

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМ. В. ДАЛЯ
ФАКУЛЬТЕТ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ТА ЕЛЕКТРОНІКИ
КАФЕДРА ПРОГРАМУВАННЯ ТА МАТЕМАТИКИ

До захисту допускається
В.о. завідувач кафедри
_____ Лифар В.О.
« ____ » _____ 2020 р.

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до дипломної роботи

бакалавр

(освітньо-кваліфікаційний рівень)

НА ТЕМУ:

Комп'ютерна система контролю параметрів

живлення користувачів електричної енергії

Керівник роботи:

(підпис)

Марченко Д. М.

(ініціали, прізвище)

Студент:

(підпис)

Молочков О. Ю.

(ініціали, прізвище)

Група:

СКС-16

Сєвєродонецьк 2020

ЛИСТ ПОГОДЖЕННЯ І ОЦІНЮВАННЯ
дипломної роботи студента гр. СКС-16 Молочков О.Ю.

Науковий керівник

Професор, д.т.н.

Марченко Д. М.

Оцінка наукового керівника:

Рецензент:

ПІБ, місто роботи, посада

Оцінка рецензента:

Кінцева оцінка за результатами захисту:

Голова ЕК

Лифар В.О.

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ
ВОЛОДИМИРА ДАЛЯ

Факультет Інформаційних технологій та електроніки
Кафедра Програмування та математики
Освітньо-кваліфікаційний рівень бакалавр
Напрямок підготовки 6.050102 «Комп'ютерна інженерія»
(шифр і назва)
Спеціальність _____
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Завідувач кафедри ПМ
_____ В.О. Лифар
« _____ » _____ 20 ____ р.

**З А В Д А Н Н Я
НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ**

Молочков Олексій Юрійович
(прізвище, ім'я, по батькові)

Тема роботи: Комп'ютерна система контролю параметрів живлення користувачів електричної енергії

керівник проекту (роботи) Марченко Д.М., доктор технічних наук, професор
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від " ____ " _____ 202 р. № _____

Строк подання студентом роботи _____ 07 червня 2020

Вихідні дані до роботи Аналіз варіантів побудови комп'ютерної системи.

Розробка апаратно-програмного забезпечення.

Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Аналітичний огляд, розробка апаратного забезпечення, розробка програмного забезпечення. Висновки.

Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв

Дата видачі завдання _____ 22 березня 2020 року _____

Керівник _____
(підпис)Завдання прийняв до виконання _____
(підпис)**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	Складання плану роботи	22.03.20 - 24.03.20	
2	Аналіз літератури	24.03.20 – 29.03.20	
3	Вивчення і підбирання матеріалу	29.03.20 – 20.04.20	
4	Написання розділів	20.04.20 – 25.05.20	
5	Оформлення пояснювальної записки	25.05.20 – 28.05.20	
6	Оформлення графічного матеріалу	28.05.20 – 03.06.20	
7	Підготовка доповіді і слайдів для презентації	03.06.20 – 07.06.20	

Студент _____
(підпис) _____ (прізвище та ініціали)Науковий керівник _____
(підпис) _____ (прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка містить 62 сторінки, 31 рисунок, 1 таблицю, 1 додаток, 5 джерел літератури.

Об'єкт розробки – комп'ютерна система контролю параметрів живлення користувачів електричної енергії.

Мета роботи – розробити комп'ютерну систему, яка забезпечує контроль та індикацію поточного значення мережевої напруги, та відповідного струму споживання. Система повинна видавати відповідну інформацію про величину напруги і та струму в ланцюзі живлення споживача.

Розглянуто можливі шляхи вирішення завдання, розроблене апаратне забезпечення комп'ютерної системи, здійснений вибір елементної бази, розроблена структура алгоритму і програмне забезпечення комп'ютерної системи.

Мікропроцесорна система здійснює контроль напруги мережи, здійснює індикацію її поточних значень, а також видає інформацію у разі виходу напруги з діапазону 170 – 235 В.

Ключові слова: комп'ютерна система, датчик електричного струму, датчик електричної напруги, мікроконтролер, індикація.

ЗМІСТ

ВСТУП	8
1 АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД	9
1.1 Характеристика інформаційно-контролюючих комп'ютерних систем ...	9
1.2 Датчики електричного струму.....	10
1.2.1 Вимірювальні резистивні шунти	10
1.2.2 Датчики Холла.....	14
1.3 Датчики електричної напруги	15
1.3.1 Резистивний дільник.....	15
1.3.2 Трансформатор напруги	17
1.4 Огляд схем захисту користувачів електричної енергії	18
2 РОЗРОБКА СТРУКТУРИ АПАРАТНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ КОМП'ЮТЕРНОЇ СИСТЕМИ.....	28
3. РОЗРОБКА ПРИНЦИПОВОЇ СХЕМИ АПАРАТНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ КОМП'ЮТЕРНОЇ СИСТЕМИ.....	31
3.1 Принцип функціонування апаратного забезпечення комп'ютерної системи.....	31
3.2 Мікроконтролер	33
3.3 Процес скидання	34
3.4 Модуль АЦП	35
3.5 Тактовий генератор	36
3.6 Індикація	37
3.7 Перетворювач струм – напруга	38
3.8 Двохнапівперіодний детектор	40
3.9 Датчик напруги	42
2.9 Управляючий орган	44
3.10 Блок живлення.....	45
4 РОЗРОБКА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ	46
4.1 Розробка структури алгоритму програмного забезпечення.....	46

4.2 Розробка програмного коду	52
5 МОДЕЛЮВАННЯ	57
ВИСНОВКИ.....	60
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	61
ДОДАТОК А ДОВІДКОВІ ДАННІ	62

ВСТУП

Будь-які електроприлади, що живляться електроенергією, корисно захищати від значних відхилень напруги в мережі від номінальних 220 В.

Виготовлення захисних пристроїв є дуже актуальним на сьогоднішній день, так як вітчизняна електромережа, до цього дня, залишається нестабільною і в будь-який момент може виникнути несправність електроспоживачів, коли напруга підвищиться, наприклад, до 380 В. Виходять з ладу практично всі прилади, залишені увімкненими в мережу і що знаходилися у черговому (stand by) режимі. Неменше шкідливими є в багатьох районах короточасні відключення і наступні за тим включення електроенергії. Такі комутаційні процеси часто супроводжуються перехідними процесами, що призводять, наприклад, до втрати фіксованих налаштувань тюнера та збоїв різноманітних комп'ютерних систем управління побутовими електроприладами.

Комп'ютерна система, розробка якої розглядається в цієї роботі, забезпечує контроль напруги електромережі та повинна мати наступні властивості:

- видача відповідної інформації при перевищенні завданого порогу мережевої напруги і при падінні напруги нижче апріорно заданої межі;
- мати постійну індикацію того, що мережна напруга знаходиться в дозволених межах;

Для реалізації такої комп'ютерної системи використовується восьми розрядний мікроконтролер AVR сімейства Classic фірми Atmel.

Незважаючи на безперервний розвиток і появу все нових 16- і 32-розрядних мікроконтролерів, найбільша частка світового ринку і донині залишається за 8-розрядними мікроконтролерами, використання яких доцільно для вузько спеціалізованих комп'ютерних систем на кшталт розробляємої.

1 АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД

1.1 Характеристика інформаційно-контролюючих комп'ютерних систем

Комп'ютерна система, що розробляється в цій роботі відноситься до класу інформаційно-контролюючих систем. Тобто, основні задачі таких систем складаються з збору інформації про відповідні об'єкти і явища, обробки цієї інформації та видачі інформації по результату обробки в форматі, сприятливому для користувача для подальшого прийняття ним відповідних рішень. Тобто, в цьому випадку, в комп'ютерній системі відсутній канал регулювання (чи управління) за яким можуть видаватися в автоматичному режимі управляючі впливи, які будуть впливати на об'єкт контролю намагаючись перевести його до бажаного, апріорно завданого стану. Тобто, в такій системі відсутній зворотний зв'язок за керуванням, а система тільки інформує про стан об'єкта контролю.

На рисунку 1.1 наведена узагальнена структурна організація інформаційно-контролюючої комп'ютерної системи.

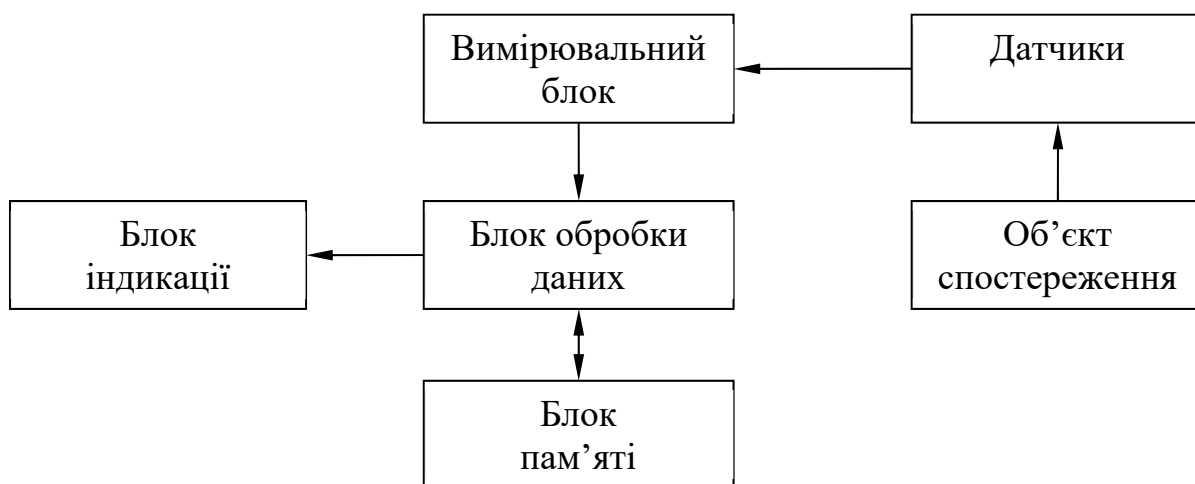


Рисунок 1.1 – Узагальнена структура інформаційно-контролюючої комп'ютерної системи

Відповідно до структури, представленої на рисунку 1.1, характеристики об'єкта спостереження (параметри, що підлягають вимірюванню і контролю) реєструються сукупністю датчиків, які, фактично, представляють собою перетворювачі різних фізичних величин у відповідні електричні рівні чи сигнали. Таким чином, на виходах датчиків формуються електричні сигнали, пропорційні параметрам, що вимірюються. Для подальшої обробки цих сигналів вони подаються на вимірювальний блок, який здійснює попередню їхню обробку та нормування. Таким чином, на виході вимірювального блоку формується інформація про характеристики об'єкта спостереження, форматовані для ефективної подальшої обробки. Блок обробки даних обробляють інформацію, що надходить від вимірювального блоку. В процесі обробки данні зберігаються у блоці пам'яті, а також можуть бути запитані з неї для обробки інформації з використанням даних попередніх етапів обробки (у випадку співставлення та визначення динаміки їхньої зміни від циклу до циклу аналізу). Результати обробки інформації, надалі, передаються до блоку індикації, де відображаються користувачеві у сприйнятливій формі для подальшого сприйняття та формування управлінських рішень.

1.2 Датчики електричного струму

1.2.1 Вимірювальні резистивні шунти

Шунт є найпростішим вимірювальним перетворювачем струму в напругу. Вимірювальний шунт являє собою чотирьохконтактний резистор. Два вхідних контакти шунту, до яких підводиться струм I , називаються струмовими, а два вихідних контакти, з яких знімається напруга U , називаються потенційними. На рисунку 1.2 представлений зовнішній вигляд резистивного вимірювального шунта.

До потенційних контактів шунту зазвичай приєднують вимірювальний механізм вимірювального приладу.



Рисунок 1.2 –Зовнішній вигляд резистивних вимірювальних шунтів

Схема підключення резистивного вимірювального шунту представлена на рисунку 1.3.

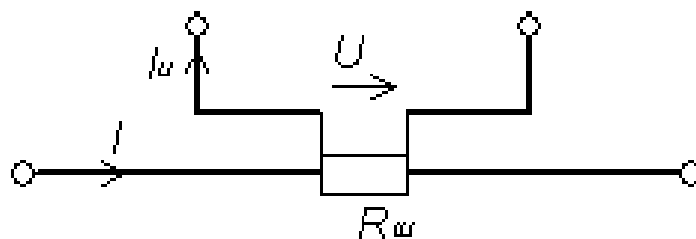


Рисунок 1.3 –Схема підключення резистивного вимірювального шунту

Вимірювальний шунт характеризується номінальним значенням вхідного струму I_n і номінальним значенням вихідної напруги U_n . Їх відношення визначає номінальний опір шунту:

$$R_{\text{ш}} = \frac{U_{\text{н}}}{I_{\text{н}}}.$$

Шунти застосовуються для розширення меж вимірювання електричного струму, при цьому велику частину цього струму пропускається через шунт, а меншу – через вимірювальні контакти. Шунти мають невеликий опір і застосовуються, головним чином, в ланцюгах постійного струму з магнітоелектричними вимірювальними механізмами.

Для зменшення опору резистивного шунту використовують ріноманітні конструктивні рішення, наприклад збільшення площі січення провідника, використовуючи декілька металевих стержнів, як показано на рисунку 1.2.

Вимірювальний струм $I_{\text{вим}}$, що протікає через вимірювальний механізм, пов'язаний з вимірюваним струмом I залежністю

$$I_{\text{вим}} = \frac{I}{R_{\text{ш}}/(R_{\text{ш}} + R_{\text{вим}})}$$

де $R_{\text{вим}}$ – опір вимірювального механізму.

Якщо необхідно, щоб струм $I_{\text{вим}}$ та був у n разів менший за струм I , то опір шунту повинен бути:

$$R_{\text{ш}} = \frac{R_{\text{вим}}}{n - 1}$$

де $n = I / I_{\text{вим}}$ – коефіцієнт шунтування.

Шунти виготовляють з манганину. Якщо шунт розрахований на невеликий струм (до 30 А), то його зазвичай містять в корпус приладу (внутрішні Шунти). Для вимірювання великих струмів використовують

прилади із зовнішніми шунтами. У цьому випадку потужність, що розсіюється на шунті, не нагріває прилад.

Вимірювальний механізм приєднують до потенційних контактів, між якими і мається опір шунту. При такому включенні вимірювального механізму усуваються похибки від контактних опорів.

Наружні шунти, зазвичай, виконуються каліброваними, тобто розраховуються на певні струми і падіння напруги. Калібровані Шунти повинні мати номінальне падіння напруги 10, 15, 30, 50, 60, 75, 100, 150 і 300 мВ.

Для переносних магнітоелектричних приладів на струми до 30 А внутрішні шунти виготовляють на кілька діапазонів вимірювання.

Також існують багатомезні шунти. Багатомезний шунт складається з декількох резисторів, які можна перемикає залежно від межі вимірювання важільним перемикачем або шляхом перенесення дроту з одного контакту на інший

При роботі шунтів з вимірювальними приладами на змінному струмі виникає додаткова похибка від зміни частоти, так як опір шунту і вимірювального механізму по різному залежать від частоти.

Шунти поділяються на класи точності 0,02; 0,05; 0,1; 0,2 і 0,5. Число, що визначає клас точності, позначає припустиме відхилення опору шунту у відсотках від його номінального значення.

Основним недоліком такого датчика є втрати активної потужності при протіканні струму через резистивний шунт. Навіть враховуючи досить малі величини опору шунту, при великих значеннях електричного струму, що контролюється, ці втрати можуть бути істотними. Таким чином, вказані датчики використовують, як правило, у малопотужних колах, де відносні втрати активної потужності не є значущими. У випадку ж наявності потужних силових ланцюгів зі значними рівнями струмів, як правило,

використовують безконтактні датчики на кшталт того, який розглядається далі.

1.2.2 Датчики Холла

Датчики Холла представляють собою пристрої безконтактного вимірювання електричного струму, які основані на ефекті Холла.

На рисунку 1.4 представлений зовнішній вигляд датчику Холла та принцип його роботи. На відміну від вимірювального шунту, датчик Холл має гальванічну розв'язку основного та ланцюга вимірювання, що дозволяє перетворювати великі значення сили струму у відносно невеликі вимірювальні сигнали, які легко подавати до вимірювальної системи.

