

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ
ім. Ю. М. Потебні

Кафедра електроніки, інформаційних систем та програмного
забезпечення

(повна назва кафедри)

Кваліфікаційна робота

другий (магістерський)

(рівень вищої освіти)

на тему Дослідження технологій та алгоритмів для контролю напруги в
електричних мережах та розробка реле напруги

Виконав: студент II курсу, групи 8.1532
спеціальності 176 «Мікро- та
наносистемна техніка

(код і назва спеціальності)

освітньої програми Мікроелектронні інформаційні
системи

(код і назва освітньої програми)

спеціалізації _____

(код і назва спеціалізації)

Новошинський Максим Олексійович

(ініціали та прізвище)

Керівник професор кафедри ЕІСПЗ, доцент,
к.т.н., Ніконова Зоя Андріївна

(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

Рецензент інженер – конструктор ТОВ
«Конструкторське бюро Колосова» Григор'єва І. К.

(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

Запоріжжя

2023

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ
ім. Ю. М. Потебні**

**Кафедра електроніки, інформаційних систем та програмного
забезпечення**

Рівень вищої освіти другий (магістерський)

Спеціальність 176 «Мікро- та наносистемна техніка»
(код і назва)

Освітня програма Мікроелектронні інформаційні системи
(код і назва)

Спеціалізація _____

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри Критська Т.В.
“ 30 ” листопада 2023 року

**З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТОВІ (СТУДЕНТЦІ)**

Новошинському Максиму Олексійовичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1 Тема роботи (проєкту) Дослідження технологій та алгоритмів для контролю
напруги в електричних мережах та розробка реле напруги

керівник роботи Ніконова З.А., к.т.н., доцент
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом ЗНУ від “ 01 ” травня 2023 року № 639-с

2 Строк подання студентом роботи 30.11.2023

3 Вихідні дані до роботи пристрій для контролю напруги в мережі на основі
електромагнітного реле: габаритні розміри друкованої плати 120x70 мм;
напруга живлення 220 В; межі відключення навантаження від мережі 190...245
В; світлова індикація нормальної роботи (зелений світлодіод) і відхилення
(червоний світлодіод); функція затримки відновлення напруги.

4 Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно
розробити) 1 Аналіз пристроїв для контролю напруги в мережі 2 Дослідження
та розробка пристрою для контролю напруги в мережі 3 Техніко-економічне
обґрунтування 4 Охорона праці та техногенна безпека

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

A-4.Криві СВЕМА (Computerand Business Equipment Manufacturers
Association). Схеми підключення реле контролю напруги. Результати
дослідження реле контролю напруги АсКо – УКРЕМ РН-32. Результати

дослідження реле контролю напруги Volt Control PH-113. Вибір та дослідження компаратора. Вибір елементної бази. Схема електрична принципова. Топологія друкованої плати та схема розміщення елементів

6 Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
I	Ніконова З.А., професор каф. ЕІСПЗ	01.11.22	20.03.23
II	Ніконова З.А., професор каф. ЕІСПЗ	27.03.23	20.10.23
III	Ніконова З.А., професор каф. ЕІСПЗ	23.10.23	10.11.23
IV	Ніконова З.А., професор каф. ЕІСПЗ	13.11.23	20.11.23

7 Дата видачі завдання 01.11.2022

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи магістра	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Підбір літератури за темою дипломної роботи. Складання плану роботи.	01.11.22 -26.01.23	
2.	Написання першого розділу кваліфікаційної роботи.	01.02-20.03.23	
3.	Розробка схеми електричної принципової реле контролю напруги	27.03-01.08.23	
4.	Розробка топології друкованої плати.	02.08-14.08.23	
5.	Написання та оформлення другого розділу.	17.08-20.10.23	
6.	Написання та оформлення третього та четвертого розділів.	23.10-20.11.23	
7.	Оформлення пояснювальної записки.	21.11-27.11. 23	
8.	Оформлення графічної частини дипломної роботи.	28.11-30.11.23	

Студент _____ Новошинський М.О.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник роботи (проекту) _____ Ніконова З.А.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Нормоконтроль пройдено

Нормоконтролер _____ Верьовкін Л.Л.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Реферат

Кваліфікаційна робота містить 73 сторінки, 28 рисунків, 19 таблиць, 18 джерел літератури.

Об'єкт дослідження – реле контролю напруги.

Ціль роботи – розробка пристрою для контролю напруги в мережі.

Задачі роботи – дослідження технологій та алгоритмів для контролю напруги в електричних мережах, розробка схеми електричної принципової, топології друкованої плати реле контролю напруги.

Методика досліджень – побудова схеми електричної принципової в програмному забезпеченні Splan 7.0, моделювання в програмному середовищі EveryCircuit, розробка топології друкованої плати в програмі SPrint Layout 6.0.

Короткий виклад результатів досліджень – побудована схема електронного приладу для контролю напруги в мережі; прилад має високу точність і захист від помилкових спрацювань.

Результаті впровадженнь – модель приладу пройшла випробування на кафедрі ЕІСПЗ.

Прогнозні пропозиції – рекомендується для використання в побутових умовах.

**ЕЛЕКТРИЧНА МЕРЕЖА, РЕЛЕ НАПРУГИ, ЕЛЕКТРИЧНА СХЕМА,
ЛІЧИЛЬНИК, КОМПАРАТОР, ДРУКОВАНА ПЛАТА, НАДІЙНІСТЬ**

Кваліфікаційну роботу виконано на кафедрі електроніки, інформаційних систем та програмного забезпечення в період з 01.11.2022 по 30.11.2023

Зміст

ВСТУП.....	10
1 АНАЛІЗ ПРИСТРОЇВ ДЛЯ КОНТРОЛЮ НАПРУГИ В МЕРЕЖІ	11
1.1 Перепади напруги і види захисту	11
1.2 Конструкція реле напруги	13
1.3 Класифікація реле контролю напруги.....	15
1.4 Схеми підключення реле напруги	19
1.5 Вимоги до вибору реле контролю напруги.....	22
2 ДОСЛІДЖЕННЯ ТА РОЗРОБКА ПРИСТРОЮ ДЛЯ КОНТРОЛЮ НАПРУГИ В МЕРЕЖІ	25
2.1 Етапи розвитку пристроїв для контролю напруги в мережі	25
2.2 Основні параметри реле контролю напруги	30
2.3 Дослідження реле контролю напруги.....	32
2.4 Вибір елементної бази для розробки реле контролю напруги в мережі	37
2.4.1 Основні параметри мікросхеми LM393	37
2.4.2 Основні параметри мікросхеми K561PE16	40
2.4.3 Вибір світлодіодів	43
2.5 Розробка пристрою для контролю напруги в мережі	45
2.6 Розрахунок параметрів надійності схеми.....	36
2.7 Розробка друкованої плати пристрою	37
3 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ	43
3.1 Огляд реле контролю напруги.....	43
3.2 Метод аналізу ієрархій.....	45

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА.....	51
4.1 Характеристика потенційних небезпечних та шкідливих виробничих факторів	51
4.2 Заходи з поліпшення умов праці та виробнича санітарія.....	53
4.3 Заходи електробезпеки.....	56
4.4 Пожежна та техногенна безпека	58
4.5 Розрахунок штучного освітлення методом коефіцієнта використання світлового потоку	60
ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ	63
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	64
Додаток А.....	66

ВСТУП

На сьогодні в експлуатації перебуває безліч найрізноманітніших побутових приладів, які з кожним роком оснащуються дедалі більш складною електронікою. Стабільна робота усього електроустаткування повністю залежить від якості електроенергії. Більшість проблем електронного устаткування в побуті та на виробництві пов'язані з різкими провалами і піковими сплесками мережевої напруги. Під час війни частими є аварійні відключення світла, що також значно впливає на працездатність електроприладів.

Звідси напрашується висновок – для забезпечення збереження електронного устаткування під час збурень мережевої напруги потрібний пристрій захисту. Пристрій захисту повинен мати аналогічну характеристику (з невеликим запасом для усунення помилкових спрацьовувань). Це означає, що якщо мережева напруга виходить за допустимі межі, пристрій захисту повинен вимикати електронне устаткування від мережі.

Таким приладом є реле напруги – пристрій захисту, здатний за частки секунди знеструмити споживачі, якщо живляча напруга виходить за межі допустимих меж. У побуті такі прилади з'явилися у спрощеному і закінченому вигляді: це готовий до роботи пристрій, покликаний захистити побутові прилади від небезпечного рівня мережевої напруги. Реле напруги є поєднанням електронного пристрою контролю напруги і силової частини роз'єднувача навантаження, зібраний в одному корпусі.

Реле напруги – це один з тих пристроїв, які бажані в кожному будинку і взагалі скрізь, де є електроприлади або пристрої, що працюють від мережі. Найбільш вони ефективні у разі аварійних ситуацій, що виникають внаслідок обриву дротів, перевантаження, перекосу фаз тощо.[1]

Саме тому розробка такого пристрою є актуальною задачею на сьогоднішній день.

