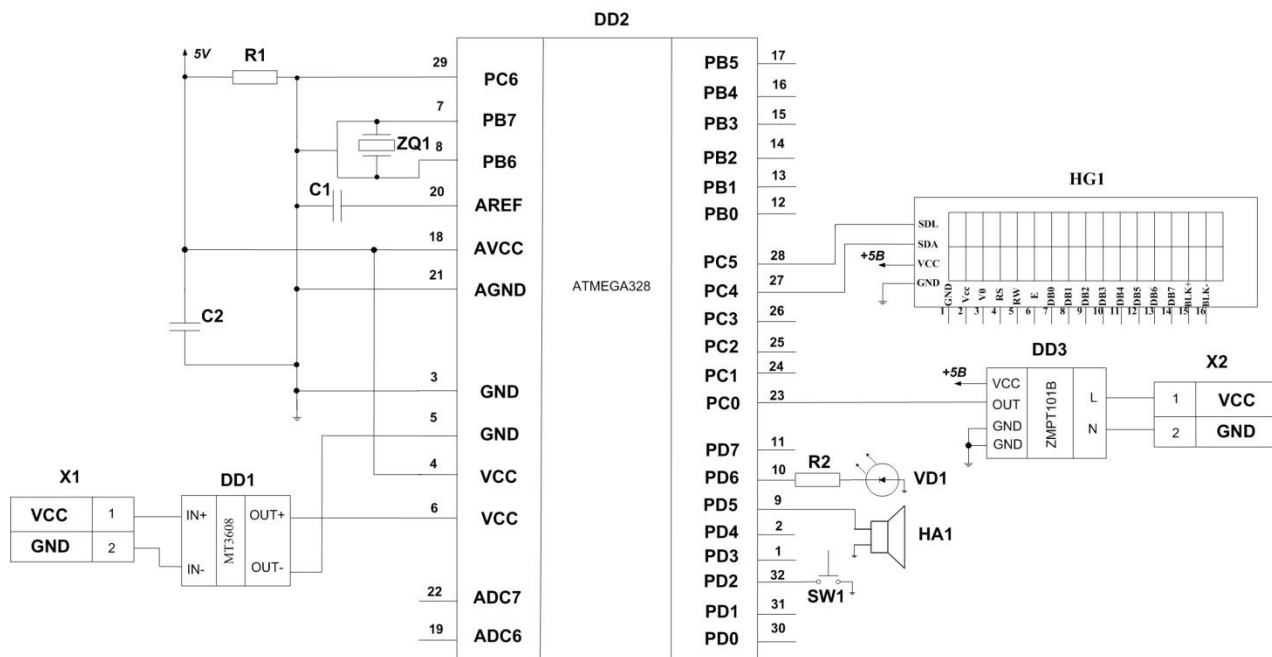


Рис. 410. Принципова схема

Перелік елементів принципової схеми:

- DD1 – стабілізатор напруги MT3608;
- DD2 – мікроконтролер Atmega328P;
- DD3 – датчик напруги zmpt101b;
- SW1 – тактова кнопка;
- HG1 – LCD дисплей 1602;
- HA1 – зумер AC1407;
- VD1– червоний smd світлодіод;
- ZQ1 – 16 МГц;
- R1 – 10 Ом;
- R2 – 11 кОм;
- C1 – 100 нФ;
- C2 – 4,7 мкФ;
- X1 – роз'єм для живлення акумулятора;
- X2 – роз'єм для щупів датчика напруги.

4.8. Розрахунок похибок визначення напруги

Проведено десять повторних вимірювань датчиком напруги ZMPT101B, діапазон напруги виміру згідно технічних характеристик до 250В, робочий діапазон від 0 до 250 В.

Було отримано наступну вибірку:

$$U = (223.4, 221.9, 224.1, 219.8, 222.5, 225.2, 220.3, 218.7, 226.0, 223.1) \text{ В}$$

За відомими формулами шукаємо:

1) середнє арифметичне $\bar{U}$ за (4.1):

$$\bar{U} = \frac{1}{10} \sum_{i=1}^{10} U_i \cong 222,5 \text{ В} \quad (4.1)$$

2) похибки повторних вимірювань ΔU_i та ΔU_i^2 (4.2):

$$\Delta U = |\bar{U} - U_i| \text{ та } \Delta U_i^2 = (\bar{U} - U_i)^2, \quad (4.2)$$

де $i = 1, 2 \dots 10$;

Результати вимірювань та обчислень заносимо у табл. 4.2.

Таблиця 4.2.

№ з. п.	U, В	ΔU_i , В	ΔU_i^2 , В ²
1	223,4	0,9	0,20703
2	221,9	0,6	0,18063
3	224,1	1,6	0,19803
4	219,8	2,7	0,18923
5	222,5	0	0,19803
6	225,2	2,7	0,19803
7	220,3	2,2	0,19803
8	218,7	3,8	0,20703
9	226	3,5	0,20703
10	223,1	0,6	0,19803
сер	222,5	1,86	0,198105

Розрахуємо випадкову похибку вимірювання за (4.1). За даними табл. 4.2 знайдемо коефіцієнт Стюдента для 10 вимірювань і довірчої ймовірності 0,95 $t_{0,95}=2,26$; розрахуємо за (4.2) виправлене вибіркове середнє квадратичне відхилення:

					МММТ 480.005.006 - ПЗ	Арк.
						38
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\sigma_B = \sqrt{\frac{1}{10 \times 9} \sum_{i=1}^{10} (\bar{U} - U_i)^2} \approx 0,156$$

та знайдемо випадкову похибку:

$$\Delta_B U = 2,26 * 0,156 = 0,35 \text{ В}$$

(Результати вимірювань та обчислень заносимо у табл. 4.2.)