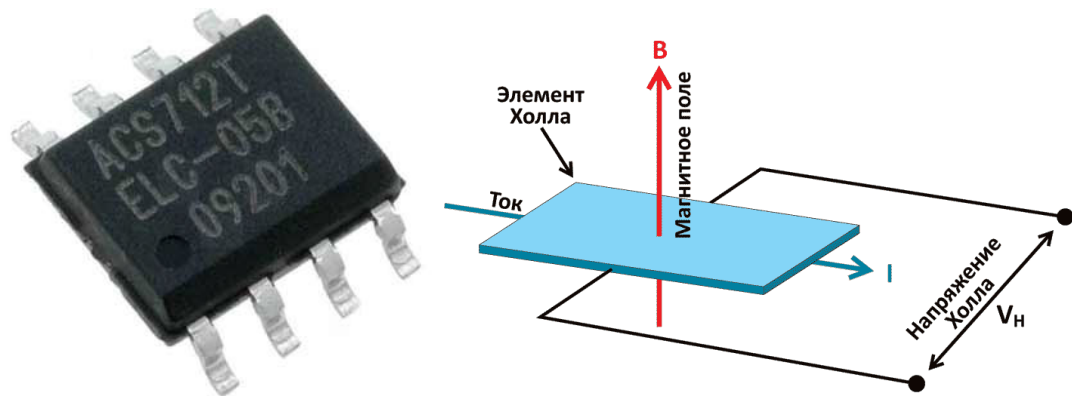


Рисунок 1.4 –Зовнішній вигляд та принцип дії датчика Холла

Ефект Холла полягає в наступному. Якщо помістити у магнітне поле пластину провідника або напівпровідника під 90° до напрямку силових ліній магнітного потоку, електрони в пластині під дією сили Лоренца почнуть зміщуватися по поперечині цієї пластини. Напрямок зміщення електронів залежить від напрямку сили струму та напрямку силових ліній магнітного потоку. Фактично, ефект Холла – це окремий випадок дії сили Лоренца, тобто дії магнітного поля на заряджену частинку.

Цей ефект проілюстрований на рисунку 1.4. Пластина розташована до нас торцем, а її кромка дивиться вниз. Ця пластина зроблена з металу, її обидва торця підключені до джерела живлення, задній торець на мінус, передній на плюс.

В цьому випадку, електричний струм буде рухатися у напрямку до нас, тобто в нашу сторону, звідки ми спостерігаємо. Праворуч і ліворуч від пластини буде створюватися магнітне поле. Таким чином, у нашому випадку силові лінії магнітного поля йдуть зверху до низу, оскільки завжди виходять з північного полюса і входять в південний. Силові лінії будуть відхиляти електрони, що проходять по пластині до її верхній кромці.

Якщо ми поміняємо напрямок струму в пластині, помінявши місцями провідники, електрони почнуть відхилятися вниз. Якщо ми не будемо змінювати напрямок електричного струму, а поміняємо полюса магнітного поля, то електрони будуть зсуватися вниз. А поміняти і те, і інше, сила Лоренца буде переміщати електрони вгору.

Основна перевага таких безконтактних датчиків вимірювання струму є наявність гальванічної розв'язки між входним та вихідним ланцюгами, що мінімізує втрати при перетворенні параметрів електроенергії у випадку великих значень струмів, що контролюються.

1.3 Датчики електричної напруги

1.3.1 Резистивний дільник

У випадку, коли до комп'ютерної системи не може бути подана напруга для контролю напруги, використовують дільники напруги.

Якщо напруга, яка підлягає контролю набагато більша за припустиму напругу на вході комп'ютерної системи таке підключення призведе до виходу з ладу комп'ютерної системи, а також, можливо, й джерела цієї напруги. В

цьому випадку дільники напруги дозволяють пропорційно зменшити рівень напруги до значення, яке може бути подане на вхід комп'ютерної системи. На рисунку 1.5 представлений приклад схеми дільника напруги.

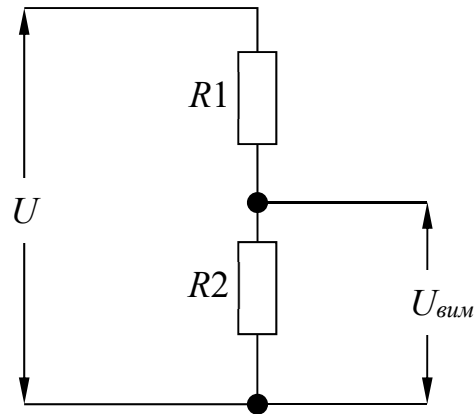


Рисунок 1.5 – Резистивний дільник напруги

Напруга вимірювання на виході датчика напруги визначається наступним чином:

$$U_{\text{вим}} = \frac{U \cdot R2}{R1 + R2}.$$

Таким чином, резистивний дільник дозволяє зменшити напругу на вході комп'ютерної системи у k разів, де

$$U_{\text{вим}} = \frac{U}{k},$$

$$k = \frac{R1 + R2}{R2}.$$

Основною перевагою такого датчика контролю електричної напруги є простота реалізації, однак, у випадку використання у потужних електричних колах досить істотними стають недоліки:

- втрати енергії при протіканні електричного струму через резистори дільника;
- відсутність гальванічної розв'язки між вхідним високовольтним ланцюгом і низьковольтним ланцюгом комп'ютерної системи контролю.

Для виключення вказаного недоліку, в силових колах використовують інший різновид датчиків напруги, який розглядається далі.

1.3.2 Трансформатор напруги

У випадку необхідності контролю великих значень напруги в силових ланцюгах використовують трансформаторні понижуючі схеми, які на основі магнітного, не електричного, зв'язку дозволяють передати у пропорційній залежності величину напруги на первинній обмотці трансформатору до вторинної обмотці. Схема контролю напруги на основі трансформатору наведена на рисунку 1.6.

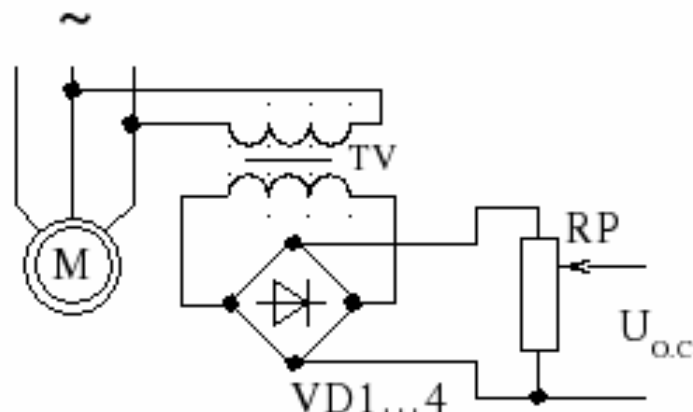


Рисунок 1.6 Схема контролю напруги на основі трансформатору

В цьому випадку вирішуються два негативних аспекти, що притаманні попередній схемі контролю напруги: мінімізуються втрати енергій на перетворенні та вводиться гальванічна розв'язка між вхідним та вихідним ланцюгом.

Однак, така схема має і певне обмеження – дозволяє здійснювати контроль тільки в колах змінного струму, так як закон електромагнітної індукції вимагає наявності змінного електричного поля, яке породжує змінне електричне, яке, в свою чергу, породжує вторинне електричне поле у вторинній обмотці трансформатора. При цьому, враховуючи той факт, що комп'ютерна система живиться від однополярного джерела живлення, то на її вхід неприпустиме подавання змінної напруги. В цьому випадку, в схемі на рисунку 1.6 встановлена двох полуперіодна мостова схема випрямлення, яка дозволяє змінну напруги представити в однополярному діапазоні на кожному напівперіоді.

1.4 Огляд схем захисту користувачів електричної енергії

Ефективні схеми захисту повинні забезпечувати нормальну роботу або відключення джерел без виходу з ладу з метою запобігання відмові елементів при виникненні різних аварійних режимів.

Недоліком джерел електроживлення з напівпровідниковими елементами виявляється їх підвищена чутливість до перевантаження. Захист джерела повинен передбачати: зберігання елементів джерела при підвищенні вхідної напруги більш допустимого та виходу з ладу елементів або вузлів самого джерела, також захист навантаження від перенапруги на виході джерела.

Існує два основних засоби будівництва захисту джерела. Перший засіб – пристрій захисту будується за обліком елементів самого джерела та використовує ці елементи у захисних цілях (регулювальний елемент стабілізатора напруги використовується як виконавчий орган, тиристори

мостової схеми випрямлення виконують функції виконавчих елементів та елементів випрямлення).

Другий засіб побудови укладається з врахуванням того, що схема уявляє собою окремий пристрій, який доповнює основне джерело. Така схема може бути спільною для багатьох типів джерел. Вона містить звичайно, найбільшу кількість елементів, ніж при використанні першого засобу, але дозволяє зменшити номенклатуру захисних пристроїв. Окремі пристрої захисту зручні при серійному виробництві та при обслуговуванні апаратури.

При будівництві схем захисту можливі два основних принципи; схема спрацьовує при досягненні одного з параметрів елементів, що входять до джерела максимального значення, зазначеного у технічних умовах.

Спрацьовування схеми відбувається за обліком перевантажних характеристик елементів джерела, у режимах, як правило, не застережених у технічних умовах. У будь – якому випадку підвищення норм технічних умов на елементи джерел та навантаження недопустимо. Другий шлях більш переважний, так як поліпшуються масогабаритні характеристики джерела.

При оцінюванні необхідної швидкодії захисту належить виходити з головних факторів; допустиме перевантаження елементів та навантаження по струму, напруги, розсіяної потужності. При статичному режимі роботи джерела (коли струм навантаження постійний або змінюється повільно) необхідно будувати схеми захисту так, щоб швидкодія визначалася тільки перевантаженою здатністю елементів джерела та навантаження. У цьому випадку виконавчий орган може бути електромеханічним або електронним. Необхідно тільки врахувати характер перехідного процесу при вмиканні, що досягається вимиканням захисту під час перехідного процесу (при умові, що перевантажена здатність елементів дозволяє використовувати цей метод) або змінюванням характеру перехідного процесу датчика перевантаження.

При імпульсному характеру навантаження джерела необхідно враховувати, що хибних спрацьовувань схеми захисту бути не повинно, це

означає, що виконавчий орган повинен вибиратися за обліком завадозахищеності у цілому. Крім того, імпульсний характер навантаження накладає додаткові вимоги до датчиків збурення (необхідна реакція на імпульс визначеної тривалості, амплітуди, та ін.)

В залежності від характеру споживання струму навантаженням схеми захисту може бути різноманітними за методом побудови, виконавчого органу, та датчика збурювання. Присутність того або іншого виконавчого органу накладає відбиток на побудову схеми у цілому. Швидкодія схеми захисту не може бути самоціллю, вона повинна диктуватися конкретними умовами роботи джерела.

Для захисту користувачів електричної енергії традиційно використовують плавкі запобіжники. Зазвичай в них використовують тонкі неізольовані провідники перерізу, що калібрується, розраховані на заданий струм перегорання. Найнадійніше ці пристосування працюють в ланцюгах змінного струму підвищеної напруги. З пониженням робочої напруги ефективність їх застосування знижується. Обумовлено це тим, що при перегоранні тонкого дроту в ланцюзі змінного струму виникає дуга, що розпильює провідник. Граничною напругою, при якій може виникнути така дуга, вважається напруга 30...35 В. При низьковольтному живленні відбувається просто плавлення провідника. Процес цей займає триваліший час, що у ряді випадків не рятує сучасні напівпровідникові прилади від ушкодження.

Проте, плавкі запобіжники і понині широко використовують в низьковольтних ланцюгах постійного струму, там, де від них не потрібна підвищена швидкодія.

Там, де плавкі запобіжники не можуть ефективно вирішити завдання захисту користувачів електричної енергії від струмових перевантажень, їх можна з успіхом використати в схемах захисту електронних пристроїв від перенапруження.

Принцип дії такого захисту полягає в наступному. При перевищенні рівня живлячої напруги спрацьовує пороговий пристрій, що викликає коротке замикання в ланцюзі навантаження, в результаті якого провідник запобіжника плавиться і розриває ланцюг навантаження.

Метод захисту апаратури від перенапруження за рахунок примусового перепалювання запобіжника, звичайно, не є ідеальним, але отримав досить широке поширення завдяки своїй простоті і надійності. При використанні цього методу і вибору оптимального варіанту захисту варто враховувати, наскільки швидкодіючим має бути автомат захисту, чи варто перепалювати запобіжник при короткочасних кидках напруги або ввести елемент затримки спрацьовування. Бажано також ввести в схему індикацію факту перегорання запобіжника.

Простий захисний пристрій, що дозволяє врятувати електронну схему, що захищається, показано на рисунку 1.7. При пробі стабілітрона включається тиристор і шунтує навантаження, після чого перегорає запобіжник. Тиристор має бути розрахований на значний, хоча і короткочасний струм. У схемі абсолютно не допустиме використання сурогатних запобіжників, оскільки інакше можуть одночасно вийти з ладу як схема, що захищається, так і джерело живлення, і сам захисний пристрій.

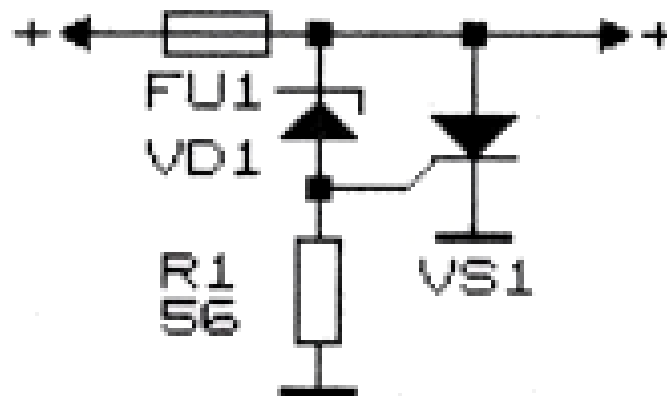


Рисунок 1.7 – Схема захисту на основі стабілітрону

Вдосконалена схема захисту навантаження від перевищення напруги, доповнена резистором і конденсатором, показана на рисунку 1.8. Резистор обмежує граничний струм через стабілітрон і перехід тиристора, що управляє, конденсатор знижує вірогідність спрацьовування захисту при короткочасних кидках живлячої напруги.

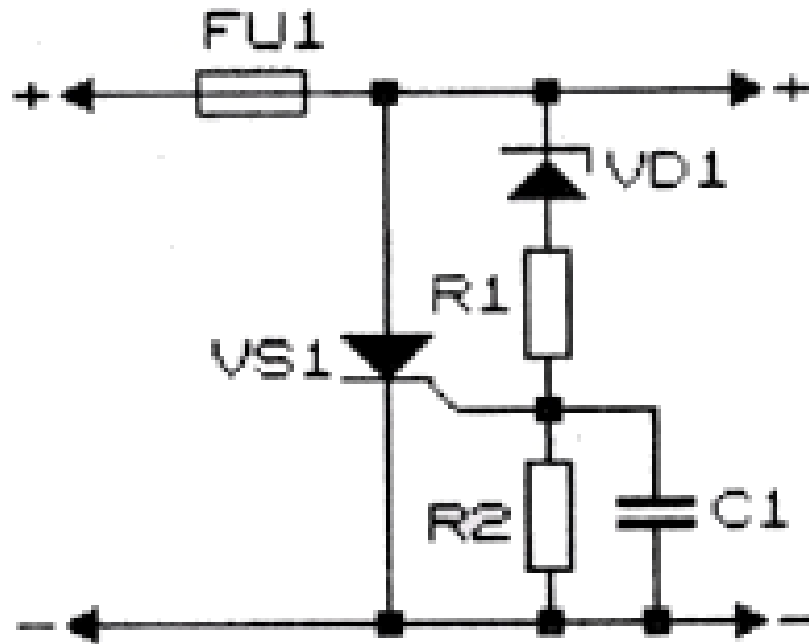


Рисунок 1.8 –Вдосконалена схема захисту з підвищеною завадостійкістю

Наступний пристрій (рисунок 1.9) здійснює захист електроспоживачів при випадковій зміні полярності напруги живлення, або при перевищенні припустимого рівня напруги.

Якщо полярність зворотна, то діод VD1 відкривається, і згорає запобіжник FU1. Лампа EL1 спалахує, сигналізуючи про аварійне підключення.

При правильній полярності, але входній напрузі, що перевищує встановлений рівень, що задається стабілітронами VD2 і VD3 (в даному випадку - 16 В), тиристор VS1 відкривається і замикає ланцюг, що викликає перегорання запобіжника і запалення аварійної лампи EL1.