1 АНАЛІЗ ПРИСТРОЇВ ДЛЯ КОНТРОЛЮ НАПРУГИ В МЕРЕЖІ

1.1 Перепади напруги і види захисту

Використовуючи різні системи дистанційного керування, дуже важливо бути впевненим, що в мережі є напруга, і вона відповідає номінальним показникам. Можуть бути використані різні дорогі компоненти, що збирають кілька десятків показників, а відсутність звичайної напруги зробить таку систему недієздатною. Використовуючи різні прилади контролю напруги в мережі, таку ситуацію можна попередити заздалегідь.

Існує кілька можливостей здійснення контролю, і вони можуть значно відрізнятися у вартості і доступному кількості функцій:

- реле або контролер напруги;
- датчики контролю з додатковою функцією.[2]

Перепади напруги - далеко не рідкість в вітчизняних будинках. Відбуваються вони внаслідок старості електромереж, замикань і нерівномірності розподілу навантаження по окремих фазах. В результаті побутова техніка або недоотримує електроенергію, або перегорає від її надлишку. Щоб уникнути таких проблем, рекомендується встановлювати реле контролю напруги (РКН).[3]

Звичайне реле, яке виконує контроль напруги в мережі і встановлене на ввіді, забезпечить всі побутові прилади і системи від перепаду напруги як в сторону його підвищення, що відразу веде до поломки, так і в бік зниження, що приводить до пошкодження обмоток електродвигунів побутових пристроїв.[2]

Більш коректна назва розглянутого пристрою - «реле контролю напруги» або «реле напруги». Дане обладнання часто називають ще й «захистом від обриву нуля». Розрізняють автомати УЗО і РКН. Перші захищають лінію від перенавантаження і короткого замикання, а другі від стрибків напруги. Це різні за функціональним призначенням прилади. Головне завдання РКН - це відключення електроприладів від мережі при занадто високих і дуже низьких напругах в ній, щоб підключена до електромережі техніка не вийшла з ладу. Для живлення побутової техніки в будинку необхідна напруга 230 В. Цей стандарт набрав чинності 1 жовтня 2014 року під назвою "ДСТУ EN 50160:2014" – «Характеристики напруги електропостачання в електричних мережах загальної призначеності». У цьому стандарті напруги 400/230 В \pm 10% офіційно гармонізовані зі стандартами ЄС. Однак, за фактом, максимум напруги в домашній електромережі тільки коливається навколо цієї позначки з розкидом +/- 10%. В окремих випадках перепади досягають і великих величин. Вольтметр цілком може показувати падіння до 70 і сплески до 380 Вольт. Для електротехніки небезпечною є як низька, так і висока напруга. Якщо компресор холодильника "недоотримає" електроенергії, то він просто не запуститься. В результаті техніка неминуче перегріється і зламається. При низькому вольтажі споживач в більшості випадків навіть не в змозі зовні визначити, справно чи ні працює обладнання в такій ситуації. Візуально можна лише побачити, що тьмяно світяться лампочки розжарювання, напруга до яких подається менше, ніж належить. З високими сплесками все набагато простіше. Якщо на вхід живлення телевізора, комп'ютера або мікрохвильової печі подати 300-350 Вольт, то в кращому випадку в них перегорить запобіжник. А найчастіше вони "згорять" самі. Багатоквартирні будинки зазвичай отримують живлення від трифазної мережі 400 В, а до квартири вже йде однофазна проводка на 230 В від електрощита на поверсі. Основні проблеми з перепадами напруги в багатоповерхівках виникають через обрив робочого нуля. Цей провід ушкоджують по необережності електрики під час ремонту або він сам просто

перегорає від старості. Якщо в будинку на під'їзній лінії встановлений повний комплект необхідного захисту сучасного рівня, то в результаті такого обриву відбувається спрацьовування автоматики УЗО. В старому житловому фонді, де не стоять захисні автомати, обрив нуля призводить до перекосу фаз. Тоді в одних квартирах напруга стає низькою (50-100 В), а в інших різко високою (300-350 В). Значення напруги в квартирах залежить від підключеного в даний конкретний момент до електромережі навантаження. Заздалегідь точно розрахувати і передбачити це неможливо. В результаті в одних вся техніка перестає працювати, а у інших згорає від перенапруги. Тут-то і потрібно реле контролю напруги. При виникненні проблем воно відключить мережу, попередивши поломку телевізорів, холодильників і т.п. У приватному секторі проблема з перепадами напруги дещо інша. Якщо котедж розташований на великій відстані від вуличного трансформатора, то при збільшенні споживання електроенергії в будинках до нього в цій крайній точці вольтаж може впасти до критично низьких позначок. В результаті через тривалу нестачу «вольт» електродвигуни в побутових електроприладах неминуче почнуть горіти і виходити з ладу.[3]

1.2 Конструкція реле напруги

За конструкцією реле напруги це комбінація 2-х пристроїв - електронного для контролю напруги і силового для швидкого роз'єднання ланцюга. Пристрій зібрано в загальному корпусі. Електронна частина виготовляється на основі мікропроцесора. Такий контролер в реле напруги забезпечить йому плавне регулювання меж порога спрацьовування.[4]

Для зменшення кількості відмов електронного устаткування через нестабільну напругу методом проб і помилок було створено криві СВЕМА

(Computer and Business Equipment Manufacturers Association) (рис. 1.1), що описують здатність устаткування витримувати відхилення напруги живлення від номінальної. Криві показують залежність величини відхилення живлячої напруги від інтервалу часу цієї дії і визначають область, в межах якої електронне устаткування повинне функціонувати безперервно і без збоїв.

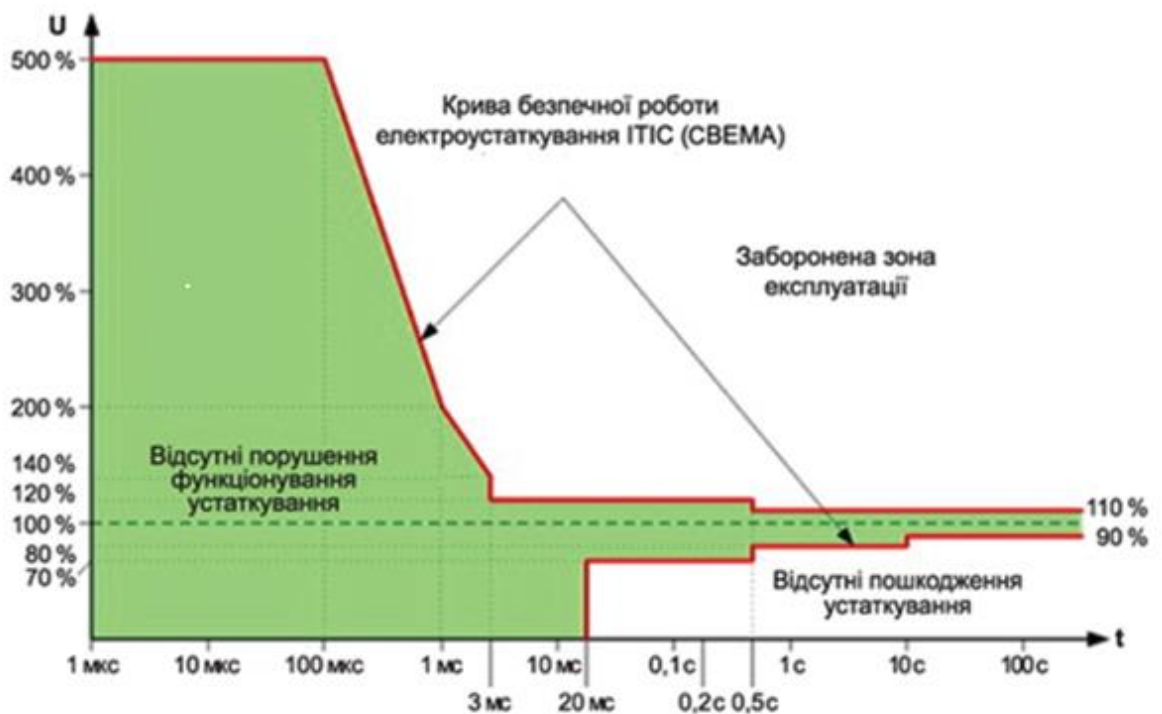


Рисунок 1.1 – Криві СВЕМА

Червоні лінії показують максимальну і мінімальну напругу, що не призводить до збоїв у роботі устаткування відносно часу. В ідеалі такі криві повинні описувати фактичні показники мережі, а виробники електронної техніки підлаштовуватися під такі фактичні дані. Проблема полягає в тому, що якщо устаткування більшості виробників дійсно укладається в ці вимоги, то цього не можна сказати про фактичні показники якості електроенергії в електромережах.[1]

Важлива характеристика реле напруги - швидкодія, яке становить не більше 1,2 с. Це швидкість спрацьовування реле, що дозволяє зберегти

електроприлади при різкій зміні напруги. Налаштування верхнього/нижнього порогів спрацьовування роблять за допомогою клавіш (сенсорних або звичайних) і цифрового екрану.

