

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

**Факультет електроніки
Кафедра мікроелектроніки**

До захисту допущено:
В.о. завідувача кафедри
_____ Дмитро ТАТАРЧУК
«__» _____ 20__ р.

Дипломна робота
на здобуття ступеня бакалавра
за освітньо-професійною програмою «Мікро- та наноелектроніка»
спеціальності 153 «Мікро- та наносистемна техніка»
на тему: «Однофазне реле для захисту обладнання від перепадів напруги»

Виконала:
студентка IV курсу, групи ДП-92,
Іллющенко Мар'яна Володимирівна _____

Керівник: доц. каф. МЕ, к.т.н., доц.,
Діденко Юрій Вікторович _____

Консультант з нормоконтролю: ст. викл. каф. МЕ, к.т.н.,
Королевич Любомир Миколайович _____

Консультант з інформаційних питань: доц. каф. МЕ, к.т.н., доц.,
Діденко Юрій Вікторович _____

Рецензент: _____

Засвідчую, що у цій дипломній роботі немає
запозичень з праць інших авторів без
відповідних посилань.

Студент (-ка) _____

Київ – 2023 року

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Факультет електроніки

Кафедра мікроелектроніки

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

Спеціальність – 153 «Мікро- та наносистемна техніка»

Освітньо-професійна програма «Мікро- та наноелектроніка»

ЗАТВЕРДЖУЮ

В.о. завідувача кафедри

_____ Дмитро ТАТАРЧУК

«___» _____ 20__ р.

ЗАВДАННЯ

на дипломну роботу студенту

Іллющенко Мар'яні Володимирівні

1. Тема роботи «Однофазне реле для захисту обладнання від перепадів напруги», керівник роботи Діденко Юрій Вікторович, доц. каф. МЕ, к.т.н., доц., затверджені наказом по університету від «___» _____ 20__ р. № _____
2. Термін подання студентом роботи _____
3. Вихідні дані до роботи: мікроконтролер PIC16F877A із вбудованим аналого-цифровим перетворювачем.
4. Зміст роботи: вивчити принципи роботи однофазного реле для захисту обладнання від перепадів напруги живлення. Розробити та протестувати електронний пристрій, призначений для захисту обладнання від шкідливих перепадів напруги в електромережі.
5. Перелік ілюстративного матеріалу (із зазначенням плакатів, презентацій тощо): презентація – короткий огляд методів захисту обладнання від перепадів напруги, алгоритм роботи та електрична принципова схема однофазного реле напруги, шляхи модернізації приладу.

6. Консультанти розділів роботи*

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Схемотехнічне проектування реле напруги	Татарчук Д. Д., в. о. завдувача кафедри, д.т.н., доцент		

7. Дата видачі завдання _____

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання дипломної роботи	Термін виконання етапів роботи	Відмітка про виконання
1	Пошук та ознайомлення з літературними джерелами	17.04.2023р.- 21.04.2023р.	
2	Розробка електричної схеми та початок розробки алгоритму її роботи.	24.04.2023р.- 28.04.2023р.	
3	Внесення корективів до електричної схеми та розробленого алгоритму.	01.05.2023р.- 05.05.2023р.	
4	Моделювання електричної принципової схеми.	08.05.2023р.- 12.05.2023р.	
5	Корегування електричної принципової схеми, доопрацювання літератури, висновки.	15.05.2023р.- 19.05.2023р.	
6	Формування чорнового варіанту дипломної роботи.	22.05.2023р.- 02.06.2023р.	
7	Кінцевий варіант дипломної роботи.	03.06.2023р.	

Студент

Мар'яна ІЛЛЮЩЕНКО

Керівник

Юрій ДІДЕНКО

РЕФЕРАТ

Тема роботи: «Однофазне реле для захисту обладнання від перепадів напруги».

Текстова частина дипломної роботи: 61 сторінка, 11 рисунків, 31 джерело.

Об'єкт дослідження: системи захисту обладнання від перепадів напруги.

Предмет дослідження: однофазне реле напруги. Розробка та моделювання електричної схеми реле напруги.

Мета роботи: вивчити принципи роботи однофазного реле для захисту обладнання від перепадів напруги живлення. Розробити та протестувати електронний пристрій, призначений для захисту електричного обладнання від шкідливих перепадів напруги в електромережі.

Значимість роботи: розробка однофазного реле напруги є важливою для забезпечення надійності та безпеки роботи електричного обладнання.

Перепади напруги можуть спричинити серйозні проблеми, такі як збій у роботі обладнання, пошкодження електричних компонентів, а в найгіршому випадку – пожежу. Тому, розробка та впровадження електронного пристрою, який забезпечує захист електричного обладнання від шкідливих перепадів напруги в електричній мережі, є дуже важливою задачею. Такий пристрій може допомогти зменшити вартість ремонту та заміни обладнання, підвищити безпеку роботи пристроїв, а також зменшити ризик виникнення пожеж.

Ключові слова: захист від перенапруги, реле напруги, мікроконтролер, напруга.

ABSTRACT

The theme of the work is a single-phase relay for protection of equipment from voltage fluctuations.

Text part of the thesis: 61 pages, 11 figures, 31 sources.

Research object: equipment protection systems against voltage drops.

Subject of research: single-phase voltage relay. Development and modeling of the electrical circuit of the voltage relay.

Aim of the work: To study the principles of operation of a single-phase relay for protection of equipment from voltage fluctuations in the power supply. To develop and test an electronic device designed to protect electrical equipment from harmful voltage fluctuations in the power grid.

The significance of this work lies in the development of a single-phase voltage relay, which is important for ensuring the reliability and safety of electrical equipment operation. Voltage fluctuations can cause serious problems such as equipment malfunction, damage to electrical components, and in the worst case - fire. Therefore, the development and implementation of an electronic device that provides protection for electrical equipment from harmful voltage fluctuations in the power grid is a very important task. Such a device can help reduce the cost of equipment repair and replacement, increase the safety of device operation, and reduce the risk of fire.

Key words: overvoltage protection, voltage relay, microcontroller, voltage.

ЗМІСТ

	Стор.
ВСТУП	7
1. ОДНОФАЗНЕ РЕЛЕ ДЛЯ ЗАХИСТУ ОБЛАДНАННЯ ВІД ПЕРЕПАДІВ НАПРУГИ	8
1.1. Принцип роботи	8
1.2. Характеристики однофазного реле напруги для захисту обладнання від перепадів напруги	14
ВИСНОВКИ ПО ПЕРШОМУ РОЗДІЛУ	18
2. СХЕМОТЕХНІЧНЕ ПРОЄКТУВАННЯ РЕЛЕ НАПРУГИ	19
2.1. Компоненти схеми	19
2.2. Схема реле напруги	36
2.3. Вдосконалення та оптимізація реле напруги	42
ВИСНОВКИ ПО ДРУГОМУ РОЗДІЛУ	47
ОСНОВНІ РЕЗУЛЬТАТИ ТА ВИСНОВКИ	48
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	49
ДОДАТОК А	52

ВСТУП

У сучасних умовах електрообладнання є невід'ємною частиною нашого життя, а його надійність і безпека залежать від багатьох факторів, у тому числі від якості електропостачання. Однією з найпоширеніших проблем є перепади напруги в електромережі, які можуть призвести до виходу обладнання з ладу, пошкодження і навіть нещасних випадків.

Сьогодні, на жаль, українці часто стикаються з проблемами електропостачання, що призводить до перепадів напруги. Постійні відключення електроенергії та перебої в електропостачанні є для нас реальністю і можуть призвести до значних збитків, впливаючи як на економіку, так і на безпеку промислових і побутових систем.

Розробка однофазних реле напруги для захисту обладнання від перепадів напруги є дуже важливим завданням в Україні, запобігаючи пошкодженню обладнання, викликаному непередбачуваними коливаннями напруги в електромережі. Реле напруги є ефективним і надійним засобом захисту, допомагають забезпечити стабільну роботу електрообладнання та зменшити витрати на ремонт і заміну. Вони також забезпечують безпеку електротехнічних виробів і допомагають запобігти нещасним випадкам, спричиненим перевищенням номінальної напруги. Тому розробка ефективних обмежувачів перепадів напруги є актуальною проблемою.

Тому **завданнями даної роботи** є вивчення принципу роботи однофазних реле для захисту обладнання від стрибків напруги та розробка електронного пристрою, призначеного для захисту електрообладнання від шкідливих коливань напруги в електромережі.

1. ОДНОФАЗНЕ РЕЛЕ ДЛЯ ЗАХИСТУ ОБЛАДНАННЯ ВІД ПЕРЕПАДІВ НАПРУГИ

1.1. Принцип роботи

Реле – це електромеханічні пристрої, які можна використовувати для встановлення та розриву електричних з'єднань. Вони складаються з гнучких, рухомих механічних частин і можуть управлятися електронним способом за допомогою електромагнітів. По суті, реле схоже на механічний вимикач, але замість того, щоб вмикати і вимикати його вручну, ним можна керувати за допомогою електронного сигналу.

Іншими словами, реле – це перемикач, який електромеханічно керує (розмикає і замикає) коло. Основне завдання пристрою – вмикати і вимикати за допомогою сигналів замикання або розмикання контактів без втручання людини. В основному використовується для керування колами великої потужності за допомогою сигналів малої потужності. Існує багато різних типів реле, кожен з яких має своє застосування, але стандартне і найбільш поширене реле складається з електромагніту і часто використовується як вимикач [4].

Сучасні реле напруги мають багато переваг. Широкий спектр застосування робить їх універсальним електричним пристроєм, який надійно захищає електроустановки від будь-яких непередбачуваних ситуацій. І це найголовніше. Використання реле усуває необхідність дорогого ремонту через поломки електрообладнання, спричинені стрибками напруги. Діапазон робочих температур від -20 до $+40^{\circ}\text{C}$ дозволяє використовувати їх як у приміщеннях, так і на вулиці. Також моделі реле мають естетичний вигляд і не порушують своєю присутністю гармонію інтер'єру будівлі. Ринок пропонує широкий вибір реле, що дозволяє вибрати оптимальне реле як за характеристиками, так і за ціною [7]. На рис. 1.1 наведений вигляд одного із сучасних реле напруги.



Рисунок 1.1 - Приклад вигляду сучасного реле напруги [8]

Логічна схема електричного реле показана на рисунку 1.2. Компоненти можуть бути електромеханічними, електронними або обома. Логічні функції є загальними і можуть бути реалізовані в кожному конкретному пристрої, а в деяких випадках можуть бути непотрібними. Конкретна конструкція і функції сильно відрізняються залежно від вимог застосування, різних виробників і тривалості використання конкретної конструкції. Спочатку всі захисні реле були електромеханічними. Електромеханічні реле все ще широко використовуються і продовжують вироблятися і застосовуватися. У 1970-х роках з'явилися електронні реле аналогового типу з використанням дискретних електронних компонентів. В останні роки були розроблені мікропроцесорні електронні реле, які стають все більш популярними.

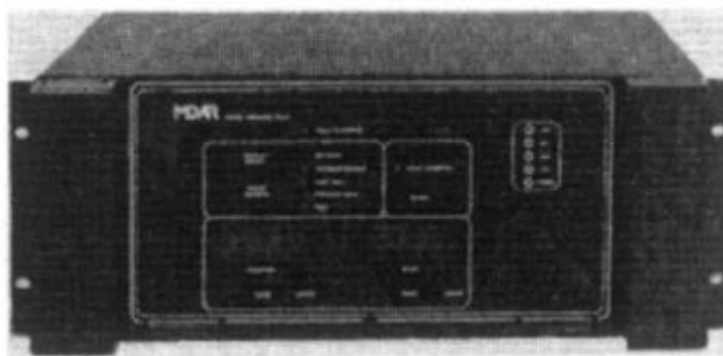


Рисунок 1.2 - Логічне представлення електричного реле [5]

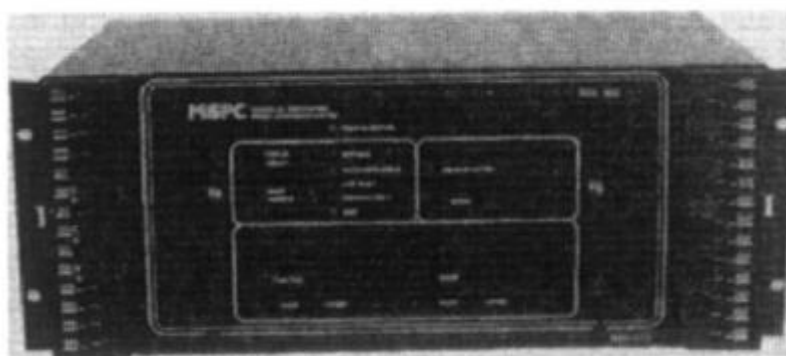
Мікропроцесорні реле іноді називають цифровими реле. В електронних реле принципи та основи захисту залишаються в основному тими самими, і питання надійності захисту залишаються тими самими. Мікропроцесорні реле мають багато переваг, таких як вища точність, менша площа, менші витрати на обладнання та встановлення, широкий спектр можливостей застосування та конфігурації, а також різні інШтучний інтелект бажані додаткові функції. Ці функції включають логіку керування, віддалений та одноранговий зв'язок, збір даних, реєстрацію подій, локалізацію несправностей, віддалену конфігурацію, самоконтроль та верифікацію [5]. Характеристики цих функцій залежать від типу реле та виробника. Типи реле захисту показані на рисунку 1.3.