1) похибку приладу за (4.3):

$$\Delta_{\text{пр}} U = \frac{1}{300} t_p k U_{\text{гр}} \quad (4.3)$$

Для надійної ймовірності $P = 0,95$ з табл. 4.2 знайдемо при умові $t_{0,95}=2,0$. Враховуючи, що за умовою $U_{\text{гр}} = 250\text{В}$, а клас точності $k = 1$, отримаємо:

$$\Delta_{\text{пр}} U = \frac{1}{300} 2,0 * 250 * 1 \approx 1,6 \text{ В};$$

2) похибку заокруглення за (4.4):

$$\Delta T_3 = P \frac{h}{2}. \quad (4.4)$$

Для цього знайдемо інтервал заокруглення h як половину останнього розряду виміряної величини — 0,05. Отже:

$$\Delta T_3 = 0,95 * \frac{0,05}{2} \approx 0,02 \text{ В};$$

3) загальну абсолютну похибку (4.5):

$$\Delta T = \sqrt{(\Delta_B T)^2 + (\Delta_{\text{пр}} T)^2 + (\Delta_3 T)^2} = \sqrt{0,35^2 + 1,6^2 + 0,02^2} \approx 1,64 \text{ В}. \quad (4.5)$$

4) відносну похибку за (4.6):

$$\delta L = \frac{\Delta L}{\bar{L}} \times 100\% = \frac{1,64}{222,5} \times 100\% \approx 0,74\% \quad (4.6)$$

					МММТ 480.005.006 - ПЗ	Арк.
						39
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5. РОЗРОБКА ПРОГРАМИ ТА АЛГОРИТМУ

5.1. Розробка алгоритму

Розроблена блок–схема алгоритму представлена на. (рис. 5.1).

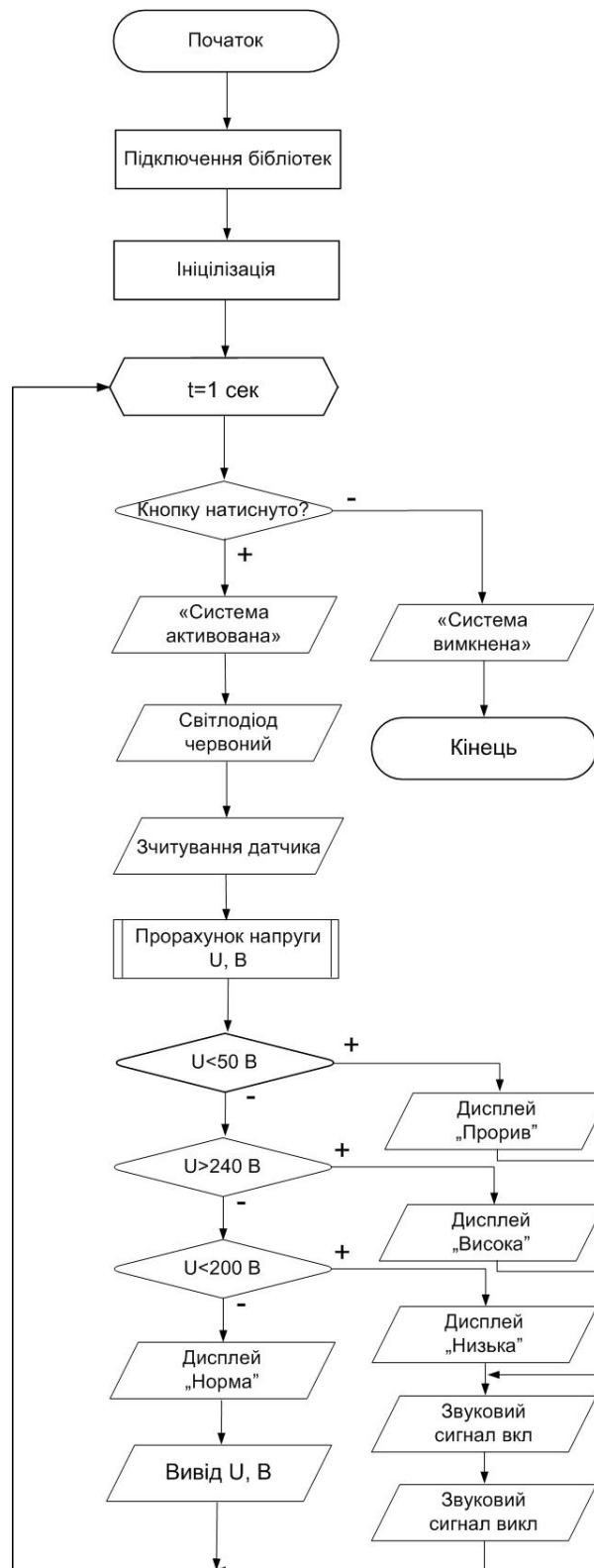


Рис. 5.1 Алгоритм роботи системи

Опишемо розроблений алгоритм:

1. Блок – початок роботи програми;
2. Блок підключення бібліотек – підключає бібліотеки для роботи з дисплеєм;
3. Блок ініціалізація – описує вхідні та вихідні піни мікроконтролера, змінні та константи ;
4. Блок головний цикл – виконується кожену секунду безперервно;
5. Блок перевірка кнопки – якщо кнопка включена, то програма виконується далі, а якщо кнопка спрацювала на виключення, то вимикається світлодіод та на дисплеї пишеться, що «Система вимкнена»;
6. Блок система активована – виводиться повідомлення на дисплей «Система активована»;
7. Блок червоний світлодіод – загоряється червоний світлодіод;
8. Блок зчитування датчика – зчитує значення з датчика напруги;
9. Блок прорахунок напруги – цей блок як підпрограма, тут зчитується 100 значень з датчика, обраховується середнє значення, потім значення з датчику перераховується по формулі в реальне значення вольтів;
10. Блок умови перевірки менше 50 В – в цьому випадку система вважає, що обрив та низька напруга, також вмикається звукова сигналізація а потім вимикається;
11. Блок умови перевірки більше 240 В – в цьому випадку система вважає, що висока напруга, також вмикається звукова сигналізація а потім вимикається;
12. Блок умови перевірки менше 200 В – в цьому випадку система вважає, що низька напруга, також вмикається звукова сигналізація, а потім вимикається;
13. Блок напруга в нормі – напруга в нормі вважається в межах 200-240 В;
14. Блок вивід U,V – вивід вимірної напруги в вольтів;

					МММТ 480.005.006 - ПЗ	Арк.
						41
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Головний цикл продовжується кожну 1 секунду, поки не буде натиснута кнопка на вимкнення.

15.Блок кінець роботи програми – завершає роботу системи вимикає подачу живлення.

5.2. Розробка програми

Мікроконтролер Atmega328 можна програмувати за допомогою мови програмування C/C++. Це основна мова програмування для Arduino та багатьох інших мікроконтролерів.

Основною та рекомендованою мовою для програмування Atmega328 є C/C++.

Було обрано саме розповсюджене середовище Arduino IDE (рис.5.2), в якому програмування відбувається на мові C++.