Час відключення (швидкодія) реле дорівнює не більше 0,01 ... 0,03 с при перевищенні і 1,2 с - при зниженні напруги від нормативного значення.[4]

Всі моделі реле, що виконують функції регулятора напруги, підрозділяються на однофазні та трифазні. У котеджах і квартирах встановлюють першу категорію цих пристроїв, більшого в будинкових щитках не потрібно. В електричних щитах приватних і багатоквартирних будинків зазвичай застосовуються однофазні реле в компактному виконанні на DIN-рейку. РКН другого різновиду призначені для промислового застосування. Їх часто використовують в схемах захисту трифазних верстатів. Причому якщо на вході подібної складної техніки потрібно такий трифазник, то його часто вибирають в комбінованому виконанні з контролем не тільки по напрузі, але і по синхронізації фаз. Головний недолік і одночасно плюс трифазного реле - повне відключення живлення на виході при стрибку вольтажу навіть в одній з фазних ліній на вході. У промисловості це йде тільки на користь. Але в побуті часто коливання напруги в одній фазі не є критичними, а РКН бере і відключає мережу, що захищається. В окремих випадках така наднадійна перестраховка потрібна. Однак в переважній більшості ситуацій вона зайва.[3]

1.3 Класифікація реле контролю напруги

За типом виконання і габаритам весь модельний ряд реле напруги поділяється на три види:

- перехідники «вилка-розетка»;
- подовжувачі з 1-6 розетками;

-компактні "підетники" на DIN-рейку.[3]

Накладне реле напруги включають безпосередньо в розетку. Воно захищає тільки один електроприлад. Керують пристроєм за допомогою звичайних або сенсорних кнопок. Вони ж служать для установки часу затримки включення. У такому виконанні реле напруги є опція блокування кнопок, щоб виключити несанкціоновану зміну налаштувань пристрою. Це актуально, якщо вдома є маленькі діти або ж реле встановлено в загальнодоступному місці. Цифровий екран показує поточне значення напруги, оповіщення системи і спрощує навігацію по меню реле. Індикатор зеленого кольору свідчить, що напруга мережі знаходиться в заданих межах і навантаження підключена. Небезпечні зміни напруги зберігаються в незалежній пам'яті реле.[4]

Приклад реле контролю напруги «вилка-розетка» зображено на рисунку 1.2.



Рисунок 1.2 – Реле контролю напруги ZUBR R1

Функції для реле напруги з подовжувачем практично повністю відповідають всьому, що стосується накладних моделей. Відмінності стосуються числа побутових приладів, що захищаються одночасно (2, 3 або 6) і параметрів термозахисту реле з подовжувачем. Так, навантаження для такого пристрою відключається при температурі всередині корпусу $100\text{ }^{\circ}\text{C}$, а підключається при $70\text{ }^{\circ}\text{C}$. Це виконання налічує 3 типорозміру - ZUBR R2, R3 і R6. Один від одного вони відрізняються кількістю розеток в подовжувачі і довжиною проводу.

Найчисленніша серія - реле напруги на DIN-рейку. Моделі ZUBR D16-63 і ZUBR Dt25-63 - однофазні, 3F - трифазна. У них корпус з негорючого полікарбонату. Серії D, Dt розраховані на різні номінальні струми і потужність навантаження. Це 5-ть типорозмірів на струм в діапазоні 16 ... 63 А. Управляються такі реле трьома клавішами. Цей процес спрощує цифровий екран. Зелений індикатор свідчить про подачу напруги. Критичні напруги зберігаються в пам'яті реле. Схема реле включає надійні конденсатори бренду EPCOS (ФРН). Їх застосування на порядок збільшує термін служби реле напруги ZUBR. Відмінності лінії реле Dt - в більш точній вимірі напруги за рахунок використання алгоритму True RMS (вимірювання відбудовані від впливу мережеских перешкод) і наявності захисту від перегріву.[4]

Приклади реле контролю напруги на DIN-рейку зображено на рисунках 1.3, 1.4.



Рисунок 1.3 – Однофазне реле контролю напруги ZUBR D32



Рисунок 1.4 – Трифазне реле контролю напруги ZUBR V3

1.4 Схеми підключення реле напруги

Існує декілька схем підключень реле напруги, в залежності від споживачів.[5] Приклади підключення РКН в мережу зображено на рисунках 1.5-1.7.

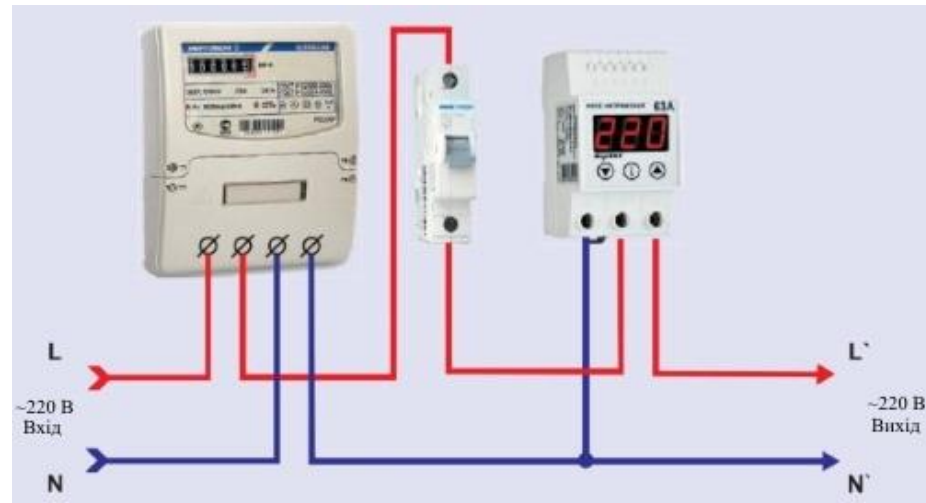


Рисунок 1.5 – Схема підключення однофазного реле контролю напруги

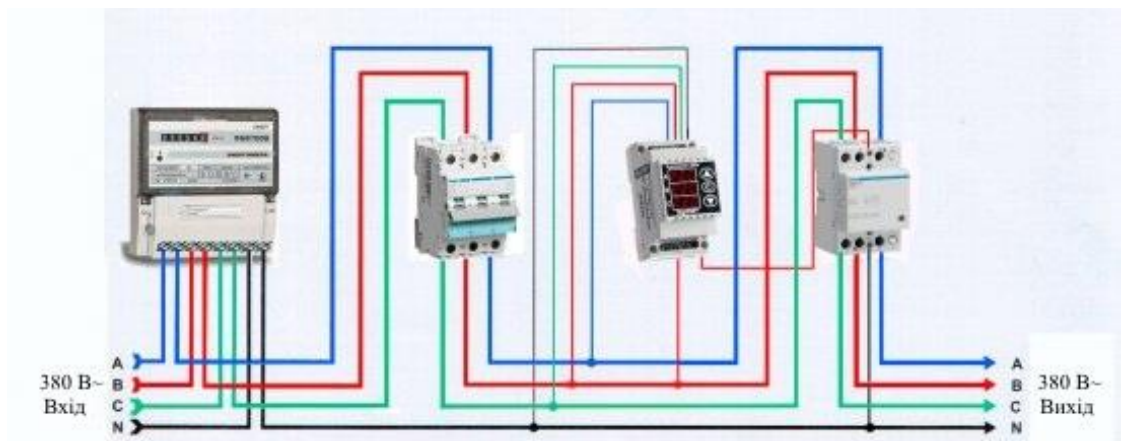


Рисунок 1.6 – Схема підключення трьохфазного реле контролю напруги

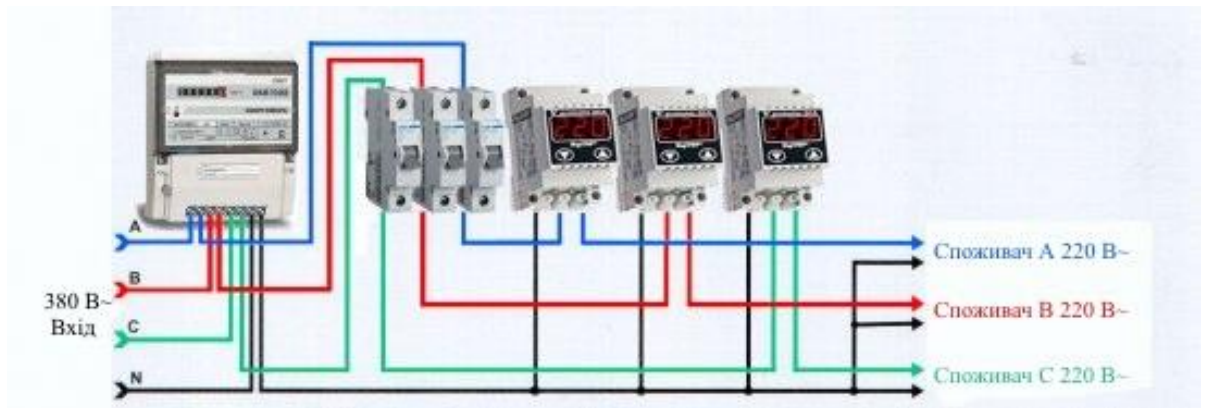


Рисунок 1.7 – Схема підключення реле контролю напруги для трьохфазної мережі з однофазними споживачами

Той же алгоритм управління і імпульсний блок живлення, що і ZUBR Dt, має трифазне реле напруги ZUBR 3F. Крім іншого, цей пристрій контролює порядок проходження фаз і відключить навантаження при їх перекосі. Щоб керувати трифазним навантаженням, треба використовувати контактор. Особливо при потужності понад 8 500 ВА. За допомогою меню цього реле споживач може окремо вимкнути функції контролю порядку фаз і асиметрії, а також їх повної відсутності (але тільки спільно з перекосом). Незалежна пам'ять реле зберігає аварії відповідно до їх пріоритету. Якщо одночасно впала напруга і стався фазний перекіс, то в пам'яті буде збережено останній збій, тобто перекіс.