Багато сучасних мікропроцесорних реле використовують дисплеї (наприклад, рідкокристалічні). Ці дисплеї зазвичай відображають інформацію про налаштування реле, вимірювання, події та стан самодіагностики. Налаштування реле також можна змінювати через інтерфейс дисплея без використання терміналу передачі даних. У мікропроцесорних реле цільова інформація зазвичай відображається за допомогою світлодіодів, які ідентифікують захисну функцію, що ініціювала відключення, та іншу інформацію, наприклад, тип виявленої несправності. Клемні колодки зазвичай розташовані на задній панелі реле і з'єднують різні необхідні входи і виходи, передбачені реле. Комунікаційні порти призначені для передачі цифрових даних [5].

Однофазні реле захисту від перепадів напруги – це пристрої для захисту електрообладнання від небажаних стрибків напруги. Ці типи реле часто використовуються для захисту побутової техніки та окремих ліній електропередачі.



(a)



(б)



(в)

Рисунок. 1. 3 - Типові твердотільні мікропроцесорні реле для захисту енергосистеми: (а-в) Монтаж в стійку: (а) трифазне і заземлення, (б) роздільне порівняння фаз, (в) фазне і заземлення з пілотними можливостями [5]

Однофазні реле можуть мати різні типи підключення. Промисловістю випускаються реле як сталого, так і змінного струму, і різних типів навантаження. Вони також можуть мати різні режими роботи, наприклад, автоматичний або ручний.

Існують різні типи однофазних реле для захисту обладнання від перепадів напруги, в тому числі реле плавного пуску, реле з плавкими вставками і реле з

пристроями захисту від перенапруги. Тип реле підбирається відповідно до конкретних потреб і характеристик електрообладнання.

Розробники електроніки часто ігнорують реле через їхню просту конструкцію. Вони часто зосереджуються на різних аспектах релейного керування, а вибір виконавчого механізму ґрунтується лише на принципі "що підходить", "яка б напруга не була" або "що б хтось інший не вибрав". Такий підхід призводить до багатьох проблем, оскільки правильний вибір параметрів реле для конкретного застосування так само важливий, як і правильний вибір транзисторів та інших напівпровідникових компонентів [1].

Реле виконують декілька основних функцій:

- вони електрично відокремлюють коло керування від кола живлення навантаження. Навіть невеликі реле можуть витримувати напругу до 1 кВ і, таким чином, забезпечують безпеку користувача.

- вони перетворюють низьку напругу, що генерується в колі керування, в нормальну напругу, яка набагато вища, ніж напруга, що генерується в колі навантаження.

- невелике (0,3....0,5 Вт) джерело живлення дає змогу комутувати великі навантаження (висока напруга, великий струм) [1].

- захист від перенавантаження і захист від завищеної та заниженої електричної напруги. Якщо напруга виходить за межі безпечної роботи приладу, реле розриває коло живлення, запобігаючи можливим пошкодженням.

На українському ринку електричних пристроїв представлений широкий асортимент реле напруги для захисту однофазних побутових споживачів електроенергії від неприпустимих відхилень напруги в електромережі шляхом відключення навантаження від аварійної мережі живлення.

Такі реле автоматично відновлюють підключення споживачів до мережі електропостачання після повернення напруги до нормального рівня. Асортимент таких реле представлений вітчизняними та зарубіжними виробниками і наразі є достатньо різноманітним за технічними характеристиками, способами технічної реалізації, дизайном, алгоритмами роботи та функціями конфігурації [2].

Українські виробники реле напруги це такі компанії як Zubr, Новатек-Електро, DigiTOP, ПромАвтоматика.

ZUBR – торгова марка ТОВ "ДС Електроніка" українського виробника реле напруги. Під торговою маркою ZUBR компанія випускає широкий асортимент пристроїв, які можуть встановлюватися як в розетки, так і на din-рейки. Виробник гарантує безпеку в експлуатації пристроїв завдяки їх термозахисту та самозатухаючому пластиковому корпусу. Добре продумані і з широким набором функцій, DS Electronics застосовує передові технології у виробництві своєї продукції і використовує тільки надійні компоненти від світових виробників, таких як EPCOS, Samsung і HTC [9].

Novatec Electro – вітчизняна компанія з виробництва електротехнічної продукції. Основними напрямками спеціалізації компанії є розробка та впровадження промислових реле, а також "розумної" електроніки та різноманітних систем для створення автоматизованих технічних процесів, що підвищують ефективність виробництва та полегшують роботу користувачів [10].

DigiTOP – сьогодні бренд DigiTOP користується широкою популярністю за межами України і активно продається в країнах ближнього і далекого зарубіжжя, включаючи Східну Європу, Туреччину і Казахстан. Розпочавши свою історію з виробництва лише декількох лінійок продукції, компанія завоювала міцні позиції на українському та зарубіжних ринках. Сьогодні вона розробляє та виготовляє повний спектр низьковольтного електротехнічного обладнання, пропонуючи доступні ціни та якісний сервіс [12].

Промавтоматика – український виробник і постачальник електротехнічного обладнання. Компанія спеціалізується на розробці та подальшому виробництві електротехнічного обладнання, продажу власної продукції та представництві інших вітчизняних та міжнародних виробників. Компанія також здійснює автоматизацію технологічних процесів, електромонтажні роботи та будівництво сонячних електростанцій [11].

1.2. Характеристики однофазного реле напруги для захисту обладнання від перепадів напруги

Більшість сучасних реле захисту та керування є одноканальними, тобто сегмент мережі може бути «підключений» до такого пристрою, і захист буде базуватися на всіх факторах (напруга, потужність тощо), які надає реле. Але є і двоканальні моделі, розділені за ступенем захисту: як у трифазного реле, один канал може відповідати за напругу і синхронний захист фаз, другий канал може відповідати за частоту мережі, можна підключати абсолютно різні сегменти мережі. Для цих каналів кожен канал має власне незалежне навантаження [6].

Номінальна потужність реле – це кіловольт-ампер, тобто максимальна сумарна потужність навантаження, при якій пристрій може нормально працювати. Вибираючи реле керування для мережі змінного струму, найкраще враховувати сумарну споживану потужність, особливо якщо ви плануєте підключати пристрої з електродвигунами. Однак багато сучасних пристроїв через свої характеристики вказують лише активну потужність (у кіловатах).

Для реле напруги номінальний струм – це максимальний струм, дозволений для пристрою та сегмента мережі, який він захищає, без обмежень – по суті, максимальний струм під час нормальної роботи. Цей струм може бути перевищений, але лише на короткі проміжки часу (до декількох хвилин) і лише доти, доки не буде перевищено максимальний струм. Обладнання з функцією реле струму або реле потужності може працювати таким чином, що якщо фактичний струм знаходиться між номінальним і максимальним струмом, реле переходить у режим "затримки вимкнення" і вимикається через заданий час (наприклад, 10 хвилин). Це запобігає перевантаженням через тривалу роботу з високими струмами або непотрібним перериванням живлення у разі високих короткочасних допустимих навантажень [6].

Номінальні потужності реле сталої напруги зазвичай становлять (категорія застосування AC-1): 3,5; 4,4; 5,5; 7,0; 8,8; 11,0; 13,8 кВА, що відповідає номінальним значенням струму реле 16, 20, 25, 32, 40, 50 і 63 А при номінальній

напрузі 220 В. Ці номінальні значення доступні в стандартних назвах моделей більшості виробників реле, керованих напругою. Деякі виробники також випускають додаткові реле напруги, розраховані на струми 5, 8 і 10 А.

Кількість фаз, на які розраховане реле.

1. Однофазне живлення подається від знайомих усім побутових розеток 230 В. Власне, деякі реле для цієї напруги навіть випускаються у вигляді адаптерів для розеток (див. розділ "Встановлення"). Втім, випускаються моделі і для інших значень змінної напруги, наприклад, 110 В.
2. Трифазні блоки живлення з напругою 400 В в основному використовуються для "ненажерливої" техніки, яка не може отримати достатню потужність в мережах 230 В. Слід також враховувати, що розподільні щитки в приватних будинках часто підключаються до трифазного джерела, причому на кожен фазу розподіляється більша потужність. Однак у таких випадках вважається більш розумним використовувати три реле на кожен фазу замість трифазного пристрою. У першому випадку в разі відключення електроенергії без світла залишиться лише частина домашньої мережі, тоді як у другому випадку без електрики залишиться вся мережа [6].

Стандартна установка реле.

1. Пристрій, який підключається до стандартної розетки 230 В. Часто розглядаються як адаптер, який вставляється безпосередньо в розетку, але ці пристрої мають власне гніздо на корпусі для стандартної вилки. Такі моделі можна використовувати у найпростіший спосіб: просто вставити вилку в розетку. Як наслідок, вони мобільні і можуть бути легко переміщені з місця на місце за потреби. З іншого боку, "розеткові" реле можна використовувати лише для захисту окремих пристроїв, і їхні функції набагато скромніші, ніж у тих, що монтуються на рейку.
2. DIN-рейка. Монтуються на стандартизовані рейки, які використовуються для монтажу різного типу обладнання в розподільчих щитах. Такі реле призначені для захисту досить великих сегментів мережі, наприклад, цілих багатоквартирних будинків. Вони складніші інтелект за "розеткові" реле і

можуть витримувати більші струми, але встановлення таких пристроїв вимагає професійних навичок [6].

Діапазон налаштування часу затримки на повторне увімкнення реле напруги може відрізнятися у різних виробників. Виходячи з паспортів реле, можна сказати, що діапазон регулювання часу повторного увімкнення може починатися від 0,1 до 0,3 секунди і закінчуватися значенням 999 секунд.

Як правило, якщо інше не зазначено в технічному паспорті конкретного виробу, реле розробляються і виготовляються відповідно до таких європейських і міжнародних стандартів:

- *EN 61810-1* видання 2, *IED 61810-7*, *EN 60255-23* для реле *HI*, *NC*, *CO*
- *EN 61812-1* для реле часу.
- *EN 60669-1* і *EN 60669-2-2* для електромеханічних сходових реле (для керування освітленням сходової клітки).
- *EN 60669-1*, *EN 60669-2-1* та *EN 60669-2-3* для електронних сходових реле, сходові вимикачі та реле керування світлом.

У європейських термінах інші стандарти використовуються як посилання для питань, пов'язаних з:

- *VDE 0106* як базовий
- *EN 60335 (VDE 0700)* для домашнього застосування, рекомендована відстань 8 мм між выводами котушки та контактами,
- *EN 50178 (VDE 0160)* для промислового застосування, рекомендовано відстань 5,5 мм і від 6,4 до 8 мм між проводами котушки і контакти.

Відповідно до *EN 61810-1*, всі параметри наведено для стандартних умов навколишнього середовища, тобто 23°C, тиску повітря 96 кПа, вологості 50%, свіжого повітря і частоти змінного струму 50 Гц. Допуски на опір котушки, втрати потужності та поглинання становлять $\pm 10\%$.

Легко зрозуміти, що різні умови навколишнього середовища змінюють електричні параметри реле. Особливо це стосується втрат потужності в котушці соленоїда та термоелектрорушійних напруг на контактних затискачах реле [1].

При виборі реле слід пам'ятати, що категорія застосування реле АС-1 відповідає комутації неіндуктивних або слабоіндуктивних навантажень з максимальним коефіцієнтом потужності $\cos\varphi = 0,8$, тому активна потужність реле становить 80% повної його потужності [2].

ВИСНОВКИ ПО ПЕРШОМУ РОЗДІЛУ

Описано роботу однофазних реле для захисту обладнання від перепадів напруги. Представлено різні типи однофазних реле, які застосовуються залежно від вимог і особливостей конкретної системи. Показано, що при виборі та проектуванні реле для конкретного застосування важливими є врахування параметрів напруги, струму, часу спрацювання та переключення, а також наявність захисних функцій, таких як недопущення небажаних спалахів, вимикачів під час струмових перевантажень і забезпечення надійного відключення обладнання в разі нестабільності напруги.

На основі аналізу вітчизняного ринку електронних приладів показано, що в Україні працює декілька виробників реле напруги, що забезпечує можливість отримання якісних і надійних рішень для захисту обладнання.

Основними аспектами застосування однофазних реле для захисту обладнання від стрибків напруги є точність спрацьовування реле при різних рівнях перепадів напруги, швидкість реакції реле на виникнення перепаду, а також надійність і тривалий термін служби реле. Крім того, важливим аспектом є вибір правильного типу однофазного реле, з урахуванням його властивостей, які повинні відповідати вимогам конкретної системи та обладнання. Ретельний аналіз цих аспектів допомагає забезпечити ефективну роботу реле та надійний захист обладнання від небажаних перепадів напруги.

2. СХЕМОТЕХНІЧНЕ ПРОЄКТУВАННЯ РЕЛЕ НАПРУГИ

2.1. Компоненти схеми

Датчики напруги використовуються для вимірювання напруги мережі змінного струму. Датчик напруги використовується як диференціальний підсилювач для зниження рівня напруги з 220 В змінного струму до 2,8 В змінного струму або з пікової напруги 311 В змінного струму до 3,96 В змінного струму пікової синусоїдальної напруги. Диференціальні підсилювачі використовуються як схеми формування сигналу для перетворення високої напруги мережі змінного струму в більш низьку напругу, яку легше зчитувати мікроконтролеру. Це пов'язано з тим, що аналого-цифровий перетворювач мікроконтролера не може зчитувати напругу вище 5 вольт, а напруга вище 5 вольт може пошкодити мікроконтролер. Тому в якості схеми формування сигналу використовується диференціальний підсилювач, а напруга зменшується шляхом регулювання коефіцієнта підсилення диференціального підсилювача [13].

