

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Кафедра електроніки і комп'ютерної техніки

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ БАКАЛАВРА НА ТЕМУ:

«РЕЛЕЙНИЙ СТАБІЛІЗАТОР НАПРУГИ»

Завідувач кафедрою

Опанасюк А. С.

Керівник

кваліфікаційної роботи

Новгородцев А. І.

Виконав студент

гр. ЕСдн – 51п

Бельський Р. С.

Суми 2020 р.

Сумський державний університет
Факультет ЦЗДВН
Кафедра «Електроніки і комп'ютерної техніки»
Спеціальність 6.171 «Електронні системи»

Затверджую:

Зав.кафедрою Е і КТ

Опанасюк А. С.

„_____” _____ 2020 р.

ЗАВДАННЯ

на кваліфікаційну роботу бакалавра

Бельському Роману Сергійовичу

1. Тема роботи: «Релейний стабілізатор напруги»

Затверджена наказом по університету від „_____” _____ 2020 р. № _____

2. Термін здачі студентом закінченої роботи: 30.05.2020 р.

3. Вихідні дані до роботи:

- контроль температури трансформатора;
- діапазон вхідної напруги 110-220В;
- діапазон вихідної напруги 200-240В;
- індикація вхідної та вихідної напруги;
- індикація причини аварійного відключення.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки:

- розробка алгоритму функціонування та структурної схеми пристрою;
- розробка функціональної схеми пристрою;
- розробка та розрахунок принципової схеми пристрою.

5. Перелік графічного матеріалу:

- креслення схеми алгоритму;
- креслення схеми електричної структурної;
- креслення схеми електричної функціональної;
- креслення схеми електричної принципової.

Дата видачі завдання: 15.03.2020 р.

Прийняв до виконання студент:

Бельський Р. С.

Календарний план

№ п/п	Перелік етапів виконання кваліфікаційної роботи	Термін виконання	Примітки
1	Огляд літератури за вибраним напрямком проектування	20.03.2020 р.	
2	Розробка алгоритму функціонування пристрою	10.04.2020 р.	
3	Розробка структурної схеми пристрою	15.04.2020 р.	
4	Розробка функціональної схеми пристрою	20.04.2020 р.	
5	Оформлення пояснювальної записки	30.04.2020 р.	
6	Розробка та оформлення графічної частини	10.05.2020 р.	
7	Представлення роботи на рецензування	15.05.2020 р.	
8	Представлення роботи для захисту	30.05.2020 р.	

Керівник дипломного проекту:

Новгородцев А. І.

Студент дипломник:

Бельський Р.С.

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка містить: 46 сторінок, 23 рисунка, 18 літературних джерел.

Графічна частина роботи містить: блок-схему алгоритму роботи пристрою, структурну, функціональну і принципову електричні схеми.

Пояснювальна записка містить чотири розділи.

Перший розділ містить огляд технічної літератури за вибраним напрямком проектування.

Другий розділ присвячений розробці алгоритму функціонування і структурної схеми.

В третьому розділі, розроблена функціональна схема пристрою.

У четвертому розділі розроблена принципова схеми пристрою і виконаний розрахунок основних вузлів принципової схеми.

По результатам розробки зроблені висновки.

Приведений перелік літературних джерел.

ЗМІСТ

Вступ	4
1 Огляд літератури за вибраним напрямком проектування	7
1.1 Релейний стабілізатор напруги	7
1.2 Стабілізатор змінного струму	11
1.3 Переваги та недоліки стабілізаторів напруги	14
2 Розробка алгоритму та структурної схеми пристрою	17
2.1 Розробка алгоритму функціонування пристрою	17
2.2 Розробка структурної схеми пристрою	20
3 Розробка схеми електричної функціональної	22
4 Розробка та розрахунок принципової схеми пристрою	24
4.1 Вибір елементної бази	24
4.2 Розрахунок і синтез основних вузлів і блоків пристрою	30
4.3 Розробка програмного забезпечення	44
Висновки	45
Література	46
Додаток А	

					ЦЗДВН 6.05080202. 682 ПЗ			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>				
<i>Разраб.</i>	Бельський				Релейний стабілізатор напруги.	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Проверил</i>	Новгородцев					3	46	
<i>Реценз.</i>					Пояснювальна записка.	СумДУ ЕСдн – 51п		
<i>Н. Контр.</i>	Гапич							
<i>Утверд.</i>	Опанасюк							

ВСТУП

Відхилення напруги від номінального значення може призвести до виходу із ладу електричних пристроїв та викликати аварійні ситуації.

Для поліпшення характеристик однофазних стабілізаторів напруги змінного струму, використовуються стабілізатори різних конструкцій, які реалізовані на автотрансформаторах, трансформаторах та інших пристроях.

Для стабілізації трифазної напруги з використовуються три однофазних стабілізатора. Для підвищення надійності роботи, в резерві може перебувати один однофазний стабілізатор, який підключається автоматично до відповідної фази при виході із ладу одного з електронних стабілізаторів напруги. Трифазний стабілізатор напруги виготовляють на базі трифазного трансформатора, який буде мати поліпшені масогабаритні показники.

Застосування сучасного математичного апарату, дозволяє моделювати фізичні процеси, що протікають в силових схемах стабілізаторів в номінальних і аварійних режимах роботи та поліпшити технічні параметри стабілізаторів.

Відомо також, що споживачі електроенергії повинні працювати на номінальних параметрах джерела живлення. Це забезпечує високі значення ККД, показників надійності, а також тривалий час роботи.

В даний час пред'являють підвищені вимоги не тільки до надійності електропостачання, але і до якості електроенергії. Від неякісних показників електроенергії, неухильно зростають збитки у різних сферах побуту та промислового виробництва.

Параметри електричної енергії не є стабільними за цілою низкою об'єктивних і суб'єктивних причин. Проблеми з електроживленням можуть виникати безпосередньо на ділянці електромережі і без стабілізації цих параметрів не обійтися.

Основними причинами відхилення напруги від номінальних значень є:

- віддаленість споживачів від системи електропостачання або трансформаторної підстанції;

					ЦЗДВН 6.05080202. 682 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		4

- наявність на фідері потужних споживачів, які перевищують номінальні параметри;
- застарілі і не розраховані для роботи з сучасними електроприладами лінії електропередач.

Погіршення якості параметрів електроенергії призводить до порушення нормальної роботи споживачів. Важливим показником якості напруги є її нестабільність. Особливо чутливі до відхилень напруги освітлювальні пристрої. У сучасному виробництві знайшло широке застосування ультрафіолетове опромінення як медицині і сільському господарстві.

Так при зниженні напруги помітно зменшується світловий потік ультрафіолетового опромінення, а при його підвищенні підвищується доза опромінення, різко знижується термін служби ламп та перевитрата електроенергії.

Споживачі електроенергії мають найкращі експлуатаційно-технічні характеристики, в тому числі ресурс, при номінальних значеннях параметрів електроенергії (напруги, потужності). Відхилення напруги від номінального значення призводить до зміни технічних характеристик електрообладнання і може викликати порушення їх працездатності.

За принципом дії стабілізатори напруги можна розподілити на:

- ступеневі коректори напруги (релейні та електромеханічні);
- електронні;
- ферорезонансні;
- стабілізатори з підмагнічуванням трансформатора.

В даний час широко використовуються наступні три типи стабілізаторів напруги: релейні, електромеханічні і електронні. Ферорезонансні стабілізатори і стабілізатори з підмагнічуванням трансформатора мають низький ККД, велику масу і габарити.

Вибір типу стабілізатора напруги визначається, вимогами споживачів електроенергії (точність і швидкість стабілізації, термін експлуатації), а також критеріями ефективності (економічні показники, показники надійності і якості

					ЦЗДВН 6.05080202. 682 ПЗ	Лист
						5
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

електроенергії). До стабілізаторів також пред'являються вимоги по рівню або захисту від електромагнітних завад.

Найбільш поширеним пристроєм в своєму роді є релейний стабілізатор. Він має високою швидкістю комутації напруги, довговічність, можливість працювати в широкому діапазоні температур.

Проста конструкція впливає на строк служби і його ціну, не вносить зміни у форму графіка напруги.

Стабілізатори напруги релейного типу ефективно захищають побутові та промислові прилади та обладнання, ефективні для захисту живлення комп'ютерної техніки і обладнання зв'язку. Вони надійно працюють з котлами опалення, циркуляційними насосами, холодильниками та кондиціонерами.

Не рекомендується використовувати стабілізатори напруги релейного типу для живлення освітлювальних приладів.

					ЦЗДВН 6.05080202. 682 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		6

1 ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ ЗА ВИБРАНИМ НАПРЯМКОМ

ПРОЕКТУВАННЯ

Стабілізатор напруги дозволяє отримати на виході напругу, близьку до номінальної при значних коливаннях вхідної напруги і зміні опору навантаження.

Крім того, при спотворенні форми синусоїди, виникненні сплесків і провалів на вході, на виході стабілізатора (навантаженні) повинна бути синусоїда без спотворення. Якість стабілізації стабілізатора не повинна знижуватися при коливання напруги та навантаження у заданих обмеженнях.

Стабілізатор напруги являється завершеним блоком, який складається із сукупності технічних елементів, що виконують певні функції. Визначити поняття пристрою за назвою «стабілізатор напруги» однозначно не можливо. В даний час існує велика кількість різноманітних приладів для виконання функції стабілізації напруги. Розглянемо деякі з них.

1.1 Релейний стабілізатора напруги

Релейний стабілізатор має автотрансформатор електронну схему, яка управляє роботою трансформатора.

Наявність реле є головною відмінністю конструкції релейних стабілізаторів від інших. Саме завдяки реле і відбувається перемикання обмоток трансформатора. Реле розміщують у закритих корпусах, що дає можливість захистити їх від зовнішніх впливів та шкідливих факторів. В цілому у релейних стабілізаторах, трансформатор є вольтодобавочним. Це означає, що він додає необхідну величину напруги у навантаження, якщо рівень напруги нижче номінальної. Додавання напруги відбувається завдяки послідовного підключення тієї чи іншої обмотки.

Кількість таких обмоток може бути різною. Найчастіше трансформатори таких приладів мають чотири обмотки. При підвищенні напруги мережі, автотрансформатор вичитує необхідну величину напруги до номінальної.