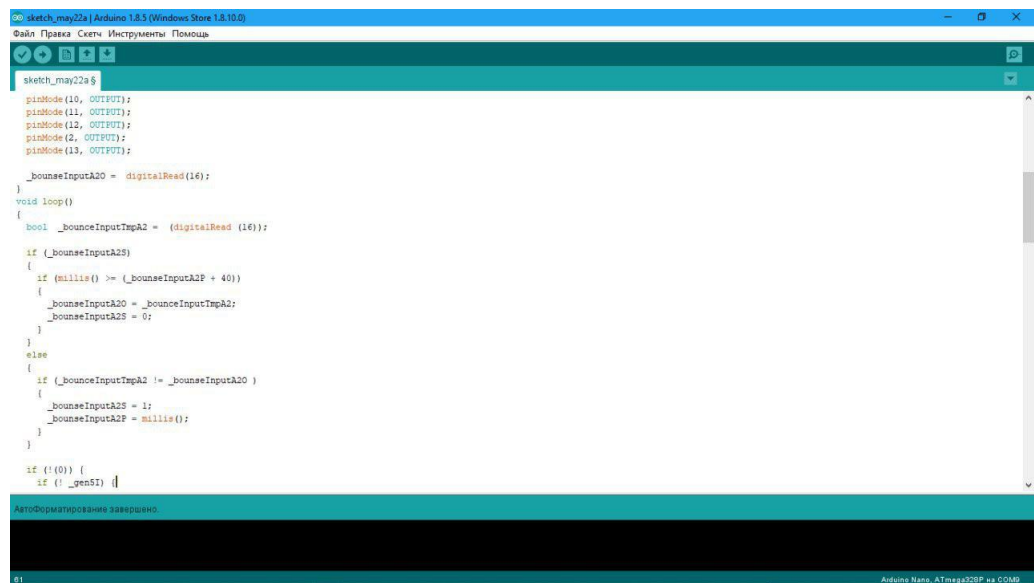


Рис. 5.2. Вікно програми Arduino IDE

Функціонал системи наступний:

1. Виводить напругу та її статус на дисплей.
2. Динамік сигналізує при аварійній напрузі (надто низька або висока).
3. Світлодіод загоряється при запуску й постійно світиться, вказуючи на активну систему.

					МММТ 480.005.006 - ПЗ	Арк.
						42
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4. Вимірювання обмежені до 250 В.

5. Кнопка як перемикач (вкл/викл). При першому натисканні – ввімкнення системи. При наступному натисканні – вимкнення (зупинка вимірювань, вимикається світлодіод і динамік, LCD показує “System OFF”).

Опишемо основні функціональні блоки коду.

Вивід напруги та її статусу на дисплей. Щосекунди оновлює напругу та її статус: "Норма", "Висока", "Низька", "Прорив".

```
lcd.setCursor(0, 0);  
lcd.print("U: ");  
lcd.print(voltage, 1); // показує напругу з 1  
десятьковим знаком  
lcd.print(" V      ");  
  
lcd.setCursor(0, 1);  
lcd.print("Status: ");  
lcd.print(status);      // показує класифікацію  
напруги
```

Динамік сигналізує при аварійній напрузі. Вмикає звуковий сигнал при порушеннях напруги.

```
if (status == "Прорив" || status == "Висока" || status == "Низька") {  
    tone(buzzerPin, 1000, 500); // 1 кГц на 0.5 секунди  
} else {  
    noTone(buzzerPin);          // тиша, якщо напруга в нормі  
}
```

Світлодіод загоряється при запуску системи. Показує, що система активна.

```
if (systemActive) {  
    digitalWrite(ledPin, HIGH); // Ввімкнення світлодіода  
} else {  
    digitalWrite(ledPin, LOW);  // Вимкнення світлодіода  
}
```

Вимірювання обмежені до 250 В. Обмежує максимальне значення, яке може показати ZMPT101B.

```
float voltage = (avg * 5.0 / 1023.0) * (250.0 / 1.0);  
if (voltage > 250.0) voltage = 250.0;
```

Кнопка як перемикач (вкл/викл). Натискання кнопки перемикає між режимами:

- Вмикає дисплей, світлодіод, запуск вимірювань;
- Вимикає дисплей, звук, зупиняє вимірювання.

```
if (reading == LOW && lastButtonState == HIGH) {  
    systemActive = !systemActive; // змінює стан  
    if (systemActive) {  
        digitalWrite(ledPin, HIGH);  
    }  
}
```

					МММТ 480.005.006 - ПЗ	Арк.
						43
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

```

        lcd.clear();
        lcd.print("System Activated");
    } else {
        digitalWrite(ledPin, LOW);
        noTone(buzzerPin);
        lcd.clear();
        lcd.print("System OFF");
    }
    delay(1000); // затримка після натискання
    lcd.clear();
}

```

Розроблена програма представлена в Додатку А.

					МММТ 480.005.006 - ПЗ	Арк.
						44
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

6. РОЗРАХУНОК НАДІЙНОСТІ ТА ТОЧНОСТІ

6.1. Розрахунок надійності

Надійність є одним із ключових критеріїв якості складних технічних систем, що виконують важливі функції у житті сучасного суспільства. Без належного рівня надійності ефективне використання таких систем стає неможливим. Саме тому проектувальники, виробники та експлуатаційники мають володіти базовими знаннями з теорії надійності, вміти оцінювати її рівень і впроваджувати технічні рішення для її забезпечення. Це передбачає розуміння фізичних причин відмов елементів, знання математичних закономірностей їх виникнення на основі аналізу статистичних даних і розроблення методів прогнозування та оцінювання надійності складних технічних об'єктів.

Технічний прогрес супроводжується впровадженням нових матеріалів, технологій та елементної бази, що, з одного боку, сприяє появі нових типів відмов, а з іншого — вимагає створення нових підходів до забезпечення необхідного рівня надійності з урахуванням можливостей сучасної техніки. Тому фахівці у сфері надійності мають постійно оновлювати свої знання як у теоретичному, так і в практичному аспектах.

Особливістю теорії надійності є її багатовимірність: надійність визначається як здатність об'єкта зберігати протягом часу параметри, що забезпечують виконання заданих функцій в умовах експлуатації, обслуговування, зберігання й транспортування. Вона є складною фізичною характеристикою, яку не можна звести до одного узагальненого показника. Оцінка надійності кожної конкретної системи повинна ґрунтуватися на комплексі показників, вибір яких залежить від специфіки системи, її функціонального призначення та умов використання [21].

Основні показники надійності системи: безвідмовність, довговічність, збережуваність, ремнтнопридатність.

Безвідмовність — властивість об'єкта безперервно зберігати працездатність протягом певного проміжку часу.