Існує кілька типів датчиків напруги залежно від їх принципу роботи:

1. Резистивні датчики напруги: вони використовують зміну опору матеріалу при зміні напруги. Найпоширенішими резистивними датчиками є датчики ділення напруги, де використовується резисторний подільник для зменшення напруги до зручного діапазону для вимірювання.
2. Ємнісні датчики напруги: вони вимірюють зміну ємності при зміні напруги. Ці датчики широко використовуються в сенсорних екранах, де зміна напруги призводить до зміни ємності та реєструється сенсорами.
3. Трансформаторні датчики напруги: вони використовують перетворення напруги за допомогою трансформатора. Високовольтний провідник пропускається через трансформатор, який зменшує його рівень напруги до значення, придатного для вимірювання.

4. П'єзоелектричні датчики напруги: вони використовують матеріали, які генерують електричний сигнал при прикладанні механічного тиску або напруги [14].

Реле використовуються для вмикання та вимикання живлення від мережі. Реле отримує сигнал керування від мікроконтролера через транзистор. Щоб запобігти іскрінню в разі виникнення зворотної ЕРС, паралельно контактам котушки реле використовується діод. Це пов'язано з тим, що котушка виготовлена з індуктивного матеріалу. Вибір реле залежить від навантажень в будинку. Наприклад, максимальне навантаження для побутових приладів становить 10 ампер. Тому слід використовувати реле на 10 ампер [13].

Реле напруги OMRON G2RL1E5DC - це електромеханічний пристрій, який використовується для керування електричним колом шляхом перемикавання контактів під дією електромагнітних сил. Працює за принципом електромагнітного реле.

Принцип роботи реле G2RL1E5DC полягає у використанні котушки, яка є основною частиною реле. Коли через котушку протікає струм, створюється магнітне поле, яке впливає на механічний механізм, що перемикає контакти. Реле має металевий якір, який вільний, коли котушка неактивна.

Коли через котушку реле проходить струм керування, створюється магнітне поле. Це магнітне поле притягує металевий якір і змушує його рухатися в напрямку котушки. Цей рух якоря призводить до зміни контактів.

Реле G2RL1E5DC має контакт, який може розмикатися або замикатися в залежності від стану реле. Коли котушка неактивна (немає керуючого струму), контакти знаходяться в початковому стані (тобто розімкнуті).

Коли котушка реле активована, магнітне поле притягує якір і механізм перемикавання контактів рухається. Зазвичай, коли якір притягується, контакти замикаються, тобто є замкнутими. Це створює електричне з'єднання в ланцюзі і дозволяє струму протікати через контакти.

Коли керуючий струм знімається з котушки реле, магнітне поле знімається і механізм перемикавання повертається у вихідне положення. Це призводить до того,

що контакти розмикаються, тобто залишаються розімкненими, і струм більше не протікає.

Принцип дії реле G2RL1E5DC полягає в перемиканні контактів за допомогою електромагнітних сил. Це дозволяє реле керувати електричними ланцюгами, регулювати струми та вмикати і вимикати електрообладнання за потребою. Таким чином, це реле можна використовувати в різних сферах застосування, де потрібен контроль електричних навантажень за допомогою моніторингу напруги.

Технічні характеристики реле напруги Omron G2RL1E5DC включають в себе наступні параметри [15]:

1. Контакт:

- 1) Кількість контактів: 1 нормально відкритий (NO) контакт
- 2) Максимальний струм: 16 Ампер (при 250 Вольтах змінного струму (AC)) або 20 Ампер (при 30 Вольтах сталого струму (DC))
- 3) Максимальна напруга: 250 Вольт змінного струму (AC) або 30 Вольт сталого струму (DC)
- 4) Максимальна потужність: 4000 Вольт-Ампер (VA)
- 5) Максимальне опір замкненого контакту: 50 мОм

2. Котушка:

- 1) Робоча напруга: 5 Вольт сталого струму (DC)
- 2) Керуючий струм: 70 мА

3. Характеристики ізоляції:

- 1) Між контактами та котушкою: 1000 Вольт змінного струму (AC) протягом 1 хвилини
- 2) Між виходами контактів: 1000 Вольт змінного струму (AC) протягом 1 хвилини
- 3) Між контактами та котушкою/виходами: 2500 Вольт змінного струму (AC) протягом 1 хвилини

4. Механічні характеристики:

- 1) Час перемикання: менше 10 мс
- 2) Механічний ресурс: 10 мільйонів операцій

5. Електричні характеристики котушки:

1) Омічний опір: 70 Ом при 20°C

6. Екологічні характеристики:

1) Діапазон робочих температур: від -40°C до +70°C

2) Діапазон зберігання: від -40°C до +85°C

7. Розміри:

1) Розміри (Д x Ш x В): 20.3 мм x 10.2 мм x 11.5 мм

2) Вага: близько 5 грам

Ці технічні характеристики реле G2RL1E5DC Omron дозволяють ефективно і надійно керувати електричними навантаженнями зі зазначеними параметрами напруги та струму. Враховуючи механічну міцність та високу швидкість перемикання, це реле є популярним в різних промислових застосуваннях, де потрібно надійне керування електричними колами.

Включення реле напруги G2RL1E5DC Omron в схему включає підключення керуючого струму до котушки реле та підключення навантаження до контактів реле. Для правильного включення і роботи реле необхідно знайти клеми котушки реле, які зазвичай позначені на корпусі реле. Підключити полюси котушки до джерела живлення. Зазвичай на клеммах котушки є два полюси – додатний та від’ємний. Переконайтеся, що використовувана напруга для живлення котушки відповідає робочій напрузі, зазначеній в технічних характеристиках реле.

Далі необхідно знайти контакти реле, які зазвичай позначені на корпусі реле або в технічних документах та визначити, який контакт використовуватиметься для замикання або розмикання електричного кола. У випадку реле G2RL1E5DC це буде один нормально відкритий контакт. Після цього підключити навантаження до контакту реле та з'єднати один полюс навантаження з контактом реле, а інший полюс навантаження з відповідним полюсом джерела живлення.

Важливо ретельно перевірити правильність підключення котушки та контактів реле, щоб уникнути перекосів або неправильного з'єднання та впевнитись, що використовувані провідники та з'єднання відповідають вимогам електричної безпеки та витримують необхідний струм та напругу.

Дисплей використовується для відображення значень напруги та стану джерела живлення. Якщо напруга мережі змінного струму перевищує 20% від нормальної робочої напруги, на дисплеї з'являється напис "Fault Occur" (Несправність). В іншому випадку на дисплеї відображається напис "No Fault"; на дисплеї також відображається напруга мережі змінного струму. Наприклад, коли на джерело напруги встановлюється 200 вольт (нормальний режим роботи), має горіти лампочка і вивестись інформація (напруга та повідомлення по fault (немає помилки). Якщо ввести іншу напругу, наприклад, 250 вольт (перепад), і запустити, то воно спочатку ініціалізується, запускається, вимірює напругу і показує повідомлення fault occur (виникає несправність).

LCD дисплей, який використано для схеми, працює в 4-х бітному режимі, дані даються замість 8 біт 2 рази по 4. Спочатку посиляється старший байт, тобто якщо в нас число, наприклад, $F5_{16}$, то спочатку посиляється F на всі чотири виводи, а вже потім 5. Для того щоб послати команду, на виводі rs ставиться певний рівень, 0 чи 1, rs визначає команду чи дані ми надіслали (1 команда, 0 дані). Закорочений вивід rv при нульовому стані він визначає напрямок потоку даних чи команд від мікроконтролера на LCD. Якби там була 1 (скажемо послали 5 вольт), то напрямок був би навпаки – ми могли б контролером проконтролювати стан LCD. Але ми цього не робимо, нам це не потрібно. Тому його закоротили, щоб не використовувати зайву ніжку контролера, посадили на заземлення.

Резистор R13 це схема яскравості і підсвітки. Підбираючи та міняючи його номінал, можна збільшити яскравість дисплея, чи навпаки зробити його менш яскравим на схемі. Всередині екрана є світлодіод, і чим менше опір резистора, тим більше струм протікає через нього, відповідно яскравіше світиться світлодіод. Сам сигнал для запису команди чи даних в LCD визначається виводом en. Установка даних на виводах b4-b7 відбувається коли en=1, а запис їх в LCD коли en змінюється з 1 на 0. Для запису наступної команди чи даних потрібно знову встановити високий рівень (en=1), записати на чотири виводи потрібне значення і знову з верхнього положення в нижнє (з 1 в 0).

Стабілізатори напруги – це пристрої, які використовуються для забезпечення стабільного рівня напруги в електричних системах. Вони захищають підключені пристрої від коливань та високих чи низьких значень напруги, що можуть негативно вплинути на їхню роботу. Стабілізатори напруги можуть мати різні варіанти підключення, включаючи однофазні та трифазні системи.

Існує кілька типів стабілізаторів напруги, включаючи релейні стабілізатори, трансформаторні стабілізатори, електронні стабілізатори та гібридні стабілізатори. Кожен з них має свої переваги та особливості в роботі.

Застосування стабілізаторів напруги може бути широким. Вони використовуються в домашніх умовах для захисту електроніки від напругових піків та зниження якості електроенергії. У комерційних будівлях та офісах вони застосовуються для забезпечення стабільного живлення комп'ютерів, серверів, мережевого обладнання та інших електронних пристроїв [17].

Основні функції стабілізаторів напруги [16]:

1. Регулювання напруги: стабілізатори напруги мають можливість автоматично змінювати свою вихідну напругу для компенсації змін вхідної напруги. Вони використовують зворотний зв'язок для постійного моніторингу рівня напруги та налаштування своєї роботи.
2. Захист від перенапруги: стабілізатори напруги виявляють перевищення вхідної напруги понад заданий діапазон і автоматично втручаються для зниження її до безпечного рівня. Це захищає підключені пристрої від можливих пошкоджень, спричинених високою напругою.
3. Захист від недостатньої напруги: стабілізатори напруги також виявляють низьку напругу та автоматично підвищують її до необхідного рівня. Це дозволяє уникнути проблем, які можуть виникнути при роботі пристроїв при недостатній напрузі.
4. Фільтрація шумів: стабілізатори напруги часто включають фільтри, які пригнічують високочастотні шуми та завади, що можуть бути присутніми у вхідній напрузі. Це допомагає покращити якість постачання електроенергії та забезпечити безперебійну роботу підключених пристроїв.

5. Захист від перенавантаження: Деякі стабілізатори напруги мають вбудовані захисні механізми, які активуються в разі перевищення максимально допустимого навантаження. Вони можуть відключити живлення підключених пристроїв, щоб запобігти пошкодженню або перегріву стабілізатора.

6. Точність і стабільність: Стабілізатори напруги зазвичай мають високу точність і стабільність вихідної напруги. Це дозволяє забезпечити надійне живлення для чутливих електронних пристроїв, які потребують стабільної вхідної напруги для правильної роботи.

Стабілізатори напруги 7805 і 7812 використовуються для регулювання напруги живлення мікроконтролера і реле 5 і 12 вольт відповідно. Понижуючий трансформатор з 220 вольт до 12 вольт і повний мостовий випрямляч використовуються для отримання сталої напруги, яка служить входом для стабілізаторів напруги [13].

Стабілізатори напруги 7805 і 7812 є популярними компонентами в електронних схемах, які вимагають стабільного живлення. Ось деякі технічні характеристики та додаткова інформація про них:

7805 [18]:

1. Тип: Лінійний стабілізатор напруги
2. Вихідна напруга: 5 вольт
3. Вхідна напруга: Звичайно від 7 до 35 вольт (залежить від виробника)
4. Максимальний струм: Зазвичай до 1 ампера (залежить від виробника)
5. Вихідна точність: $\pm 5\%$
6. Потужність розсіювання: Зазвичай до 2 ватт (залежить від виробника)
7. Захист: Вбудований захист від перевантаження, температурний захист
8. Корпус: Звичайно TO-220 або TO-92

7812 [19]:

1. Тип: Лінійний стабілізатор напруги
2. Вихідна напруга: 12 вольт
3. Вхідна напруга: Звичайно від 14 до 35 вольт (залежить від виробника)
4. Максимальний струм: Зазвичай до 1 ампера (залежить від виробника)

5. Вихідна точність: $\pm 4\%$
6. Потужність розсіювання: Зазвичай до 2 ватт (залежить від виробника)
7. Захист: Вбудований захист від перевантаження, температурний захист
8. Корпус: Звичайно TO-220 або TO-92

Обидва стабілізатори мають схожий принцип роботи і використовують внутрішні силові транзистори для регулювання вихідної напруги. Вони стабілізують напругу живлення і підтримують постійну вихідну напругу незалежно від змін вхідної напруги або навантаження.

Стабілізатори також мають внутрішній механізм захисту від перевантаження та перегріву. Це забезпечує надійну та безпечну роботу підключеного обладнання.

Оскільки 7805 і 7812 є лінійними стабілізаторами напруги, важливо враховувати, що значна частина вхідної енергії може споживатися у вигляді тепла. Це може бути важливим фактором при розрахунку необхідного тепловідведення і при використанні радіаторів для охолодження.

Загалом, стабілізатори напруги 7805 і 7812 є надійними і поширеними компонентами для регулювання напруги живлення електронних схем. Вони можуть забезпечити стабільну і точну напругу для електронних пристроїв, таких як мікроконтролери і реле.

Мікроконтролер PIC16F877A використовується для того, щоб зробити цей проект розумним та інтелектуальним. АЦП мікроконтролера PIC використовується для вимірювання аналогової напруги змінного струму.

Керувальний сигнал від мікроконтролера PIC використовується для вмикання та вимикання транзисторів, які керують реле. Мікроконтролер зчитує значення аналогової напруги і відображає їх на дисплеї. Насправді, розміщення цього мікроконтролера зробило проект настільки розумним та інтелектуальним, що він може автоматично виконувати дії управління у випадку низької або високої напруги. Він також може автоматично вмикати та вимикати живлення без будь-якого втручання людини [13].