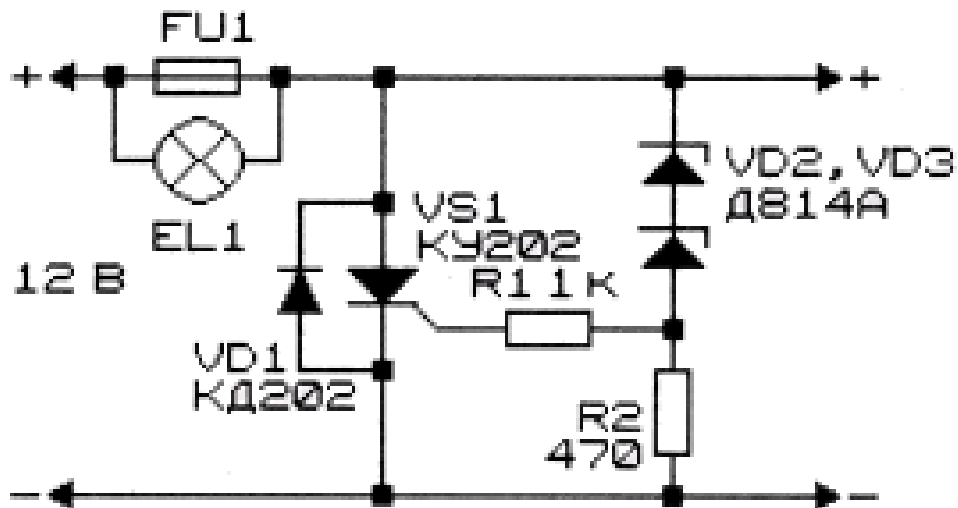


Рисунок 1.9 – Схема захисту з індикацією аварії

Запобіжник FU1 має бути розрахований на максимальний струм, споживаний радіоапаратурою.

Елементи логіки зазвичай працездатні у вузькому діапазоні живлячої напруги (4,5...5,5 В). Якщо аварійне зниження живлячої напруги не таке небезпечне для роботи мікросхем, то підвищення цієї напруги абсолютно неприпустимо, оскільки може привести до ушкодження усіх мікросхем в системі.

На рисунку 1.10 приведена достатньо ефективна схема захисту напівпровідникових пристроїв від перенапруження. Спосіб захисту полягає в наступному: як тільки живляча напруга перевищить рекомендований рівень всього на 5% (тобто досягне величини 5,25 В) спрацює пороговий пристрій і включиться тиристор. Через нього починає протікати струм короткого замикання, який перепалює плавкий запобіжник FU1. Зрозуміло, в якості запобіжника не можна використовувати сурогатні запобіжники, оскільки у такому разі може вийти з ладу блок живлення, тиристор, що захищає схему, а потім і напівпровідниковий пристрій, що захищається.

Недоліком пристрою є відсутність індикації перегорання запобіжника. Цю функцію в пристрій нескладно ввести самостійно.

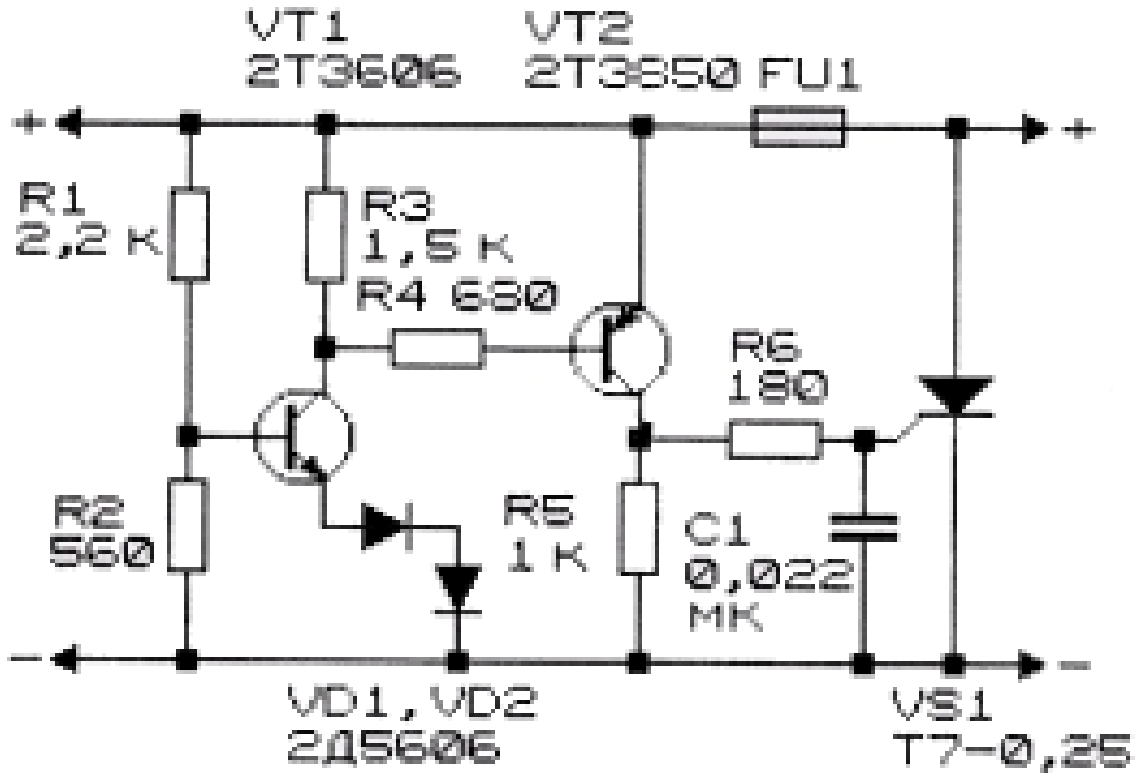


Рисунок 1.10 – Швидкодіюча схема захисту напівпровідникових пристроїв

Ще один варіант схеми захисту споживачів електричної енергії у разі аварії в електромережі приведений на рисунку 1.11.

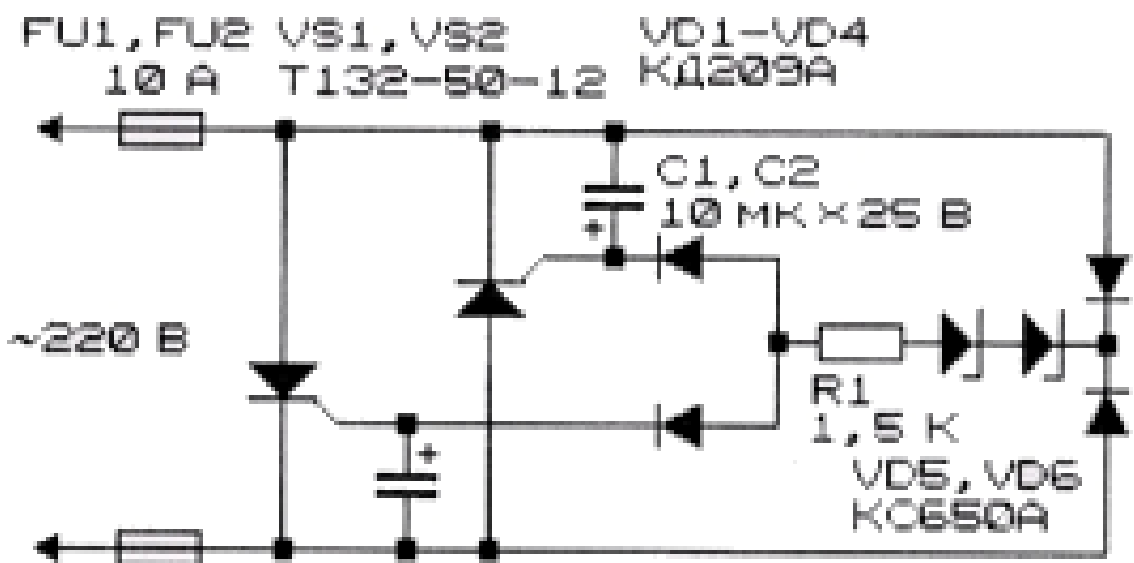


Рисунок 1.11 – Пристрій захисту споживачів електричної енергії

Напруга спрацьовування захисту визначається падінням напруги на складеному стабілітроні VD5+VD6 і складає 270 В.

Конденсатори C1 і C2 утворюють спільно з резистором R1 RC-ланцюжок, який перешкоджає спрацьовуванню пристрою при імпульсних викидах в мережі.

Схема працює таким чином. При напрузі в мережі до 270 В стабілітрони VD3, VD4 закриті. Також закриті і тиристори VS1, VS2. При діючій напрузі більше 270 В відкриваються стабілітрони VD3, VD4, і на електроди тиристорів VS1, що управляють, VS2 поступає відкриваюча напруга. Залежно від полярності напівперіоду мережевої напруги струм проходить або через тиристор VS1, або через VS2. Коли струм перевищує 10 А, спрацьовують автоматичні вимикачі (пробки, плавкі запобіжники), відключаючи електроприлади від електромережі. Навантаження (на малюнку не показана) підключається паралельно тиристорам. Пристрій працює затно і на постійному струмі.

Схема захисту від перенапруження (рисунок 1.12) вигідно відрізняється від попередніх тим, що в ній не відбувається безповоротного ушкодження елемента захисту. Замість цього при напрузі понад 14,1 В пробивається ланцюжок стабілітронів VD1 - VD3, включається і самоблокується тиристор VS1, спрацьовує реле K1 і своїми контактами відключає ланцюг навантаження.

Відновити початковий стан схеми захисту можна тільки після втручання оператора. З цією метою слід натиснути кнопку SB1. Пристрій також переходить в режим очікування після короткочасного відключення джерела живлення. До основного недоліка цієї схеми захисту належить його висока чутливість до короткочасних перенапружень.

Схема захисту, принципова схема якого наведена на рисунку 1.13, може застосовуватися для захисту навантаження від неприпустимо високої вихідної напруги. У нормальних умовах транзистор VT1 працює в режимі, коли

напруга між його колектором і емітером невелика, і на транзисторі розсіюється невелика потужність (струм бази визначається резистором R1). Опір стабілітрона VD2 в цьому випадку велике і тиристор VS1 закритий.

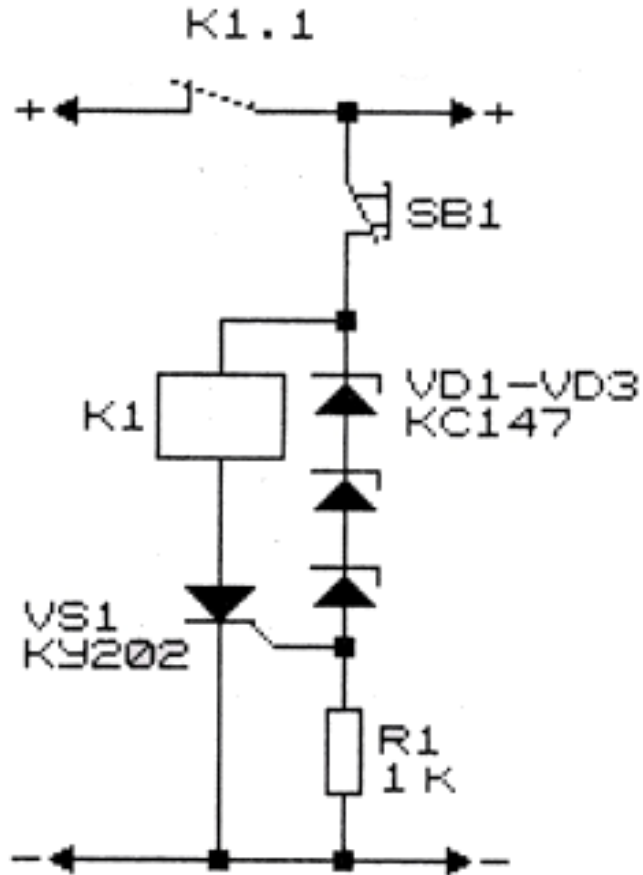


Рисунок 1.12 – Схема захисту користувачів електричної енергії

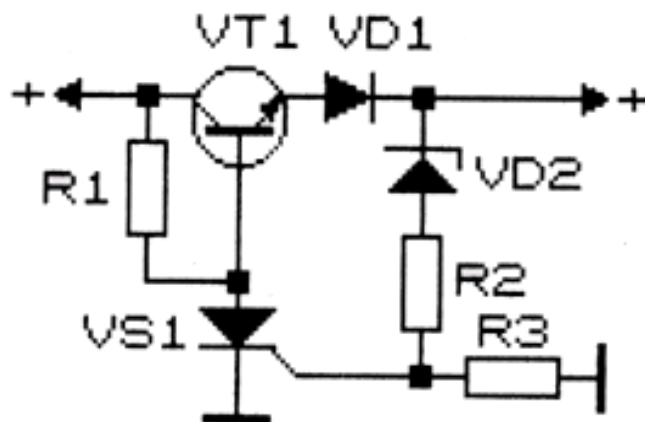


Рисунок 1.13 – Схема захисту користувачів електричної енергії

При зростанні напруги на виході облаштування вище певної величини через стабілітрон починає протікати струм, який призводить до відкриття тиристора. Транзистор VT1 при цьому закривається, і напругу на виході пристрою стає близько до нуля. Відключити захист можна тільки відключенням джерела живлення.

Описаний пристрій повинен включатися у вихідний ланцюг стабілізаторів так, щоб сигнал зворотного зв'язку подавався з ланцюга, розташованого за системою захисту. При номінальному вихідному напрузі 12 В і струмі 1 А в пристрої можна застосувати транзистор КТ802А, тиристор КУ201А - КУ201К, стабілітрон - Д814Б. Опір резистора R1 має бути 39 Ом (потужність розсіювання за відсутності системи автоматики, що відключає стабілізатор від мережі, складає 10 Вт), R2 - 200 Ом, R3 - 1 кОм.

2 РОЗРОБКА СТРУКТУРИ АПАРАТНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ КОМП'ЮТЕРНОЇ СИСТЕМИ

Апаратне забезпечення комп'ютерної системи, що розробляється, складається з мікроконтролера, 4 розрядної семисегментної індикації, дешифратора, операційного підсилювача (див. Додаток А), резисторної оптопари. Ця система здійснює контроль мережевого живлячої напруги, в ній передбачена візуалізація поточних значень контрольованих параметрів, видача відповідної інформації при виході напруги з заданих меж.

З огляду на те, що напруга в мережі може різко змінюватися більш ніж на десятки вольт, контролювати зміну напруги в одиниці вольт є недоцільним і неефективним у даному випадку.

Нижня припустима межа напруги становить 170 В, верхня - 235 В поріг чутливості зміни напруги становить 0,2 В. При перевищенні припустимого значення, принаймні, одного з контрольованих параметрів відбувається видача відповідної інформації, яка потім буде використана для корекції напруги.

Така комп'ютерна система може знайти широке застосування в ланцюгах електроживлення як звичайних побутових споживачів для захисту побутової апаратури, так і промислових підприємств з потужністю до 2,2 кВт і є досить актуальною та корисною внаслідок її універсальності. Вона може захищати індивідуально той чи інший прилад або все обладнання, що мається в будинку або підприємстві в цілому, гарантує надійну роботу в досить широкому температурному діапазоні.

Структурна схема апаратного забезпечення комп'ютерної системи контролю параметрів електроживлення представлена на рисунку 2.1.

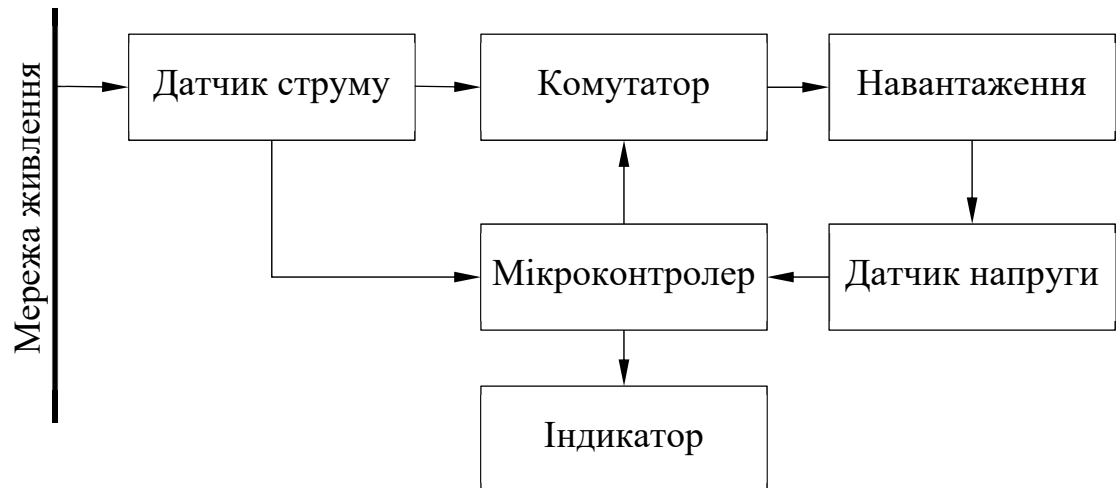


Рисунок 2.1 – Структурна організація комп'ютерної системи контролю параметрів живлення користувачів електричної енергії

Відповідно цієї структури, в коло живлення користувача (між мережею живлення та навантаженням) включається датчик струму, який реєструє дані про поточний рівень споживання навантаженням (користувачем). Інформація про поточний рівень струму споживання надходить для обробки до мікроконтролера.