Реле напруги серій ZUBR Dt, R2-P6, R1 і SR1 мають захист від перегріву. Якщо температура всередині корпусу приладу стане більше 80 °С, живлення з навантаження буде знято. Відновлення живлення станеться після зниження його температури до 60 °С. Ці параметри теплового захисту відповідають реле серій Dt, R1 і SR1. В останнього є сенсорні клавіші, світлодіодний екран і імпульсний блок живлення. Це сильно зменшує його власне енергоспоживання. Для реле напруги R2, P3 і P6 параметри термозахисту складають 100/70 °С.[4]

Перехідники і подовжувачі розглянутих регуляторів мають досить великі розміри. Виробники намагаються зробити їх якомога менше, щоб вони

не псували своїми видом інтер'єр. Але у внутрішніх компонентів реле напруги свої жорсткі габарити, до того ж їх ще треба скомпонувати в одному корпусі з розеткою і виделкою. Реле на DIN-рейку для монтажу в розподільному щитку мають більш компактні розміри. Підключення їх в мережу здійснюється за допомогою проводів і клем. По базі і додатковим функціям внутрішня логіка і робота реле для контролю напруги будується на основі мікропроцесора або більш простого компаратора. Перший варіант дорожче, але передбачає більш точне і плавне регулювання порогів спрацьовування РКН.

Більшість захисних приладів побудовано на мікропроцесорній базі. Верхній (U_{max}) і нижній (U_{min}) пороги є двома основними регульованими параметрами РКН - якщо вхідна напруга виходить за встановлений діапазон, то реле відключає вихідну лінію від електроструму. Як мінімум, на корпусі реле присутня пара світлодіодів, за якими можна визначити наявність напруги на вході і виході. Більш продвинуті прилади оснащуються дисплеями, що показують виставлені допустимі межі і наявний в лінії вольтаж.

Регулювання порогових значень проводиться потенціометром з градуйованою шкалою або кнопками з відображенням параметрів на табло. Саме відповідаюче за комутацію реле всередині РКН виконано по бістабільній схемі. У цієї котушки два стійких стани. Енергія витрачається тільки на перемикання засувки. Для утримання контактів в зімкнутому або розімкнутому положенні електрика не потрібна. З одного боку це мінімізує енергоспоживання, а з іншого - гарантує, що котушка не стане грітисся при роботі регулятора.[3]

1.5 Вимоги до вибору реле контролю напруги

При виборі реле напруги необхідно керуватися наступними параметрами:

- робочий діапазон в Вольтах;
- можливості установки верхнього і нижнього порогів спрацьовування;
- наявність/відсутність індикаторів рівня напруги;
- час відключення при спрацьовуванні РКН;
- час затримки відновлення подачі електрики;
- максимальну потужність, що комутується, в кВт або струм, що проходить, в амперах.

За останнім параметром реле слід обирати з запасом в 20-25%. Якщо підходящих під існуючі в лінії високі навантаження РКН немає, то обирається малопотужна модель, а на її виході приєднується магнітний пускач. Установка верхнього і нижнього порогів спрацьовування повинна регулюватися таким чином, щоб забезпечити належний рівень захисту, але не допускати занадто частого перемикання РКН. Постійні включення і виключення не підуть на користь як підключеній до мережі техніці, так і самому регулятору напруги. При цьому деякі реле взагалі не мають можливості самостійно коригувати пороги. Вони у них встановлені "жорстко". Наприклад, уставка по нижній межі заводом виконана на 170 В, а по верхній - на 265 В. Такі РКН дешевше, але потім переналаштувати ці прилади неможливо, при помилках в розрахунках доведеться купувати нові на заміну тому, що не підійшов. Вибір часових параметрів відключення і відновлення живлення лінії на виході залежить від підключеного навантаження і особливостей конкретної мережі. Якщо в електромережі постійно виникають короткочасні (на частки секунди) несильні падіння напруги, то час відключення по нижньому порогу краще встановити по максимуму. Так спрацьовувань вийде менше, а загроза обладнанню буде мінімальною. Затримку на включення слід підбирати в залежності від типу включених в розетку електроприладів. Якщо підключена

техніка має компресор або електромотор, то час подачі напруги варто збільшити до 1-2 хвилин. Це дозволить уникнути різких стрибків вольтажу і струму при відновленні живлення в мережі, що вбереже холодильники і кондиціонери від поломок. А для комп'ютерів і телевізорів цей параметр можна знизити і до 10-20 секунд.

Нерідко замість підключення в щитку реле контролю рекомендовано встановлювати в будинку стабілізатор напруги. В окремих випадках це буває виправдано. Однак є ряд нюансів, про які треба пам'ятати при виборі того чи іншого варіанта захисту електроприладів. У плані функціоналу стабілізатор не тільки вирівнює напругу, але і відключається при занадто високих показниках останнього. А реле напруги - це виключно захисна автоматика. В порівнянні з РКН стабілізатор: дорожче і шумить; більш інертний при різких перепадах; не має можливостей для регулювання параметрів; займає набагато більше місця. При зменшенні вхідної напруги, щоб на виході стабілізатора були потрібні показники, він починає "втягувати" в себе більше струму з мережі, що може призвести до перегорання проводки, якщо вона спочатку не розрахована на подібне. Другий основний мінус стабілізатора, в порівнянні з реле контролю - це його нездатність перехопити різкий стрибок напруги при обриві нуля. Досить буквально напівсекунди з 350-380 вольт в розетці, щоб вся техніка в будинку вийшла з ладу. Більшість стабілізаторів не здатні підлаштуватися під такі зміни і пропускають високий вольтаж, відключаючись тільки через 1-2 секунди після початку сплеску.

В щитку реле напруги завжди встановлюється після лічильника в розрив фазного проводу. Він повинен контролювати і за необхідності відсікати саме «фазу». Найчастіше для однофазних споживачів застосовується стандартна схема з прямим навантаженням через реле. Основних схем під'єднання однофазних реле регулятора напруги існує дві:

- з прямим навантаженням через РКН;
- з приєднанням навантаження через контактор (магнітний пускач).

При монтажі електрошита в будинку практично завжди застосовується перший варіант. Різноманітних моделей РКН з необхідною потужністю в продажу предостатньо. При необхідності кілька цих реле можна встановити за паралельною схемою, підключивши до кожного з них окрему групу електроприладів. На корпусі стандартного однофазного реле є три клеми - «нуль» плюс фазні «вхід» і «вихід». Монтаж необхідно виконувати згідно до схем.[3]

Більшість виробників сьогодні використовують функцію - контроль наявності напруги в мережі в кожному новому датчику, що працює від електричної мережі. Це правило - «все включено», значно знизило кількість відмов побутових приладів, оскільки датчики видають звуковий сигнал, або посилають SMS повідомлення власникам, а ті мають можливість швидкого реагування на виникаючі проблеми.[2]

Поставлена задача розробити схему електричну, топологію друкованої плати та проаналізувати функціонування пристрою для контролю напруги в мережі.

2 ДОСЛІДЖЕННЯ ТА РОЗРОБКА ПРИСТРОЮ ДЛЯ КОНТРОЛЮ НАПРУГИ В МЕРЕЖІ

2.1 Етапи розвитку пристроїв для контролю напруги в мережі

Проблема захисту устаткування від перепадів напруги з'явилася з початком використання електричних приладів, що живляться від мережі.

Щоб уникнути небезпечних підвищень напруги в обмотках машини і приєднаних до неї інших пристроїв було розроблено захист від підвищення напруги.

У 1936р Siemens представив реле підвищення напруги типу RV5 (Рис. 2.1). Воно могло працювати аж до збільшення частоти до 200%. Воно підключалося до додаткового реактора, що використовувався як трансформатор для організації захисту від міжвиткових замикань генератора (Рис. 2.2). Цей реактор мав вторинну обмотку для вимірювань, управління і синхронізації, що призводило до зменшення кількості використовуваних вимірювальних ТТ.

У 1950 р компанія BBC випустила реле підвищення напруги типу SG1. Воно було розроблено для застосування на ГЕС і мало шкалу напруг. При невеликому збільшенні напруги ($1,2 U_{ном}$) воно працювало з витримкою часу; при збільшенні до $1,4 U_{ном}$ воно працювало без витримки часу (Рис. 2.3).