Мікроконтролери - це компактні обчислювальні пристрої, які поєднують центральний процесор, пам'ять і периферійні пристрої на одному кристалі. Вони

призначені для управління та взаємодії із зовнішніми пристроями, виконання завдань і обробки даних в режимі реального часу.

Принцип роботи мікроконтролера заснований на виконанні програми, що зберігається в пам'яті мікроконтролера. Мікроконтролер зчитує інструкції одну за одною з пам'яті програм. Ці інструкції визначають операції, які потрібно виконати. Завантажені інструкції розкладаються на окремі інструкції та операнди. Це дозволяє мікроконтролеру зрозуміти операцію, яку потрібно виконати, і дані, які потрібно використати.

Мікроконтролер виконує розпізнані інструкції. Ці інструкції можуть бути арифметичними, логічними, керуючими або руховими операціями. Виконання включає в себе маніпулювання даними, збереження результатів і зміну стану периферійних пристроїв.

Мікроконтролери мають вбудовані периферійні пристрої, такі як АЦП (аналого-цифровий перетворювач), таймери, UART (універсальний асинхронний приймач) і SPI (послідовний периферійний інтерфейс), вони можуть спілкуватися із зовнішніми пристроями. Через ці периферійні пристрої мікроконтролер може зчитувати дані з датчиків, керувати виконавчими пристроями та спілкуватися з іншими пристроями.

Мікроконтролери можуть реагувати на переривання, викликані зовнішніми подіями, такими як натискання кнопки або закінчення таймера. Коли відбувається переривання, поточна програма переривається і управління передається на відповідне переривання, після чого програма відновлюється з того місця, де вона зупинилася [20].

Мікроконтролер PIC16F877A також може виконувати переривання при настанні певних подій, таких як зміна вхідного сигналу або закінчення таймера. Переривання дозволяє поточній програмі призупинити виконання для обробки події, а потім повернутися до основної програми.

Цей безперервний цикл зчитування, декодування і виконання інструкцій дозволяє мікроконтролеру виконувати завдання в реальному часі. Залежно від конкретних вимог і застосувань, мікроконтролери можуть працювати в різних

режимах, таких як сплячий режим або режим енергозбереження для зменшення енергоспоживання.

Важливо пам'ятати, що принцип роботи мікроконтролера може відрізнятися залежно від конкретної моделі та виробника. Кожен мікроконтролер має свої особливості та функції, про які слід дізнатися з документації та технічних характеристик відповідного пристрою.

Мікроконтролер PIC16F877A є одним з найпопулярніших і широко використовуваних мікроконтролерів в сімействі PIC (Peripheral Interface Controller) компанії Microchip Technology. Він пропонує високу продуктивність, універсальність і надійність в широкому спектрі застосувань, включаючи автоматизацію, електроніку і вбудовані системи.

Ось деякі технічні характеристики мікроконтролера PIC16F877A [21]:

1. Архітектура: RISC (Reduced Instruction Set Computer)
2. Розрядність: 4-біт
3. Кількість входів/виходів (I/O): 40
4. Кількість підтримуваних підпрограм (переривань): 14
5. Кількість вбудованих аналого-цифрових перетворювачів (ADC): 8 каналів, роздільна здатність 10 біт
6. Кількість таймерів: 3 (Timer0, Timer1, Timer2)
7. Кількість компараторів: 2
8. Кількість шини UART (Universal Asynchronous Receiver-Transmitter): 1
9. Кількість шини SPI (Serial Peripheral Interface): 1
10. Кількість шини I2C (Inter-Integrated Circuit): 1
11. Пам'ять програм: 14 Кбайт Flash (з можливістю самозапису), 368 байт EEPROM, 368 байт RAM
12. Робоча напруга: 2.0-5.5 вольт
13. Частота тактового генератора: до 20 МГц
14. Корпус: 40-pin PDIP, 44-pin TQFP та 44-pin QFN (інші варіанти можуть бути доступні від різних виробників)

PIC16F877A має розширений набір функцій, що дозволяє йому виконувати різноманітні завдання. Вбудовані периферійні пристрої, такі як ADC, таймери, компаратори та інтерфейси зв'язку, забезпечують зручний інтерфейс для підключення зовнішніх пристроїв та сенсорів. Крім того, він має багато портів введення-виведення для зручного підключення до зовнішнього обладнання.

Цей мікроконтролер підтримує широкий діапазон мов програмування, включаючи асемблер, C, BASIC та Pascal. Це дозволяє розробникам використовувати їхній улюблений мовний інструментарій для програмування мікроконтролера.

Загалом, мікроконтролер PIC16F877A є потужним інструментом для розробки електронних пристроїв та вбудованих систем. Його висока продуктивність, багатофункціональність та надійність роблять його популярним вибором серед інженерів та розробників.

Для програмування мікроконтролера потрібен програматор PICKIT 2, який дозволяє записувати програми в мікроконтролер і зчитувати дані з нього, і 40-контактний адаптер PICKIT 2 Zif, щоб мікроконтролер і програматор можна було легко з'єднати без відключення і включення.

Для генерації програмного коду можна використовувати інтегроване середовище розробки MPLAB X IDE 5.20 для програмування мікроконтролера PIC; MPLAB X IDE підтримує мову C, яка широко використовується для програмування мікроконтролерів PIC.

Для початку програмування мікроконтролера PIC16F877A потрібно підключити програматор PICKIT 2 до комп'ютера та перевірити, чи він визнається операційною системою. Потім завантажити і встановити MPLAB X IDE 5.20 на комп'ютер. Після цього, підключити Zif перехідник до PICKIT 2 та вставити мікроконтролер PIC16F877A в перехідник. Далі відкрити MPLAB X IDE, створити новий проект для мікроконтролера PIC16F877A та написати програмний код на мові C, використовуючи функції та бібліотеки, які потрібні для додатку. Наступним кроком потрібно підключитись до програматора PICKIT 2 в MPLAB X IDE та скомпілювати програмний код, завантажити скомпільовану програму в

мікроконтролер PIC16F877A за допомогою програматора PICKIT 2 та перевірити правильність завантаження програми та виконання на мікроконтролері.

Додаток А містить код, який є програмою мікроконтролера, що використовується для вимірювання напруги на аналогових входних каналах АЦП та відображення результатів на рідкокристалічному лінійному дисплеї.

Основні функції, що виконуються кодом, такі: `ADC_Initialize()` ініціалізує налаштування модуля АЦП для використання; встановлюється режим роботи АЦП та джерело опорної напруги; `ADC_Read(unsigned char channel)` зчитує значення напруги з вказаного аналогового входного каналу АЦП. Функція отримує параметр `channel`, що вказує на номер каналу, з якого потрібно зчитати напругу. Функція повертає 16-бітне значення, що представляє зчитану напругу.

`Lcd_SetBit(char data_bit)`, `Lcd_Cmd(char a)`, `Lcd_Clear()`, `Lcd_Set_Cursor(char a, char b)`, `Lcd_Start()`, `Lcd_Print_Char(char data)`, `Lcd_Print_String(char *a)` - функції, що відповідають за взаємодію з РК-дисплеєм. Ці функції виконують команди і відправляють дані на екран, виводять текст і керують курсором.

Функція `main()` виконує основні алгоритми програми, тобто ініціалізує АЦП та РК-дисплей, зчитує напругу з аналогового входного каналу АЦП та зберігає максимальне значення у змінній і за допомогою циклу `for`.

У нескінченному циклі напруга знову зчитується з АЦП і порівнюється з попереднім максимальним значенням `i`. Якщо зчитане значення більше, воно стає новим максимальним значенням `i`. Потім `i` обробляється для отримання окремих цифр і відображається на РК-дисплеї.

Значення `h` використовується для перевірки наявності функціональної помилки: Якщо значення `h` менше 865, на екран виводиться повідомлення "Помилки немає". В іншому випадку відображається повідомлення "Виникла помилка" і на одну секунду вмикається вихідний вивід RD0 мікроконтролера.

Код дозволяє користувачеві зчитувати напругу з аналогового входного каналу АЦП і виводити значення на рідкокристалічний індикатор. Він також містить просту логіку для перевірки функціональної помилки шляхом порівняння з максимальним значенням напруги.

Отже, мікроконтролер PIC16F877A працює, виконуючи послідовність інструкцій з пам'яті програм і використовуючи периферійні пристрої для взаємодії із зовнішніми пристроями та отримання даних. Це дозволяє розробникам використовувати можливості цього мікроконтролера для створення найрізноманітніших додатків і систем.

Використання мікроконтролерів у схемах має кілька переваг:

1. Універсальність: мікроконтролери можуть виконувати широкий спектр завдань завдяки своїм внутрішнім процесорам, пам'яті та периферії. Це означає, що вони можуть бути запрограмовані для різних застосувань і їх функції можуть бути легко модифіковані.

2. Економія місця: Мікроконтролери займають менше місця на платі, оскільки вони інтегрують багато функцій в одному пристрої. Вони замінюють кілька окремих компонентів, таких як процесори, логічні елементи, таймери та засоби зв'язку, зменшуючи таким чином розмір схеми.

3. Легка інтеграція: Мікроконтролери можуть легко взаємодіяти з іншими пристроями та компонентами через різні інтерфейси, такі як UART, I2C і SPI. Це полегшує інтеграцію мікроконтролера в систему і забезпечує взаємодію з іншими пристроями.

4. Гнучкість і програмованість: Мікроконтролери можна легко перепрограмувати для виконання різних завдань. Це дозволяє розробникам змінювати функціональність системи без необхідності заміни будь-яких апаратних компонентів. Таким чином, програмне забезпечення може бути швидко модифіковане відповідно до різних застосувань, забезпечуючи високий ступінь гнучкості системи.

5. Ефективність: Мікроконтролери мають низьке енергоспоживання, що робить їх придатними для використання в обладнанні з обмеженими джерелами живлення, такими як батареї. Вони також можуть економити енергію, переходячи в режим низького енергоспоживання, коли не виконують обчислення.

6. Низька вартість: Мікроконтролери відносно недорогі порівняно з компонентами, які вони замінюють. Це знижує витрати на виробництво електронних пристроїв і систем [22].

Ці переваги роблять мікроконтролери важливим елементом у розробці схем, дозволяючи розробникам швидко створювати ефективні та гнучкі електронні системи.

Хоча використання мікроконтролерів у схемотехніці має багато переваг, є й деякі недоліки

1. Складність програмування: Розробка програмного забезпечення для мікроконтролерів може бути складною для неспеціалістів або тих, хто не має досвіду програмування. Потрібні знання мов програмування, алгоритмів та принципів роботи мікроконтролерів.

2. Обмеженість ресурсів: Мікроконтролери мають обмежену обчислювальну потужність, пам'ять і периферійні пристрої порівняно з повноцінними комп'ютерами та мікропроцесорами. Це може обмежувати функціональність і складність програм, які можуть бути реалізовані на мікроконтролері.

3. Обмежена кількість входів/виходів: мікроконтролери мають обмежену кількість входів/виходів, які можна підключити безпосередньо. Це може обмежити підключення додаткових пристроїв або датчиків до системи.

4. Вразливість до помилок: Як і інші програмовані пристрої, мікроконтролери схильні до програмних помилок. Навіть невеликі помилки в програмуванні можуть призвести до несправності або виходу системи з ладу. Тому програмне забезпечення повинно бути ретельно перевірено і протестовано перед використанням.

5. Обмежена масштабованість: Якщо ви хочете розширити функціональність системи або додати нові функції, обмеженість обчислювальної потужності та вводу/виводу мікроконтролера може стати обмежуючим фактором. Це може вимагати модернізації до більш потужного пристрою або розробки додаткового обладнання.

6. Залежність від постачальників Використання мікроконтролерів вимагає наявності постачальників, які надають мікроконтролери необхідної моделі та типу. Якщо певний мікроконтролер застаріває або виробник припиняє виробництво, підтримка та обслуговування системи може бути ускладнена [22].

Незважаючи на ці недоліки, мікроконтролери залишаються потужним інструментом для розробки найрізноманітніших електронних систем і схем. Знання їх обмежень та ефективне управління ними може призвести до успішних проектів.

На колі, в якому міститься операційний підсилювач, що аналізує напругу за допомогою диференційного підсилювача (його коефіцієнт підсилення визначається співвідношенням опорів резисторів R_6 і R_7). Для того, щоб знизити напругу, оскільки мікроконтролер не сприймає такі великі напруги, бо він просто згорить, йому не можна подавати більше 5 вольт, тому був виставлений коефіцієнт 10, який дозволяє зменшити напруги. Тобто, з 220 до 22 вольт, потім ще йде ділення на 2 (резистори R_8 та R_9 ще в два рази зменшують до 11 вольт, і на резисторах R_1 , R_2 , R_4 та R_5 вже падає напруга від початкового джерела) і за рахунок цього знижується напруга. В результаті, на виході $AN0$ напруга десь приблизно 4 вольти при 220 вольтах на джерелі.

Коли напруга перевищує допустиму, на $AN0$ підвищується напруга і досягає критичного значення, АЦП його міряє і перетворює в програмі отримане значення в значення напруги (коефіцієнт перерахунку введений) і включає транзистор $Q1$. Тоді через індуктивність протікає струм, і реле переключається на інший вивід. На схемі цього не показано, але ми це бачимо за рахунок того, що гасне лампа. Тобто, коло розмикається, і замикається інше коло, яке є обірваним.

Операційний підсилювач L7805ABV ST, також відомий як L7805, є лінійним стабілізатором напруги, який забезпечує постійну вихідну напругу 5 В. Його основна функція - стабілізація вхідної напруги і забезпечення постійного живлення електронного обладнання [24].

Детальні технічні характеристики підсилювача L7805ABV наведені нижче [23]:

1. Вихідна напруга: 5 вольт.