Якщо, параметри споживання виходять за межі апріорно заданих програмним способом, мікроконтролер здійснює видачу управляючого сигналу на комутатор, який розриває ланцюг живлення користувача та відключає його від мережі живлення. Така ситуація може спостерігатися в наступних випадках:

- струм споживання значно менший ніж апріорно заданий, що може свідчити про несправність користувача, або відсутність гарного контакту в комунікаційних лініях електропостачання, що спричиняє відсутність належного струму споживання;

- струм споживання значно перевищує апріорно задане значення, що також може свідчити про несправність споживача, наявність короткого замикання в схемах споживача або ліній електропостачання.

Якщо струм споживання знаходиться в дозволеному діапазоні значень, комутатор не розриває ланцюг та електроенергія подається до споживача. При цьому, напруга живлення реєструється датчиком напруги і данні про поточне значення напруги живлячої мережі надходить до мікроконтролера. Якщо напруга живлення знаходяться за межами апріорно заданих програмним шляхом порогових значень мікроконтролер формує сигнал управління на комутатор, який відключає споживача від мережі живлення.

В процесі роботи здійснюється поточне вимірювання значень напруги живлення та струму споживання, данні обробляються мікроконтролером та поточні значення параметрів живлення користувача відображаються на індикаторі.

3. РОЗРОБКА ПРИНЦИПОВОЇ СХЕМИ АПАРАТНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ КОМП'ЮТЕРНОЇ СИСТЕМИ

3.1 Принцип функціонування апаратного забезпечення комп'ютерної системи

Розроблена принципова схема апаратного забезпечення комп'ютерної системи контролю параметрів живлення користувачів електричної енергії представлена на рисунку 3.1.

Аналоговий сигнал струму знімається з резистивного шунту R2 і подається на диференційний підсилювач, який виконано на мікросхемі операційного підсилювача (елементи DA1.1 і DA1.2 [2]). Далі сигнал перетворюється на постійну напругу, за допомогою двохнапівперіодного детектора зібраного на мікросхемі операційного підсилювача (елементи DA1.3, DA1.4 [3]). Після цього, нормований сигнал подається на вхід аналого-цифрового перетворювача, який вбудований у мікроконтролер. Для формування постійного сигналу, пропорційного напрузі живлення користувача, служить резисторна оптопара VU1 [4] і конденсатор C4 ємністю 1 мкФ, для згладжування пульсацій.

Дані про поточні значення струму споживання та напруги живлення перетворюються вбудованим аналого-цифровим перетворювачем та програмно порівнюються з апріорно заданими пороговими значеннями. У випадку, якщо значення струму або напруги виходять за межі порогових значень мікроконтролер на своєму виводі 14 формує сигнал низького рівня, що призводить до закривання оптопари D1 та знеструмлення обмотки управління реле K1. В результаті чого, контактна група реле K1 розмикає мережу та відключає користувача від мережи живлення.

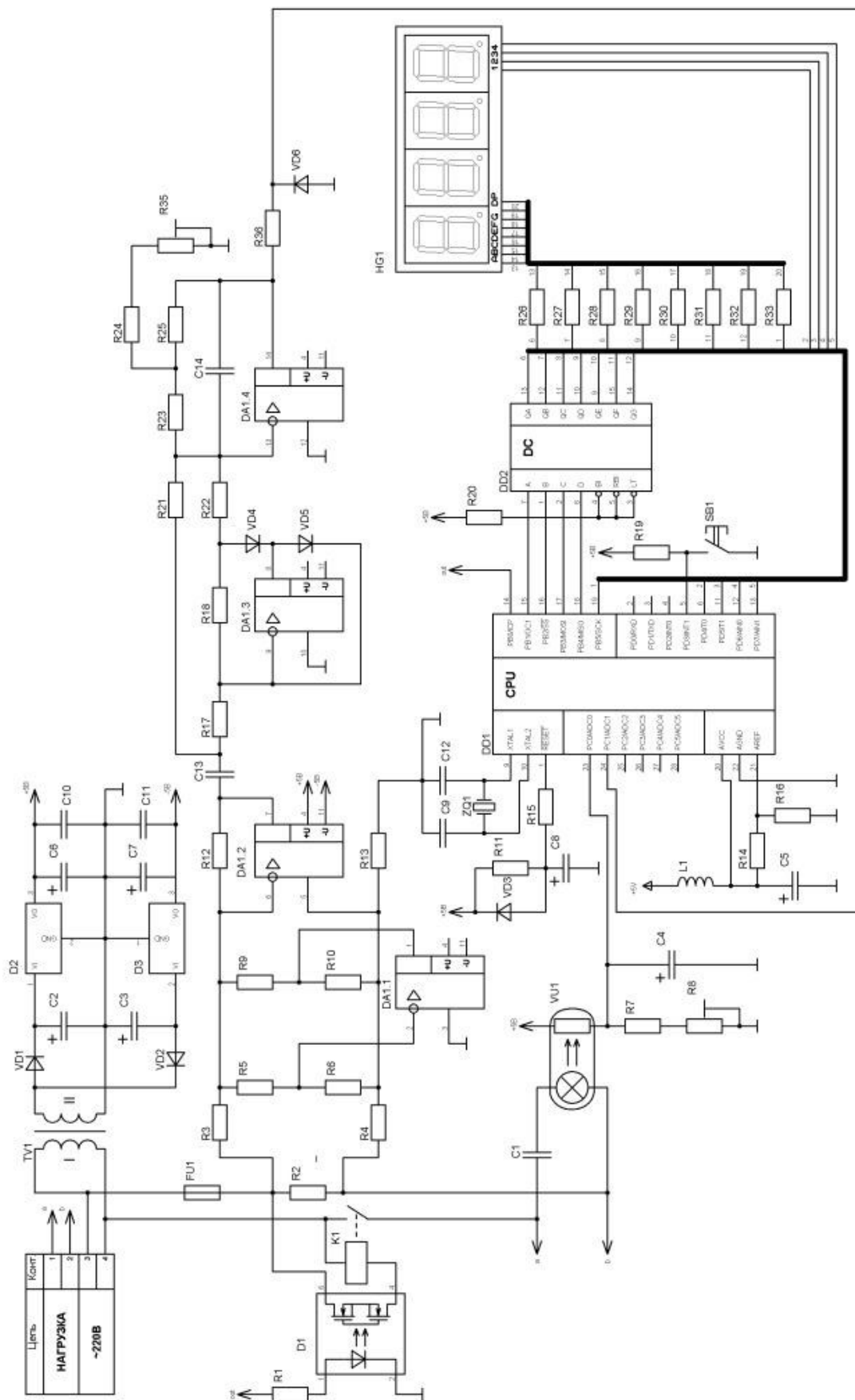


Рисунок 3.1 – Принципова схема апаратного забезпечення комп'ютерної системи контролю параметрів споживання електроенергії

Якщо поточні значення струму споживання та напруги жавлення знаходяться в припустимих межах, мікроконтролер формує на своєму виводі 14 високий рівень напруги, що призводить до відкриття оптопари D1, що, в свою чергу, призводить до подачі напруги до обмотки управління реле K1 та замикання його контактної групи. В цьому випадку, замикання контактів реле призводить до підключення споживача до мережі живлення.

Первинний запуск схеми, при якому здійснюється первинний контроль параметрів живлення здійснюється за допомогою натискання кнопки SB1. При цьому здійснюється примусове замикання контактної групи реле та підключення напруги живлення. Якщо параметри живлення збудуть знаходитись в дозволених межах, надалі мікроконтролер «підхватує» управління обмоткою реле та утримує контактну групу в замкненому стані.

Якщо же підчас початкового запуску не отримуються припустимі параметри живлення, то мікроконтролер одразу же надає команду на розмикання контактної групи реле. В цьому випадку, для користувача після натискання кнопки буде здаватися, що комп'ютерна система не включається.

3.2 Мікроконтролер

При підборі компонентів схеми широко використовувалися матеріали [1], [4], а також використовувалася інформація джерела [5].

В даній комп'ютерній системі прийняте рішення використовувати мікроконтролер сімейства Classic AT90S4433 фірми Atmel [1]. Розташування виводів цього мікроконтролера наведено на рисунку 3.2.

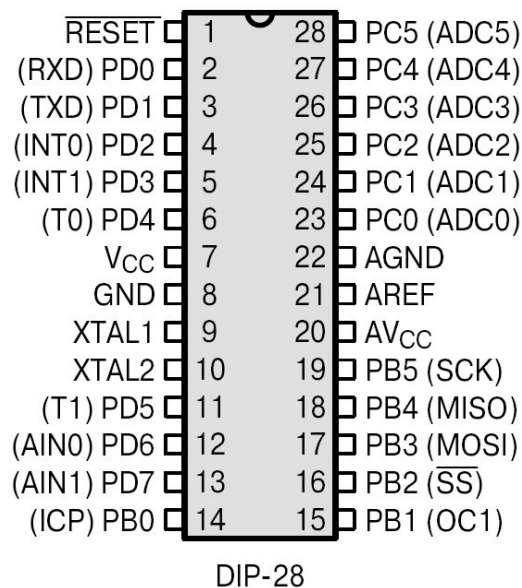


Рисунок 3.2 – Расположение выводов микроконтроллера AT90S4433

3.3 Процес скидання

Скидання мікроконтролера (інша назва - реініціалізація), переводить мікроконтролер в початковий стійкий стан.

Для управління виводом RESET використовується схема, представлена на рисунку 3.3 [1]. Зрозуміло, можна також використовувати і спеціалізовану схему стеження за напругою живлення, функціонуючу подібним чином.

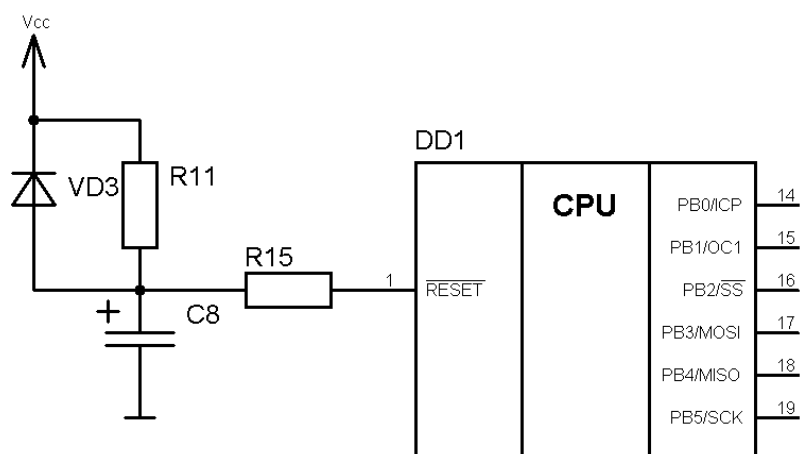


Рисунок 3.3 – Схема скидання мікроконтролера

Фактично, ця схема формує затримку появи високого рівня логічної одиниці на входи RESET при появі напруги живлення.

В запропонованій схемі затримка між сигналами RESET і V_{cc} визначається постійною часу заряду конденсатора C8. Ця постійна часу визначається помноженням ємності конденсатора C8 та опору резистора R11. Опір резистора R11 не перевищує 40 кОм. Діод VD3 служить для швидкого розряду конденсатора при відключення напруги живлення. Резистор R15 опором від 100 Ом до 1 кОм призначений для обмеження вхідного струму виводу RESET.

Виберемо:

R11: МЛТ-0,125-33кОм \pm 5%;

R15: МЛТ-0,125-100 Ом \pm 5%;

VD3 - КД 522Б;

C8- К50-16 -1мкФ-10В.

3.4 Модуль АЦП

Для живлення модулю АЦП (див. рисунок 3.4) в мікроконтролері передбачені 2 виводи: AVCC (напруга живлення) і AGND (аналогова "земля"). Напруга на виводі AVCC не повинна бути більшою за напругу мікроконтролера і відрізнятися від неї більше ніж на 0,3 В. Аналогову землю з'єднаємо з цифровою в одній точці. Також є вивод AREF для підведення опорної напруги. Напруга, що подається на цей вивід має знаходитися в діапазоні 0 ... V_{cc} , В цьому випадку вона становить 2,5 В. При цьому AVCC = 5 В. Отже, R14 і R16 можна обрати типу: МЛТ-0,125-1 кОм 5%.

Напругу AREF можна застабілізувати за допомогою стабілітрону VD.

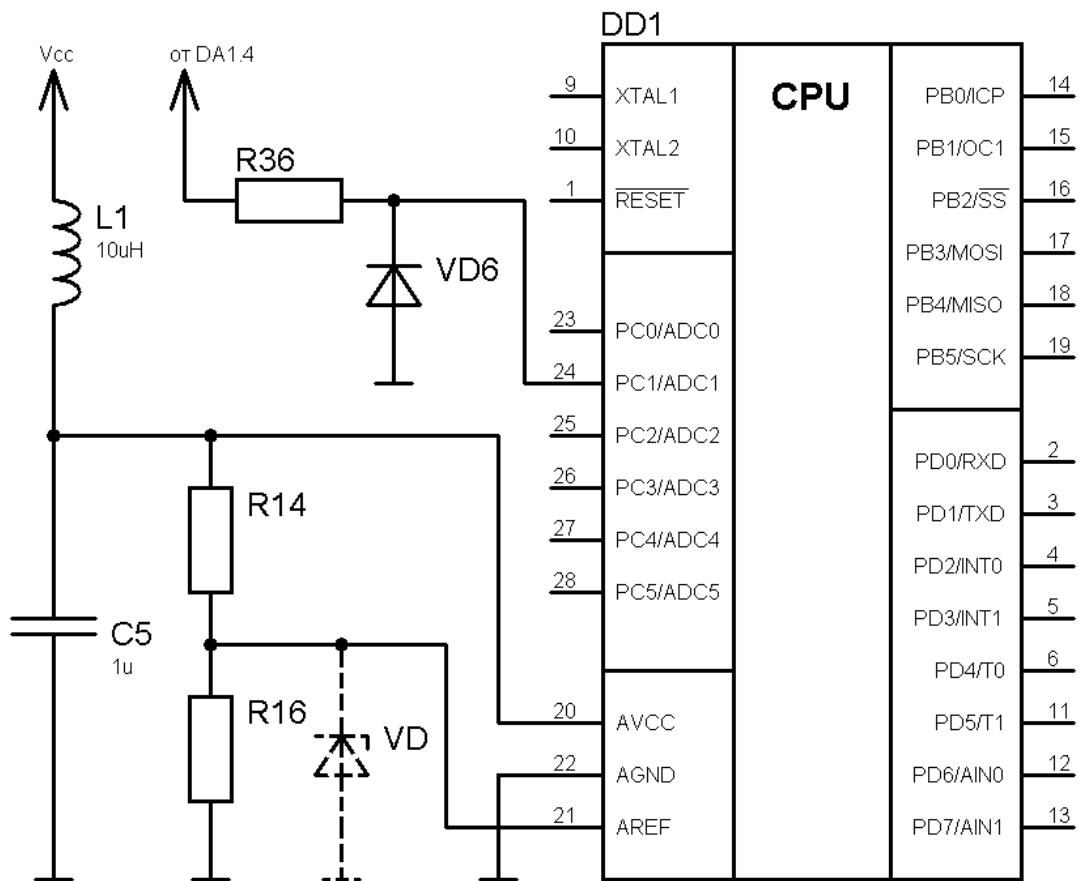


Рисунок 3.4 – Підключення ланцюгів живлення АЦП

Вивід AVCC повинен бути підключений до джерела живлення Vcc через L1-C5 фільтр [1], як вказано на рисунку 3.4.

Діод VD6 захищає вивід ADC1 аналого-цифрового перетворювача від негативної напруги.

Оберемо:

R36: МЛТ-0,125-1 кОм±5%;

VD6 – КД522Б захищають вивод ADC1 от отрицательного напряжения.

3.5 Тактовий генератор

Резонатор підключається до виводів XTAL1 і XTAL2 мікроконтролера, як показано на рисунку 3.5. За необхідності, тактовий сигнал мікроконтролера можна використовувати для управління якими-небудь зовнішніми

пристроями. Цей сигнал знімається з виводу XTAL2, причому між виводом і зовнішньою схемою обов'язково повинен бути буфер, як це показано на рисунку 3.5.