Схем релейного стабілізатора напруги має у собі:

					ЦЗДВН 6.05080202. 682 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		8

- автотрансформатор (вольтодобавочний трансформатор);
- блок реле;
- плата управління реле.

Крім цих елементів конструкція стабілізатора передбачає наявність датчиків і мікросхем, що забезпечують тепловий захист, а також наявність захисту від перевантаження, індикатора (дисплея) напруги та індикатора аварійного режиму.

Призначення керованого перемикача є швидке і безпечне перемикання енергопостачання в обхід стабілізатора або ж проведення струму через нього. Ця операція може проходити в двох варіантах:

- перший – ручний, коли управління здійснюється користувачем через ручки, тумблери і т.п. Таке переключення відбувається під час проведення сервісних і діагностичних робіт;

- другий варіант – автоматичний. В цьому випадку перемикання активується, коли відбувається перенавантаження приладу або неполадки в його вузлах. Відбувається це за допомогою електронних ключів, Такі ключі можуть управлятися автоматично за допомогою програми або ж механічно у режимі ручного перемикання.

Загальна схема релейного стабілізатора. Релейний стабілізатор працює наступним чином. У першу чергу відбувається вимірювання струму на вході стабілізатора. Після цього відбувається порівняння рівня цього струму і рівня струму, який повинен бути на виході. В кінці визначається різниця напруги, яку потрібно додати або відняти. Загальна схема стабілізатора напруги наведена на рис. 1.1.

За даною різницею напруги, електронний пристрій визначає, яке реле має спрацювати. Далі відбувається підключення певного реле до обмотки. В результаті напруга досягає необхідного рівня. Принцип роботи дуже простий, однак на практиці це супроводжується деякими особливостями. В першу чергу

відповідати нормі. Далі спрацьовують реле ще на кількох обмотках, і вихідна напруга відповідає необхідній величині.

Принцип роботи релейного стабілізатора. Таке послідовне спрацьовування є причиною появи додаткових стрибків напруги на виході стабілізатора. Більшість таких стабілізаторів має трансформатори з чотирма обмотками. Підключення однієї з них призводить до збільшення або зменшення величини напруги на виході на 20-25 вольт.

Якщо напруга на вході стабілізатора дорівнює 191В, то відбудеться підключення обмотки, завдяки якій напруга на виході буде дорівнювати 229В. Вихідна напруга не дорівнює 220В тому, що рівень похибки релейних стабілізаторів у середньому дорівнює 8%.

При зростанні вхідної напруги паралельно буде рости і вихідна. Зростання вихідної напруги припиниться тоді, коли на вході буде 200В. В цей час спрацює реле, яке підключить іншу обмотку і попередні 237В упадуть до цифри 218В.

Якщо напруга на вході підніметься до 210В, то знову спрацює реле і підключиться інша обмотка. На виході вже буде 230В. Релейний стабілізатор напруги, перемикає обмотки досить швидко і ці імпульсні скачки не дуже помітні.

Їх помітність зростає з ростом величини стрибків вхідного струму. Під час таких ситуацій можна помітити, як блимають лампи розжарювання, і як змінюється рівень освітленості кімнати або приміщення.

Така особливість роботи стабілізатора може стати причиною виходу з ладу високоточного обладнання. Через цю особливість релейні пристрої не можуть використовуватися у всіх сферах.

Аналізуючи принцип роботи релейного стабілізатора напруги, стає зрозуміло, що постійна подача ним 220В на виході є практично неможливим. Якщо під час перевірки дисплей постійно показує вихідну напругу 220В, то слід задуматися над якістю цього приладу і добросовісністю виробника. Слід знати, що для релейних приладів нормою роботи є видача напруги від 203В до 237В.

Релейний стабілізатор напруги, може характеризуватися таким рівнем точності, який дорівнює не вищезазначеним восьми відсоткам, а п'яти. У цьому

					ЦЗДВН 6.05080202. 682 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		11

випадку він має більшу кількість обмоток. Чим більше ступенів перемикання (тобто обмоток), тим точнішим, а також більш дорогим є стабілізатор.

Однак зі зростанням точності стабілізації падає швидкість реакції на зміни напруги у мережі. Тобто, коли точність характеризується 8 відсотками, то стабілізатор може додати/відняти 250В в секунду. При точності у 5 відсоток, швидкість роботи дорівнює 180 В/сек.

В середньому для стабілізації струму прилад релейного типу витрачає до 0,15 сек., хоча виробники зазначають про менший проміжок часу. Струм на виході стабілізатора з'являється тільки через декілька секунд. Причиною такої поведінки стабілізатора є небезпечні перехідні процеси.

1.2 Стабілізатор змінного струму

Стабілізатори змінного струму, набагато рідше застосовуються радіоаматорами, ніж стабілізатори напруги і регулятори потужності. Це пов'язано з більш складною схемотехнікою традиційних джерел струму. Об'єктивний аналіз показує, що в ряді випадків краще застосування саме джерел струму.

Головна перевага джерела струму - нечутливість до короткого замикання навантаження. Часто зустрічаються випадки, коли треба підтримувати значення змінного струму постійним, наприклад, при вмиканні ламп розжарювання. Такий захід у кілька разів продовжує термін їх служби. Регульований стабілізатор може надати допомогу при перевірці і налагодженні пристроїв струмового захисту.

Нескладна схема стабілізатора змінного струму наведена на (рис. 1.3), з можливістю плавного регулювання його величини. Струм можна регулювати від декількох міліампер до 8А. При відповідному виборі елементів схеми максимальний стабілізуючий струм можна збільшити до 70-80 А. В основу схеми покладено струмо-стабілізуючий двухполюсник. З появою в продажу потужних МОП-транзисторів (MOSFET), ситуація змінилася.

					ЦЗДВН 6.05080202. 682 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		12

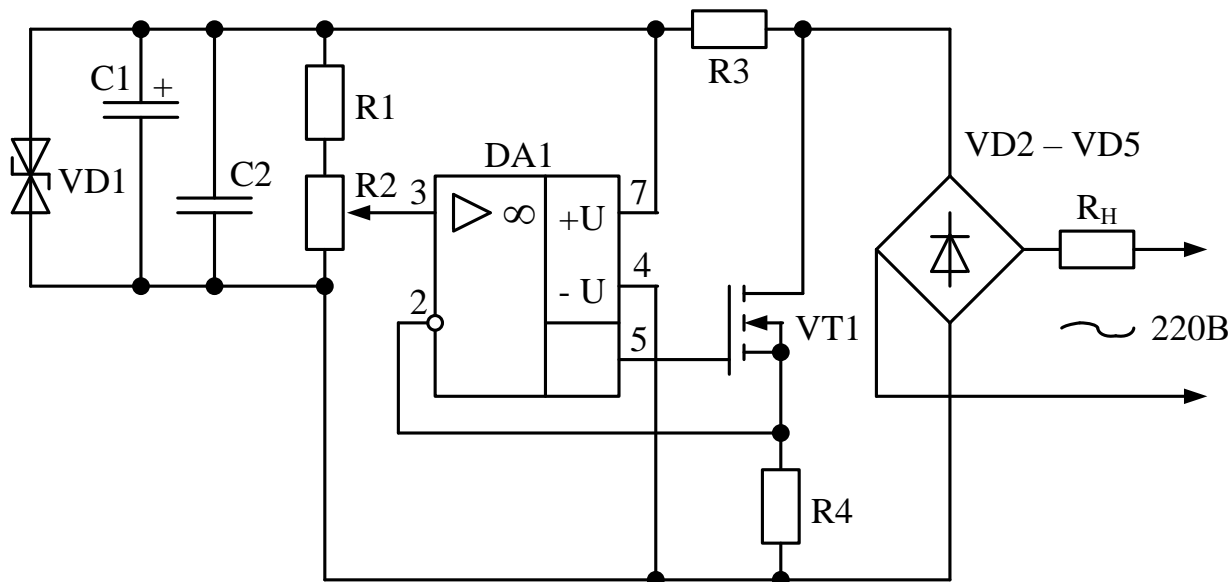


Рисунок 1.3 – Схема стабілізатора змінного струму

Їх застосування дозволяє створювати джерела струму з хорошими характеристиками. Стабілізатор струму (рис. 1.3), зібраний на операційному підсилювачі DA1, транзисторі VT1 і резисторах R1, R2, R4. Подільник R1-R2 являє собою «здатчик» струму. В даному випадку струм в амперах чисельно дорівнює напрузі на движку R2, помноженому на 10.

Це дозволяє вибрати напруга датчика струму R4 дуже малим. Для роботи зі змінним струмом в схему введений діодний міст, в одну з діагоналей якого ввімкнений токостабілізуючий двухполюсник. Таке вмикання еквівалентно послідовному з'єднанню навантаження і двухполюсника, тому струм через них має однакову величину.

Так як випрямлена напруга не фільтрується, напруга на стоці транзистора VT1 - однополярна, пульсуюча. Коли напруга на стоці VT1 дорівнює нулю, струм через VT1 не протікає, і падіння напруги на резисторі датчика R4 також дорівнює нулю. Транзистор VT1 при цьому відкритий.

У міру зростання напруги в мережі, напруга датчика, також збільшується (пропорційно струму), наближаючись до напруги «здатчика». Транзистор VT1 починає закриватися. При збігу напруг на датчику R4 і на «здатчику» R1-R2 відбувається обмеження подальшого зростання струму. Операційний підсилювач

який прецизійний, з напругою стабілізації 9 ... 15 В. Від його стабільності залежить стабільність напруги «задатчика» і, як наслідок струму стабілізації.

З урахуванням температурних характеристик, транзистор VT1 слід розмістити на радіаторі. До решти деталей, особливі вимоги не висуваються. Резистор R4 можна виготовити з промислового шунта для вимірювальних приладів. Це забезпечить необхідну точність і термостабільність. При його монтажі слід приділити особливу увагу надійності з'єднання інверсного виходу ОП і R4. Обрив цього з'єднання викликає вихід стабілізатора з ладу.