2. Вхідне напругове діапазон: 7 вольт до 25 вольт (рекомендовано 10 вольт до 25 вольт).
3. Вихідний струм: до 1 ампера.
4. Вихідна точність напруги: $\pm 2\%$.
5. Максимальна дисипація потужності: 15 ватт.
6. Вхідний/вихідний диференційний напруговий діапазон: ± 2.5 вольт.
7. Температурний діапазон: від -40°C до $+125^{\circ}\text{C}$.
8. Вбудований захист від перевантаження, перегрівання та короткого замикання.
9. Вихідний корпус: TO-220.
10. Кількість контактів: 3 (вихід, вхід, заземлення)

Підсилювач L7805ABV працює шляхом регулювання вихідної напруги за допомогою внутрішнього потужного транзистора. Коли вхідна напруга подається в допустимих межах, підсилювач використовує внутрішній механізм вирівнювання для підтримки постійної вихідної напруги.

Підсилювач має три виводи: вхід (+), вихід (+5 V) і заземлення (GND). Щоб використовувати підсилювач, підключіть вхідну напругу до контакту джерела вхідної напруги, а вихідний контакт підключіть до джерела живлення електронного обладнання, яке потребує стабілізованої напруги 5 V.

Підсилювачі L7805ABV також забезпечують захист від пошкодження пристрою в разі перевантаження, перегріву або короткого замикання. Ці механізми захисту роблять його високонадійним продуктом, який можна безпечно використовувати в широкому спектрі електронного обладнання.

Для включення операційного підсилювача в схему необхідно підключити позитивну сторону джерела живлення до контакту VCC (або IN+), а негативну сторону - до контакту GND (або IN-). Переконатися, що напруга живлення відповідає робочим характеристикам L7805, зазвичай в діапазоні від 7 до 25 вольт.

Далі потрібно підключити вихідний контакт OUT+ (або OUT) до живлення пристрою, який вимагає стабілізовану напругу 5 вольт, при цьому зв'язуючи негативну сторону пристрою з негативною стороною джерела живлення.

Далі треба додати конденсатори для зменшення шуму та стабілізації вхідної та вихідної напруги. Крім того, можна додати резистори для обмеження струму або інші захисні компоненти відповідно до потреб схеми і рекомендацій виробника.

У спроектованій принциповій електричній схемі реле напруги використано кварцовий резонатор Q-2,4576-S-30-30/50-T1-Fund від компанії Jauch.

Кварцовий резонатор є важливою складовою електронної схеми, яка забезпечує точний і стабільний генерацію сигналу зазначеної частоти.

Детальний опис технічних характеристик кварцового резонатора Q-2,4576-S-30-30/50-T1-Fund [25]:

Частота: 2,4576 МГц.

Тип: фундаментальний.

Тип корпусу: SMD (Surface Mount Device).

Розміри: 3,2 мм x 2,5 мм x 0,85 мм.

Дозволена похибка частоти: ± 30 ppm (при нормальних умовах роботи).

Температурний діапазон: від -40°C до $+85^{\circ}\text{C}$.

Стабільність по часу: ± 5 ppm на рік.

Імпеданс: 30 ом.

Номінальна потужність: 30 мВт.

Робочий діапазон напруги: 1,6 В - 5,5 В.

Розрахунковий резонансний опір: 50 кОм

Кварцовий резонатор Q-2,4576-S-30-30/50-T1-Fund використовується для побудови стабільних і точних генераторів, які генерують сигнали з частотою 2,4576 МГц. Він забезпечує надзвичайно високу стабільність частоти дрейфу і точність вимірювання часу, що робить його ідеальним для використання в обладнанні, яке потребує високоточної синхронізації часу і генерації тактових імпульсів.

Кристалічний блок забезпечує надійну роботу в широкому діапазоні температур, а його невеликі розміри дозволяють легко інтегрувати його в електронне обладнання в умовах обмеженого простору. Завдяки своїм характеристикам кристал Q-2.4576-S-30/50-T1-Fund часто використовується в

різних електронних пристроях, які потребують точних сигналів на певних частотах, таких як мікроконтролери, комунікаційні схеми та промислове обладнання.

Частина схеми, яка містить друге джерело живлення, це просто джерело для всіх блоків схеми. Потрібно 12 вольт на операційному підсилювачі, 5 вольт для мікроконтролера і на LCD дисплей.

2.2. Схема реле напруги

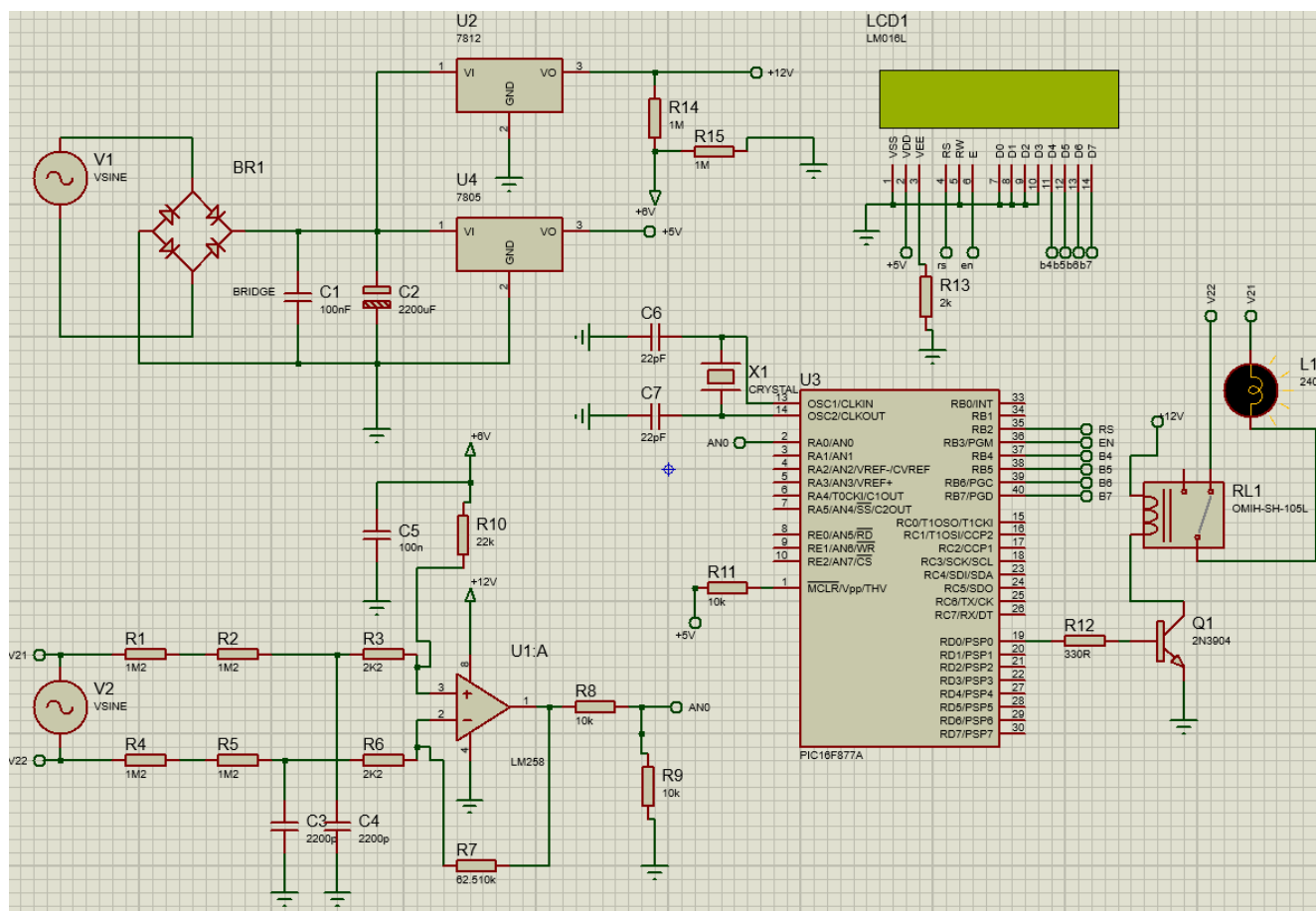


Рисунок 2.1 - Схема електрична принципова реле напруги [31]