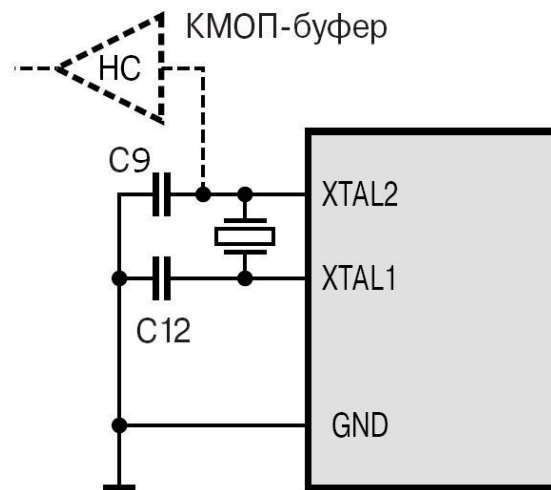


Рисунок 3.5 – Підключення кварцового або керамічного резонатора

Ємність конденсаторів C9 і C12, що підключаються між виводами XTAL1, XTAL2 і загальним проводом, залежить від частоти і типу резонатора. Для кварцового резонатора на обрану частоту для цього застосування в 1 МГц ємність кожного конденсатора складає 30 пФ.

3.6 Індикація

Для управління семисегментним індикатором обраний спеціальний призначений для цього дешифратор 4 розрядного двійкового коду в семисегментний код – мікросхема 7448 (DD2) аналог мікросхем 514ИД1А – 514ИД1В [4].

Принципова схема спряження дешифратора зі світлодіодним індикатором наведена на рисунку 3.6.

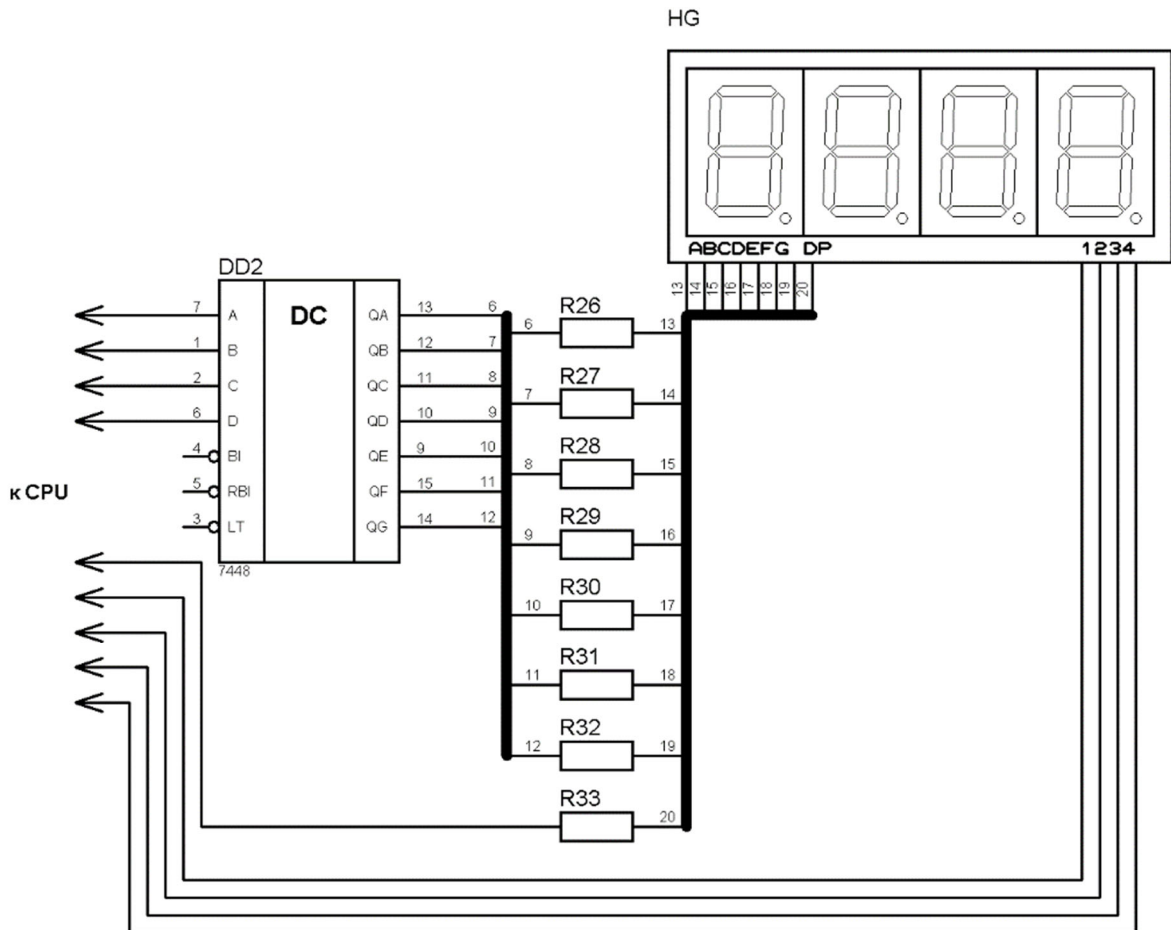


Рисунок 3.6 - Спряження дешифратора зі світлодіодним індикатором

Так як максимальна пряма напруга на індикаторі дорівнює 1,85 В, а струм 3 мА, то для запобігання пробою р-п переходу і виходу з ладу індикатора, обмежимо напругу на ньому за допомогою резисторів (R25 ... R32).

Оберемо R25 ... R32: МЛТ-0,125-1кОм \pm 5%.

3.7 Перетворювач струм – напруга

Перетворювач струм – напруга показаний на рисунку 3.7. Елемент мікросхеми DA1.1 сприймає вхідний синфазний сигнал, присутній на вході, і з інверсією повертає його через резистори R9 і R10. Так як в результаті цього синфазний сигнал на входах DA1.1 і DA1.2 повністю придушується, то коефіцієнт зворотного зв'язку операційного підсилювача є не суттєвим.

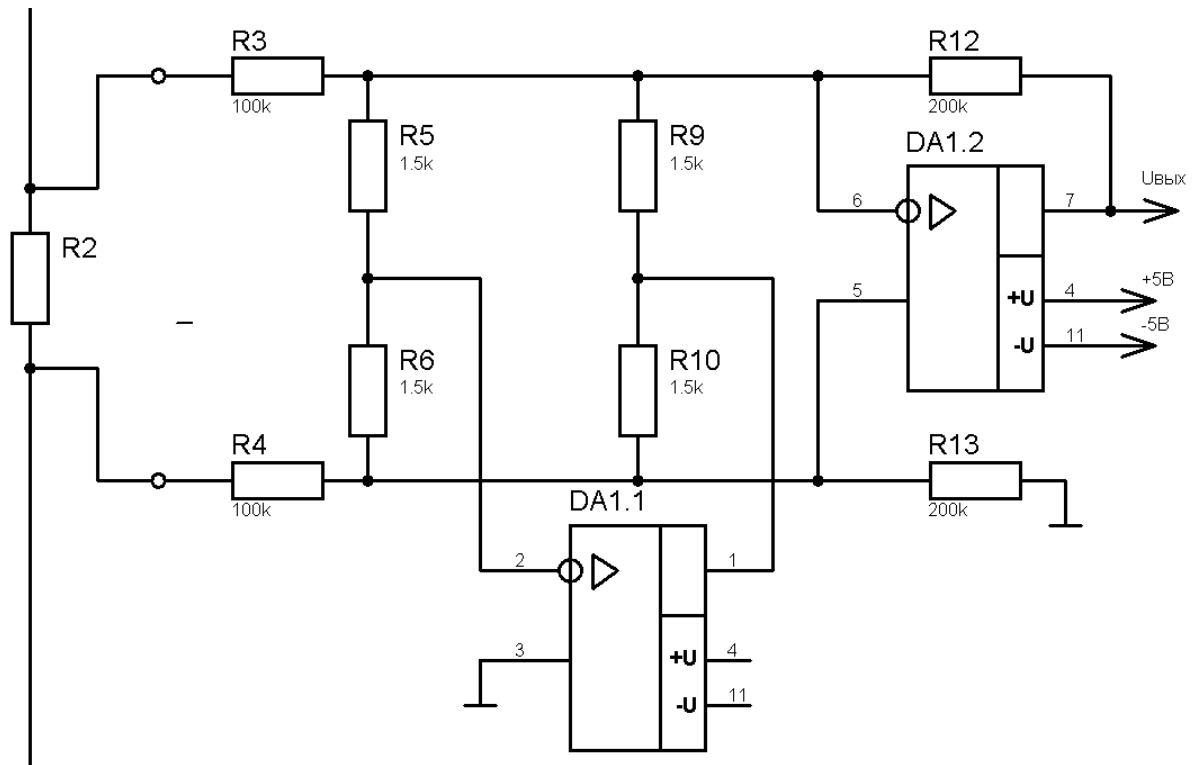


Рисунок 3.7 – Схема диференційного підсилювача з великою припустимою синфазною напругою, побудована низьковольтних операційних підсилювачах

Остаточне значення коефіцієнту зворотного зв'язку цієї схеми визначається точністю узгодження відносин резисторів

$$\frac{R3}{R9} = \frac{R4}{R10} = \frac{1}{66}.$$

При цьому, відсутні особливі вимоги до точності R5 і R6. Схема має діапазон синфазної вхідної напруги 330 В і диференційний коефіцієнт посилення

$$K = \frac{R12}{R13} = 2.$$

Оберемо:

R3, R4; ОМЛТ-0,125-100 кОм±0,5%;

R9, R10: ОМЛТ-0,125-1,5 кОм±0,5%;

R5, R6 - МЛТ-0,125-1,5 кОм±5%;

R12, R13 - МЛТ-0,125-200 кОм±5%;

R2: Шунт РШСМ-10-0,75-0,5 або проволочка опором 0,01 Ом.

3.8 Двохнапівперіодний детектор

Принцип роботи двохнапівперіодного детектору, схема якого представлена на рисунку 3.8, докладно розглянутий в [3].

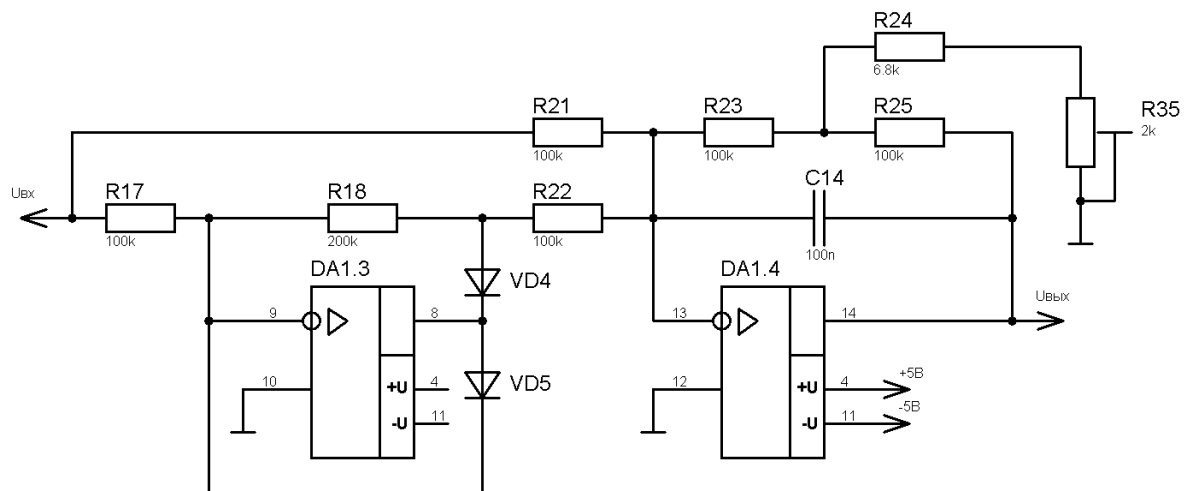


Рисунок 3.8 - Двохнапівперіодний детектор

Точний коефіцієнт посилення двохнапівперіодного детектору, для отримання відповідної напруги на виході, наструюється під час регулювання. Він визначається за наступним чином [2]:

$$K = \frac{R23}{R21} \left(1 + \frac{R25}{R24 + R35} \right) + \frac{R25}{R21}, \quad (3.1)$$

де $R21=R22$.

Для полегшення розрахунків коефіцієнта підсилення, прийmemo $R_{21} = R_{22} = R_{23} = R_{25}$.

Враховуючи формулу (3.1), отримуємо

$$K = 2 + \frac{R_{21}}{R_{24} + R_{35}}.$$

Конденсатор С14 перетворює підсилювач DA1.4 до фільтру нижніх частот першого порядку. Його частота зрізу обрана малою порівняно з мінімальною частотою сигналу, Тож на виході наявна постійна напруга [3]

$$U_{вих} = K \cdot \frac{U_{вх}}{1,11}.$$

По ряду E24 прийmemo:

R17, R21, R22, R23, R25: МЛТ-0,125-100 кОм±5%;

R35: СПЗ-1-2 кОм±5%;

R18: МЛТ-0,125-200 кОм±5%;

R24 - МЛТ-0,125-6,8 кОм±5%.

Розрахуємо ємність конденсатора С14:

$$C_{14} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot R_{экв} \cdot f},$$

де $f=100$ Гц.

Так як мінімальне значення $K \approx 11$. Отже, ланцюг зворотного зв'язку працює як один резистор з опором 1,1 МОм ($R_{екв} = 1,1 \text{МОм}$) в стандартній схемі інвертуючого підсилювача.

Розрахуємо ємність конденсатора C3:

$$C3 = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot 1,1 \cdot 10^6 \cdot 100} = 1,4 \text{ нФ} .$$

Оберемо:

C3: K10-17A-H20-0.01мкФ±10%

VD4, VD5: КД 522Б.

3.9 Датчик напруги

Датчик напруги, який складається з: резисторної оптопари (VU1), гасячого (диференціюючого) конденсатора (C1), двох резисторів (R7, R8), представлений на рисунку 3.9. На цьому ж рисунку представлень його часові діаграми, що пояснюють принцип роботи 3.9.

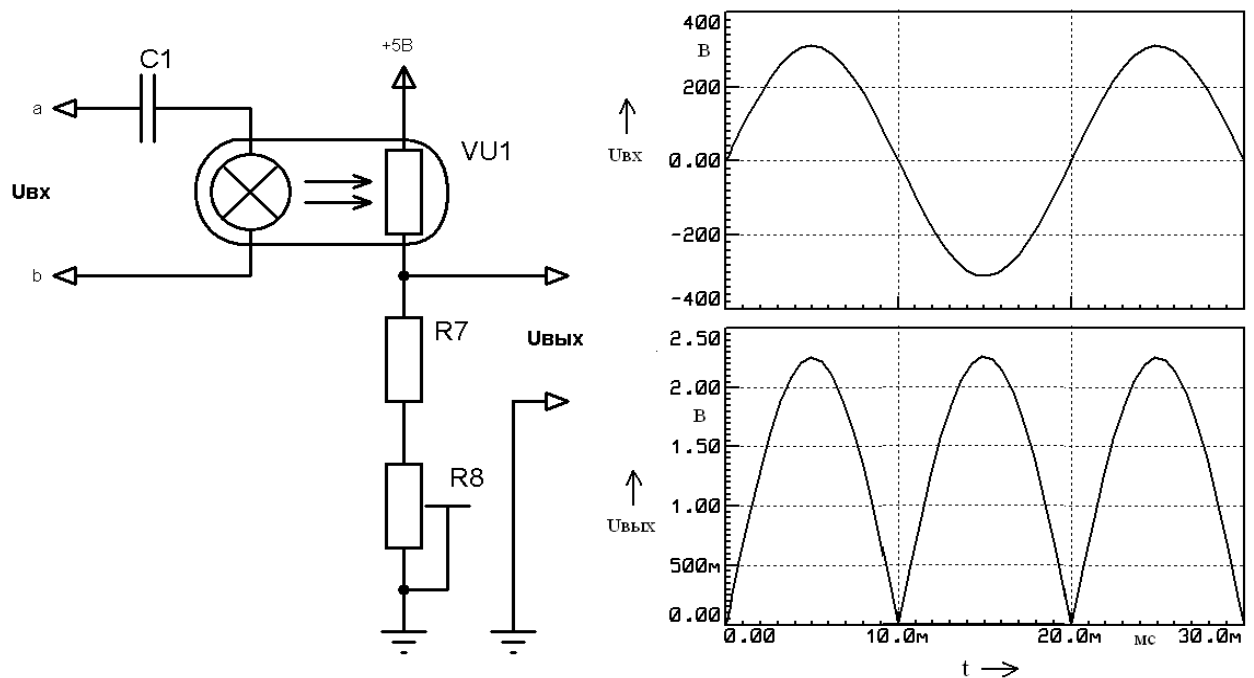


Рисунок 3.9 – Реалізація датчика напруги та його часові діаграми

Відомо, що повний опір послідовно включених конденсатора C1 і резистора R_n дорівнює

$$Z = (R_n^2 + X_{C1}^2)^{1/2},$$

де $X_{C1} = 1 / 2\pi fC1$ – ємнісний опір конденсатора на частоті f . Тому, ефективний змінний струм в ланцюгу дорівнює

$$I_{эфф} = U_c / Z,$$

де U_c – напруга живлення мережі.