1.3 Переваги та недоліки стабілізаторів напруги

Кожний пристрій в своїх характеристиках має переваги і недоліки. Переваги релейного стабілізатора напруги:

- висока точність стабілізації, прямо пропорційна числу ступенів та ключів;
- висока швидкість опрацювання збурення, яку можна грубо оцінити як 20 мсек на вимір, +10 мсек на закриття ключа обмотки, +10 мсек на відкриття іншого ключа обмотки, +20 мсек на перехідні процеси в обмотках. Разом 100 мсек на ступінь. При точності стабілізації у 5% (тобто розмір ступені 11В) швидкість становить близько 180 В/сек. При точності стабілізації в 3% (тобто розмір ступені 6,6 В) швидкість становить близько 110 В/сек;
- двохкратна перевантажувальна здатність протягом 4 секунд, оскільки із-за вольтодобавочного трансформатора, реле не комутує безпосередньо ланцюг навантаження і працює з меншими струмами первинної обмотки у більш сприятливому режимі;
- не спотворюється форма напруги;
- широкий температурний діапазон, обмежений знизу і зверху температурною характеристикою реле;
- широкий діапазон стабілізації, визначається вольтодобавочним трансформатором;
- точність стабілізації в основному діапазоні, визначається кількістю обмоток вольтодобавочного трансформатора;

										ЦЗДВН 6.05080202. 682 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата							14

Негативні сторони стабілізатора, обумовлені принципом роботи і його схемою, яка забезпечує напругу на виході 220В з деяким відхиленням. Найбільш слабким його місцем є реле. Неякісне реле може стати причиною передчасного виходу з ладу стабілізатора.

Крім цього, перемикання реле супроводжується певним шумом. Його рівень залежить від самої моделі. До числа істотних недоліків слід віднести ступінчастий спосіб вирівнювання струму.

Перемикання обмоток приводить до появи стрибків напруги, які можуть загострюватися під час великого просідання або сплеску величини напруги у загальній мережі живлення.

Недоліком є і зменшення швидкості реакції у залежності від підвищення точності вирівнювання струму. Це пояснюється тим, що для досягнення більшої точності, потрібно переключити більшу кількість обмоток, а це, звичайно, займає додатковий час.

					ЦЗДВН 6.05080202. 682 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		16

2 РОЗРОБКА АЛГОРИТМУ ТА СТРУКТУРНОЇ СХЕМИ ПРИСТРОЮ

На основі розглянутих типів стабілізаторів, була розроблена схема релейного стабілізатора, який забезпечує вихідну напругу 220В з похибкою 5%. Він працює при коливаннях вхідної напруги - 110-285В.

Стабілізатор напруги, який проектується, має вихідну максимальну вихідну потужністю 5 кВт. Основою схеми є мікроконтролер Atmega 48, який здійснює всі виміри, а також допоміжний ATtiny2313, необхідний для миттєвої індикації вхідної і вихідної напруги. В разі необхідності він сповіщає про причини неполадок роботи релейного стабілізатора.

Максимальна вихідна потужність пристрою залежить від параметрів силової частини, а саме від потужності трансформатора і максимального струму комутації реле. При необхідності вона може бути змінена у схемі управління та програмному забезпеченні.

Вибір пристрою на базі мікроконтролера, дозволить зменшити кількість електронних компонентів, поліпшити характеристики пристрою, реалізувати повноцінну індикацію вхідної та вихідної напруги, додати функції захисту від надлишкових відхилень вхідної напруги і захисту від перегріву.

2.1 Розробка алгоритму функціонування пристрою

Розробка алгоритму (а також його обґрунтування і, якщо це необхідно, модифікація) істотно ускладнюється, якщо розробник не дотримується з самого початку дисципліни.

На кожному етапі розробки алгоритму, необхідно чітко виділити необхідні підцілі і простежити взаємозв'язок між ними. Для цього використовують метод покрокової розробки. Суть цього методу полягає в тому, що алгоритм розробляється "по кроках" (як правило, "зверху вниз"), починаючи з його специфікації, отриманої в результаті аналізу завдання. На кожному етапі приймається невелика кількість рішень, що призводять до поступової деталізації (уточнення) керуючої й інформаційної структури

					ЦЗДВН 6.05080202. 682 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		17

алгоритму. Цей метод дозволяє розбити алгоритм на частини (модулі), кожна з яких вирішує самостійну підзадачу. Це дає можливість вирішення підзадачі, реалізованої у вигляді окремої процедури або функції.

Зв'язки з управління між модулями здійснюються за допомогою відповідних звернень до них (викликів), а передача інформації від одного модуля до іншого проводиться через параметри і глобальні змінні.

Алгоритм функціонування схеми наведений на рис. 1.5. Після ввімкнення пристрою у мережу, мікроконтролер проводить вимірювання ряду значень. В першу чергу вимірюється температура трансформатора. У випадку, якщо вона перевищує 65°C , пристрій розмикається від мережі ключем К1.1, а після повернення значення температури у заданий діапазон, робота поновлюється.

Паралельно вимірюються значення вхідної напруги. Якщо вона знаходиться в межах 110-285В, але відрізняється від еталонної, за допомогою блоку управління досягається оптимальне значення.

Мікроконтролер динамічної індикації, виводить на перший індикатор вхідну напругу. В іншому випадку спрацьовує блок захисту та відключається навантаження стабілізатора. На другий індикатор замість вихідної напруги виводиться код помилки, і пристрій переходить у режим очікування.

Якщо температура і вхідна напруга знаходяться у нормі, мікроконтролер починає вимірювати вихідну напругу. Вона повинна бути в діапазоні 200-240В. Коли ця умова не виконується, на другий індикатор виводиться код помилки вихідної напруги і робота стабілізатора напруги знову припиняється.

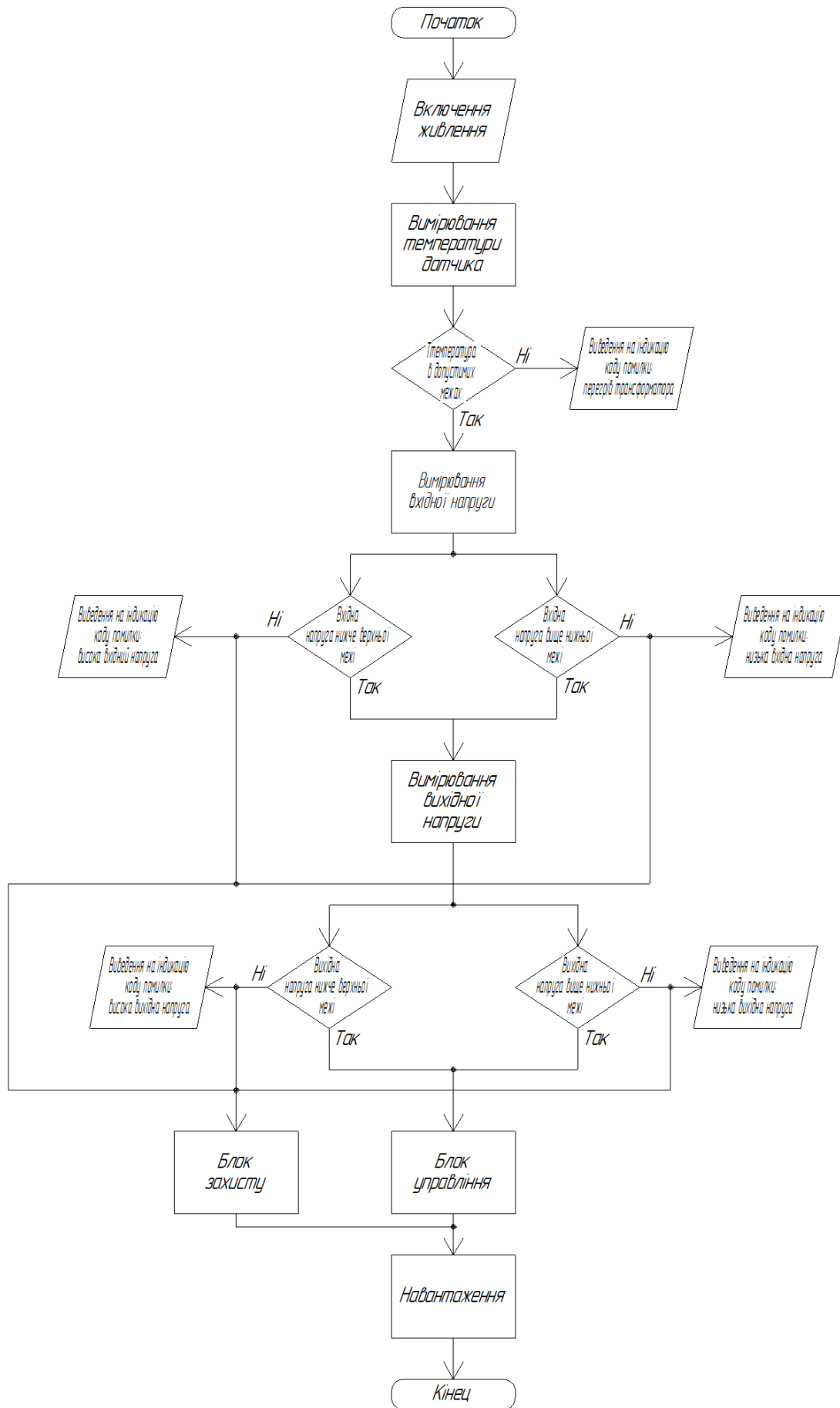


Рисунок 1.5 – Схема алгоритму функціонування стабілізатора

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

2.2 Розробка структурної схеми пристрою

Схема релейного стабілізатора напруги, наведена на рис. 1.6. Основою схеми управління є мікроконтролер (МК) Atmega48, який працює на максимальній тактовій частоті 20 МГц. З його допомогою відбуваються вимірювання вхідної і вихідної напруги, формується сигнал про перевищення допустимої температури трансформатора, проводиться розрахунок діючих значень напруги і генерується сигнал управління реле.