Рисунок 2.1 – Реле підвищення напруги типу RV5, (Siemens, 1936)

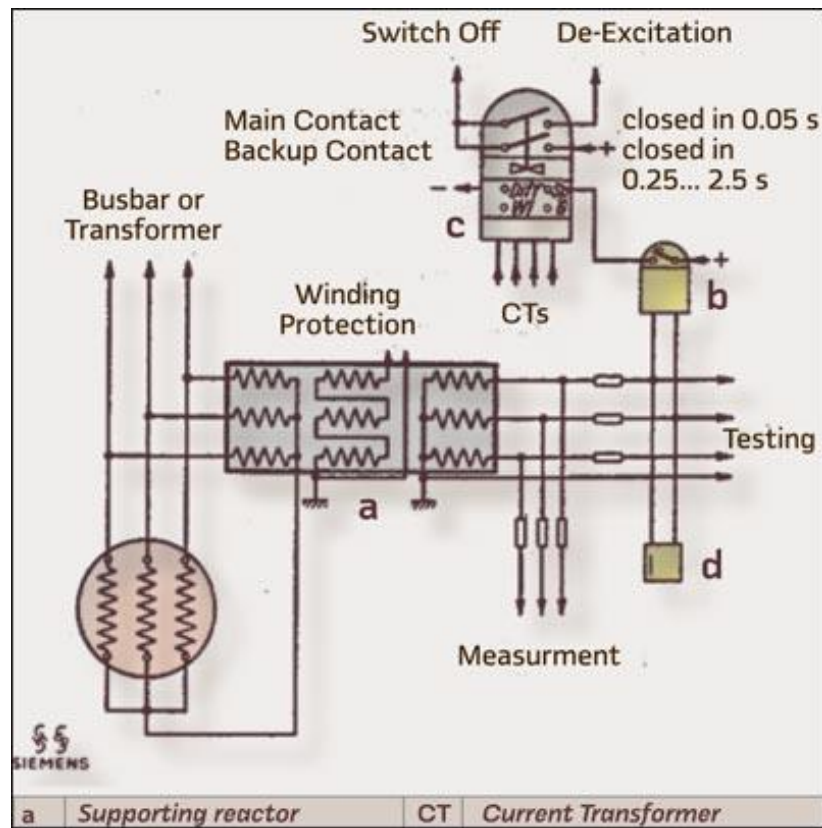


Рисунок 2.2 – Реле захисту від підвищення напруги типу RV5 (Siemens, 1936) – Схема



Рисунок 2.3 – Однофазне реле підвищенн напруги типу SG1 (BBC, 1950 р)

Компанія ZPA в 1976 р. випустила реле напруги типу VT12 (Рис. 2.4). Воно могло застосовуватися в якості реле підвищення напруги, реле пониження напруги і реле пониження напруги з витримкою часу. Діапазон уставок становив $1 \dots 2 U_{ном}$ або $0.45 \dots 0.85 U_{ном}$, $0.4..12$ сек, коефіцієнт повернення $0.87 - 0.95$.

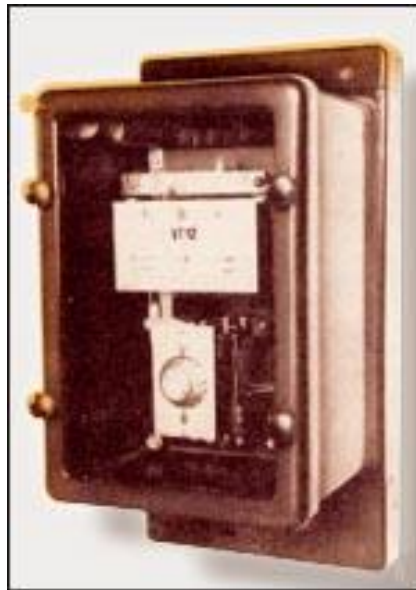


Рисунок 2.4 – Реле напруги VT12 (ЗРА, 1976 р)

У 1984 компанією Siemens було випущено мікроелектронне (статичне) реле типу 7RE21-Z1. Це було двоступеневе реле підвищення напруги (Рис. 2.6, рис. 2.7).

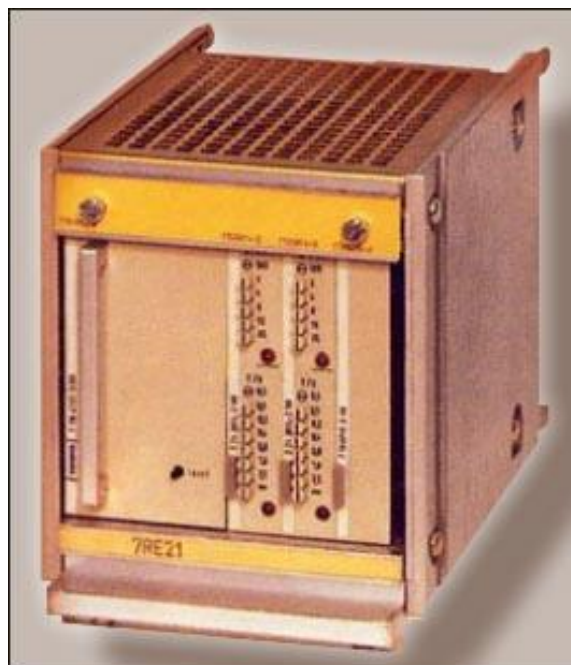


Рисунок 2.6 – Реле підвищення напруги типу 7RE21 (Siemens, 1984 р)

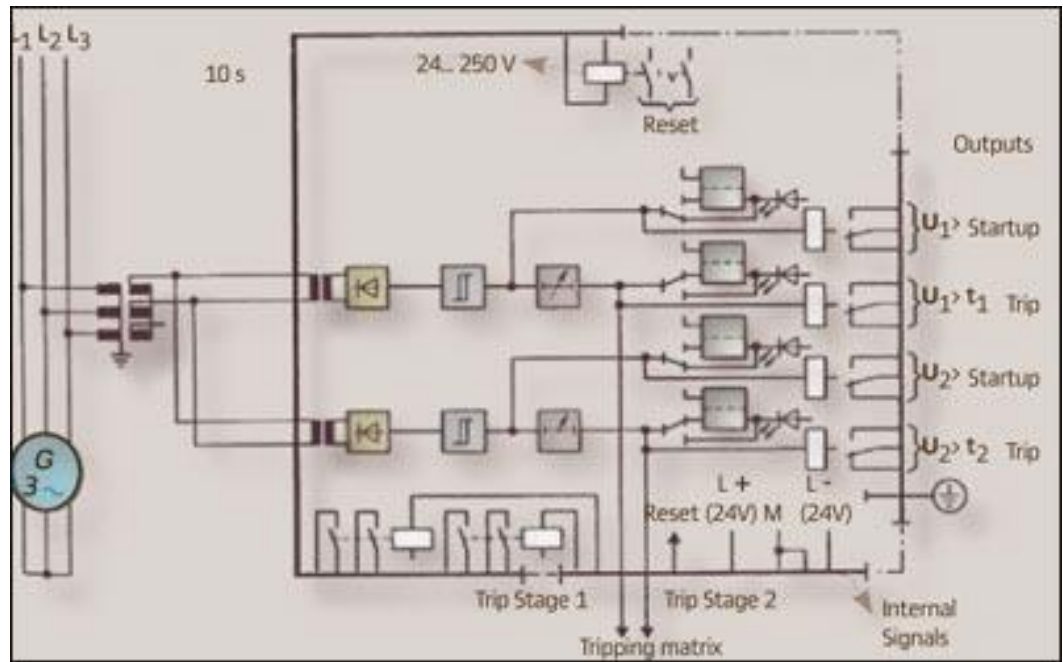


Рисунок 2.7 – Схема реле підвищення напруги типу 7RE21 (Siemens, 1984 р)