Струм навантаження пов'язаний з ємністю конденсатора наступним співвідношенням:

$$I_{эфф} = 2\pi fC(U_c^2 - U_n^2)^{1/2}.$$

Для малих значень вихідної напруги

$$I_{эфф} = 2\pi fCU_c \quad (3.2)$$

Проведем розрахунок гасячого конденсатору для включення в мережу 220 В резисторної оптопари. Вхідна напруга оптопари при $I_{вх}=16$ мА – 3,8-5,5 В. Розрахункова ємність гасячого конденсатора з використанням формули (3.2)

$$C1 = I_{вх} / (2\pi fU_c).$$

$$C1 = I_{вх} / (2\pi fU_c) = 0,016 / (2 \cdot \pi \cdot 50 \cdot 220) = 0,23 \text{ мкФ}.$$

Оберемо:

C1: K73-17У-0,22мкФ;

R7: МЛТ-0,125-1кОм±5%;

R8: СПЗ-1-1кОм±5%;

VU1: ОЭП-1 (ОЭП-2).

2.9 Управляющий орган

Для комутації навантаження використовується електромагнітне реле K1, яке управляється проміжним твердотілим реле D1 (PVT412A) [5], яке, в свою чергу, керується сигналом від мікроконтролера. Схема комутації представлена на рисунку 3.10.

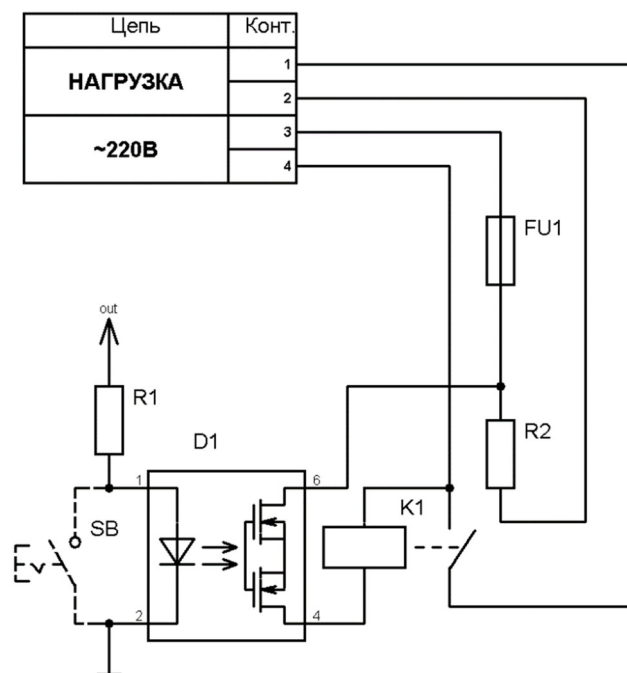


Рисунок 3.10 – Схема комутації навантаження

В схемі, на рисунку 3.10 можна передбачити кнопку SB для блокування включення навантаження. Резистор R1 обмежує струм управління мікросхеми твердотілого реле D1. Розрахуємо його опір:

$$R1 = \frac{5B - 1,2B}{3mA} = 1,27k\Omega \quad (2.12)$$

Оберемо резистор R1: МЛТ-0,125-1,2кОм±5%

3.10 Блок живлення

Одним з важливих вузлів будь-якої електронної та комп'ютерної техніки є блок стабілізованої напруги живлення. Релізація блока живлення на базі біполярного стабілізатора напруги наведена на рисунку 3.11. В якості діодів VD1 і VD2 оберемо Д226.

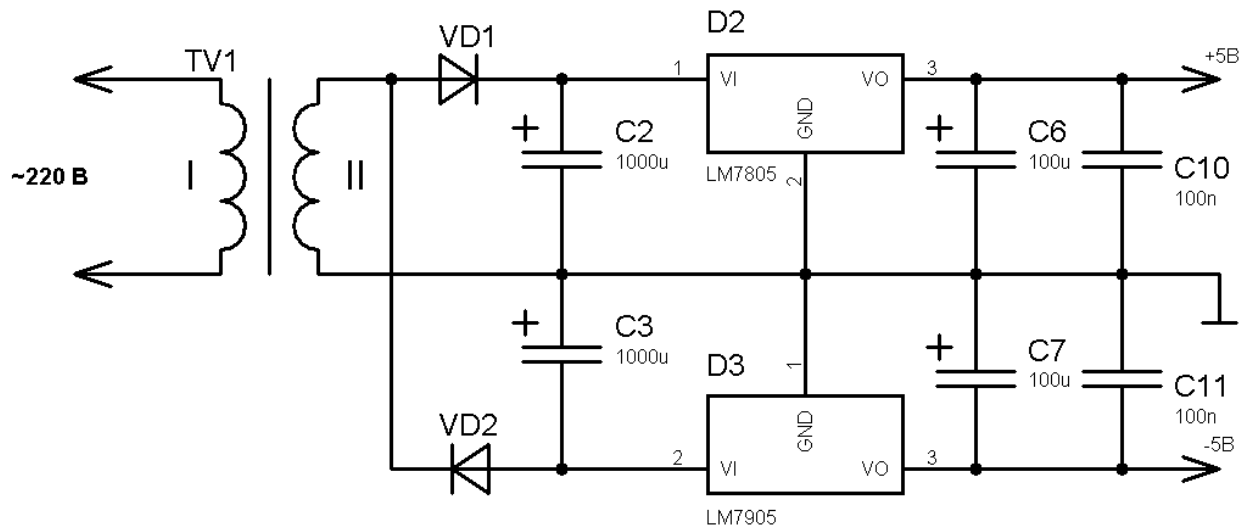


Рисунок 2.11 – Принципова схема блоку живлення

Оберемо:

C2, C3: К50-16-1000мкФ-25В;

C6, C7: К50-16-100мкФ-10В;

C10, C11: К73-9-0,1мкФ;

Лінійні стабілізатори D2 і D3: LM7805 і D3 - LM7905, відповідно.

4 РОЗРОБКА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

4.1 Розробка структури алгоритму програмного забезпечення

В основі розробці програмного забезпечення спеціалізованої комп'ютерної системи контролю параметрів живлення споживачів електричної енергії лежить використання парадигми функціонального програмування. Програмне забезпечення представляє собою основну програму, в якій реалізується main-цикл операційної системи, та ієрархічна система підпрограм реалізації основних функцій системи по зчитуванню інформації з датчиків, перерахування отриманих даних у дійсні значенні поточних рівнів напруги і струму споживання, а також виведення поточної інформації на індикатор та управління комутаційним реле відключення споживача електричної енергії від мережи живлення. Програмне забезпечення розробляється таким чином, щоб у будь-який момент, за потреби, можна було доповнити main-цикл додатковими підпрограмами розширення функціоналу.

Таким чином, розроблена комп'ютера система може використовуватися як вбудована до інших комп'ютерних систем, або до розробленої системи можуть вбудовуватися інші системи та додаватися функціонал.

Структура алгоритму main-циклу програмного забезпечення комп'ютерної системи представлений на рисунку 4.1.

На початку алгоритму здійснюється початкова ініціалізація системи, в процесі якої:

- настроюються порти вводу виводу мікроконтролера відповідно до необхідних режимів і напрямків передачі даних;
- настроюються режими роботи програмованих інтервальних таймерів / лічильників мікроконтролера;
- настроюється механізм переривань, дозволяється переривання від зовнішнього джерела INT1 до якого підключена кнопка запуску.

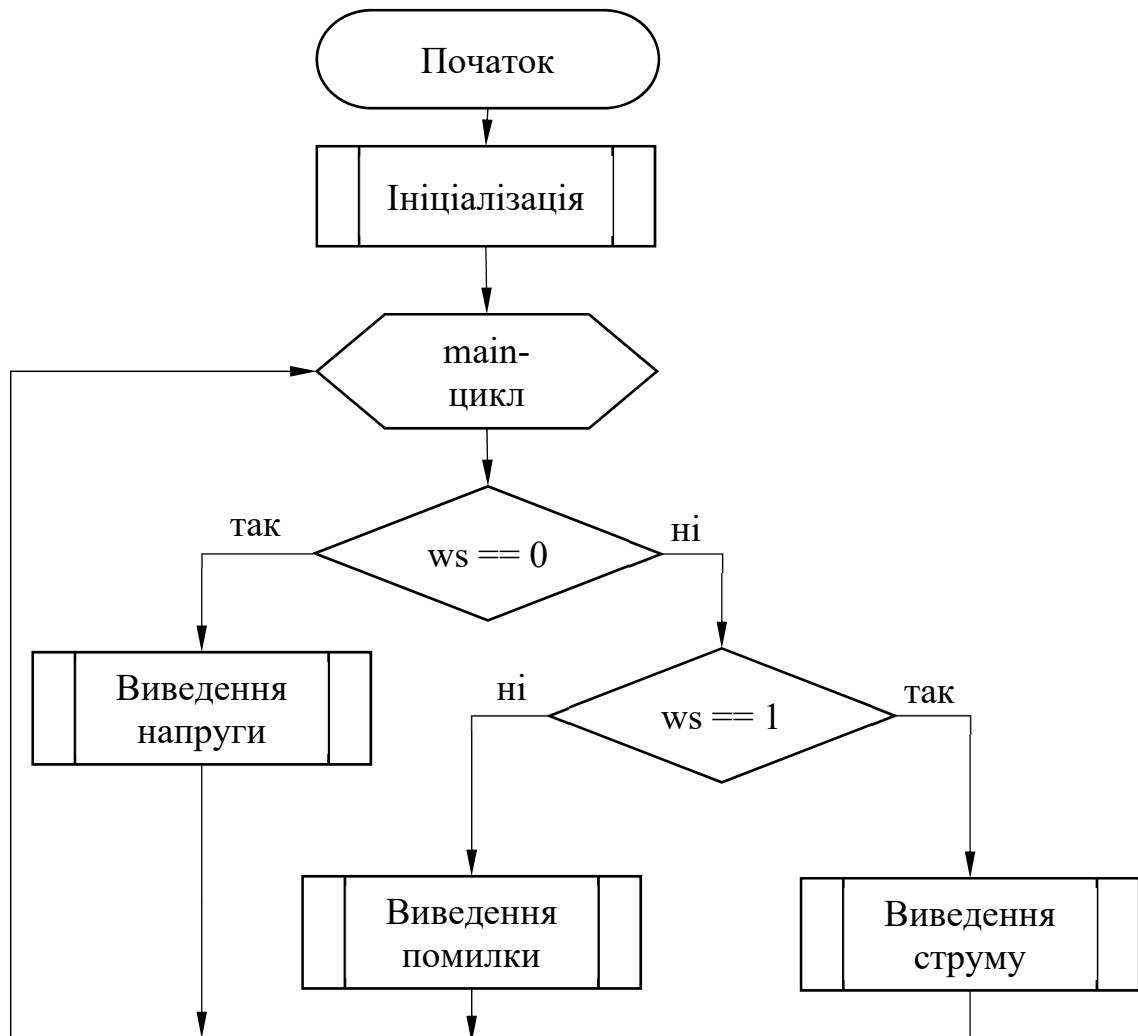


Рисунок 4.1 – Структура алгоритму main-циклу програмного забезпечення комп'ютерної системи

Після процесу початкової ініціалізації система переходить до робочого режиму, який характеризується нескінченним main-циклом операційної системи. Цей main-цикл включає в себе наступну послідовність дій. Перевірка прапора режиму відображення ws , який на початку роботи системи отримує значення за умовчанням 0. Таким чином, на початку роботи системи, або у випадку, коли прапор ws знову отримує значення 0, здійснюється виконання підпрограми виведення напруги що реалізується методом `showint()` з передачею відповідних фактичних параметрів. Структура алгоритму підпрограми виведення напруги представлена на рисунку 4.2. Якщо прапор ws має значення

1, то здійснюється виконання підпрограми виведення струму, яка також реалізована функцією `showint()` з передачею відповідних фактичних параметрів. Структура алгоритму підпрограми виведення струму представлена на рисунку 4.3. У випадку некоректного значення прапора `ws` здійснюється виведення помилки на дисплеї.

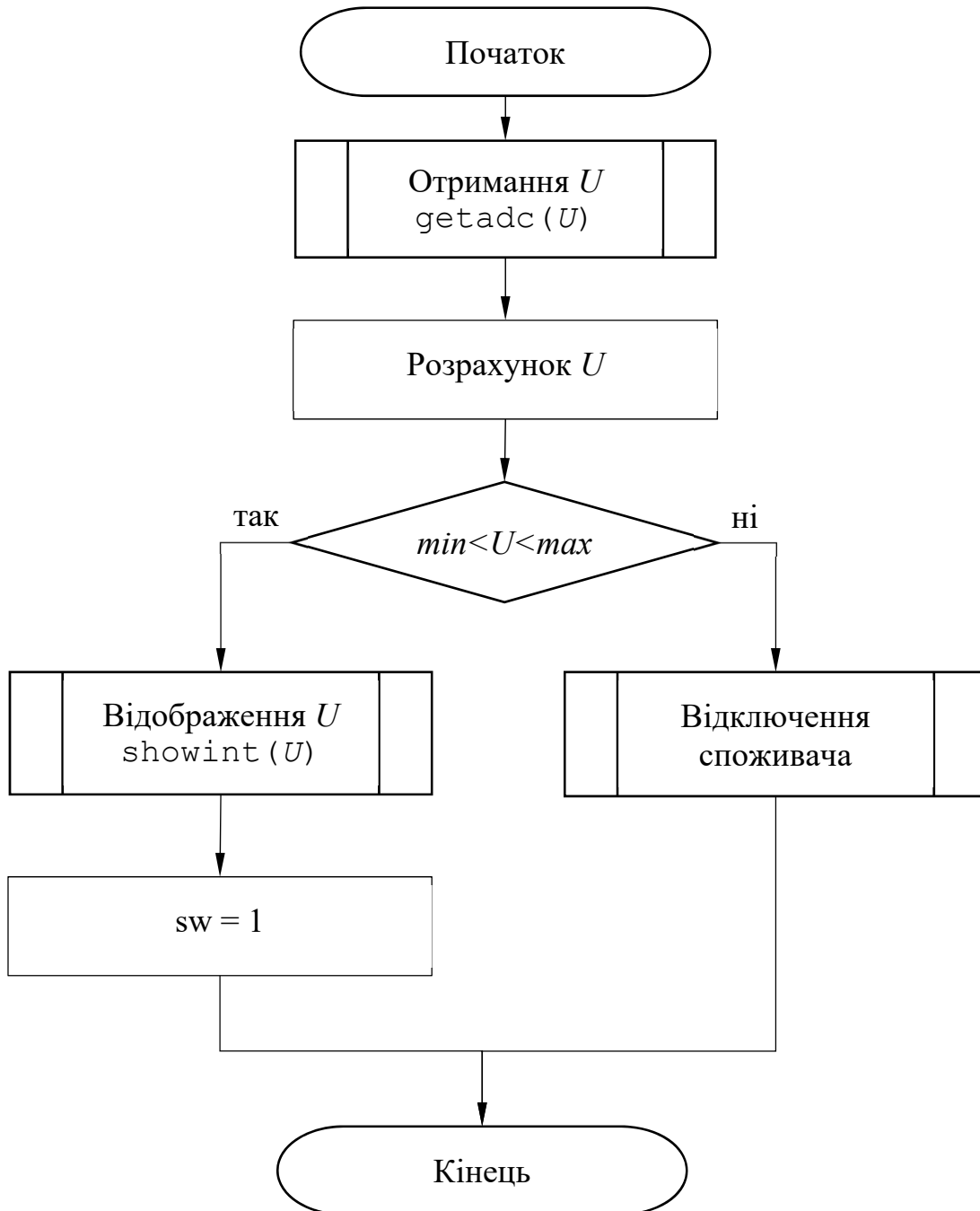


Рисунок 4.2 – Структура алгоритму виведення напруги

В процесі відображення напруги, відповідно до структури алгоритму, представленої на рисунку 4.2, аналого-цифровий перетворювач формує цифровий код, що пропорційний поточному значення напруги живлення. Процес опитування аналого-цифрового перетворювача реалізовується функцією `getadc()` з відповідними фактичними параметрами.