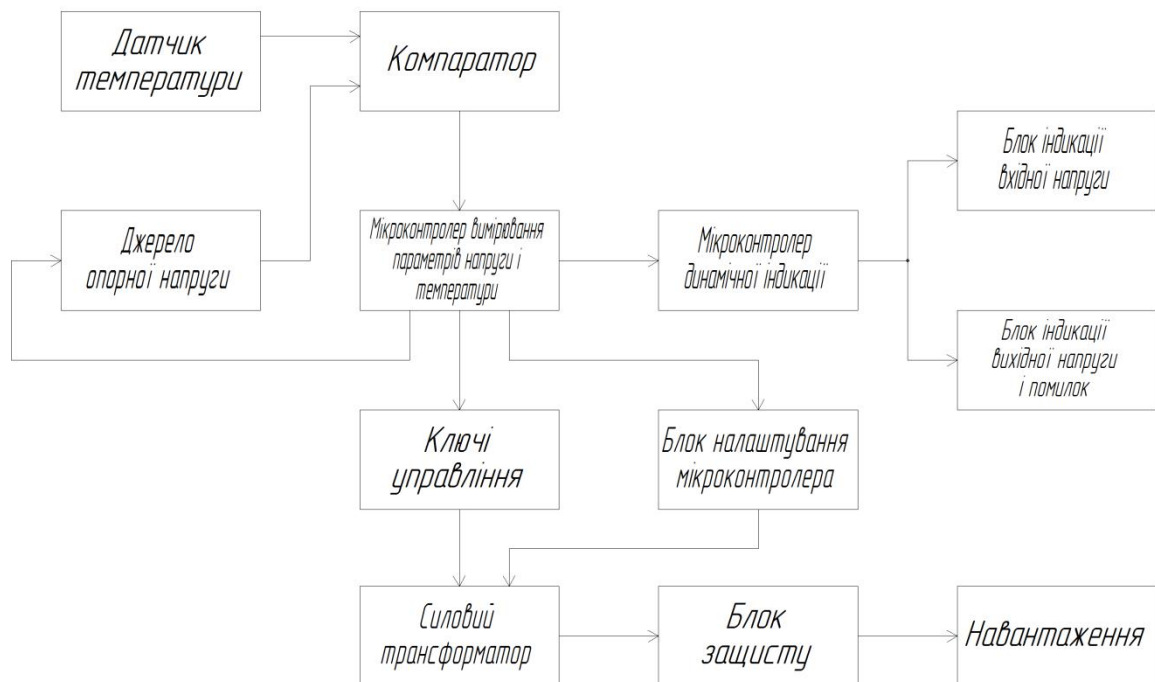


Рисунок 1.6 – Структурна схема стабілізатора напруги змінного струму

Для вимірювання напруги використовується внутрішнє джерело опорної напруги МК 1,1 В. Резистори R9, R10 та операційний підсилювач DA1.1, використовуються для отримання середньої точки двохполярної схеми вимірювання напруги. Таким чином, вимір миттєвої напруги проводиться з 9-бітної точністю. Для отримання діючої напруги, МК проводить розрахунок середнього квадратичного значення з вибірок миттєвих значень напруги, одержаних у процесі безперервних вимірювань у кожному з каналів.

Для контролю температури трансформатора, використовується резистивний датчик температури КТУ81-220, який має тепловий контакт з корпусом трансформатора. Операційний підсилювач DA1.2 використовується в якості компаратора з позитивним зворотним зв'язком. Захист від перегріву спрацьовує при досягненні трансформатором температури $+65^{\circ}\text{C}$, після чого вихід стабілізатора буде знеструмлений розімкненням контактів реле К1.

Нормальна робота відновиться при зниженні температури трансформатора до 60°C . Для індикації значень напруги, в пристрої передбачений окремий модуль, у якому встановлені два трьохрозрядних семисегментних світлодіодних індикатора. Для вхідної напруги використовується HG1, а для вихідного - HG2, Динамічна індикація реалізована на МК типу ATtiny2313, який отримує інформацію від головного МК через шину.

Використання двох мікроконтролерів замість одного з великою кількістю виводів має кілька переваг. Спрощується монтаж пристрою і зменшується завантаження основного мікроконтролера. Єдиний недолік схеми - необхідність програмування двох МК. Крім виведення поточних напруг, модуль індикації забезпечує індикацію причини аварійного відключення.

					ЦЗДВН 6.05080202. 682 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		21

3 РОЗРОБКА СХЕМИ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ

На основі структурної схеми, була розроблена функціональна схема стабілізатора напруги змінного струму (рис 1.7). До складу функціонально схеми входять основні блоки:

- головний мікроконтролер - мікросхема, призначена для вимірювання вхідного і вихідного рівня напруги. Параметри температури вимірює датчика температури і передає значення напруг на допоміжний мікроконтролер;

- допоміжний мікроконтролер - виводить на семисегментні індикатори значення вхідної і вихідної напруги, а також у разі виникнення помилок, відображає код помилки і сигналізує про припинення роботи пристрою;

- блок відображення інформації - представлений у вигляді трьохрозрядного семисегментного індикатора, який з'єднаний шиною з допоміжним мікроконтролером.

Мікроконтролер динамічної індикації, виводить на перший індикатор вхідну напругу. В іншому випадку спрацьовує блок захисту і відключається навантаження стабілізатора. На другий індикатор замість вихідної напруги виводиться код помилки, і пристрій переходить в режим очікування;

- блок ключів управління - виконаний у вигляді набору реле, які перемикаються за сигналом з головного мікроконтролера;

- блок налаштування мікроконтролера призначений для настройки стабілізатора і досягнення точності вимірювань напруги у діапазоні 1В;

- силовий трансформатор - тороїдальний трансформатор, який комутує значення струмів у залежності від ввімкнених ключів у блоці управління;

- датчик температури, джерело опорної напруги і компаратор використовуються для отримання середньої точки двохполярної схеми вимірювання напруги.

					ЦЗДВН 6.05080202. 682 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		22

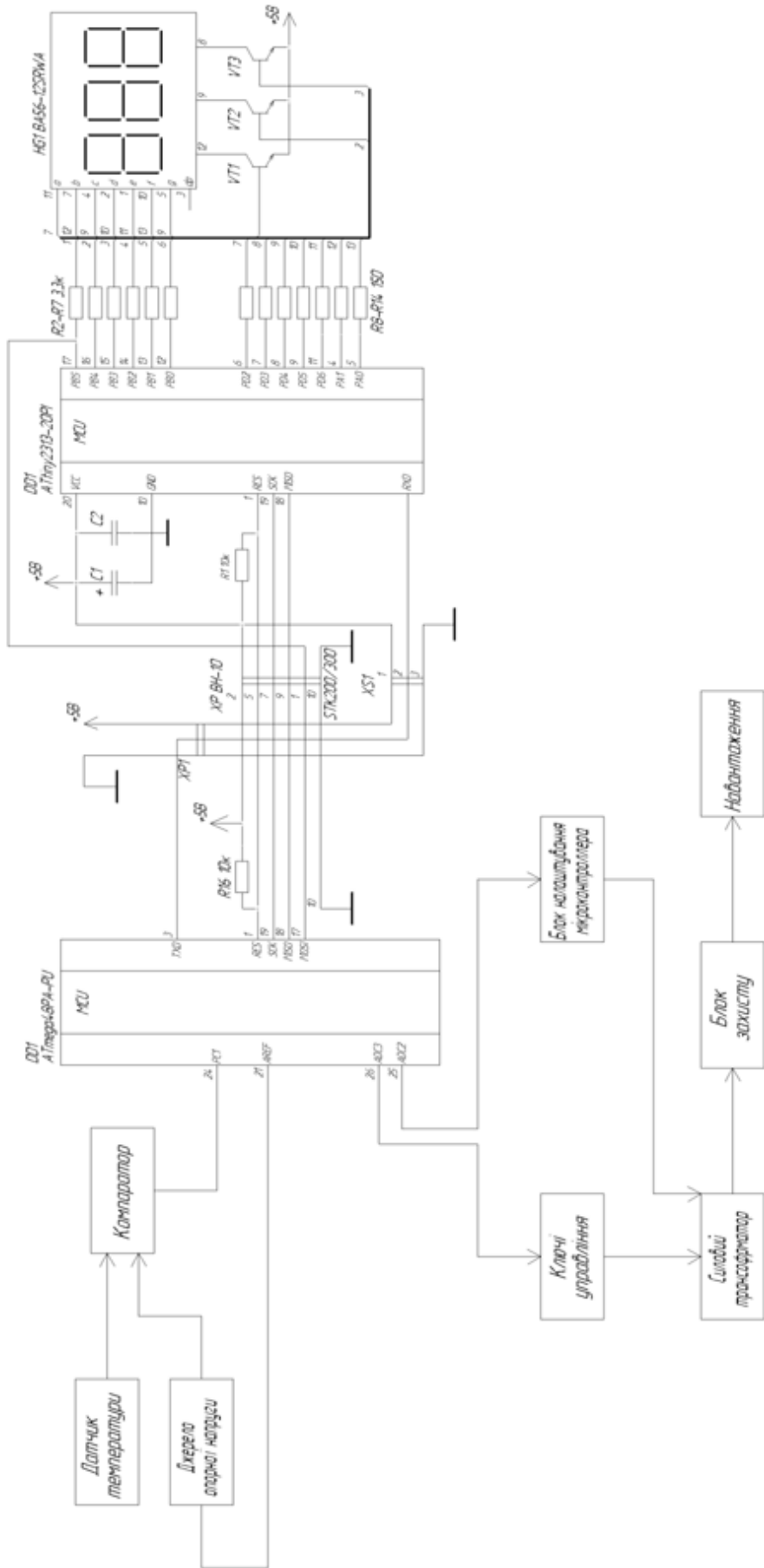


Рисунок 1.7 – Функціональна схема стабілізатора напруги змінного струму

4 РОЗРОБКА ТА РОЗРАХУНОК ПРИНЦИПОВОЇ СХЕМИ ПРИСТРОЮ

4.1 Вибір елементної бази

Релейний стабілізатор напруги має силовий блок, основою якого є трансформатор зі схемою комутації на електромагнітних реле, та схему управління. Схему управління містить наступні основні елементи:

- датчик температури;
- компаратор;
- блок індикації;
- мікроконтролер;
- операційний підсилювач.

Для вимірювання температури обмоток трансформатора, виберемо **датчик температури серії КТУ**. Кремнієві датчики з серії КТУ це датчики які мають напівпровідниковий шар. Вони мають позитивний температурний коефіцієнт, проте, на відміну від термісторів, мають лінійну характеристику. При використанні або при обробці датчиків КТУ, обов'язково потрібно звертати увагу, на те що вони чутливі до електростатичних розрядів. Тому повинні бути прийняті відповідні захисні заходи - ESD-захист.