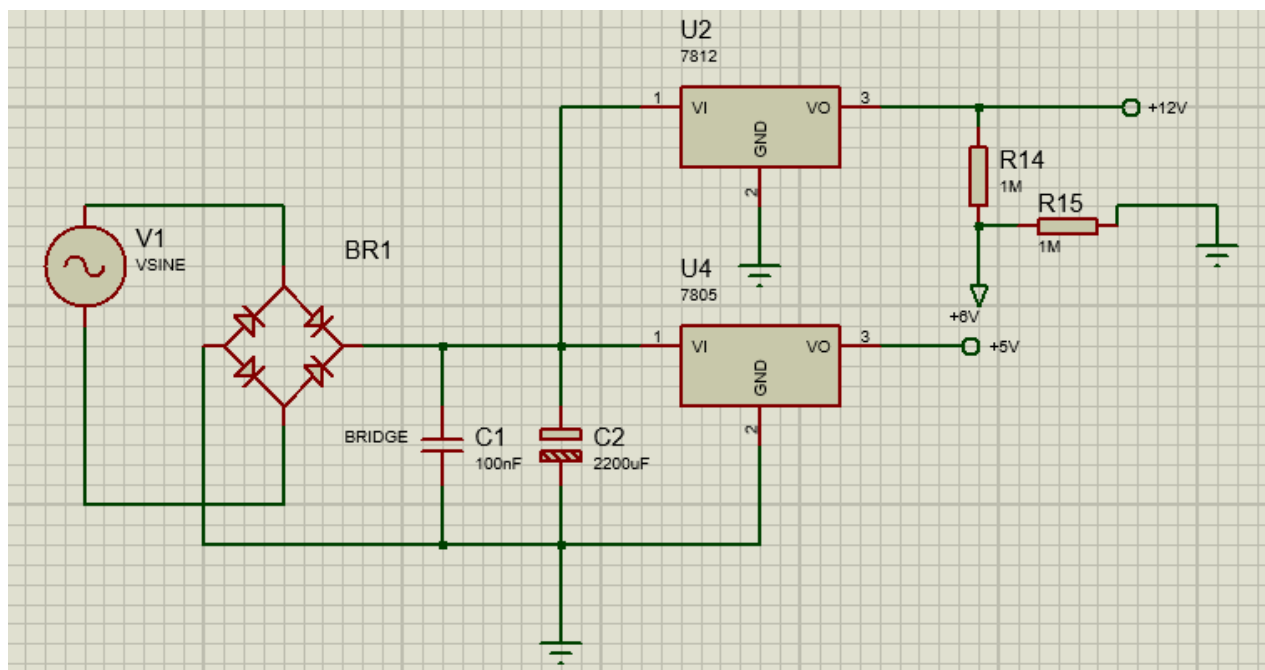


Рисунок 2.2 - Блок живлення схеми

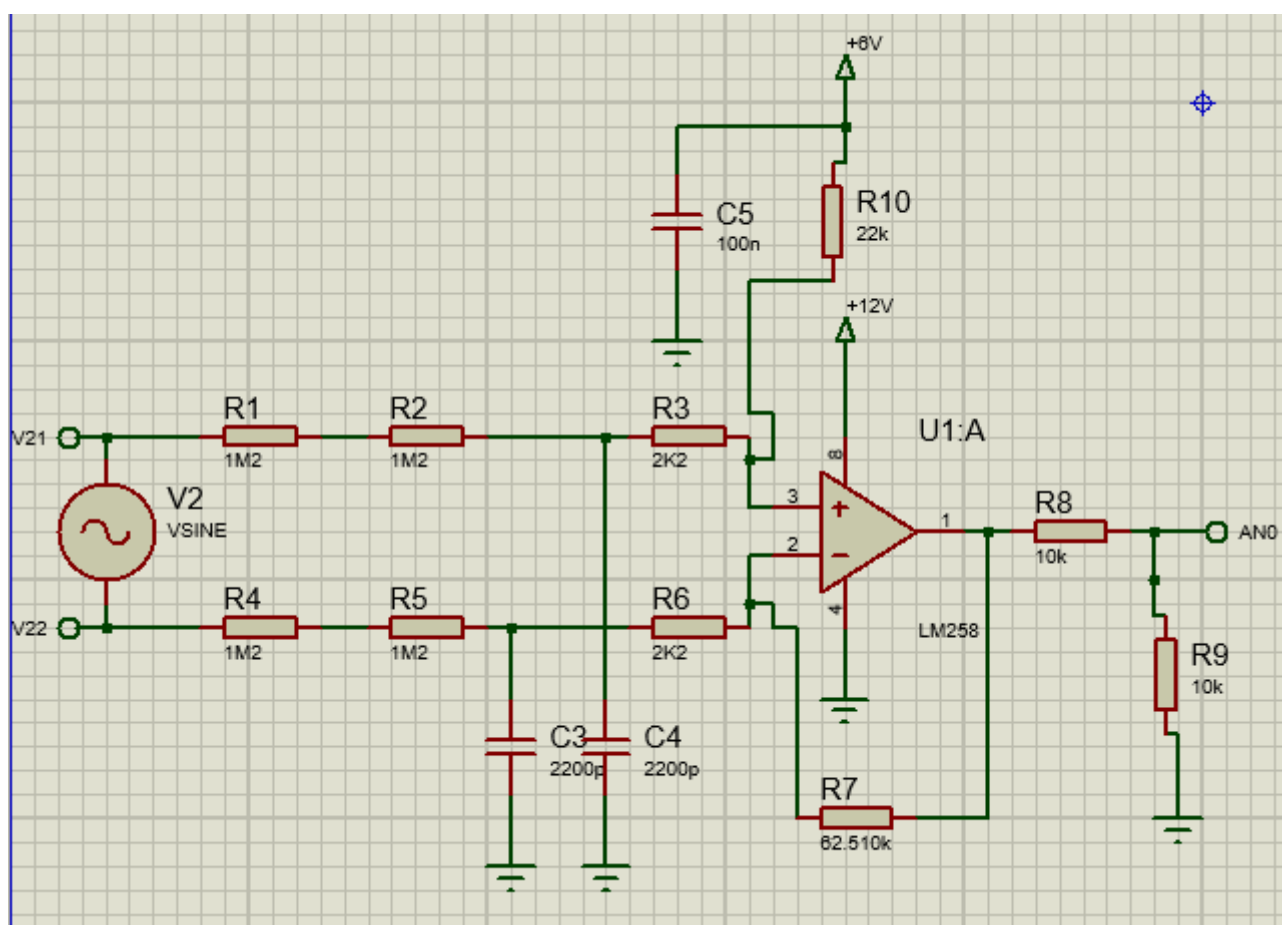


Рисунок 2.3 - Блок з операційним підсилювачем

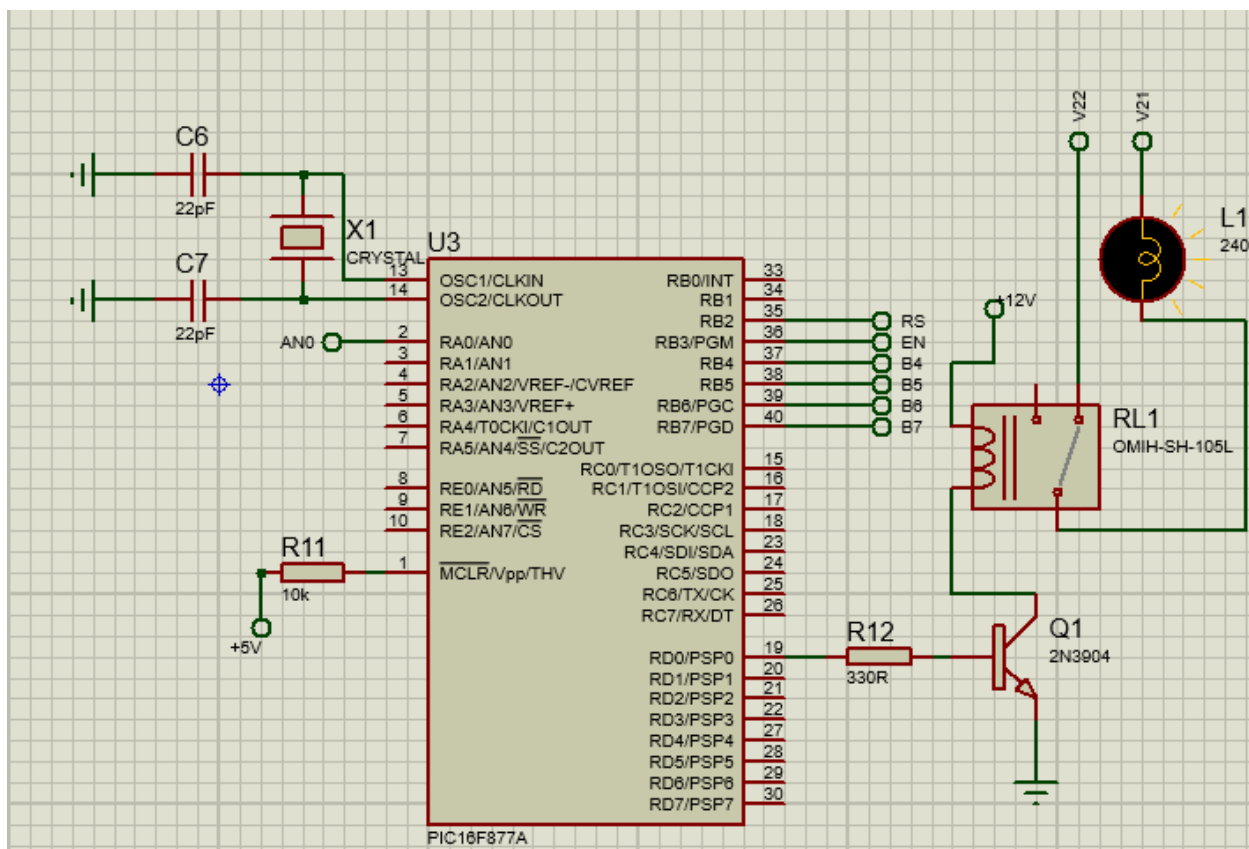


Рисунок 2.4 - Блок з реле та мікроконтролером

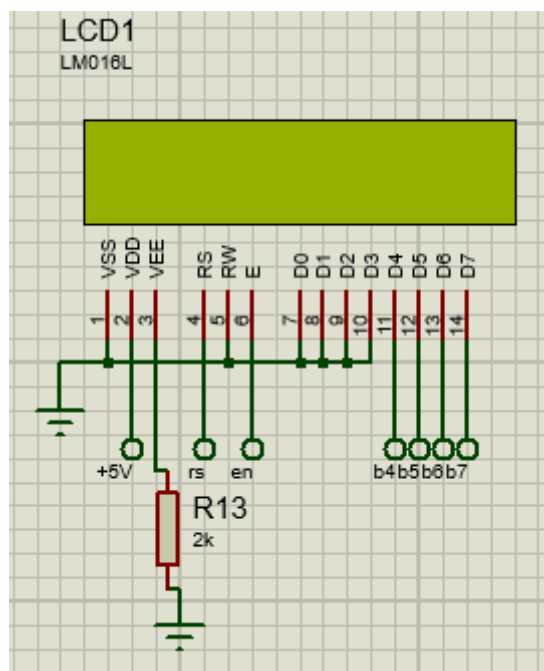


Рисунок 2.5 - LCD дисплей

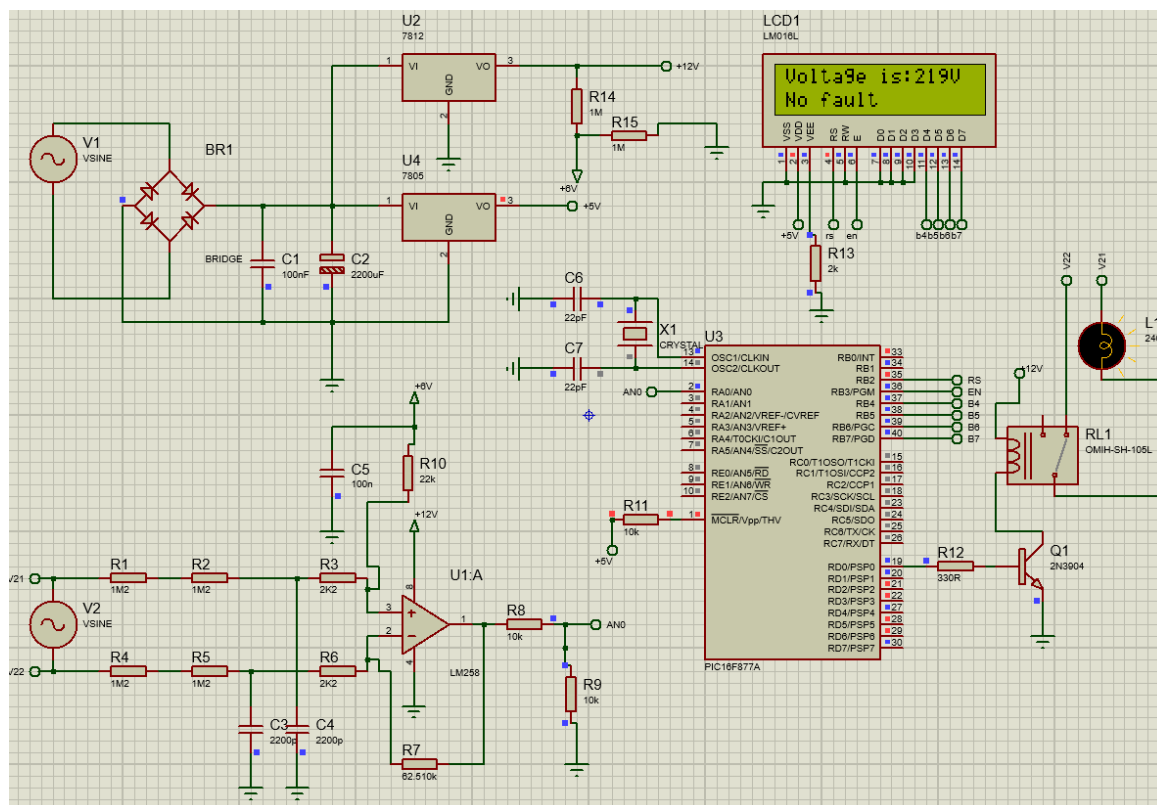


Рисунок 2.6 - Робота схеми при подачі напруги 220 V

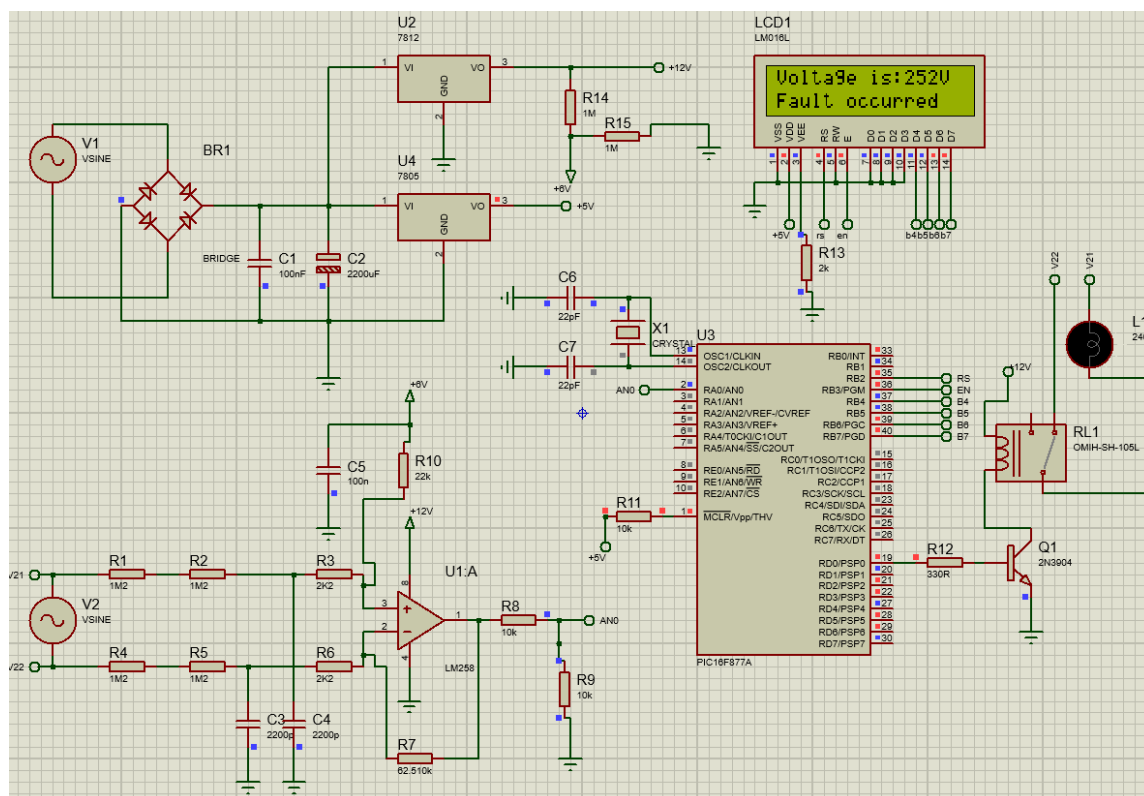


Рисунок 2.7 - Робота схеми при напрузі 250 V

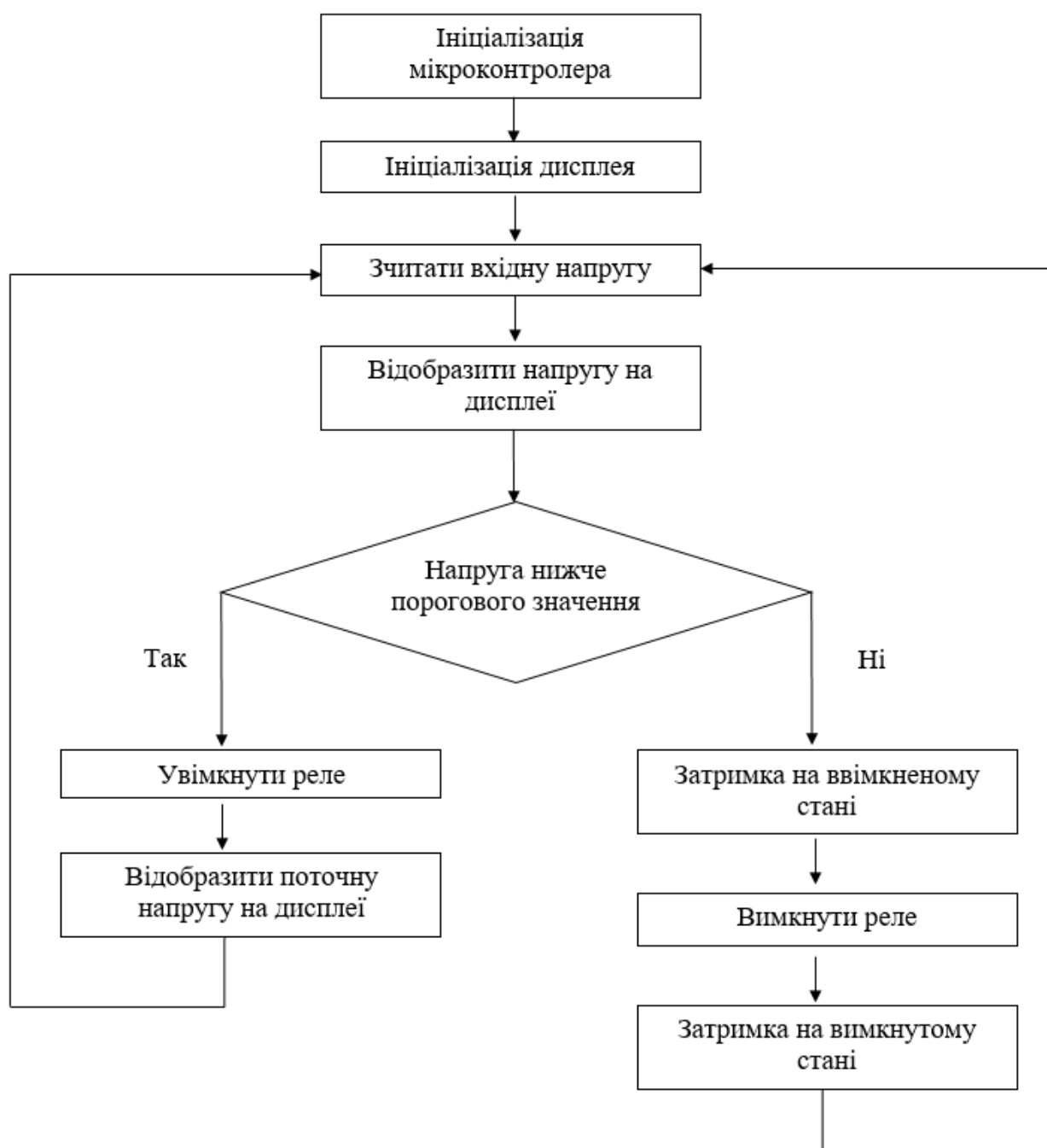


Рисунок 2.8 - Блок – схема алгоритму роботи принципової електричної схеми реле напруги