					МММТ 480.005.006 - ПЗ	Арк.
						45
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Довговічність – властивість об’єкта зберігати працездатність до настання граничного стану при існуючій системі технічного обслуговування.

Ремонтопридатність – пристосування виробу до попередження і виявлення причин виникнення його відмов, поломок і їх усунення шляхом проведення технічного обслуговування і ремонту.

Збереженість – властивість виробу бути справним і працездатним під час зберігання, транспортування і після них.

Використовуються поняття, які характеризують властивості об’єкта (схеми) – це: справний і несправний, працездатний і непрацездатний.

Справний стан – це стан, при якому виріб відповідає всім вимогам, що встановлені нормативно-технічною документацією.

Несправний – стан, коли виріб не відповідає хоча б одній із вимог.

Працездатний і непрацездатний стан характеризується здатністю і нездатністю виробу виконувати задані функції з збереженням значень, параметрів відповідно до нормативно-технічної документації.

Граничний стан – такий, при якому наступна експлуатація повинна бути припинена через неможливість ліквідувати порушення вимог правил техніки безпеки, відхилення параметрів від норми, а також через необхідність проведення капітального ремонту.

Пошкодження – явище, яке полягає в порушенні справності виробу під дією зовнішніх факторів, які перевищують норми, встановлені в нормативно-технічній документації.

До кількісних показників надійності відносяться: ймовірність безвідмовної роботи, інтенсивність відмов, напрацювання на відмову, середній термін служби, середній термін зберігання.

Ймовірність безвідмовної роботи $P(t)$ – ймовірність того, що в заданому інтервалі часу при заданих режимах і умовах роботи не виникне відмова виробу в роботі:

Основним показником, що враховується при розрахунках надійності, є

					МММТ 480.005.006 - ПЗ	Арк.
						46
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

інтенсивність відмов $\lambda(t)$ – число відмов в одиницю часу, віднесене до числа елементів, що залишилися справними до початку даного інтервалу часу.

Розрахунок показників надійності проводився методом λ – характеристик, заснованому на інтенсивностях відмовлень комплектуючих виробів (КВ) і поправочних коефіцієнтах, що враховують реальні режими і умови експлуатації виробу.

Склад виробу – комп’ютеризована система для вимірювання параметрів та контролю стану електричної мережі.

Критерієм відмовлення виробу вважається відмовлення будь-якої його складової частини (вузла), що приводить до порушення працездатності виробу і неможливості використання його по призначенню.

Розрахунок надійності спроектованого виробу проводиться в відповідності з електричною принциповою схемою виробу і з обліком заданих кліматичний категорії і виконання виробу.

Розрахунок параметра потоку відмовлень виробу проводиться по формулі:

$$\lambda = \sum_{i=1}^n N_i \lambda_i, \quad (6.1)$$

де n – загальне число групи КВ, що входять до складу спроектованого виробу; $N_i \lambda_i$ – кількість і інтенсивність відмовлень КВ i -ої групи відповідно.

Інтенсивність відмовлень КВ i -ої групи в робочому режимі визначалася по формулі 6.2:

$$\lambda_i = \lambda_{oi} a_i \dots a_n. \quad (6.2)$$

де λ_{oi} – інтенсивність відмовлень КВ в номінальному режимі і нормальних умовах; $a_i \dots a_n$ – поправочні коефіцієнти, що враховують умови роботи (кліматичні і механічні впливи в залежності від призначення й умов майбутньої роботи), електричне навантаження КВ і температуру навколишнього середовища, ступінь інтеграції інтегральних мікросхем, а також співвідношення видів відмовлень.

Величини значень визначилися по довідковим даним, з врахуванням вихідних даних для спроектованого виробу.

					МММТ 480.005.006 - ПЗ	Арк.
						47
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

По формулі (6.1) визначаємо потік відмовлень виробу (сума величин в графі 11 таблиці 6.2):

$$\lambda = 68.4911 \cdot 10^{-6} \text{ 1/год.}$$

Ймовірність безвідмовної роботи виробу протягом часу t визначалася по формулі:

$$P(t) = e^{-\lambda t} \approx 1 - \lambda t \quad (6.3)$$

де λ – параметр потоку відмовлень; t – час роботи виробу (год) [22].

Дані розрахунку $P(t)$ приведені в таблиці 6.1.

Таблиця 6.1. Ймовірність безвідмовної роботи виробу протягом часу t

250	500	750	1000	2000	5000	8000	10000
0,9821	0,9645	0,9472	0,9302	0,8653	0,6965	0,5606	0,4851

На графіку, приведеному на рисунку 5.1 приведена залежність надійності $P(t)$.