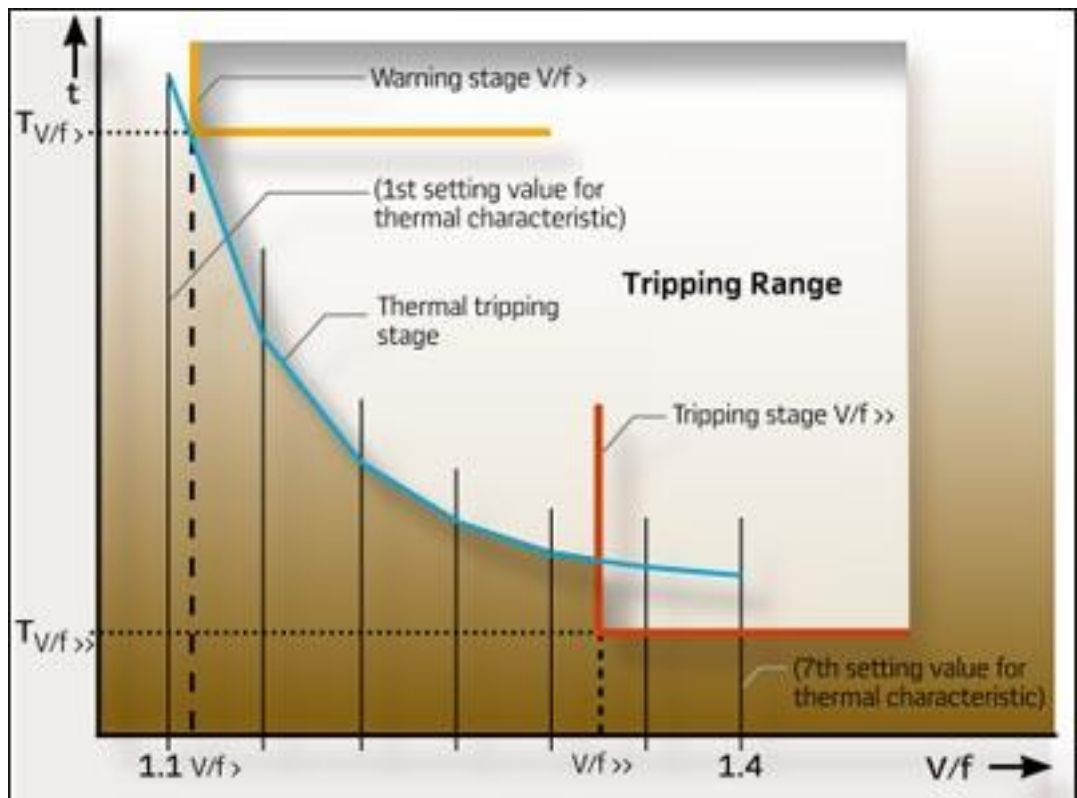


Рисунок 2.8 – Характеристика відключення захисту від перезбудження типу 7RW600 (Siemens, 1997 р.)

У 1997 р. компанія Siemens представила цифрове реле захисту по частоті, напрузі і від перезбудження типу 7RW600 (Рис. 19). На рисунку 2.8 показана характеристика відключення захисту від перезбудження. Діапазон робочих частот був дуже великий (25 ... 70 Гц), так само як і діапазон напруг (10 ... 170 В).[6]

2.2 Основні параметри реле контролю напруги

- Діапазон робочих напруг самого реле напруги. Захисний пристрій при всіх реально можливих напругах в мережі, до якої він підключений, має залишатися в робочому стані. До реально можливих відносяться не тільки 220-230 В плюс-мінус 10 відсотків, як того вимагає стандарт, але і 380 В, а з урахуванням такого ж допустимого відхилення реле напруги має працювати в діапазоні мінімум до 400, а краще до 420 вольт.

Бажано, щоб і при значно занижених напругах в мережі живлення захисний пристрій теж зберігав працездатність, допомагаючи відстежувати те, що відбувається. Тому варто звертати увагу не тільки на верхню, а й на нижню межу діапазону робочих напруг.

- Максимальний робочий струм. Тут треба враховувати не стільки робочі струми підключеного обладнання, але перш за все пускові струми. Так, у поверхневого водяного насоса Grundfos MQ3-35 струм в сталому режимі дорівнює 4 А, а при запуску досягає 11,7 А, нехай і на короткий час; у заглибних насосів (крім вібраційних, типу «Малюк» або «Струмочок») різниця ще істотніше.

При підвищенні напруги живлення буде підвищуватися і струм, споживаний багатьма типами навантажень.

Тому реле напруги краще вибрати із запасом по струму і при цьому пам'ятати: якщо 16-амперне реле підключено, наприклад, у цей подовжувач з граничним струмом 10 А, то максимум для навантаження буде саме 10 ампер, а не 16.

- Час спрацювання. У реле воно не може бути нульовим, але для будь-яких пристроїв, що підключаються - побутових, виробничих або лабораторних, навряд чи можна знайти точні дані. Чим швидше спрацює реле напруги, тим краще. Причому якщо для спрацювання при зниженні напруги час може бути більше, то при підвищенні до небезпечного рівня навантаження бажано відключати максимально швидко.

- Надійність. Виконавчим механізмом в подібних захисних пристроях є електромеханічне реле, контакти якого розмикаються в разі виходу напруги в мережі за встановлені рамки і знеструмлюють навантаження. Одним з важливих параметрів таких реле є розрахункова кількість спрацювань; вона буде залежати як від зовнішніх чинників - струму навантаження і робочої напруги, так і від внутрішніх, перш за все від матеріалу, з якого виготовлені контакти.

При комутаціях між контактами реле відбувається іскріння, через яке поверхня дешевого сплаву буде покриватися нагаром, що збільшує перехідний опір; якщо реле не герметизоване, поверхня контактів під впливом атмосфери буде окислюватися, що дасть той же ефект. Струм, який протікає через опір, що збільшується, буде викликати все більший нагрів, який викличе подальше погіршення електричного контакту, що в подальшому може призвести до оплавлення пластмасових деталей реле і навіть до виникнення пожежі.

Інший момент, пов'язаний з використанням релейних захисних пристроїв: для багатьох пристроїв не рекомендовано часті включення-виключення. Наприклад, холодильники після виключення рекомендується включати тільки через кілька хвилин. Тому бажано, щоб реле напруги мало затримку включення на випадок, якщо збій в мережі живлення був короткочасним.

Ширина регулювання діапазону зміни верхньої і нижньої меж спрацьовування – це менш важливий параметр: для реального пристрою, що підключається через захисний пристрій, не потрібно занадто широкий (наприклад, від 100 до 300 В) або занадто вузький (від 210 до 230 В) діапазон. Максимальна дискретність установок теж зайва: поріг рівно в 253 В не буде потрібно ні для одного пристрою, що підключається, цілком можна встановити 250 або 255 - практичної різниці для захисту не буде.[7]

2.3 Дослідження реле контролю напруги

Проведено дослідження реле напруги АсКо – УКРЕМ РН-32 та Volt Control РН-113.



Рисунок 2.9- Зовнішній вигляд реле контролю напруги АсКо – УКРЕМ РН-32

Реле напруги АсКо – УКРЕМ РН-32 призначене для відстеження величини напруги і відключення навантаження при виході напруги кола за встановлені межі з подальшим підключенням з витримкою часу після досягнення допустимого діапазону напруги.

Під час проведення досліджень:

- 1) Визначено мінімальну напругу спрацювання реле $U_{\min} = 184 \text{ В}$.
- 2) Визначено час автоматичного повторного включення (АПВ), при різних значеннях напруги. Результати представлено у вигляді табл. 2.1.

Таблиця 2.1 – Результати визначення часу АПВ

U, В	190	200	220	240
t, с	100	97	94	93

- 3) Визначено максимальну напругу спрацювання реле $U_{\max} = 256 \text{ В}$.
- 4) Визначено час відключення навантаження (час спрацьовування реле - t) при різних швидкостях зростання напруги (ΔU). Залежність визначених величин наведено у табл. 2.2. та на рис. 7.

Таблиця 2.2 – Залежність часу відключення реле від швидкості зростання напруги

$\Delta U, \text{ В/с}$	1,42	25	54
t, с	1,25	0,7	0,65

Дані, наведені у табл. 2.2, отримані при аналізі відповідних осцилограм відключення, знятих за допомогою цифрового осцилографа при різній швидкості зростання напруги.

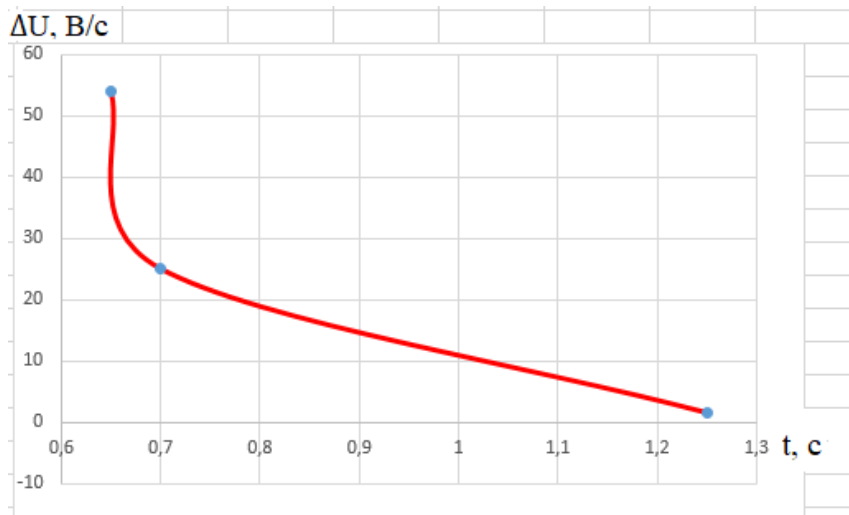


Рисунок 2.10- Графік залежності $\Delta U(t)$ реле РН-32

З графіку на рис. 2.10 можна зробити висновок, що час спрацювання реле залежить від швидкості зростання напруги. Чим більше величина зростання напруги тим менший час спрацювання реле.

Результати проведених досліджень реле напруги Volt Control РН-113.