Ця блок-схема описує послідовність кроків у схемі з мікроконтролером і дисплеєм для керування реле напруги.

Детальний опис кожного кроку схеми реле напруги з мікроконтролером і дисплеєм наведено нижче:

1. Ініціалізація мікроконтролера: ініціалізація мікроконтролера, встановлення необхідних режимів роботи та активація внутрішніх периферійних модулів і портів

2. Ініціалізація дисплея: встановлення відповідних сигналів керування та режимів роботи для забезпечення коректної роботи дисплея

3. Зчитування вхідної напруги: вимірювання або зчитування вхідної напруги за допомогою вбудованого аналого-цифрового перетворювача мікроконтролера.

4. Відобразити напругу: виводить зчитану напругу на дисплей і відображає її на екрані.

5. Перевірка напруги: порівнює зчитувану напругу з попередньо визначеним пороговим значенням, яке визначає рівень напруги, необхідний для активації реле.

6. Увімкнути реле: якщо зчитана напруга нижче порогового значення, реле вмикається шляхом подачі відповідного керуючого сигналу на вхід керування реле.

7. Показувати стан реле на дисплеї: вказує на те, що реле увімкнене, показуючи стан реле на дисплеї.

8. Затримка на увімкненому стані: встановлює часову затримку для того, щоб реле залишалося відкритим протягом тривалого періоду часу, необхідного для стабілізації реле або реагування на зміни в ланцюзі.

9. Стан вимкнення реле: вимикає реле шляхом подачі відповідного сигналу керування на вхід керування реле.

10. Затримка вимкненого стану: часова затримка для того, щоб реле залишалося вимкненим протягом тривалого періоду часу, необхідна для стабілізації реле або реакції на зміну в ланцюзі.

11. Повернення до кроку 3: повторне зчитування вхідної напруги та безперервний моніторинг і керування реле відповідно до її значення.

Таким чином, алгоритм дозволяє мікроконтролеру зчитувати вхідну напругу, відображати її на екрані, перевіряти її значення, вмикати або вимикати реле

відповідно до порогового значення і давати затримку для стабілізації реле перед кожним переходом.

2.3. Вдосконалення та оптимізація реле напруги

У сучасному суспільстві електроенергія стала невід'ємною частиною нашого життя, наприклад, у побутових приладах, промисловому обладнанні та мережах електропостачання. Особливо зі збільшенням споживання електроенергії та зміною умов електропостачання, забезпечення надійного безперебійного електропостачання стало дуже важливим питанням.

Як відомо, одним з основних елементів систем захисту електромереж є реле напруги. Однак зростаючі вимоги до надійності та ефективності систем вимагають нового підходу в розробці реле напруги.

У цьому контексті народилася ідея вдосконалення реле напруги з використанням штучного інтелекту. Штучний інтелект, заснований на аналізі великих обсягів даних і використанні інтелектуальних алгоритмів, пропонує нові можливості для поліпшення роботи реле напруги та оптимізації енергоспоживання [3].

Штучний інтелект - це галузь комп'ютерних наук, що займається розробкою систем, здатних аналізувати, розуміти і виконувати завдання, які зазвичай вимагають людського інтелекту; штучний інтелект можна умовно розділити на "слабкий штучний інтелект", який може вирішувати обмежені завдання, і "сильний штучний інтелект", який прагне мати інтелект, подібний до людського.

Штучний інтелект включає в себе різні підгалузі та технології, такі як машинне навчання, глибоке навчання, нейронні мережі, обробка природної мови, комп'ютерний зір, розпізнавання образів і робототехніка. Основна мета ШІ - розробка систем, здатних аналізувати великі обсяги даних, робити прогнози, приймати рішення, вчитися на власному досвіді та інтуїтивно зрозуміло й ефективно взаємодіяти з людиною [26].

Одним з основних елементів штучного інтелекту є машинне навчання. Це процес, за допомогою якого комп'ютерні системи навчаються і покращують свою роботу без прямого програмування. За допомогою алгоритмів машинного навчання системи можуть аналізувати дані, виявляти закономірності, робити прогнози та виконувати класифікацію. Моделі машинного навчання навчаються на навчальних даних і використовуються для роботи з новими, невідомими даними.

Системи розпізнавання образів також розробляються в галузі штучного інтелекту для розпізнавання візуальних елементів, таких як об'єкти, обличчя та символи. Це широко застосовується в робототехніці, медицині, безпеці, системах автоматизації та багатьох інших галузях.

Штучний інтелект активно використовується в таких сферах, як автономні транспортні засоби, медицина, фінанси, електронна комерція та соціальні мережі. Він прискорює розвиток технологій і впливає на багато аспектів нашого повсякденного життя.

Штучний інтелект має значний вплив на електронну промисловість, створюючи нові можливості та розширюючи межі, які раніше вважалися недосяжними. Використання штучного інтелекту в електроніці зумовлене прагненням створити системи, здатні аналізувати дані, приймати рішення і виконувати завдання, які раніше виконувала людина [27].

Одне з найважливіших застосувань штучного інтелекту в електроніці - автономні системи, такі як безпілотні автомобілі та дрони. Штучний інтелект допомагає цим системам аналізувати навколишнє середовище, розпізнавати об'єкти, приймати рішення і керувати своєю поведінкою для досягнення поставлених цілей. Нейронні мережі та алгоритми машинного навчання використовуються для навчання систем розпізнавання образів і прийняття рішень на основі великих обсягів даних.

Іншим важливим аспектом штучного інтелекту в електроніці є голосові помічники та системи розпізнавання голосу. Ці системи дозволяють людям взаємодіяти з електронними пристроями за допомогою голосових команд і мови. Системи розпізнавання мови розпізнають мову, перетворюють її на текст або

команди і виконують відповідні дії. Штучний інтелект використовується для розпізнавання мови, розуміння намірів і виконання інструкцій.

Крім того, штучний інтелект в електроніці використовується для вирішення різноманітних завдань, таких як оптимізація систем управління енергоефективністю, прогнозування несправностей і збоїв, аналіз даних, прогнозування тенденцій і робота з датчиками.

Застосування штучного інтелекту в електроніці передбачає використання алгоритмів машинного навчання, нейронних мереж, еволюційних алгоритмів та інших методів для аналізу даних, прийняття рішень і виконання завдань. Такі системи можуть навчатися на основі даних, покращувати власну продуктивність та адаптуватися до мінливих умов.

Загалом штучний інтелект в електроніці відкриває нові можливості для створення інтелектуальних систем, здатних аналізувати, розуміти та виконувати складні завдання. Це сприяє автоматизації, підвищенню ефективності та створенню нових можливостей у цілій низці галузей, від автономних систем до розумних будинків і медичної діагностики [28].

Інтеграція штучного інтелекту в реле напруги може забезпечити отримання точних даних про енергоспоживання підключених пристроїв і систем. Це може бути реалізовано за допомогою датчиків, інтелектуальних лічильників або бездротових мереж зв'язку для передавання даних. Штучний інтелект може аналізувати та обробляти зібрані дані про споживання електроенергії, щоб виявити закономірності, тенденції та незвичайні зміни в споживанні електроенергії (наприклад, великі піки навантаження або низьке споживання).

Використовуючи зібрані дані та результати аналізу, штучний інтелект може визначити оптимальний режим роботи реле напруги. Наприклад, він може автоматично регулювати межі діапазону напруги відповідно до коливань споживання, щоб забезпечити ефективне використання електроенергії.

Штучний інтелект може прогнозувати можливі коливання напруги, використовуючи збережені дані про споживання електроенергії. Це дозволяє реле

напруги адаптуватися до майбутніх змін і вжити відповідних заходів для захисту обладнання від ризику шкідливих наслідків, спричинених коливаннями.

Штучний інтелект може працювати з системами керування електромережою для оптимізації енергоспоживання та розподілу навантаження. Наприклад, реле напруги можуть коригувати свою поведінку на основі сигналів від центральної системи управління, щоб забезпечити зниження навантаження і підвищити енергоефективність.

Штучний інтелект може автоматично генерувати звіти про енергоспоживання, виявлені аномалії та дії для оптимізації роботи реле напруги. Також можна налаштувати систему оповіщення, щоб негайно повідомляти про будь-які проблеми або несправності, що виникають в системі [29].

Інтегруючи штучний інтелект в реле напруги, можна досягти автоматичної та оптимізованої роботи систем захисту від перенапруги, зменшуючи споживання енергії та підвищуючи енергоефективність. Це може мати значний позитивний вплив на надійність, безпеку та економічну ефективність електричних систем.

Тому ідея вдосконалення реле напруги за допомогою штучного інтелекту має потенціал для підвищення надійності, безпеки та енергоефективності електричних систем. Це може зменшити витрати на електроенергію, заощадити ресурси та покращити якість електропостачання. Запропоновані вдосконалення реле напруги можуть змінити спосіб моніторингу та використання електроенергії та покращити майбутнє енергетики.

Інтеграція штучного інтелекту в реле напруги відкриває нові можливості для автоматизації та оптимізації роботи цих пристроїв. Однак це також несе деякі потенційні недоліки, які необхідно враховувати.

Штучний інтелект вимагає великої кількості обчислювальних ресурсів і високої потужності обробки даних. Це може бути проблемою для реле напруги, оскільки вони, як правило, мають обмежені ресурси, обмежену пам'ять і обмежену обчислювальну потужність.

Використання штучного інтелекту в реле напруги може збільшити ризик неочікуваних помилок і збоїв. Це може бути особливо проблематично в критично важливих додатках, де надійність є важливим фактором.

Інтеграція штучного інтелекту може ускладнити налагодження та обслуговування реле напруги; розробка та налагодження алгоритмів штучного інтелекту може вимагати спеціальних знань і високого рівня кваліфікації.

Інтеграція штучного інтелекту може збільшити вартість реле напруги. Це вимагає використання потужних процесорів, додаткового програмного забезпечення та інфраструктури для збору та обробки даних. Для деяких застосувань це може бути фінансово не вигідним.

Штучний інтелект вразливий до атак і зловживань і може становити небезпеку для систем релейного захисту та навколишнього середовища. Забезпечення безпеки та захисту від таких загроз є важливим аспектом інтеграції штучного інтелекту в реле напруги [30].

ВИСНОВКИ ПО ДРУГОМУ РОЗДІЛУ

Розроблено концепцію та принципову схему однофазного реле для захисту обладнання від стрибків напруги. Описано різні компоненти та їх функціональні взаємозв'язки, які дозволяють реле виявляти коливання напруги та виконувати захисні дії. Розроблене схемотехнічне рішення реле напруги задовольняє вимогам швидкості спрацьовування, точності та стабільності роботи.

Наведено можливості для подальшого вдосконалення та оптимізації конструкції реле напруги, зокрема шляхом інтеграції штучного інтелекту. Інтелектуальні алгоритми можуть бути використані для автоматичного аналізу та прогнозування перепадів напруги, що дозволить реле приймати швидкі та точні рішення щодо активації захисних заходів. Додатково, застосування штучного інтелекту може покращити надійність реле шляхом виявлення вразливостей та аномалій у роботі системи та забезпечення превентивного захисту обладнання від можливих перепадів напруги. Ці можливості вдосконалення створюють потенціал для більш ефективного та автоматизованого захисту обладнання від перепадів напруги.

ОСНОВНІ РЕЗУЛЬТАТИ ТА ВИСНОВКИ

Основними характеристиками при виборі та проектуванні реле напруги для конкретного застосування є діапазон робочої напруги, максимальна вхідна напруга, чутливість реле, час реакції, точність спрацьовування та переключення, витримка до перевантажень та надійність у різних умовах експлуатації. Крім того, необхідно враховувати фізичні обмеження, такі як розмір, монтажні вимоги та інтерфейси для зв'язку з іншими системами. Вибір і проектування реле напруги повинні враховувати унікальні потреби та характеристики конкретного об'єкта або системи, що забезпечить ефективний та надійний захист обладнання від перепадів напруги.