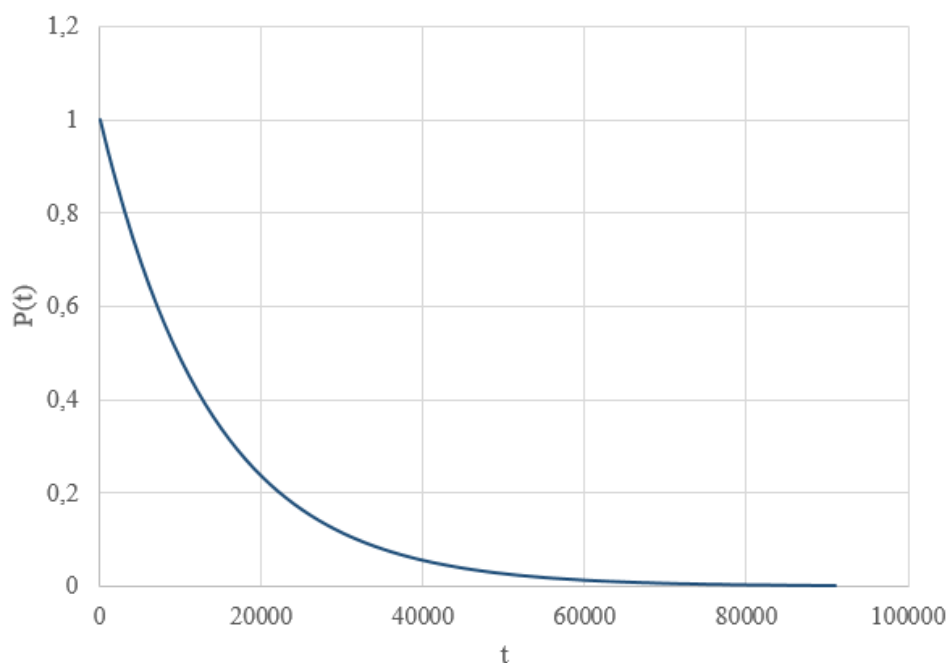


Рис. 6.1 Ймовірність безвідмовної роботи виробу протягом часу t

Таблиця 6.2 Перелік комплектуючих виробів

Поз.	Найменування	Кіл.	$\lambda_{i0} \cdot 10^6$ год ⁻¹	Формула розрахунку λ_i	Коефіцієнти				$\Sigma \lambda_i \cdot 10^6$ год ⁻¹
1	Резистори				a_1	a_2	a_4		
	10 Ом, 11 кОм	2	0,008	$\lambda_0 \cdot a_1 \cdot a_2 \cdot a_4$	2,1	0,8	1		0,02688
2	Конденсатори				a_1	a_2	a_4		
	10нФ, 4,7мкФ	2	0,1	$\lambda_0 \cdot a_1 \cdot a_2 \cdot a_4$	2,1	0,9	1,2		0,4536
3	Мікросхеми				a_1	a_2	a_4	a_6	
	Atmega 328p	1	0,3	$\lambda_0 \cdot a_1 \cdot a_2 \cdot a_4 \cdot a_6$	2,1	1	1,3	1	0,819
	Zmpt101b	1	0,3	$\lambda_0 \cdot a_1 \cdot a_2 \cdot a_4 \cdot a_6$	2,1	1	1,3	1	0,819
	MT3608	1	0,3	$\lambda_0 \cdot a_1 \cdot a_2 \cdot a_4 \cdot a_6$	2,1	1	1,3	1	0,819
4	Діод LED	1	0,1	$\lambda_0 \cdot a_1 \cdot a_2 \cdot a_4 \cdot a_5$	2,1	1	1,3	1	0,273
5	Кварц 16 МГц	1	1,8	$\lambda_0 \cdot a_1 \cdot a_4$	2,1			1	3,78
6	Зумер	1	0,3	$\lambda_0 \cdot a_1 \cdot a_2 \cdot a_4$	2,1	0,4	0,9		0,2268
7	LCD дисплей	1	0,7	$\lambda_0 \cdot a_1 \cdot a_2 \cdot a_4$	2,1	1	1,4		2,058
8	Тактова кнопка	1	0,2	$\lambda_0 \cdot a_1 \cdot a_2 \cdot a_4$	2,1	0,7	1		0,294
9	Пайки	85	0,0001	$\lambda_0 \cdot a_1$	2,1				0,01785
10	Акумулятор 3,7 В	1	30		2,1				63
11	Разом								72,34

Середній наробіток до відмовлення виробу визначався по формулі:

$$T_0 = \lambda^{-1} \quad (6.4)$$

Підставляючи дані в формулу (6.4) одержимо

$$T = (72,34 \cdot 10^{-6})^{-1} = 13823 \text{ год.}$$

6.2. Розробка друкованої плати

Для проектування друкованої плати в межах розробки комп'ютеризованої системи контролю напруги було обрано середовище EasyEDA. Це зручний онлайн-редактор, який поєднує простий інтерфейс, потужні функції для створення схем і плат, а також інтеграцію з сервісами виготовлення плат.

Однією з головних переваг EasyEDA є його інтуїтивно зрозумілий

					МММТ 480.005.006 - ПЗ	Арк.
						49
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

інтерфейс, який дозволяє швидко та ефективно створювати електричні схеми, навіть без глибокого досвіду. Платформа працює безпосередньо у веббраузері, що дає змогу отримати доступ до проєкту з будь-якого пристрою без потреби встановлення додаткового програмного забезпечення.

Велика бібліотека електронних компонентів значно спрощує процес проєктування. У системі легко знайти модулі, необхідні для реалізації проєкту, такі як ATmega328, LCD1602, ZMPT101B та інші стандартні елементи.

Програма також підтримує імпорт і експорт у різних форматах, включаючи JSON і Gerber, що дозволяє зберігати, передавати або архівувати проекти. Для перевірки логіки роботи електричної схеми EasyEDA пропонує базові засоби симуляції [23].

Таким чином, обираємо EasyEDA для розробки друкованої плати, тому що воно зручне, доступне, функціональне і має інтеграцію з виробництвом.

Розроблена плата є двошаровою. На рис.6.2 представлена друкована плата з розмірами 77x178 мм, перший шар позначається червоними лініями, другий шар позначається синіми лініями.