В основному ці датчики застосовуються для контролю температури обмоток двигунів. Датчики КТУ пропонуються як більш дешева альтернатива датчикам Pt100, коли може бути використана нелінійна характеристика.

Кремнієві датчики використовуються для вимірювання температури і контролю граничного значення температури. Діапазон толерантності при рекомендованій температурі в залежності від виконання лежить між 1% і 5%, що відносно неточно у порівнянні з Pt100. Для багатьох застосувань, таких як в області захисту невеликих електродвигунів, цього абсолютно достатньо. Термодатчики КТУ81 мають ряд суттєвих переваг у порівнянні з інтегральними датчиками температури:

- широкий діапазон вимірюваних температур $-55 \dots +150 \text{ }^\circ\text{C}$. Як правило, інтегральні термодатчики працюють у діапазоні $-40 \dots +125 \text{ }^\circ\text{C}$;

					ЦЗДВН 6.05080202. 682 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		24

- підключаються датчик двох дротовою лінією зв'язку;
- мінімальна кількість проводів (всього 2), що особливо важливо в системах з зовнішніми віддаленими термодатчиками;
- висока стійкість перед перешкодами, за рахунок двох дротової, симетричної для перешкод, лінії зв'язку. Простої скрученої пари досить для підключення датчика на відстані десятків метрів;
- досить високий опір (1000 Ом і 2000 Ом), дозволяє знехтувати опором дротів зв'язку, тобто знову ж таки можна використовувати двох дротову лінію;
- можливість шунтування термодатчика конденсатором великої ємності, для фільтрації перешкод. Інтегральні прилади не працюють на значну ємнісне навантаження;
- не мають полярності. Немає необхідності маркувати та прозвонювати з'єднувальні дроти. Немає небезпеки вивести датчик з ладу зміною полярності.

В електроніці, **компаратор** це є пристрій, який порівнює між собою два електричних сигнали і виводить цифровий сигнал, який вказує на збільшення одного вхідного сигналу над іншим. Компаратор має два аналогових входи і один цифровий вихід.

Сучасні компаратори за схемою дуже нагадують ОУ. По суті, це той же операційний підсилювач, тільки без зворотного зв'язку і з дуже високим коефіцієнтом посилення. Компаратор також має два входи, - прямий і інверсний (відзначається кружечком або знаком «мінус»).

За поєднанням параметрів, компаратори можна розділити на три групи. Це компаратори загального застосування, швидкодіючі і прецизійні. В аматорській практиці найчастіше використовуються перші.

Основна функція компаратора це порівняння двох напруг, одна з яких зразкова або опорна, а інша власне вимірюється. Вихідний сигнал компаратора може приймати лише два значення: логічний нуль, або логічна одиниця, але не може змінюватися лінійно, як у операційного підсилювача. На виході компараторів, як правило, є вихідний транзистор з відкритим колектором і

						ЦЗДВН 6.05080202. 682 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			25

інформації, наприклад температури, напруги, часу або просто кількості спрацьовування будь-яких пристроїв або датчиків. Динамічна індикація на базі семисегментних індикаторів добре узгоджується у спільній роботі з мікроконтролерами.

За кількістю розрядів (цифр) динамічні семисегментні індикатори бувають однорозрядні, двохрозрядні, трьохрозрядні, чотирирозрядні дуже рідко - шестирозрядні. Основна увага приділяється чотирирозрядним семисегментним індикаторам, як найбільш вживаним типом динамічної індикації. Виготовляються вони із загальним анодом і загальним катодом.

Якщо застосовувати динамічну індикацію із загальним анодом, тоді знадобляться біполярні транзистори р-п-р типу, наприклад BC557, емітери яких потрібно під'єднати до плюса «+» джерела живлення, а колектори - до мінуса «-» також через підтягаючий резистор 10 кОм.

При динамічній індикації у кожен момент часу, цифра виводиться тільки на одному індикаторі. Тобто цифри, призначені для обох індикаторів виводяться по черзі (рис. 1.9).

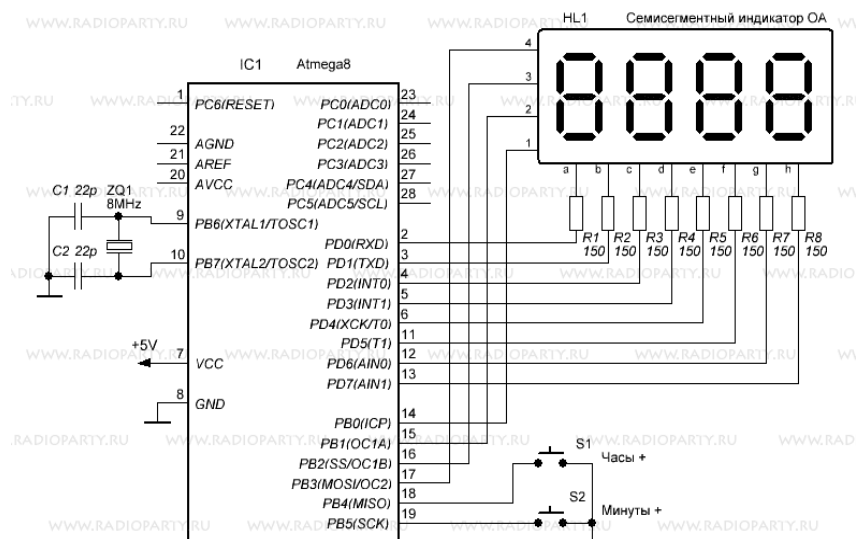


Рисунок 1.9 – Схема вмикання індикатора з мікроконтролером

Це дозволяє підключити сегменти обох індикаторів, а згодом й більшої кількості індикаторів до одних і тих же ніжок порту, тобто паралельно. При такому способі будуть відразу на обидва індикатора подаватися по черзі спочатку

цифра, призначена для першого індикатора, а потім цифра, призначена для другого.

Або якщо взяти за базу певний рівень швидкодії, то для виконання цієї умови мікроконтролерів на базі RISC (Attiny2313) необхідна у 12 разів менше тактова частота генератора, що призводить до значного зниження енергоспоживання. У зв'язку з цим виникає можливість конструювання різних пристроїв на **Attiny2313**, з використанням батарейного живлення.

У якості **мікроконтролера** використаємо низько споживаючий 8 бітний КМОН мікроконтролер **ATMega 48** з AVR RISC архітектурою. Прилад виготовлений по компактній незалежній технології виготовлення пам'яті компанії Atmel. Вбудована ISP Flash дозволяє перепрограмувати пам'ять програми у системі через послідовний SPI інтерфейс програмою-завантажувачем, що виконується в AVR ядрі, або звичайним програматором енергонезалежної пам'яті. Програма-завантажувач здатна завантажити дані з будь-якого інтерфейсу, наявного у мікроконтролері. Програма в завантажувальному секторі залишиться активним навіть при завантаженні області пам'яті прикладної програми, забезпечуючи реальний режим "зчитування під час запису". Об'єднавши 8-бітне RISK ядро і самопрограмуючу всередині системи Flash пам'яттю, корпорація Atmel виготовила прилади ATMega48 / ATMega88 / ATMega168 потужними мікроконтролерами, які забезпечують більшу гнучкість і цінову ефективність широкого кола керуючих пристроїв.

Стабілізатори напруги набули широкого застосування в повсякденному житті споживача. Однією з таких сфер є використання в блоках живлення комп'ютерів, де вони стабілізують напругу постійного струму, що використовується процесором і іншими елементами. Мікросхеми стабілізаторів напруги діляться на два класи: лінійні стабілізатори і імпульсні стабілізатори. Лінійні стабілізатори - пристрої, які працюють у своїй лінійній області. На вхід лінійного стабілізатора подається вхідна, нестабільна напруга, а при виході генерується стабільна. Лінійні стабілізатори прості і не вимагають великої кількості додаткових електронних компонентів. Імпульсні стабілізатори - здатні

						ЦЗДВН 6.05080202. 682 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			28

генерувати вихідну напругу, яка вище вхідної або має протилежну полярність. Потужність, що передається через прохідний пристрій, має дискретні імпульси, за рахунок чого досягається велика ефективність, так як прохідний пристрій працює як перемикач з низьким опором. Таким чином, ефективність імпульсного стабілізатора коливається в діапазоні від 70 до 90%.

Мікросхема живлення **L7805CV TO-220** відноситься до типу лінійних стабілізаторів напруги (ЛСН). Вона призначена для автоматичної, постійної підтримки стабільної напруги. Залежно від типів стабілізаторів, їх можна використовувати для регулювання одного або декількох напруг, змінного або постійного струму.

У якості **осердя магнітопроводу**, був вибраний магнітопровід **серії ОЛ**. Кільцеві стрічкові магнітопроводи ОЛ виробляються із сталей електротехнічних марок.

Стрічкові магнітопроводи ОЛ застосовуються для виготовлення однофазних трансформаторів, призначених для функціонування у силових ланцюгах електронної та радіотехнічної апаратури.

Магнітопроводи ОЛ мають кільцеву структуру і виготовляються з листової електросталі з високою магнітною проникністю. У результаті при їх використанні, вдається істотно зменшити геометричні та масові характеристики трансформаторів, оскільки для отримання необхідних електричних параметрів необхідно меншу кількість витків обмоток.

Виготовляються найрізноманітніші модифікації магнітопроводів, у тому числі з розмірами, відмінними від стандартних. Основними параметрами магнітопроводів, за якими розрізняються їх модифікації, є:

- внутрішній і зовнішній діаметр;
- ширина і товщина стрічки.

Всі геометричні параметри вказуються у назві, що має структуру ОЛ

X / Y-Z, де:

- X - величина внутрішнього діаметра у міліметрах,
- Y - величина зовнішнього діаметра у міліметрах,

- Z - висота магнітопроводу у міліметрах.

У трансформаторі даного пристрою використовуємо осердя **ОЛ80/130-80**, яке забезпечує потужність до 1,2 кВт.

4.2 Розрахунок і синтез основних вузлів і блоків пристрою

Датчик температури. У якості датчика температури, був використаний датчик КТУ81-220 (рис.1.10). Серія КТУ81 це кремнієві терморезистори. Вони не активні, не інтегральні, а саме терморезистори. Датчики змінюють свій опір залежно від температури.