Рисунок 2.11- Зовнішній вигляд реле контролю напруги Volt Control РН-

Реле напруги РН-113 призначене для відключення побутового та промислового однофазного навантаження 220 В, 50 Гц до 32А при неприпустимих коливаннях напруги в мережі з наступним автоматичним включенням після відновлення параметрів мережі.

1) Перевірено працездатність АПВ. При різних уставках автоматичного повторного включення час АПВ відповідає встановленому значенню, але особливістю даного реле є те, що при коливаннях напруги не систематичного характеру (наприклад комутаційний імпульс) дане реле не змушує користувача чекати поки пройде встановлений час АПВ, а підключає навантаження раніше.

2) Визначено мінімальну напругу відключення U_{\min} при різних мінімальних уставках реле табл. 2.3.

Таблиця 2.3 – Мінімальна напруга відключення U_{\min} при різних мінімальних уставках реле

Ууст., В	160	180	200	220
Успрац., В	158	178	198	218

3) Визначено гістерезис при U_{\min} . Результати представлені у табл. 2.4.

Таблиця 2.4 – Результати визначення гістерезису при U_{\min}

Ууст., В	160	180	200	220
Успрац., В	163	183	203	223

Різниця між уставкою та фактичною напругою спрацьовування реле є величиною гістерезису.

Аналогічним чином визначено максимальну напругу спрацьовування при різних уставках U_{\max} . В середньому у даного реле контролю напруги відхилення напруги спрацювання по мінімальній уставці складає 2 В, а по максимальній не перевищує 3 В.

- 4) Визначено час відключення навантаження при різній швидкості збільшення напруги та швидкість зростання напруги та на основі визначених даних побудований графік залежності часу спрацьовування реле (t) від швидкості зростання напруги (ΔU). Залежність визначених величин наведено у табл. 2.5.

Таблиця 2.5 – Залежність часу спрацьовування від швидкості зростання напруги

$\Delta U, \text{В/с}$	1,78	3	63,3
$t, \text{с}$	0,94	0,92	0,12

За отриманими даними побудовано графік залежності - рис. 2.12.

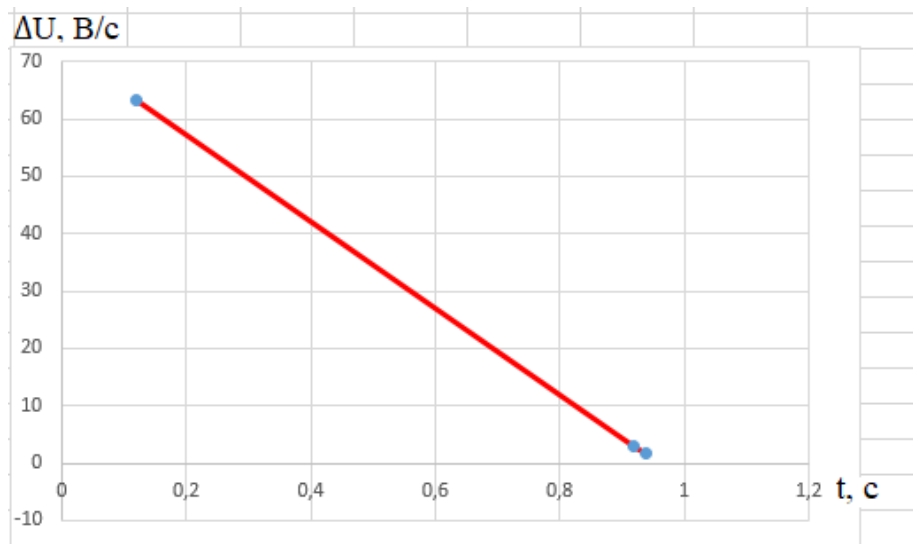


Рисунок 2.12- Графік залежності $\Delta U(t)$ реле РН-113

З графіку можна зробити висновок, що час спрацьовування реле залежить від швидкості зростання напруги. Чим більше величина швидкості зростання напруги тим менший час спрацьовування реле. При

цьому час відключення навантаження від мережі значно менше ніж у аналогічному досліді з реле напруги АсКо – УКРЕМ РН-32.

2.4 Вибір елементної бази для розробки реле контролю напруги в мережі

2.4.1 Основні параметри мікросхеми LM393

В якості компаратора обрано мікросхему LM393.

Мікросхема LM393 має в своєму корпусі два незалежних компаратора напруги. Компаратор LM393 може працювати, як від однополярного джерела живлення в широкому діапазоні напруг, так і від двополярного джерела. При використанні двополярного - різниця між потенціалами повинна становити від 2 В до 36 В.

Струм споживання компаратора не залежить від напруги живлення. Даний компаратор має вихід з відкритим колектором.

Нижче наведені основні електричні характеристики (табл. 2.6) і абсолютні максимальні значення експлуатації (табл. 2.7) LM393.

Таблиця 2.6 – Електричні характеристики LM393

Електричні характеристики LM393			
Параметр	Мін.	Тип.	Макс.
Напруга зміщення		±1 мВ	±5 мВ
Синфазний вхідний струм		25 нА	250 нА
Диф. вхідний струм		±5 нА	±50 нА
Вихідний струм, що впадає	6 мА	16 мА	
Коеф. підсилення по нарузі	50 В/мВ	200 В/мВ	

Напруга насичення		250 мВ	400 мВ
Струм споживання		0,1 мА	1 мА
Час відгуку		1.3 мкс	

Таблиця 2.7 – Абсолютні максимальні значення LM393

Абсолютні максимальні значення LM393	
Параметр	Значення
Напруга живлення	+36 В або ± 18 В
Диференційна вхідна напруга	36 В
Вхідна напруга	0,3...+36 В
Вихідний струм	20 мА
Діапазон робочої температури	0...+70°C
Потужність, що розсіюється:	
DIP8	1250 мВт
SO8	710 мВт
TSSOP8	625 мВт
Mini SO8	580 мВт

Ключові особливості LM393:

- широкий діапазон напруги живлення: 2 ... 36 В або $\pm 1 ... \pm 18$ В;
- дуже низький струм споживання (0,45 мА);
- низький вхідний струм зміщення: 20 нА;
- низький вхідний струм зміщення: ± 3 нА;
- низький вхідна напруга зміщення: ± 1 мВ тип;
- низький вихідний напруга насичення: 80 мВ;
- TTL, DTL, ECL, MOS, CMOS сумісні виходи;
- компаратор LM393 доступний в корпусі: DFN8 2x2, MiniSO8, TSSOP8

і SO8.[8]