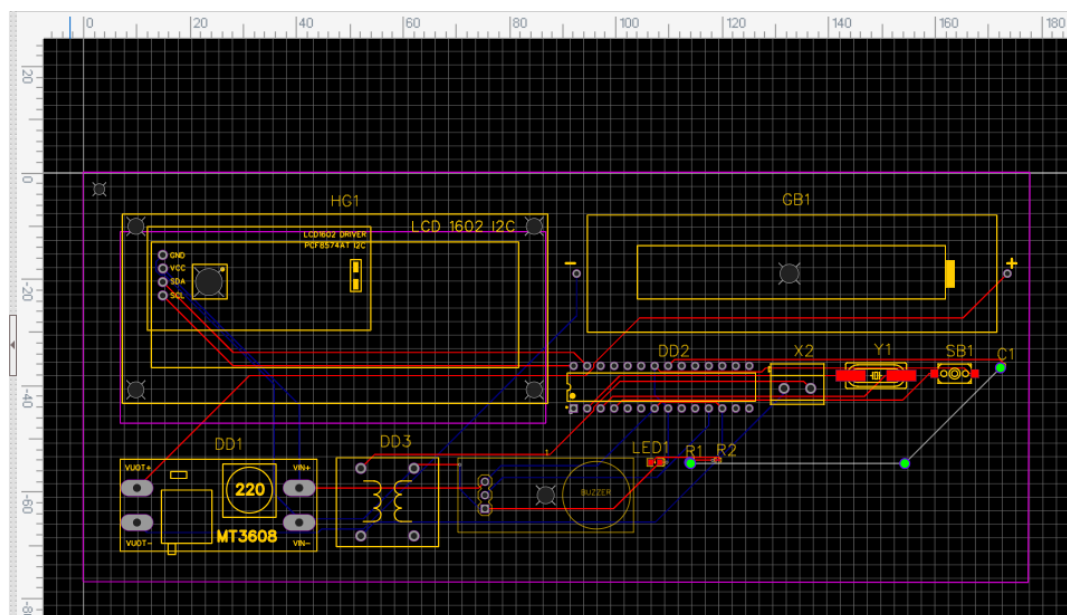


Рис.6.2. Двошарова друкована плата системи

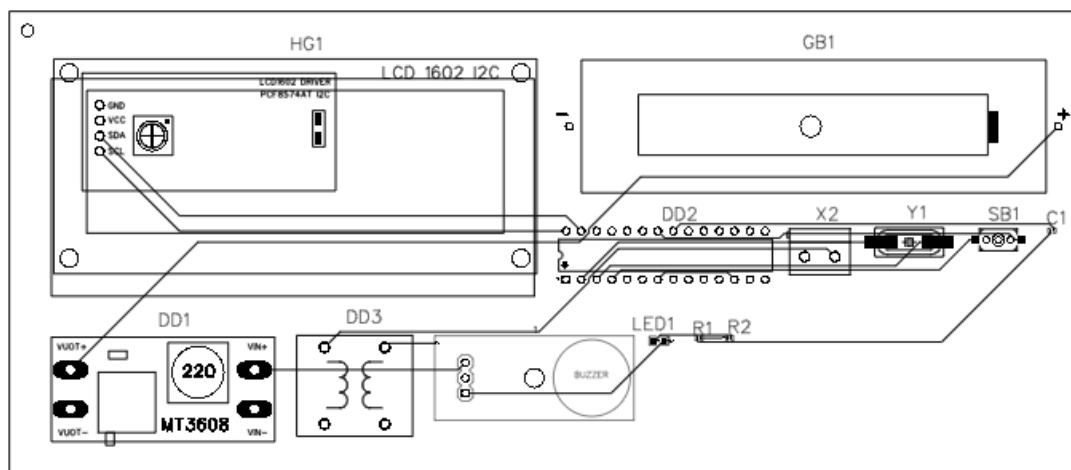


Рис.6.3. Перший шар друкованої плати

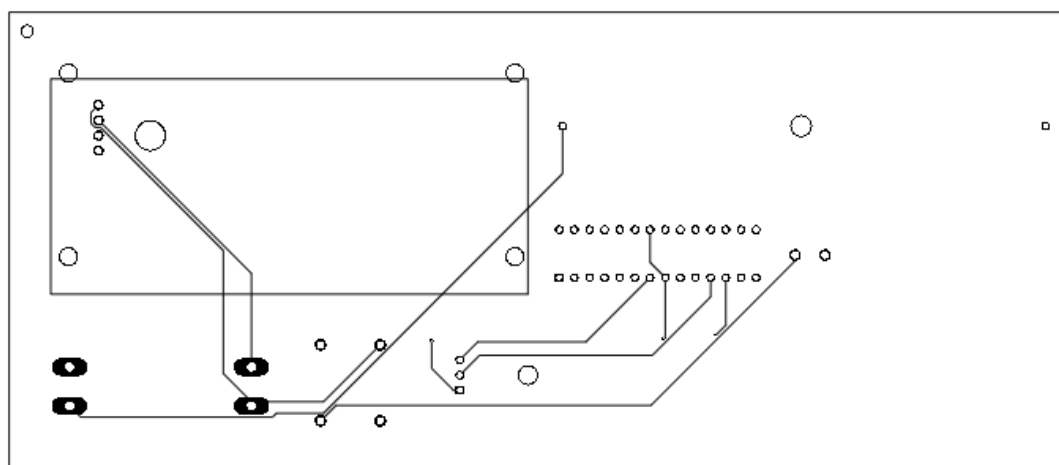


Рис.6.4. Другий шар друкованої плати

Для друкованої плати пропонується обрати корпус з розмірами 198x90x46мм: Для роз'єма щупів з датчика напруги, дисплея, світло діода та кнопки потрібно провести певні доробки в корпусі.



Рис.6.5. Корпус пластик 11-8 (F7) Sanhe

					МММТ 480.005.006 - ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		51

11-8 (F7) Sanhe, корпус, пластик, 198х90х46мм:

- Виробник: Sanhe
- Опис: Корпус водонепроникний (IP65) пластиковий непрозорий.

Кріплення на шести гвинтах. З виступами для кріплення корпусу на 4 гвинтах.

- Вид, тип, група: Корпуси герметичні
- Матеріал: Пластик
- Колір: світло-сірий
- Довжина, мм: 198,0 mm
- Ширина, мм: 90,0 mm
- Висота, мм: 46,0 mm
- Загальні габарити: 198,0х90,0х46,0 mm [24].

					МММТ 480.005.006 - ПЗ	Арк.
						52
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

7.ОХОРОНА ПРАЦІ

7.1.Охорона праці

Охорона праці – це система заходів і регламентів, спрямованих на створення безпечних і здорових умов праці для працівників. Її головна мета – запобігати нещасним випадкам, професійним захворюванням і забезпечувати комфортне середовище для виконання трудових обов’язків.

Ключові аспекти охорони праці:

1) Оцінювання ризиків: Важливою складовою є виявлення потенційних небезпек на робочому місці, аналіз імовірності їх виникнення та можливих наслідків. Це дозволяє визначити ефективні заходи щодо усунення або зниження рівня ризику.

2) Забезпечення безпеки: Впровадження конкретних заходів –використання індивідуальних засобів захисту, дотримання техніки безпеки при роботі з обладнанням, пожежна безпека, організація відпочинку та режиму праці — є ключем до збереження життя і здоров’я працівників.

3) Навчання персоналу: Кожен працівник має пройти підготовку щодо безпечного виконання своїх обов’язків. Це включає інструктажі, навчання правилам експлуатації техніки та ознайомлення з можливими професійними ризиками.

4) Медичне обслуговування: У певних виробничих умовах необхідно проводити періодичні медичні огляди для вчасного виявлення і профілактики проблем зі здоров’ям, пов’язаних із впливом шкідливих факторів на робочому місці.

5) Контроль та аудит: Регулярні внутрішні перевірки й аудити допомагають переконатися у дотриманні норм охорони праці, виявити слабкі місця в системі безпеки та вчасно вжити коригувальних заходів.[25]

					МММТ 480.005.006 - ПЗ	Арк.
						53
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

7.2. Охорона праці під час експлуатації електроустановок та електрообладнання

Небезпечними факторами, що можуть виникнути під час експлуатації електроустановок та електрообладнання, є небезпечний рівень напруги в електричному колі, замикання якого може відбутися через тіло людини, а також підвищена напруженість електричного чи магнітного поля.

Причинами ураження електричним струмом є контакт з відкритими струмовідними частинами обладнання або з ізольованими струмопровідними частинами обладнання, яке втратило свої ізоляційні властивості, чи сторонніми провідними частинами, що виявилися під напругою, або наближення на неприпустиму відстань в електроустановках понад 1000 В.