У них тільки один істотний недолік - невисока точність вимірювання і нелінійність характеристики. Нелінійність їх складає:

- $\pm 3,5^{\circ}\text{C}$ у діапазоні до $+ 100^{\circ}\text{C}$;
- $\pm 8,5^{\circ}\text{C}$ у діапазоні до $+ 150^{\circ}\text{C}$.

Нелінійність характеристики легко виправляється програмою мікроконтролера. В принципі, можна і відкалібрувати кожен датчик індивідуально.



Рисунок 1.10 – Датчик температури КТУ81-220

Параметри датчика КТУ81-220:

- діапазон вимірювання температури $-55 \dots 150^{\circ}\text{C}$;
- робочий струм макс. - 10мА;
- корпус SOD70;
- монтаж ТНТ;

					ЦЗДВН 6.05080202. 682 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		30

- опір 1,96кОм.

Компаратор LM358. У разі рівного розподілу вхідних напруг реальні компаратори і ОП, включені за схемою компараторів, дають вихідний сигнал, який змінюється хаотично із-за власних шумів і шумів вхідних сигналів. Звичайна міра придушення такого хаотичного перемикавання - введення позитивного зворотного зв'язку для отримання гістерезисної передавальної характеристики (рис. 1.11).

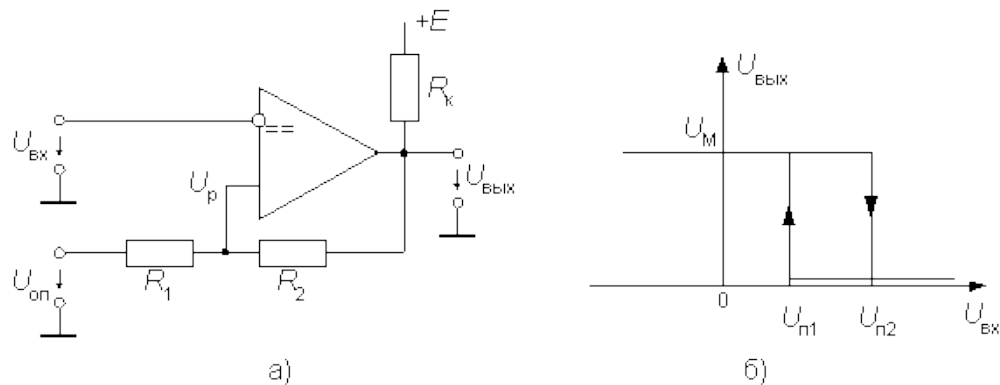


Рисунок 1.11 – Схема компаратор зі схемою хаотичного перемикавання

Операційні підсилювачі (ОП), такі як LM324, LM358 і LM741(рис. 1.12), зазвичай не використовуються у радіоелектронних схемах у якості компаратора напруги через їх біполярні виходи. Проте, ці операційні підсилювачі можуть бути використані у якості компараторів напруги, якщо до виходу ОП підключити діод або транзистор для того щоб створити вихід з відкритим колектором.

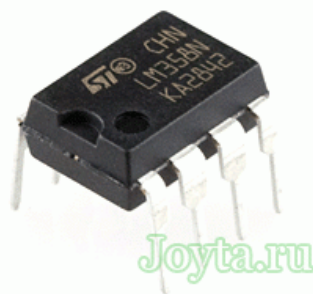


Рисунок 1.12 – Зовнішній вигляд LM358

Мікросхема LM358 в одному корпусі (рис. 1.13) містить два незалежних малопотужних операційних підсилювача з високим коефіцієнтом посилення і

частотною компенсацією. Відрізняється низьким споживанням струму. Особливість даного підсилювача - можливість працювати у схемах з однополярним живленням від 3 до 32 вольт. Вихід має захист від короткого замикання.

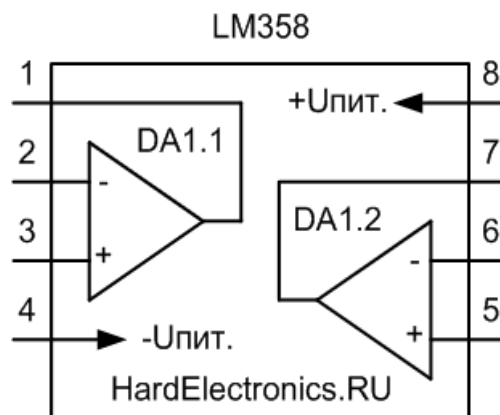


Рисунок 1.13 – Цоколювання LM358

Якщо немає якихось особливих вимог до швидкодії, дуже широкому діапазону напруг або великому розсіюванню, то LM358 хороший вибір.

Характеристики LM358:

- низька вартість;
- ніяких додаткових ланцюгів компенсації;
- одне або двухполярне живлення;
- широкий діапазон напруг живлення від 3 до 32 В;
- максимальна швидкість наростання вихідного сигналу: 0,6 В / мкс;
- струм споживання - 0,7 мА;
- низька вхідна напруга зміщення - 0,2 мВ.

Мікроконтролер для динамічної індикації. Мікроконтролер успішно працює при напрузі живлення від 1,8 до 5,5 вольт. Струм споживання залежить від режиму роботи контролера.

ATtiny2313 ATtiny2313a восьмибітні мікроконтролери сімейства AVR. Тип корпусу DIP20, SOIC20.

Характеристики мікроконтролера ATtiny2313:

- EEPROM 1 Кб;

- два 8 бітових таймера/лічильника;
- один 16 бітний таймер/лічильник (із захопленням);
- таймер реального часу (годинник);
- шість ШІМ каналів;
- 6/8 канальний 10ти бітовий АЦП
- аналоговий компаратор;
- SPI послідовний інтерфейс;
- I2C інтерфейс;
- USART (це комп'ютерний COM RS232, тільки з іншими рівнями);
- Watchdog таймер, зовнішні переривання на всіх ніжках.

Особливості мікроконтролера:

- внутрішньосхемне налагодження по одному дроту debugWIRE;
- програмування по послідовному SPI інтерфейсу;
- різні джерела переривання як зовнішні, так і внутрішні, 5 режимів «Сну», детектор зниження живлення, вбудований генератор.

Призначення виводів мікроконтролера:

- VCC - напруга живлення; - GND - загальний провід;
- RST - вхід скидання;
- XTAL1 - вхід інвертуючого підсилювача тактового генератора і вхід зовнішнього тактового сигналу;
- XTAL2 - вихід інвертуючого підсилювача генератора.

Блок- схема АТМega48 показана на рис. 1.17

					ЦЗДВН 6.05080202. 682 ПЗ	Лист
						35
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		



Рисунок 1.18 – Загальний вигляд стабілізатора

Мікросхема L7805CV є стабілізатор напруги з вихідним напругою 5,0 В позитивної полярності.

Призначена для стабілізації позитивного фіксованого напруги у вузлах і блоках апаратури широкого застосування. Має вбудований захист від перегріву і вбудовану односхилий захист від перевантажень.

Корпус: ТО-220. Маса не більше 2,5 г.

Діапазон робочих температур від 0 до +150°C.

Основні параметри стабілізатора L7805CV:

- вхідна напруга - від 7 до 25 В;
- потужність, що розсіюється - 15 Вт;
- вихідна напруга - 4,75 ... 5,25 В;
- вихідний струм - до 1,5 А.

Блок трансформатора. У якості силового трансформатора, може бути використаний трансформатор будь-якої конфігурації, який може працювати на частоті до 400 Гц. Це може бути трансформатор з електротехнічної сталі стержневої, броньової або тороїдальної конструкції. У трансформаторі даного пристрою використовуємо осердя **ОЛ80/130-80**, яке забезпечує потужність до 1,2 кВт.

Параметри тороїдального магнітопровода:

- площа перетину - $S = 12,5\text{см}^2$;
- середня довжина силової магнітної лінії – 32,97 см;
- маса магнітопровода – $G = 4250$ г;

					ЦЗДВН 6.05080202. 682 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		37

- потужність на частоті 50 Гц $S_{тр} = 685 \text{ В}\cdot\text{А}$.
- $S_0 \cdot S_{ок} = 1010 \text{ см}^4$.

Первинна обмотка трансформатора (рис. 1.19) розрахована на напругу до 300 В і має виводи від 0,923; 0,846; 0,77; 0,673; 0,546 загальної кількості витків обмотки. Кількість витків вторинної обмотки становить 0,044 від кількості витків первинної обмотки. При виготовленні релейних стабілізаторів, найчастіше використовують тороїдальні трансформатори.

Така конструкція трансформатора має хороші умови для охолодження обмоток у порівнянні з іншими видами трансформаторів. Потужність трансформатора, безпосередньо не впливає на потужність всього стабілізатора.

Вона становить близько 1/4 номінальної потужності стабілізатора. При цьому досягається оптимальне співвідношення параметрів стабілізатора з його габаритами та масою. Для трансформатора використане осердя ОЛ80 / 130-80, яке забезпечує потужність близько 1,2 кВт.

Первинна обмотка трансформатора містить 456 витків з виводами через 249, 307, 352, 386, 421 витка починаючи від нижнього виводу. Вторинна обмотка містить 20 витків дроту ПЕВ-2 діаметром 0,6 мм. Первинну обмотку намотують у два шари.

Перші 249 витків проводом ПЕТВ-2 діаметром 2,24 мм, потім вторинну обмотку, після шару фторопластової стрічки, продовжують намотувати первинну обмотку у два дроти ПЕТВ-2 діаметром 2,24 мм, з необхідними виводами.