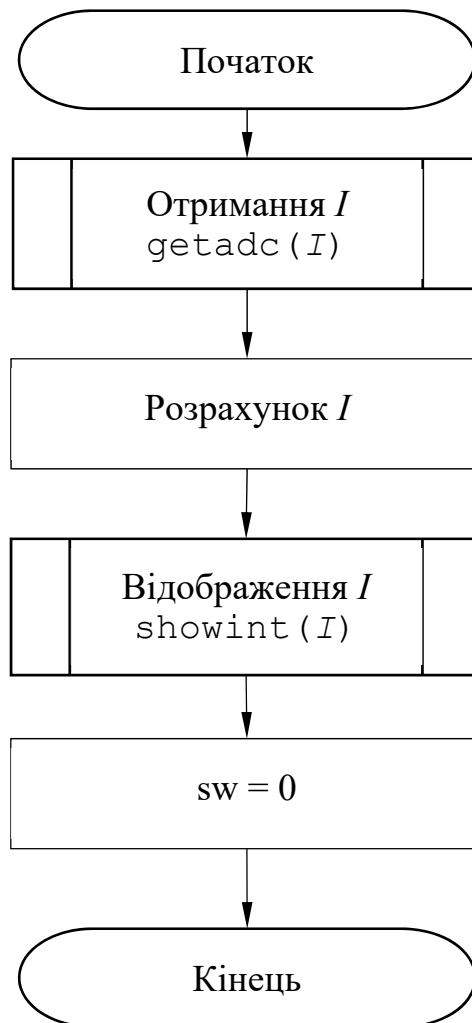


Рисунок 4.3 – Структура алгоритму виведення струму

Отримане значення, надалі перераховується у фактичне значення напруги, відповідно до коефіцієнту перетворення датчику напруги.

Надалі, отримане поточне значення напруги порівнюється з апріорно заданими в програмі граничними значеннями (мінімально припустимим і максимально припустимим) напруги i , якщо отримане значення знаходиться в

дозволеному діапазоні, здійснюється відображення напруги через виконання функції $showint(U)$ з відповідними фактичними параметрами. Якщо поточне значення напруги поза межами припустимого діапазону, то здійснюється захисне відключення споживача електричної енергії. Підпрограма завершується зміною значення прапора ws на 1.

Відповідно до структури алгоритму виведення струму, представленому на рисунку 4.3, здійснюється визначення пропорційного значення аналогового сигналу напруги з датчику струму, який пропорційний поточному значенню струму споживання. Після аналого-цифрового перетворення отримується відповідний код, який перераховується у фактичне значення струму споживання у відповідності до коефіцієнту перетворення датчику струму.

Надалі отримане значення виводиться на дисплей через виконання функції $showint(I)$ з відповідними фактичними параметрами. Після завершення процесу відображення струму прапор ws змінює своє значення на 0.

Початкове включення споживача електричної енергії до мережи живлення здійснюється натисканням кнопки, що підключена до входу апаратного запиту на переривання комп'ютерної системи INT1. Структура алгоритму обробки переривання від кнопки наведена на рисунку 4.4.

Після надходження сигналу запиту на переривання при натискання кнопки здійснюється визначення мінімальної тривалості такого логічного перепаду для виключення можливих перешкод та недійсних спрацьовувань. Якщо тривалість сигналу запиту на переривання більша за 200 мс, здійснюється очікування повернення сигналу запиту до логічної 1, тобто відпускання кнопки. Після цього, реалізовується програмна затримка для виключення негативного впливу брязкоту контакту кнопки. Після завершення програмної затримки тривалістю 0,2 с здійснюється підключення споживача електричної енергії до мережи живлення та виклик підпрограми відображення

поточного значення напруги живлення. Після цього, комп'ютерна система завершує обробку переривання та знову повертається до main-циклу.

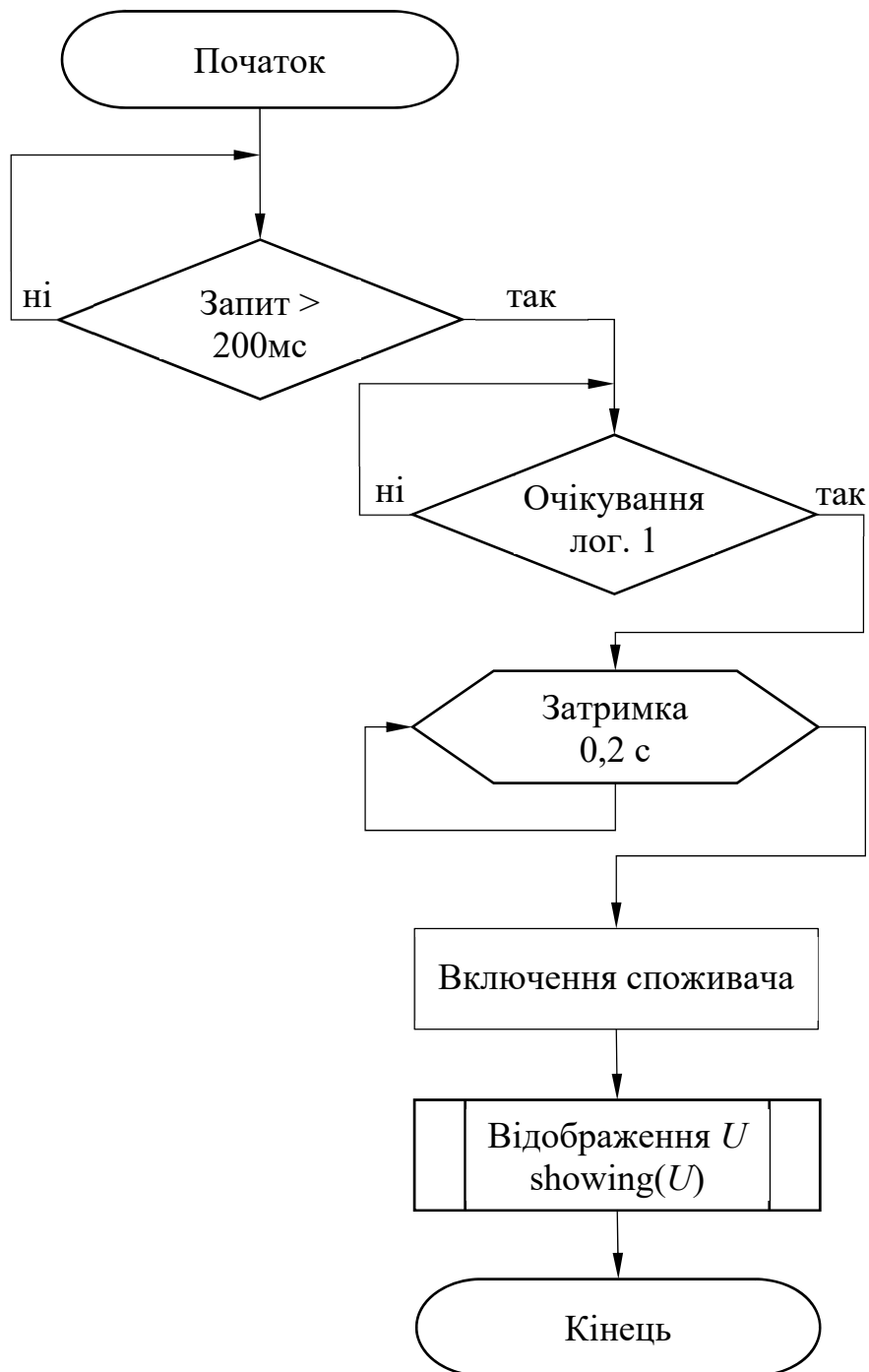


Рисунок 4.4 – Структура алгоритму підпрограми обробки переривань

4.2 Розробка програмного коду

Програмне забезпечення для комп'ютерної системи на базі мікроконтролера AT90S4433 було розроблено на мові програмування високого рівня C. Нижче наведений вихідний код програмного забезпечення з необхідними коментарями.

```
#include "../include/avr/io.h" //підключення бібліотеки
                               // вводу-виводу
#include "../include/avr/interrupt.h" //підключення бібліотеки
                                       //переривань (частота = 1Mhz)
char ws=2, stop=0, count=0;

//Підпрограма затримки time*2mks
void delay(int time)
{
    while (time--);
}

//Підпрограма початкової ініціалізації системи
void init(void)
{
    DDRB=0x7f; //всі виводи порту B настраюються на виведення
    DDRD=0xf0; //старші 4 біти порту D на виведення
    PORTB=0; //встановлення нульових рівнів на всі піни порту B
    ADCSR=(1<<ADEN); //включення аналого-цифрового перетворювача
    GIMSK=(1<<INT1); //дозвіл зовнішнього переривання
                //за входом INT 1
    sei(); // глобальний дозвіл режиму переривань
    MCUCR=1; // активація переривань по рівню логічного нуля
    TCCR0=5; //настройка timer 0 для поділу частоти на 1024
    TIMSK=2; //дозвіл переривання від timer 0
}
```

```

//Підпрограма відображення 1-го символу
//nn-номер по порядку, num - цифра, point - прапор точки
void showchar(char nn, char num, char point)
{
    switch(nn) //Переключення виводів порту D
    {
        case 0: PORTD=0x70; break; //біт 7 - 0
        case 1: PORTD=0xb0; break; //біт 6 - 0
        case 2: PORTD=0xd0; break; //біт 5 - 0
        default: PORTD=0xe0;      //біт 4 - 0
    }
    PORTB=(num<<1)+stop; //виведення на порт B
    if(point)PORTB|=32; //якщо потрібна точка - відображається
    delay(100); //затримка виведення між символами
    PORTD=0xf0; //погашення порту
}

//підпрограма запуску АЦП та отримання значення з нього
int getadc(char nn) //nn-номер ножки мультиплектора
                    // (фактично це вибір номеру каналу АЦП
{
    int i;
    ADMUX=nn; //номер ножки мультиплектора
    ADCSR|=(1<<ADSC); //запуск аналого-цифрового перетворення
    while(ADCSR & 64); //очікування завершення перетворення
    i=ADCL+(ADCH<<8); //отримання значення з АЦП (діапазон 0-1023)
    return i;
}

//Підпрограма відображення числа на індикаторі
void showint(unsigned int n, char point)//n-число (2 байти),
point - прапор точки (2-вторая, 4 - третья)
{

```

```

showchar(0,n % 10,0); //відображення першої цифри
n=n/10;
if(point==2)
showchar(1,n % 10,1);
else showchar(1,n % 10,0); //відображення другої цифри
n=n/10;
if(point==4)
showchar(2,n % 10,1);
else showchar(2,n % 10,0); //відображення третьої цифри
showchar(3,n / 10,0); //відображення четвертої цифри
}
//Підпрограма відображення напруги
void showv(void)
{
    long i;
    i=getadc(0); //отримання значення напруги на виводі 23
                //мікроконтролера
    i=i*2400>>10; //перетворення отриманого значення
    if((i>2350)|| (i<1700)) //перевірка значення напруги
                //на відповідність заданому діапазону(235В - 170В)
    {
        //якщо є вихід з діапазону, то відключається споживач
        PORTB=0;
        stop=0;
        ws=2;
    }
    else
        showint(i,2); //якщо напруга в дозволених межах,
                    //то відображення її на індикаторі
}
//Підпрограма відображення струму
void showc(void)
{
    long i;

```

```

i=getadc(1); //Отримання значення напруги (що пропорційне
            //струму) на виводі 24 мікроконтролера
i=i*1000>>10; //перетворення отриманого значення
showint(i,4); //відображення отриманого значення
}

//Обробник запиту на зовнішнє переривання по входу INT1
ISR(INT1_vect)
{
    char i,j;
    cli(); //відключення переривань
    PORTD=0xf8; //погашення індикатора
    for(i=0;i<=200;i++) //200 ms опитування виводу INT1
    {
        if(!(PIND & 8))
            j++;
        delay(500);
    }
    if(j>100) //якщо кнопка натиснута
    {
        ws=0; //відображення напруги
        stop=1; //підключення споживача (навантаження)
    }
    while((PIND & 8)!=8); //очікування відпускання
                        //натиснутої кнопки
    for(i=0;i<=200;i++)delay(500); //очікування завершення
                                //брязкоту контакту 0.2s
    sei(); //включення переривань
}

//Обробник переривання по переповненню timer 0
ISR(TIMER0_OVF_vect)
{
    cli(); // відключення переривань

```

```
if(!count--)//кожні 8*1024*256 mks=2s
{
    count=8;
    if(!ws)ws=1; //якщо відображалася напруга - відобразити
                //струм
    else if(ws==1)ws=0; //і навпаки - якщо відображався струм -
                //то відобразити напругу
}
sei(); // включення переривань
}
//основна програма
int main(void)
{
    init(); //виклик підпрограми ініціалізації
    while(1) //створення нескінченного main-циклу
    switch(ws) //переключення режиму відображення напруги
                //чи струму
    {
        case 0: showv(); break; //виклик підпрограми
                                //відображення напруги
        case 1: showc(); break; //виклик підпрограми
                                //відображення струму
        default: showchar(3,1,0); //завершення за помилкою
    }
    return 0;
}
```


5 МОДЕЛЮВАННЯ

Моделювання комп'ютерної системи контролю параметрів живлення споживачів електричної енергії здійснювалося в середовищі Proteus.

Імітаційна комп'ютерна модель розробленої комп'ютерної системи наведена на рисунку 5.1.

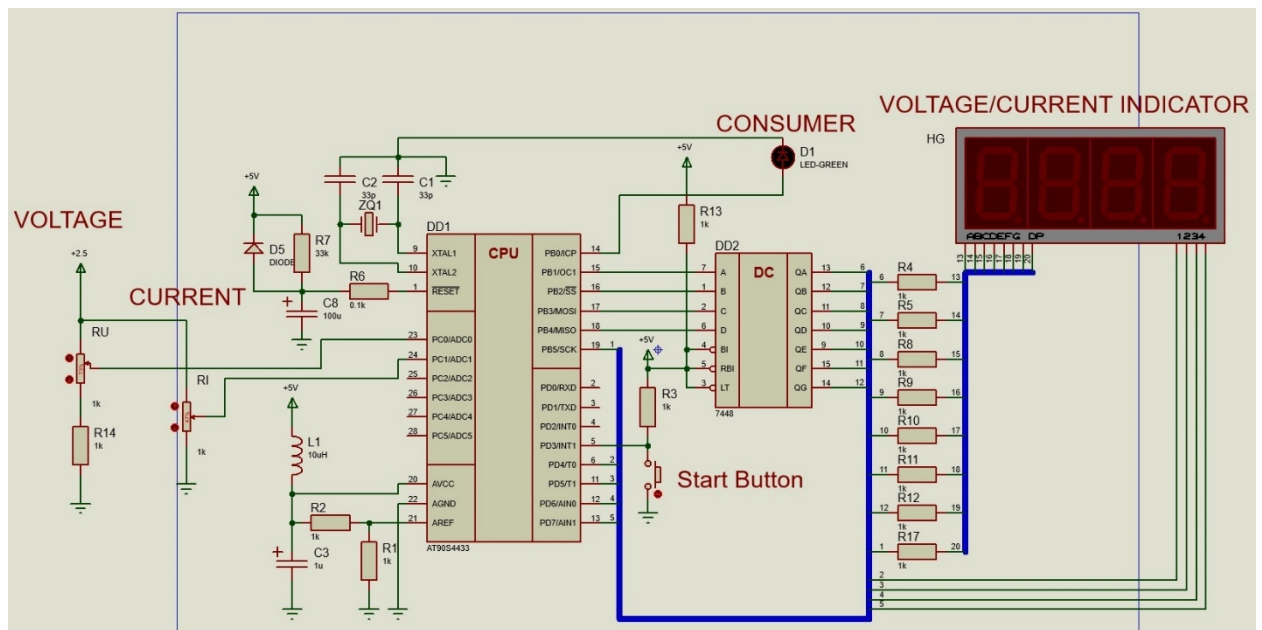


Рисунок 5.1 – Імітаційна модель комп'ютерної системи контролю параметрів живлення споживачів електричної енергії

Для моделювання системи в режимі реального часу і можливості імітації зміни значень напруги живлення та струму поживання, в якості датчиків використовуються схеми регульованих подільників напруги, які включаються на входи аналого-цифрового перетворення мікроконтролера. Таким чином, змінюючи положення середнього виводу змінних резисторів RU і RI можна моделювати ситуацію зміни напруги та струму, відповідно. На моделі схеми датчиків позначені надписами «VOLTAGE» і «CURRENT».