Контакт із струмопровідними частинами, що знаходяться під напругою, може викликати мимовільне судомне скорочення м'язів, що не дозволяє потерпілому самостійно звільнитись від дії електричного струму, або повне припинення роботи органів дихання і кровообігу.

Звільнення потерпілого від дії електричного струму.

Першою дією при звільненні потерпілого від дії електричного струму повинно бути негайне відключення струмовідної частини електроустановки, до якої торкається потерпілий. Відключити електроустановку або електрообладнання можна за допомогою вимикача, рубильника чи іншого обладнання, яке відключає електроустановку або електрообладнання, а також шляхом зняття запобіжників, роз'єму штепсельних з'єднань, створення штучного короткого замикання на повітряних лініях «накидом».

Звільнення потерпілого, який знаходиться на опорі повітряних ліній електропередавання напругою до 20 кВ, здійснюється згідно з інструкцією щодо порядку спуску потерпілого з опори повітряних ліній електропередавання 10 напругою до 20 кВ.

Під час виконання робіт на висоті, перед відключенням струмовідної частини електроустановки, слід вжити заходів для запобігання додаткових травм під час падіння потерпілого на поверхню.

					МММТ 480.005.006 - ПЗ	Арк.
						54
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

У нічний час, перед відключенням струмовідної частини електроустановки, необхідно забезпечити освітлення від іншого джерела (ввімкнути аварійне освітлення, акумуляторні ліхтарі тощо).

У разі неможливості швидкого відключення струмовідної частини електроустановки необхідно звільнити потерпілого від дії електричного струму. При цьому працівник, який надає допомогу, повинен захистити себе від дії електричного струму, застосовуючи відповідні засоби захисту.

При напрузі до 1000 В для звільнення потерпілого від струмовідних частин або проводу дозволяється: використовувати суху палицю, дошку, канат або інший сухий предмет, що не проводить електричний струм; відтягнути потерпілого за сухий одяг (за комір, поли піджака або пальто), уникаючи при цьому дотику до оточуючих металевих (струмопровідних) предметів та частин тіла потерпілого, які не прикриті одягом.

Якщо потерпілий судорожно стискає в руці струмопровідну частину (провід) і знаходиться на струмопровідній поверхні, його можна звільнити одним із способів: підсунути під нього суху дошку; стягнути його із струмопровідної поверхні мотузкою, за одяг, дотримуючись при цьому заходів викладених в пункті цього розділу як по відношенню до самого себе, так і по відношенню до потерпілого; перерубати провід сокирою з сухим дерев'яним держакком; перекусити провід інструментом з ізолюючими рукоятками (кусачки, пасатижі тощо). Провід кожної фази необхідно перерубувати чи перекушувати окремо, попередньо ізолювати себе від землі (стояти на сухих дошках, дерев'яних сходах тощо).

При напрузі понад 1000 В для відділення потерпілого від струмовідних частин потрібно діяти ізолювальною штангою або ізолювальними кліщами, розрахованими на відповідну напругу, з використанням діелектричних рукавичок та діелектричних бот.

Для виходу з зони розтікання струму, при замиканні струмовідної частини на землю (зона напруги кроку), слід переміщатися у напрямку від 11

					МММТ 480.005.006 - ПЗ	Арк.
						55
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

точки замикання струмовідної частини на землю, пересуваючи ступні ніг по землі і не відриваючи їх одну від одної.

Після звільнення потерпілого від дії електричного струму необхідно: провести його огляд, оцінити стан потерпілого за ознаками надання домедичної допомоги постраждалим при раптовій зупинці серця; викликати бригаду екстреної (швидкої) медичної допомоги; якщо у потерпілого відсутнє дихання та серцебиття, розпочати проведення серцево-легеневої реанімації. Серцево-легенева реанімація проводиться до відновлення у потерпілого життєвих функцій організму або до прибуття бригади екстреної (швидкої) медичної допомоги. Робити висновок про смерть потерпілого має право лише медичний персонал; забезпечити постійний нагляд за потерпілим до прибуття бригади екстреної (швидкої) медичної допомоги.

Перевезення потерпілого транспортом підприємства у медичний заклад дозволяється при умові функціонування у нього життєво важливих систем організму [25,26].

7.3.Охорона праці при роботі з системою для стану електричної мережі

Система, що використовує датчик ZMPT101B для вимірювання змінної напруги 220 В, належить до пристроїв, де існує реальний ризик ураження електричним струмом, тому питання охорони праці є пріоритетними.

Основні вимоги охорони праці:

1. Робота з напругою 220 В – підвищений ризик:
 - ZMPT101B підключається до мережевої напруги, тому всі підключення слід виконувати лише у знеструмленому стані.
 - Монтаж має проводитися із використанням ізольованого інструменту.
 - Місце роботи повинно бути сухим, освітленим та недоступним для сторонніх осіб.

					МММТ 480.005.006 - ПЗ	Арк.
						56
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2. Ізоляція та монтаж:

– Всі елементи, пов'язані з високою напругою, мають бути надійно ізольовані.

– Рекомендується використовувати захисний кожух або коробку для монтажу модуля ZMPT101B, щоб уникнути випадкового дотику.

3. Захист мікроконтролера та персоналу:

– ZMPT101B має гальванічну розв'язку, яка забезпечує електробезпеку для Arduino або Atmega328, але це не звільняє від загальних вимог безпеки.

– Застосування оптопар або реле з розв'язкою — додатковий рівень захисту.

4. Навчання та інструктаж:

– Особа, яка працює з системою, повинна мати мінімальні знання з електробезпеки, знати порядок знеструмлення, підключення та поведінки при виникненні аварійних ситуацій.

5. Безпека під час експлуатації:

– Заборонено торкатися системи під час роботи без достатньої ізоляції.

– Сигналізація (світлова та звукова) повинна бути чіткою і зрозумілою, щоб оперативно повідомити про відхилення напруги.

6. Контроль та перевірка:

– Перед кожним запуском система повинна перевірятися на відсутність пошкоджень.

– При зміні конфігурації — обов'язковий повторний контроль.

Охорона праці при роботі з системою на базі ZMPT101B полягає в:

– Грамотному проектуванні електроніки з урахуванням безпеки;

– Правильній експлуатації та монтажі;

– Захисті людини від ураження струмом;

– Своєчасному технічному обслуговуванні та контролі [25].

					МММТ 480.005.006 - ПЗ	Арк.
						57
Зм.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

У ході виконання кваліфікаційної роботи бакалавра було реалізовано повноцінний проєкт комп'ютеризованої системи для вимірювання параметрів та контролю стану електричної мережі. Сформульовано технічне завдання, яке визначало основні вимоги до точності, надійності, функціональності та безпеки системи.