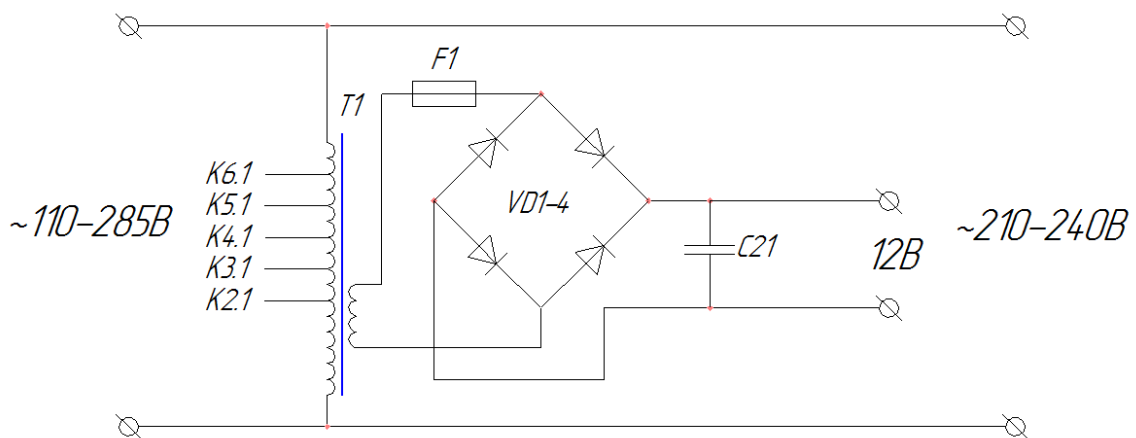


Рисунок 1.19 – Схема трансформатора з контактами комутації

Блок індикації. Для індикації величин напруги у пристрої передбачений окремий модуль (рис. 1.20). Він має два трьохрозрядних семисегментних світлодіодних індикаторів, HG1 для вхідної напруги, а для вихідної - HG2.

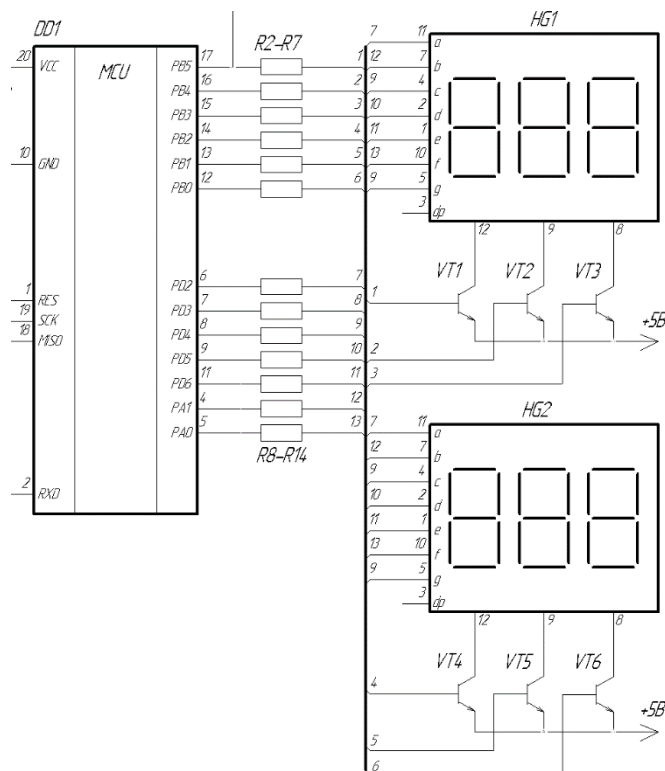


Рисунок 1.20 – Індикація напруги стабілізатора

Динамічна індикація реалізована на МК типу ATtiny 2313, який отримує інформацію через шину UART.

Модуль індикації забезпечує також індикацію причини аварійного відключення. У цьому випадку на індикаторі HG2 замість значення напруги виводиться буква «Е» і номер помилки:

- E1 - перенапруга на вході (вхідна напруга перевищує допустиме значення 285 В);
- E2 - низька напруга на вході (вхідна напруга менше 110 В);
- E3 - перегрів трансформатора;
- E4 - низька напруга на виході (протягом 1 с. напруга на виході нижче 200 В. Найчастіше це виникає у результаті перевантаження або пошкодження стабілізатора);

- Е5 - висока напруга на виході (вихідна напруга перевищує 240 В. Найчастіше це виникає через пошкодження стабілізатора, наприклад, при злипанні контактів реле).

Розрахунок аналогових ключів. Мікросхема ULN2003А має набір потужних складових ключів для застосування у ланцюгах навантаження індуктивного характеру. Вона може бути використана для управління навантаженням великої потужності, включаючи електромагнітні реле двигунів постійного струму, електромагнітні клапани, у схемах управління кроковими двигунами та таке інше.

Мікросхеми ULN2003 це транзисторна збірка Дарлінгтона з вихідними ключами підвищеної потужності (рис. 1.21). Вона має на виходах захисні діоди, які призначені для захисту керуючих електричних ланцюгів від зворотного викиду напруги індуктивного навантаження.

Характеристики ULN2003:

- номінальний струм колектора одного ключа – 0,5А;
- максимальна напруга на виході до 50 В;
- захисні діоди на виходах;
- вхід адаптований до різноманітних видів логіки;
- можливість застосування для управління реле.

					ЦЗДВН 6.05080202. 682 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		40

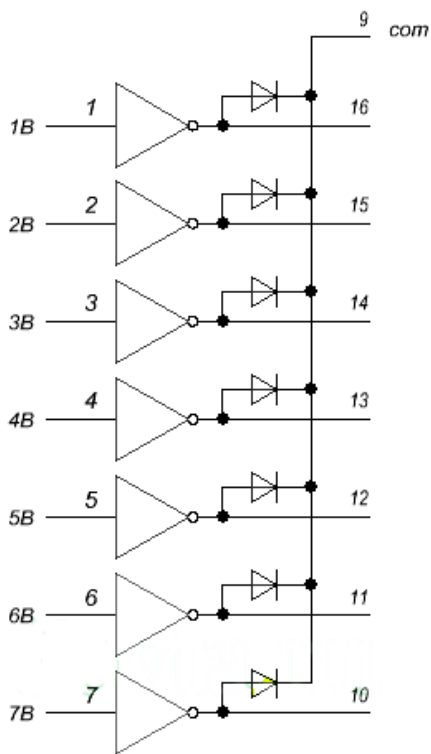


Рисунок 1.21 – Структурна схема мікросхеми ULN2003A

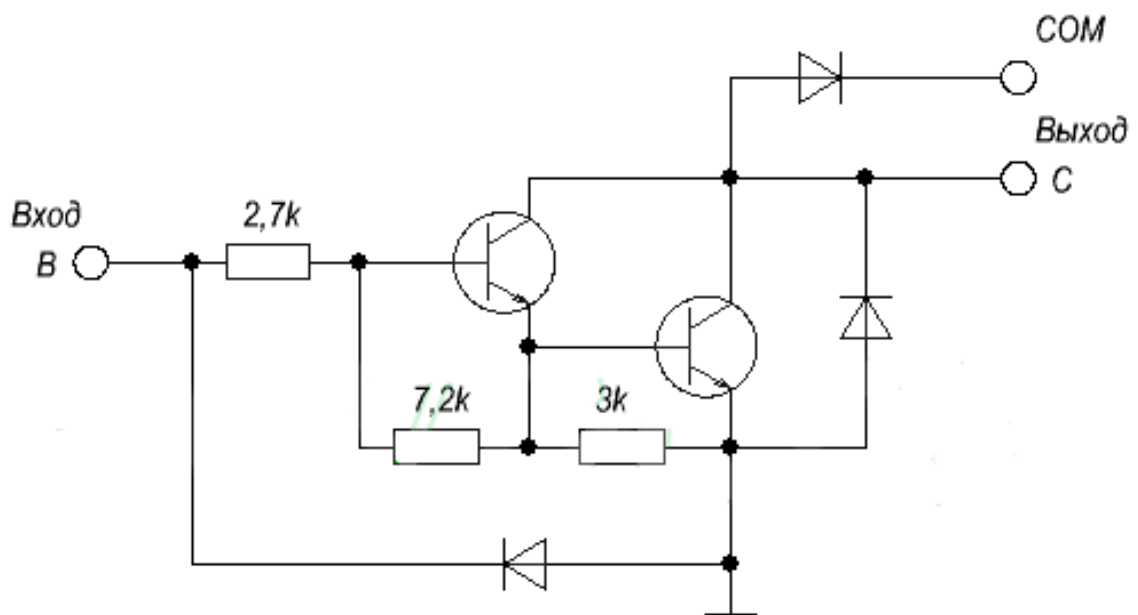


Рисунок 1.22 – Принципова схема мікросхеми ULN2003A

Таблиця 1.1 – Характеристики мікросхеми ULN2003А

Найменування параметру, одиниці вимірювань	Умовне позначення	Режими		Норма	
				не більше	не менше
Вхідна напруга у відкритому стані, В	$V_{I(on)}$	$V_{CE} = 2В$	$I_C = 200mA$	2,4	
			$I_C = 250mA$	2,7	
			$I_C = 300mA$	3	
Напруга колектор-емітер в режимі насичення, В	$V_{CE(sat)}$	$I_I = 250\mu A,$ $I_C = 100mA$	1,1		
		$I_I = 350\mu A,$ $I_C = 200mA$	1,3		
		$I_I = 500\mu A,$ $I_C = 350mA$	1,6		
Струм відсічення колектора, мкА	I_{CEX}	$V_{CE} = 50 В, I_I = 0$	50		
Пряме падіння напруги в захисному діоді, В	V_F	$I_F = 350 mA$	2		
Вхідний струм, мкА	I_I	$V_I = 3,85 В$	1,35		
Зворотній струм захисного діода, мкА	I_R	$V_R = 50 В$	50		

Розрахунок транзисторів. Транзистор КТ209 кремнієвий епітаксійно-планарної структури р-п-р, підсилювальний з нормованим коефіцієнтом шуму на частоті 1 кГц (рис. 1.23).