Для наглядної ілюстрації статусу споживача електричної енергії, на вихід комп'ютерної системи, який повинен програмно керувати системою

реле, включений світлодіод. Таким чином, коли комп'ютерна система видає на виході керування рівень логічного 0, що відповідає розімкненому стану ланцюга живлення, світлодіод не світиться, а коли видається логічна 1, яка повинна замикати ланцюг споживання – світлодіод світиться. Таким чином, у випадку підключення споживача до мережі – світлодіод світиться, в протилежному випадку – ні. Світлодіод на моделі позначений надписом «CONSUMER».

Для відображення поточних значень струму та напруги використовується семисегментний чотирьохзначний індикатор з точками розділу розрядів, що використовуються для розділення цілої та дробної частин значень напруги та струму.

Після запуску системи, вони переходить в режим очікування, який представлений на рисунку 4.2.

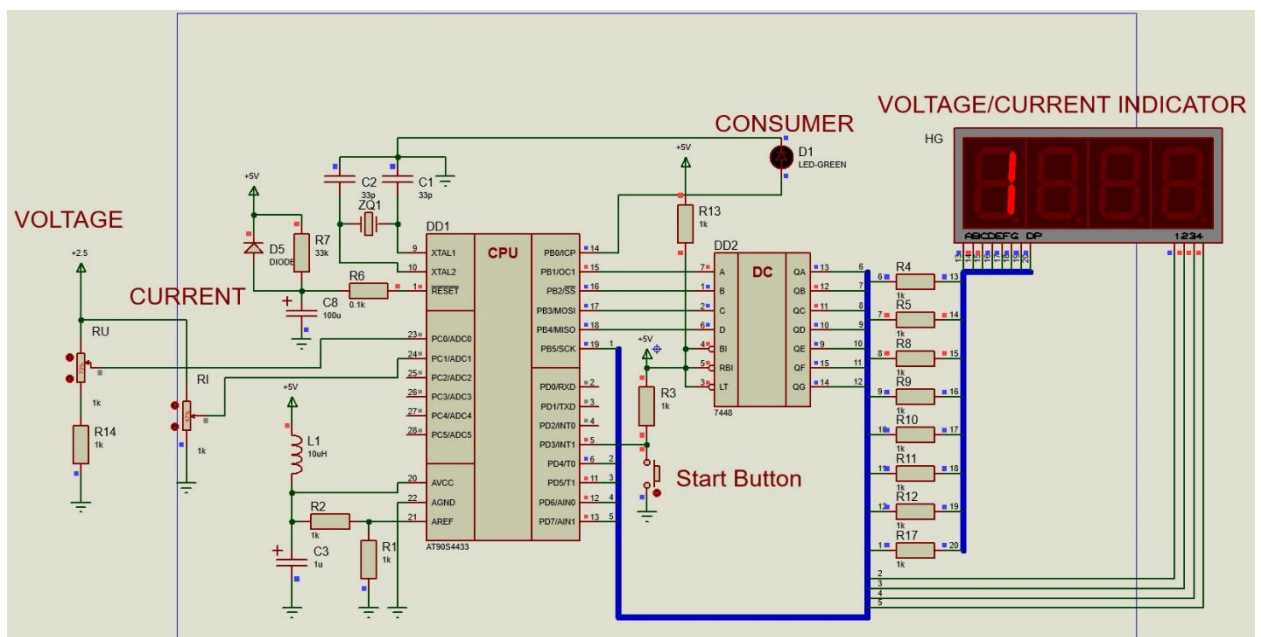


Рисунок 4.2 – Ілюстрація режиму очікування комп'ютерної системи контролю параметрів живлення споживачів електричної енергії

В цьому режимі споживач відключений від мережі живлення, про що свідчить незасвічений світлодіод, на індикаторі світиться «1», що також

символізує про проходження процедури початкової ініціалізації та готовність до роботи. Також в цей стан система переходить у випадку виходу напруги живлення з дозволеного діапазону та аварійного відключення споживача від мережі живлення.

Після натискання кнопки «Start Button» система аналізує поточне значення напруги живлення і, якщо вона знаходиться в дозволеному діапазоні, підключає споживача до мережі живлення (що ілюструє засвічений світлодіод), а також починає по чергово відображати на індикаторі поточні значення напруги живлення та струму споживання. На рисунку 4.3 представлений такий режим з моментом відображення поточного значення напруги, яка має значення 220,7 В, що входить в дозволений діапазон.

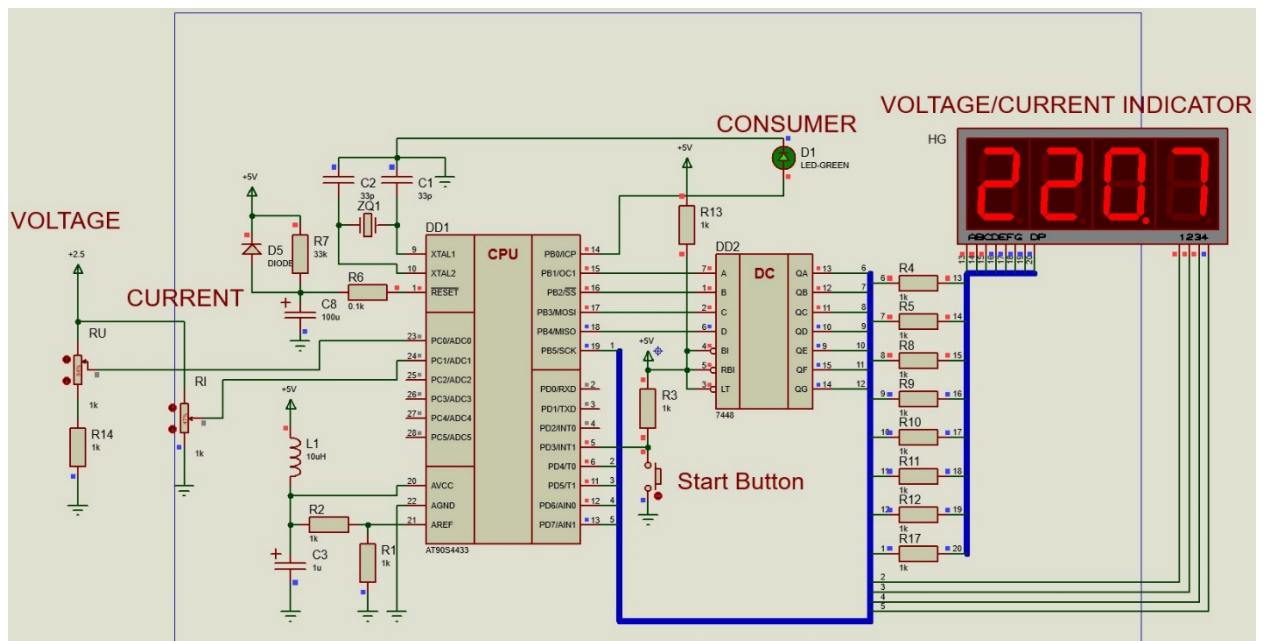


Рисунок 4.2 – Ілюстрація основного режиму комп'ютерної системи контролю параметрів живлення споживачів електричної енергії

Надалі, якщо змінювати положення середніх виводів резисторів RU і RI поточні значення струму та напруги на індикаторі будуть змінюватися. І якщо значення напруги вийде за дозволений діапазон 170 – 235В система перейде в режим очікування, який проілюстрований на рисунку 4.2.

ВИСНОВКИ

В ході виконання дипломної роботи була розроблена спеціалізована комп'ютерна система контролю мережи живлення користувачів електричної енергії. Вона забезпечує такі функції:

- індикацію поточних значення напруги мережі,
- індикацію поточного рівня струму споживання споживача електричної енергії;
- аварійне відключення споживача електричної енергії від живлячої мережи, у випадку виходу її напруги за межі дозволеного діапазону – від 170 В до 235 В.

Комп'ютерна система відповідає поставленому технічному завданню, а також має характеристики, необхідні для контролю мережі

Крім того, порівняно з аналогічними пристроями, які пропонують провідні фірми-виробники, розроблена комп'ютерна система має наступні особливості:

- порівняно мала собівартість за загальною вартістю компонентів, які в ній використовуються;
- використання найпоширеніших компонентів, що спрощує налагодження серійного виробництва;
- невелика кількість елементів, що позитивно впливає на інтегральний показник надійності системи, а також знижує складність технології виготовлення
- наявність гальванічної розв'язки системи з мережею живлення.

Напрямок подальшого вдосконалення система можна визначити у реалізації аварійного відключення у випадку виходу з дозволеного діапазону струму споживання, що не потребує переробки апаратного забезпечення, а реалізується модернізацією програмного забезпечення комп'ютерної системи та перепрошиванням мікроконтролера модифікованою прошивкою.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Евстифеев А.В. Микроконтроллеры AVR семейства Classic фирмы ATME1 – 3-е изд., стер. – М.: Издательский дом «Додэка-XXI», 2006. – 288 с.: ил. (Серия «Мировая электроника»)
2. Хоровиц П., Хилл У. Искусство схемотехники: В 2-х т. Т.1. Пер. с англ. Изд. 2-е, стереотип. – М.: Мир, 1984. – 598 с., ил.
3. Титце У., Шенк К. Полупроводниковая схемотехника: Справочное руководство. Пер. с нем. – М.: Мир, 1983. – 512 с., ил.
4. Иванов В. И. и др. Полупроводниковые оптоэлектронные приборы: Справочник / В. И. Иванов, А. И. Аксеонов, А. М. Юшин – 2-е изд., перераб. И доп. – М.: Энергоатомиздат, 1989. – 448 с.: ил.
5. www.irf.com.

ДОДАТОК А
ДОВІДКОВІ ДАННІ



Single/Dual/Quad, 28MHz, Low-Noise, Low-Voltage, Precision Op Amps

General Description

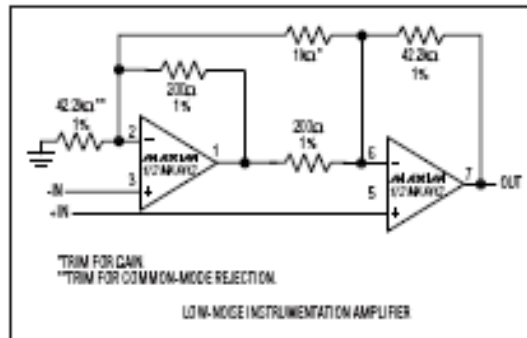
The MAX410/MAX412/MAX414 single/dual/quad op amps set a new standard for noise performance in high-speed, low-voltage systems. Input voltage-noise density is guaranteed to be less than $2.4\text{nV}/\sqrt{\text{Hz}}$ at 1kHz. A unique design not only combines low noise with $\pm 5\text{V}$ operation, but also consumes 2.5mA supply current per amplifier. Low-voltage operation is guaranteed with an output voltage swing of 7.3Vp.p into $2\text{k}\Omega$ from $\pm 5\text{V}$ supplies. The MAX410/MAX412/MAX414 also operate from supply voltages between $\pm 2.4\text{V}$ and $\pm 5\text{V}$ for greater supply flexibility.

Unity-gain stability, 28MHz bandwidth, and $4.5\text{V}/\mu\text{s}$ slew rate ensure low-noise performance in a wide variety of wideband and measurement applications. The MAX410/MAX412/MAX414 are available in DIP and SO packages in the industry-standard single/dual/quad op amp pin configurations. The single comes in an ultra-small TDFN package ($3\text{mm} \times 3\text{mm}$).

Applications

Low-Noise Frequency Synthesizers
Infrared Detectors
High-Quality Audio Amplifiers
Ultra Low-Noise Instrumentation Amplifiers
Bridge Signal Conditioning

Typical Operating Circuit



Features

- ◆ Voltage Noise: $2.4\text{nV}/\sqrt{\text{Hz}}$ (max) at 1kHz
- ◆ 2.5mA Supply Current Per Amplifier
- ◆ Low Supply Voltage Operation: $\pm 2.4\text{V}$ to $\pm 5\text{V}$
- ◆ 28MHz Unity-Gain Bandwidth
- ◆ $4.5\text{V}/\mu\text{s}$ Slew Rate
- ◆ $250\mu\text{V}$ (max) Offset Voltage (MAX410/MAX412)
- ◆ 115dB (min) Voltage Gain
- ◆ Available in an Ultra-Small TDFN Package

Ordering Information

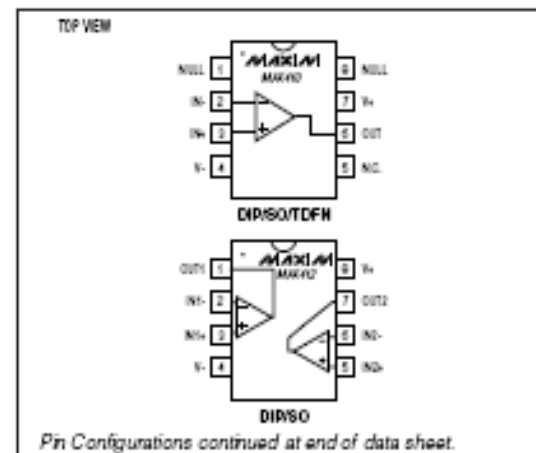
PART	TEMP RANGE	PIN-PACKAGE
MAX410CPA	0°C to $+70^{\circ}\text{C}$	8 Plastic DIP
MAX410BCPA	0°C to $+70^{\circ}\text{C}$	8 Plastic DIP
MAX410CSA	0°C to $+70^{\circ}\text{C}$	8 SO
MAX410BCSA	0°C to $+70^{\circ}\text{C}$	8 SO
MAX410EPA	-40°C to $+85^{\circ}\text{C}$	8 Plastic DIP
MAX410BEPA	-40°C to $+85^{\circ}\text{C}$	8 Plastic DIP
MAX410ESA	-40°C to $+85^{\circ}\text{C}$	8 SO
MAX410BESA	-40°C to $+85^{\circ}\text{C}$	8 SO
MAX410ETA	-40°C to $+85^{\circ}\text{C}$	8 TDFN-EP*
MAX410MSA/PR	-55°C to $+125^{\circ}\text{C}$	8 SO**
MAX410MSA/PR-T	-55°C to $+125^{\circ}\text{C}$	8 SO**

*EP—Exposed paddle. Top Mark—AGD.

**Contact factory for availability.

Ordering Information continued at end of data sheet.

Pin Configurations



Maxim Integrated Products 1

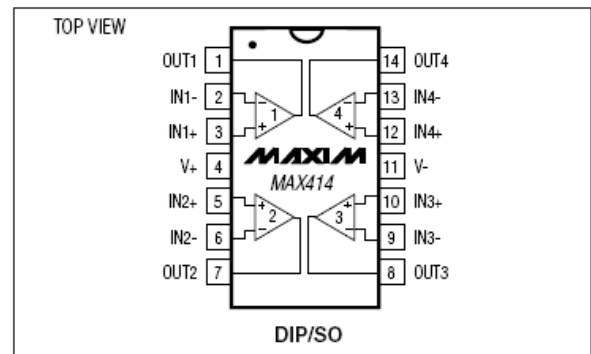
For pricing, delivery, and ordering information, please contact Maxim Direct at 1-888-629-4642, or visit Maxim's website at www.maxim-ic.com.

Single/Dual/Quad, 28MHz, Low-Noise, Low-Voltage, Precision Op Amps

Ordering Information (continued)

PART	TEMP RANGE	PIN-PACKAGE
MAX412CPA	0°C to +70°C	8 Plastic DIP
MAX412BCPA	0°C to +70°C	8 Plastic DIP
MAX412CSA	0°C to +70°C	8 SO
MAX412BCSA	0°C to +70°C	8 SO
MAX412EPA	-40°C to +85°C	8 Plastic DIP
MAX412BEPA	-40°C to +85°C	8 Plastic DIP
MAX412ESA	-40°C to +85°C	8 SO
MAX412BESA	-40°C to +85°C	8 SO
MAX414CPD	0°C to +70°C	14 Plastic DIP
MAX414BCPD	0°C to +70°C	14 Plastic DIP
MAX414CSD	0°C to +70°C	14 SO
MAX414BCSD	0°C to +70°C	14 SO
MAX414EPD	-40°C to +85°C	14 Plastic DIP
MAX414BEPD	-40°C to +85°C	14 Plastic DIP
MAX414ESD	-40°C to +85°C	14 SO
MAX414BESD	-40°C to +85°C	14 SO

Pin Configurations (continued)



MAX410/MAX412/MAX414

Chip Information

MAX410 TRANSISTOR COUNT: 132

MAX412 TRANSISTOR COUNT: 262

MAX414 TRANSISTOR COUNT: 2 × 262 (hybrid)

PROCESS: Bipolar