Проведено аналіз існуючих аналогічних рішень, що дозволило виокремити сильні сторони сучасних систем моніторингу та врахувати їх при розробці власного варіанту. На підставі порівняльного аналізу та технічних вимог було обґрунтовано вибір ключових апаратних компонентів, серед яких датчик напруги ZMPT101B, мікроконтролер ATmega328, індикатор LCD1602, звуковий та світловий сигнали, а також елементи живлення й захисту.

Розроблено структурну та принципову схеми, які відображають взаємозв'язки всіх компонентів системи. Визначено логіку роботи пристрою та реалізовано алгоритм управління через програмне забезпечення з використанням мови C для AVR. Особливу увагу приділено безпечній взаємодії з мережею 220 В і реалізації механізмів оповіщення про критичні стани.

Здійснено проєктування друкованої плати, яка забезпечує компактне й зручне компонування елементів відповідно до принципової схеми. Крім того, час безвідмовної роботи системи склав 13823 години та точності системи склала 1,6 В (0,74% відносна похибка).

Таким чином, запропонована комп'ютеризована система є ефективним засобом моніторингу стану електричної мережі, що забезпечує своєчасне виявлення відхилень у параметрах живлення, з високою точністю, простотою експлуатації та відповідністю вимогам електробезпеки.

					МММТ 480.005.006 - ПЗ	Арк.
						58
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Види приладів виявлення електричної мережі[Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://radio-shop.com.ua/uk/prylady-dlia-vymiriuvannia-potuzhnosti-elektrychnoho-strumu>.
2. Детектор Bosch Detector GMS 120.[Електронний ресурс]. – Режим доступу:<https://e-altsest.com/ua/izmeritelnaya-tehnika/detektory-provodki/detektor-bosch-gms-120-m>.
3. Детектор Digital BOSCH Universal. [Електронний ресурс]. – Режим доступу:<https://www.bosch-online.kiev.ua/p12890/bosch-universaldetect-0603681300>.
4. Детектор будівельний Stanley. [Електронний ресурс]. – Режим доступу:https://brain.com.ua/ukr/Detektor_budivelnyy_Stanley_STHT0-77406_1_x_9V_6LR61_krona-p272853.html.
5. Детектор Makita DWD181ZJ. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://makita.market/akkumulyatornyy-detektor-dwd-181zj>.
6. Мікропроцесорні та мікроконтролерні системи : підручник. У 2 ч. Ч. 1. Мікропроцесорні системи [Електронний ресурс] / А. О. Новацький. – Електронні текстові дані (1 файл: 16,7 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, Вид-во «Політехніка», 2020. – 361с.
7. Мікропроцесорні пристрої: навч. посібник для студентів зі спец-ті «Електроніка» / Т. О. Терещенко, В. А. Тодоренко, Л. М. Батрак, Ю. С. Ямненко. – К.: Кафедра, 2017. – 244 с.
8. Сусліков Л.М., Студеняк І.П. Первинні вимірювальні перетворювачі фізичних величин: Навчальний посібник. – Ужгород: Видавництво УжНУ, 2018. - 311 с.
9. Датчик змінної напруги ZMPT101B [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://duino.ua/datchik-peremennogo-napryazheniya-zmpt101b>.
10. Засоби відображення інформації. Електронні дисплеї : навчальний посібник / [З. Ю. Готра, В. П. Кожем'яко, З. М. Микитюк та ін.]. – Вінниця : ВНТУ, 2014. – 162 с.

					МММТ 480.005.006 - ПЗ	Арк.
						59
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

11. Що таке тактові кнопки [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://blackchip.com.ua/ru/knopki-i-pereklyuchateli/knopki-taktovye>.

12. Що таке бузер [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://zkan.com.ua/chomy/shho-take-buzer.html>.

13. DataSheets ATmega328 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://microcontrollerslab.com/atmega328p-microcontroller-pinout-prograamming-features-datasheet>.

14. Датчик напруги ZMPT101B. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://uamper.com/Датчик-переменного-напряжения-ZMPT101B>.

15. LED дисплей [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://arduino-kit.ua/product/displey-lcd-1602-blue-screen>.

16. Тактока кнопка [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://blackchip.com.ua/ru/knopki-i-pereklyuchateli/taktovaya-12h12x4-3mm>.

17. Червоний LED світлодіод [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.robostore.com.ua/svetodiod-10-mm-krasnyy>.

18. Зумер AC1407 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://3v3.com.ua/category_5851.html.

19. Стабілізатор напруги MT3608. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://electronica.in.ua/ua/p1544536408-povyshayuschij-preobrazovatel-mt3608.html>.

20. Акумулятор Samsung INR18650-35E. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://radioland.com.ua/products/sdi-inr18650-35e-akkumuljator-li-ion-18650-samsung-inr18650-35e-3450mach-8a>.

21. Бобало, Ю. Я. Математичні моделі та методи аналізу надійності радіoeлектронних, електротехнічних та програмних систем: монографія [Текст] / Ю.Я. Бобало, Б. Ю. Волочій, О. Ю. Лозинський, Б. А. Мандзій, Л. Д. Озірковський, Д. В. Федасюк, С. В. Щербаковських, В. С. Яковина. – Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2013. -300 с.

22. Надійність і діагностика електрообладнання: Підручник /О.В. Губаревич. – Сєверодонецьк: вид-во СНУ ім. В. Даля, 2016. – 248 с.

					МММТ 480.005.006 - ПЗ	Арк.
						60
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

23. Середовище розробки друкованих плат EasyEda. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://easyeda.com>.

24. Корпус платиковий 11-8 (F7) Sanhe 198x90x46мм. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://www.rcscomponents.kiev.ua/product/11-8-f7-sanhe-korpus-plastyk-198kh90kh46mm_36222.html.

25. Пожарова О. В. Охорона праці : навчальний посібник / О.О. В. Пожарова. – Одеса, 2022. – 86 с.

26. Вимоги щодо безпеки під час експлуатації електроустановок. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://dsp.gov.ua/wp-content/uploads/2024/08/vymohy-.pdf>.

27. Системи електроживлення електронної апаратури. Конспект лекцій для студентів спеціальності 171 «Електроніка», спеціалізації 8(7).050802 «Електронні системи». - К.: НТУУ «КПІ», 2016. – 180 с.

					МММТ 480.005.006 - ПЗ	Арк.
						61
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		