Розроблено концепцію та принципову схему однофазного реле для захисту обладнання від стрибків напруги. Описано різні компоненти та їх функціональні взаємозв'язки, які дозволяють реле виявляти коливання напруги та виконувати захисні дії.

Наведено можливості для подальшого вдосконалення та оптимізації конструкції реле напруги, а саме через застосування інтеграції штучного інтелекту. Штучний інтелект може відкрити широкий спектр нових можливостей для реле напруги, забезпечуючи йому інтелектуальні здібності та автоматизацію роботи. Однією з таких можливостей є використання інтелектуальних алгоритмів для автоматичного аналізу та прогнозування перепадів напруги. Це дозволяє реле швидко та точно реагувати на зміни в напрузі та вчасно активувати захисні заходи.

Результати роботи можуть бути використані для подальших досліджень і розробок в галузі електротехніки та енергетики.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Bogusz J. Przekazniki – parametry i zasady aplikacji. Elektronika Praktyczna. 2017. № 1. Р. 1–2.
2. Зорін Є. Ю., Чепелюк О. О., Грищук Ю. С. Проблеми удосконалювання електричних машин і апаратів. Теорія і практика. Вісник Національного технічного університету «ХПІ». 2020. № 1. С. 17–18.
3. Коцовський В. М. Методи та системи штучного інтелекту. Ужгород, 2016. 76 с.
4. Thonti V. Basic Working Principle of Relay - Construction and Types. Circuit Digest - Electronics Engineering News, Latest Products, Articles and Projects. URL: <https://circuitdigest.com/article/relay-working-types-operation-applications>
5. Blackburn J. L. Protective relaying: Principles and applications. 3-тє вид. Boca Raton, FL : CRC/Taylor & Francis, 2007. 633 с
6. Реле напруги: характеристики, типи, види. ек.ua. URL: <https://ek.ua/ua/k974.htm>
7. Реле напруги: призначення, принцип роботи, пристрій, види ELEKTRIKA.UA. ELEKTRIKA.ua. URL: <https://elektrika.ua/articles/rele-napryazheniya-naznachenie-printsip-raboty-ustroystvo-vidy/>
8. Реле напруги: різноманітність та вибір. 5WATT. URL: <https://5watt.ua/uk/blog/statti/rele-naprugi-riznomanitnist-ta-vibir>
9. Основні виробники | Sferaline LTD. Компанія ТОВ "Сфералайн ЛТД". URL: <https://www.sferaline.ua/uk/manufacture/zubr/>
10. Новатек Електро. Новатек-Електро - Виробництво електротехнічної продукції. URL: <https://novatek-electro.com/>
11. Компанія - Промавтоматика. Промавтоматика. URL: <https://www.pa.ua/kompaniia/>

12. DIGITOP - офіційний дистриб'ютор компанії у Києві. АксиомПлюс || Електрика та електроустаткування для будівництва. URL: <https://axiomplus.com.ua/ua/digitop/>
13. Smart under and over voltage protection system for home. Microcontrollers Lab. URL: <https://microcontrollerslab.com/smart-voltage-protection-system-home/>
14. Електро – 5.2. Датчики систем автома-тики. URL: <http://electro-tex.ho.ua/le/m5/5-2>.
15. PCB Relay Datasheet. РКС Компоненти - РАДІОМАГ. URL: <https://www.rcscomponents.kiev.ua/datasheets/g2rl1e5dc-datasheet.pdf>.
16. Скарбик П. Що таке стабілізатор напруги, і чим він зможе Вам допомогти? iTechua. URL: <https://itechua.com/other/52624>.
17. Малюкін О. В., Піддубний В. О., Піддубний В. В. Стабілізатор з малим падінням напруги на регулюючому елементі. Вісник Національного технічного університету України «КПІ». Серія «Радіотехніка. Радіоапаратобудування». — 2010. — № 42.
18. Datasheet 7805. URL: <https://www.st.com/content/ccc/resource/technical/document/datasheet/41/4f/b3/b0/12/d4/47/88/CD00000444.pdf/files/CD00000444.pdf/jcr:content/translations/en.CD00000444.pdf>.
19. Datasheet 7812. РКС Компоненти - РАДІОМАГ. URL: <https://www.rcscomponents.kiev.ua/datasheets/cd00000444-249828.pdf>.
20. Татарчук Д. Д., Діденко Ю. В. Мікропроцесори та мікроконтролери. Курс лекцій. КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. 238 с.
21. PIC16F87XA Datasheet. UAmper. URL: <https://uamper.com/products/datasheet/PIC16F877A.pdf>.
22. Основи мікроконтролерів – історія, структура та застосування-Electron-FMUSER FM/TV Broadcast One-Stop Supplier. FMUSER FM / TV. URL: <https://uk.fmuser.net/content/?11010.html>.

23. L7805ABV ST Datasheet. URL: <https://www.st.com/content/ccc/resource/technical/document/datasheet/41/4f/b3/b0/12/d4/47/88/CD00000444.pdf/files/CD00000444.pdf/jcr:content/translations/en.CD00000444.pdf>.
24. James M. Fiore. 2.2: Що таке операційний підсилювач?. LibreTexts - Ukrayinska. URL: <http://surl.li/hodmd>.
25. Резонатор Q-2,4576-S-30-30/50-T1-Fund. Радіодеталі та компоненти, паяльне обладнання, матеріали для електроніки - ФІЛУР ЕЛЕКТРИК. URL: https://filur.net/ua/rezonator-q-2-4576-s-30-30-50-t1-fund_ua.
26. Safari, an O'Reilly Media Company (2022). Designing Machine Learning Systems (1st edition). ISBN 9781098107963.
27. Piuri, Vincenzo; Shaw, Rabindra Nath; Ghosh, Ankush; Islam, Rabiul (2022). AI and IoT for smart city applications. Singapore. 279 p.
28. Кошель А. В. Модульні електронні системи в умовах упровадження інноваційного машинного навчання. Вчені записки ТНУ імені В.І. Вернадського. Серія: Технічні науки. 2021. Т. 32 (71), № 4. С. 96-102.
29. Петручок Ю. Штучний інтелект: чого очікувати?. ELARTU – Інституційний репозитарій ТНТУ імені Івана Пулюя: Домівка. URL: https://elartu.tntu.edu.ua/bitstream/lib/30258/2/FVT_2019_Petruchok_Y-Artificial_intelligence_102-103.pdf.
30. Васьківська О. Є. Технології штучного інтелекту в журналістиці сучасності. Репозитарій Національного Авіаційного Університету: Home. URL: https://dspace.nau.edu.ua/bitstream/NAU/57218/1/Васьківська%20О_Технології%20штучного%20інтелекту.pdf.
31. Smart under and over voltage protection system for home. Microcontrollers Lab. URL: <https://microcontrollerslab.com/smart-voltage-protection-system-home/>.

ДОДАТОК А

Код програми мікроконтролера

```
#define _XTAL_FREQ 4000000

#define RS RB2

#define EN RB3

#define D4 RB4

#define D5 RB5

#define D6 RB6

#define D7 RB7


#include <xc.h>

#include <string.h>


// Конфігурація мікроконтролера

#pragma config FOSC = HS      // Вибір генератора HS

#pragma config WDTE = OFF     // Вимкнути сторожовий таймер

#pragma config PWRTE = ON     // Ввімкнути Power-up Timer

#pragma config BOREN = ON     // Ввімкнути функцію перевірки напруги
живлення

#pragma config LVP = OFF      // Вимкнути LVP

#pragma config CPD = OFF      // Вимкнути захист EEPROM

#pragma config WRT = OFF      // Вимкнути захист пам'яті програм

#pragma config CP = OFF       // Вимкнути захист пам'яті програм


// Функції для роботи з АЦП

void ADC_Initialize()
```

```

{
    ADCON0 = 0b01000001; // Ввімкнути АЦП та вибрати Fosc/16
    ADCON1 = 0b11000000; // Вибрати внутрішню опорну напругу
}

unsigned int ADC_Read(unsigned char channel)
{
    unsigned int x;

    ADCON0 &= 0x11000101; // Очистити біти вибору каналу
    ADCON0 |= channel << 3; // Вибрати канал
    __delay_ms(2); // Час на отримання заряду на конденсаторі утримання
    GO_nDONE = 1; // Запустити перетворення
    while(GO_nDONE); // Очікувати завершення перетворення
    x = ADRESH;

    x = x << 8;

    x = x + ADRESL;

    return x;
}

```

// Функції для роботи з LCD (екраном)

void Lcd_SetBit(char data_bit) // Встановлює біти на лініях даних відповідно до переданого значення у вигляді Hex

```

{
    if(data_bit & 1)
        D4 = 1;

```

```
else
    D4 = 0;
if(data_bit & 2)
    D5 = 1;
else
    D5 = 0;
if(data_bit & 4)
    D6 = 1;
else
    D6 = 0;
if(data_bit & 8)
    D7 = 1;
else
    D7 = 0;
}

void Lcd_Cmd(char a)
{
    RS = 0;
    Lcd_SetBit(a); // Встановити вхідне значення Hex
    EN = 1;
    __delay_ms(4);
    EN = 0;
}
```

```
void Lcd_Clear()
{
    Lcd_Cmd(0); // Очистити дисплей
    Lcd_Cmd(1); // Повернутися в початкову позицію
}

void Lcd_Set_Cursor(char a, char b)
{
    char temp, z, y;
    if(a == 1)
    {
        temp = 0x80 + b - 1; // 0x80 використовується для переміщення курсора
        z = temp >> 4; // Молодші 8 біт
        y = temp & 0x0F; // Старші 8 біт
        Lcd_Cmd(z); // Встановити рядок
        Lcd_Cmd(y); // Встановити стовець
    }
    else if(a == 2)
    {
        temp = 0xC0 + b - 1;
        z = temp >> 4; // Молодші 8 біт
        y = temp & 0x0F; // Старші 8 біт
        Lcd_Cmd(z); // Встановити рядок
        Lcd_Cmd(y); // Встановити стовець
    }
}
```

```
}
```

```
void Lcd_Start()
```

```
{
```

```
    Lcd_SetBit(0x00);
```

```
    for(int i = 1065244; i <= 0; i--)
```

```
        NOP();
```

```
    Lcd_Cmd(0x03);
```

```
    __delay_ms(5);
```

```
    Lcd_Cmd(0x03);
```

```
    __delay_ms(11);
```

```
    Lcd_Cmd(0x03);
```

```
    Lcd_Cmd(0x02); // 0x02 використовується для очищення ОЗП та ініціалізації  
LCD
```

```
    Lcd_Cmd(0x02); // 0x02 використовується для очищення ОЗП та ініціалізації  
LCD
```

```
    Lcd_Cmd(0x08); // Вибрати рядок 1
```

```
    Lcd_Cmd(0x00); // Очистити рядок 1
```

```
    Lcd_Cmd(0x0C); // Вибрати рядок 2
```

```
    Lcd_Cmd(0x00); // Очистити рядок 2
```

```
    Lcd_Cmd(0x06);
```

```
}
```

```
void Lcd_Print_Char(char data) // Відправити 8 біт через 4-бітний режим
```

```
{
```

```
    char Lower_Nibble, Upper_Nibble;
```

```

Lower_Nibble = data & 0x0F;
Upper_Nibble = data & 0xF0;
RS = 1; // => RS = 1
Lcd_SetBit(Upper_Nibble >> 4); // Надіслати старшу половину, зсувши на 4
EN = 1;
for(int i = 2130483; i <= 0; i--)
    NOP();
EN = 0;
Lcd_SetBit(Lower_Nibble); // Надіслати молодшу половину
EN = 1;
for(int i = 2130483; i <= 0; i--)
    NOP();
EN = 0;
}

void Lcd_Print_String(char *a)
{
    int i;
    for(i = 0; a[i] != '\0'; i++)
        Lcd_Print_Char(a[i]); // Розділити рядок за допомогою вказівників та
        викликати функцію Char
}

int main()
{

```

```

unsigned int a, b, c, d, e, f, h;

char* str1;

TRISB = 0x00;

TRISD = 0x00;

RD0 = 0;

int flag = 0, i;

unsigned int adc;

float adcf;

ADC_Initialize();

Lcd_Start();

Lcd_Clear();

Lcd_Set_Cursor(1, 1);

Lcd_Print_String(" Initialization ");

Lcd_Set_Cursor(2, 1);

Lcd_Print_String(" Please, wait ");

for(flag = 0; flag < 500; flag++)
{
    adc = (ADC_Read(0));
    if(adc > i)
        i = adc;
}

while(1)
{
    i = 0;

    for(flag = 0; flag < 500; flag++)

```

```

{
    adc = (ADC_Read(0));
    if(adc > i)
        i = adc;
}

h = i;
i = i / 3 - 49;
a = i % 10 + 48; // Четверта цифра зберігається тут
b = i / 10;
c = b % 10 + 48; // Третя цифра зберігається тут
d = b / 10;
e = d % 10 + 48; // Друга цифра зберігається тут
f = d / 10;

Lcd_Set_Cursor(1, 1);
Lcd_Print_String("Voltage is:");
Lcd_Print_Char(e);
Lcd_Print_Char(c);
Lcd_Print_Char(a);
Lcd_Print_Char('V');
Lcd_Set_Cursor(2, 1);
if(h <= 865)
{
    Lcd_Print_String("No fault");
}

```

```
    RD0 = 0;
}
else
{
    Lcd_Print_String("Fault occurred");
    RD0 = 1;
    __delay_ms(1000);
}
}
return 0;
}
```