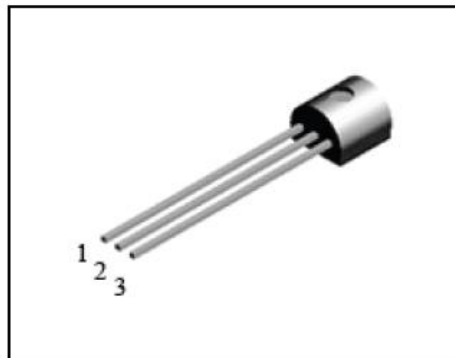


Рисунок 1.23 – Позначення виводів транзистора

Таблиця 1.2 – Призначення виводів транзистора

Вивід	Призначення
№1	Емітер
№2	База
№3	Колектор

Таблиця 1.3 – Основні електричні параметри КТ209

Параметри	Позначення	Од. вимір.	Режими виміру	Min	Max
Зворотний струм колектор-емітер	$I_{кер}$	мкА	$U_{ке} = U_{ке\ max}$ $R_{бе} = 10\text{кОм}$		-1,0
Зворотний струм емітера	$I_{ебо}$	МкА	$U_{еб} = U_{еб\ max}$	-20	-1,0
Статичний коефіцієнт передачі струму	h_{21E}		$U_{ке} = -1\text{ В}$ $I_{к} = -30\text{ мА}$		-240
Напруга насичення колектор-емітер	$U_{ке(на\ с)}$	В	$I_{к} = -300\text{ мА}$ $I_{б} = -30\text{ мА}$		-0,4
Напруга насичення база-емітер	$U_{бе(на\ с)}$	В	$I_{к} = -300\text{ мА}$ $I_{б} = -30\text{ мА}$		-1,5
Модуль коефіцієнта передачі струму	$ h_{21E} $		$U_{кб} = -5\text{ В}$ $I_{э} = -10\text{ мА},$ $f = 20\text{ МГц}$	2	

Таблиця 1.4 – Значення допустимих режимів експлуатації КТ209

Параметри	Позначення	Од. виміру	Значення
Напруга колектор база	$U_{кб\ max}$	В	-15-60
Напруга колектор-емітер	$U_{ке\ max}$	В	-15-60
Напруга емітер-база	$U_{еб\ max}$	В	-5-20
Постійний струм колектора	$I_{к\ max}$	мА	-300
Постійний струм бази	$I_{б\ max}$	мА	-100
Імпульсний струм колектора	$I_{к\ и\ max}$	мА	-500
Розсіювана потужність колектора	$P_{к\ max}$	мВт	200
Температура переходу	T_j	°С	125

4.3 Розробка програмного забезпечення

Після програмування мікроконтролера, потрібно виміряти вольтметром вхідну і вихідну напругу і порівняти його показники з показниками на індикаторах стабілізатора. У більшості випадків напруга на індикаторах стабілізатора відрізняється від виміряних вольтметром не більше ніж на 10 В. Далі в EEPROM пам'ять мікроконтролера ATmega48 за адресами 0x00-0x03 потрібно записати виміряні значення напруги, зменшені на 100, у такій послідовності:

- вхідна напруга за показниками вольтметра;
- вхідна напруга за показниками стабілізатора;
- вихідна напруга по вольтметру;
- вихідна напруга за показниками стабілізатора.

Наприклад, якщо при вимірюванні зовнішнім вольтметром вхідна напруга становить 257 В, вихідна 222 В, а напруга, виміряні стабілізатором - 263 В і 223 В відповідно, то в пам'ять потрібно записати: 157, 163, 122, 123, або в шістнадцятковій системі: 0x9d , 0xA3, 0x7a, 0x7b. Після цього знову подати живлення на стабілізатор і переконатися у правильності вимірювання напруги.

ВИСНОВОК

					ЦЗДВН 6.05080202. 682 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		44

В ході виконання випускної кваліфікаційної роботи була спроектована система стабілізації напруги змінного струму на базі мікроконтролера. Пристрій здатний забезпечувати стабільне електропостачання навіть при зниженні напруги мережі до 120 В. Побудова схеми управління на базі мікроконтролера дозволяє зменшити кількість електронних компонентів і збільшити точність вимірюваних параметрів.

Були досліджені перехідні процеси, які виникають в трансформаторах при змінах режимів їх роботи. Це дало змогу підвищити рівень захисту пристрою, точніше підрахувати габарити системи і визначити умови експлуатації в цілому.

Був спроектований алгоритм роботи, розроблено структурну схему, що дозволило створити найбільш надійний і в той же час дешевий пристрій, що не уступає своїми характеристиками зарубіжним аналогам.

Всі елементи у системі мають аналоги, пристрій легко перепрограмується, що дає можливість використовувати його у різних цілях.

Застосування у складі систем електропостачання запропонованих технічних рішень стабілізаторів напруги змінного струму, виконаних з використанням оптосимісторів, автотрансформаторів і трансформаторів, дозволить підвищити показники надійності і поліпшити їх експлуатаційно-технічні характеристики.

Значно поліпшити технічні характеристики стабілізаторів напруги, що працюють у складі автономних систем електропостачання, можна тільки за рахунок застосування сучасного математичного апарату. Це дозволяє моделювати фізичні процеси, що протікають у силових схемах стабілізаторів в номінальних і аварійних режимах роботи.

					ЦЗДВН 6.05080202. 682 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		45

ЛІТЕРАТУРА

1. Довідник електрика / під ред. Е.А. Кіреєва і С.А. Цирука. - М.: Колос, 2017. - 464 с.
2. Ополева Г.Н. Схеми і підстанції електропостачання. Довідник: навч. допомога. - М.: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2016. - 480 с. (вища освіта).
3. Рожкова Л.Д., Карнеева Л.К., Чиркова Т.В. Электрообладнання електричних станцій і підстанцій: підручник для студентів профнавчання. 5-е вид. стер. - М.: Видавничий центр «Академія», 2018. - 448 с.
4. Степаненко І. П. Основи теорії транзисторів і транзисторних схем. - 4-е вид., Перераб. і доп. - М.: Енергія, 2013. - 608 с.
5. Побутова радіоелектронна техніка: Енциклопедичний довідник / За ред. А.П. Ткаченко. - Мн.: Бел. Енциклопедія, 2015. - 832 с.
6. Забродін Ю.С. Промислова електроніка.
7. Напівпровідникові прилади: транзистори, довідник під ред. Горюнова М.М. М.: Вища школа, 2011.
8. <http://www.meanders.ru/stabilizator.shtml>
9. <http://www.joyta.ru/4575-mikrosxema-uln2003-opisanie-i-sxemy-primeneniya/>
10. <http://www.voltmart.ru/stati/state-bajpas-v-stabilizatore-naprjazhenija.html>
11. <http://electricalschool.info/main/sovety/997-prostejjshijj-raschet-silovykh.html>
12. Гаджиев Г. Электронно-релейный регулятор напряжения.- Радио, 2014, № 10, с. 23.
13. Годин А. Стабилизатор переменного напряжения.-Радио,2015,№8, с. 33-36.
14. Озолин М. Усовершенствованный блок управления стабилизатора переменного напряжения. — Радио, 2016, № 7, с. 34, 35.
15. Гаджиев Г. Оптосимисторный коммутатор мощной нагрузки. — Радио, 2012, № 10, с. 33.
16. Гаджиев Г. Стабилизатор напряжения переменного тока. — Радио, 2013, № 2, с. 20,21.
17. CMOS 8-Bit Priority Encoder. — URL:
18. <http://www.ti.com/product/CD4532B/technicaldocum>

					ЦЗДВН 6.05080202. 682 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		46

Поз. зн.	Найменування				Кл.	Примітка
					Кл.	Прим.
<i>Конденсатори</i>						
C1	K10-176-H90-47 нФ				1	
C2	K50-68-630B-0,22 мкФ				1	
C3	K50-176-H90-47 нФ				1	
C4	K50-68-630B-0,22 мкФ				1	
C5	K50-68-6,3B-10 мкФ				1	
C6	K50-68-630B-0,22 мкФ				1	
C7	K10-176-H90-47 нФ				1	
C8	K10-176-H90-33 нФ				1	
C9,C10	K50-68-630B-0,22 мкФ				2	
C11	K50-68-6,3B-10 мкФ				1	
C12,C13	K10-176-H90-47 нФ				2	
C14,C15	K10-176-H90-47 нФ				2	
C16	K10-176-H90-16 нФ				1	
C17-C19	K50-68-630B-0,22 мкФ				3	
C20	K10-176-H90-47 нФ				1	
C21	K50-68-35B-1000 мкФ				1	
C22	K50-68-16B-10 мкФ				1	
C23	K50-68-35B-47 мкФ				1	
C24,C25	K50-68-16B-10 мкФ				2	
<i>Мікросхеми</i>						
DA1	L7805				1	
DA1.1	LM2903N				1	
DA1.2	LM2903N				1	
DD1	ATmega48PA-PU				1	
DD2	ATtiny2313-20PI				1	
DD3	ULN2003A				1	
ЦЗДВН 6.05080202.682 ПЕ						
Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		
Розроб.	Бельський				Лит.	Аркуш
Перев..	Новгородцев					1
Реценз.						2
Н. Контр.	Гапич				Сум ДУ, ЕСдн – 51п	
Затвердж.	Опанасюк					
Релейний стабілізатор напруги. Перелік елементів						

Поз. зн.	Найменування	Кл.	Примітка
	<i>Запобіжники</i>		
F1	ПВ-25 1А	1	
	<i>Індикатори</i>		
HG1	BA56-12SRWA		
HG2	BA56-12SRWA	1	
	<i>Дроселі</i>		
L1	100 мкГн	1	
	<i>Резистори</i>		
R1	C2-23-0,125-22 кОМ±5%	1	
R2	C2-23-0,125-680 кОМ±5%		
R3	C2-23-0,125-330 кОМ±5%		
R4	C2-23-1-47 Ом±5%	1	
R5	C2-23-1-300 кОМ±5%	1	
R6	C2-23-1-820 Ом±5%	1	
R7	C2-23-0,125-47 Ом±5%	1	
R8	C2-23-0,125-5,6 кОМ±5%	1	
R9, R10	C2-23-0,125-20 кОМ±5%	1	
R11	C2-23-0,125-5,6 кОМ±5%	1	
R12	C2-23-1-820 Ом±5%	1	
R13, R14	C2-23-0,125-300 кОМ±5%	2	
R15	C2-23-1-47 Ом±5%	1	
R16, R17	C2-23-0,125-10 кОМ±5%	1	
R18-R23	C2-23-0,125-3,3 кОМ±5%	2	
R24-R30	C2-23-1-150 Ом±5%	1	
RT1	КТУ81-220	2	
T1	Трансформатор ОЛ80/130-80	6	
	<i>Діоди</i>		
VD1-VD4	1N4007	1	
	<i>Транзистори</i>		
VT1-VT6	КТ209		
	<i>Фільтр кварцевий</i>		
ZQ1	НС49-У 20 МГц	1	
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис
			Дата
ЦЗДВН 6.05080202.682 ПЕ			Аркуш
			2