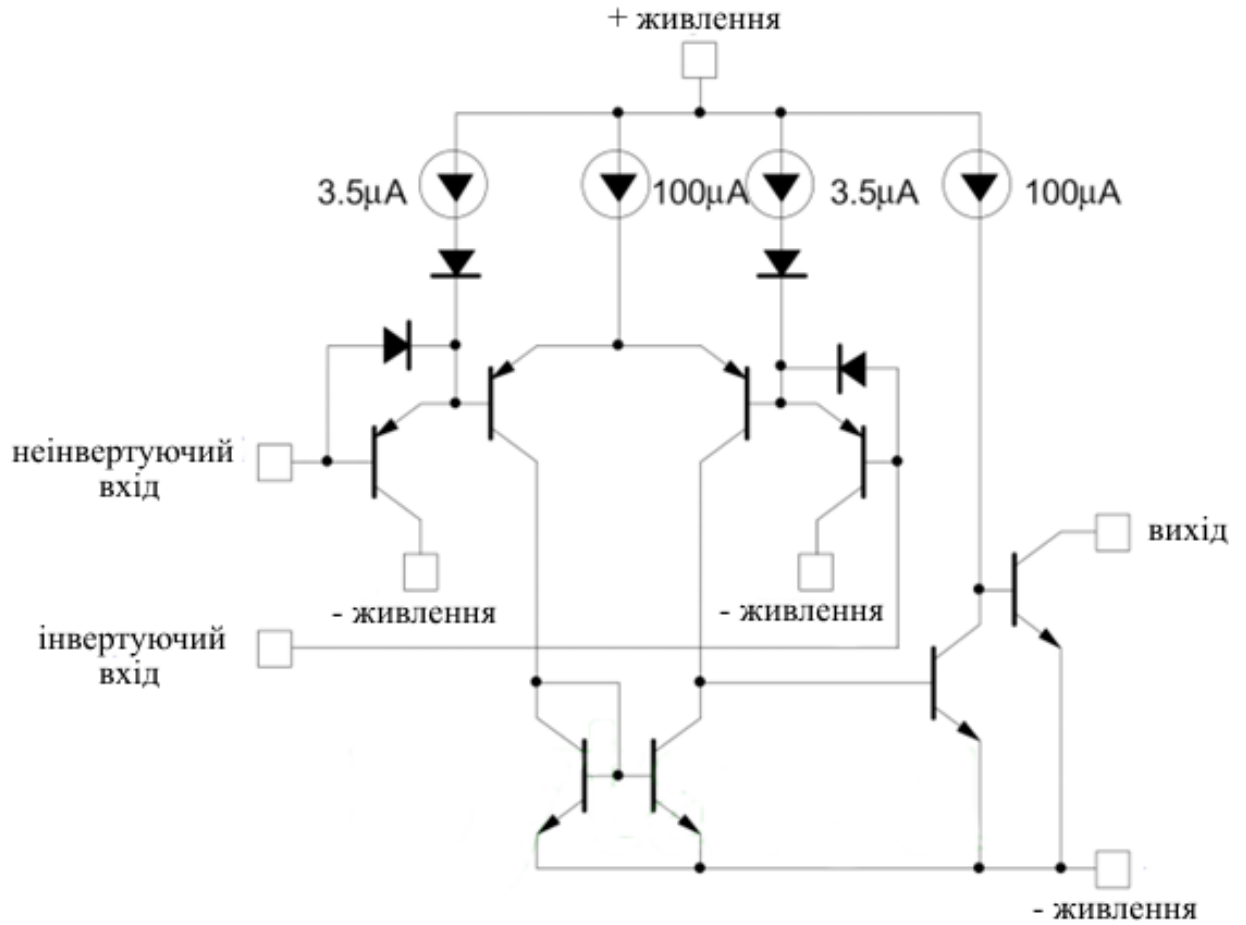


Рисунок 2.13 – Принципова схема LM393

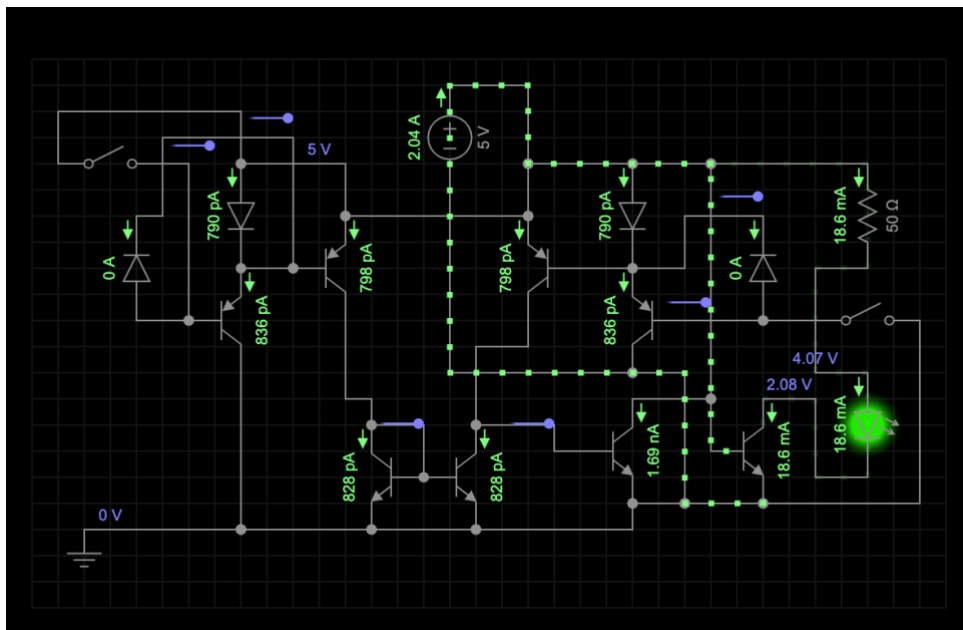


Рисунок 2.14 - Дослідження роботи компаратора в програмному середовищі EveryCircuit.

2.4.2 Основні параметри мікросхеми K561IE16

В якості цифрового лічильника обрано мікросхему K561IE16.

Мікросхема K561IE16 представляє собою 14-розрядний двійковий лічильник з послідовним переносом.

Основні характеристики K561IE16:

-напруга живлення (Vdd) +3 ... + 15V (Max: + 18V);



-робочий діапазон температур -40°C ... +85°C;

-корпус DIP-16.

Імпорнтним аналогом для K561IE16 є мікросхема CD4020B.

Мікросхема K561IE16 містить 14-розрядний асинхронний лічильник імпульсів. Лічильник має каскад, що загострює тактові імпульси (тригер Шмітта) на вході С. Зміст лічильника збільшується по негативному спаду імпульсу на рахунковому вході С. Частота імпульсів може досягати 3,5-4,0МГц (в залежності від напруги живлення). При подачі високого рівня на вхід скидання R всі виходи лічильника встановлюються в 0.

Таблиця 2.8 – Логічна таблиця мікросхеми K561IE16

С	R	Виходи
	0	Без змін
	0	Перехід в наступний стан
X	1	Всі виходи = 0

Лічильник K561IE16 має виходи не всіх розрядів - відсутні виходи розрядів 2¹ і 2², тому, якщо необхідно мати сигнали з усіх двійкових розрядів лічильника, слід використовувати ще один лічильник, який працює синхронно і має виходи 1, 2, 4, 8, наприклад половину мікросхеми K561IE10 (рис.2.15).

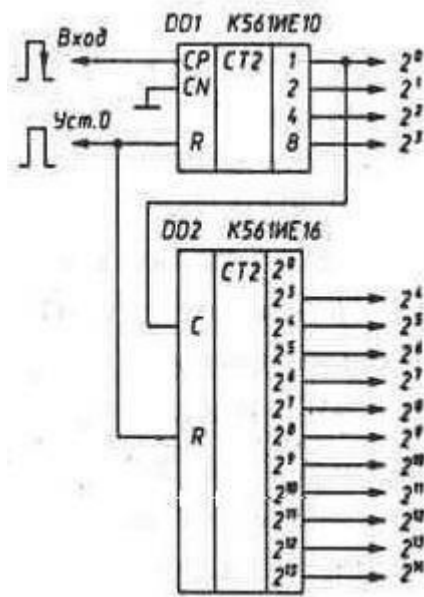


Рисунок 2.15 – Схема повного 14-розрядного лічильника на основі лічильників K561IE16 і K561IE10

Коефіцієнт розподілу однієї мікросхеми K561IE16 становить $2^{14} = 16384$, при необхідності отримання більшого коефіцієнта ділення можна вихід 2^{13} мікросхеми з'єднати зі входом ще однієї такої ж мікросхеми або з рахунковим входом будь-який інший мікросхеми – лічильника (рис. 2.16). Якщо вхід другої мікросхеми K561IE16 підключити до виходу 2^{10} попередньої, можна за рахунок зменшення розрядності лічильника отримати бракуючі виходи двох розрядів другий мікросхеми.

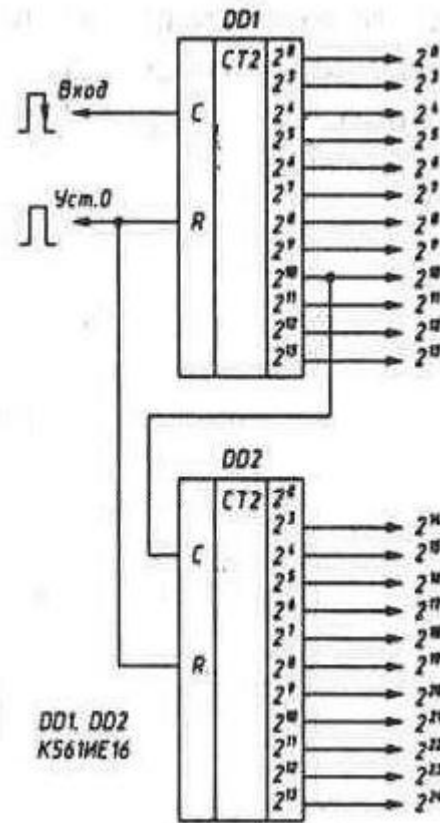


Рисунок 2.16 – Схема 24-розрядного лічильника на основі лічильників K561IE16

Логічна схема мікросхеми K561IE16 зображена на рисунку 2.17.

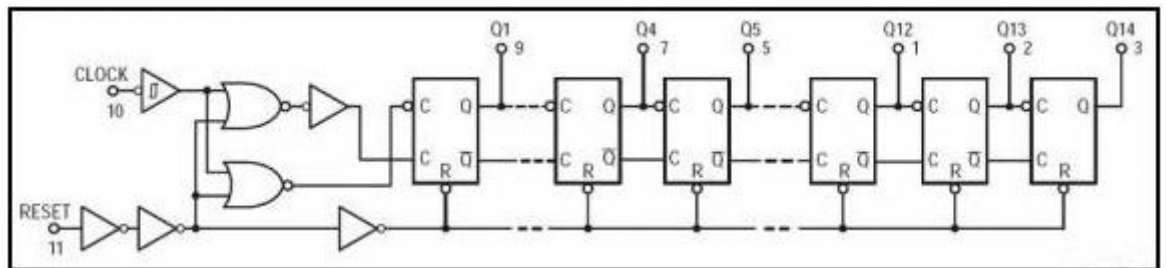


Рисунок 2.17 – Логічна схема мікросхеми K561IE16

Мікросхема K561IE16 по вхідних і вихідних рівнях сигналів сумісна з іншими ІС стандартної КМОП логіки серії 40xx / K561, а при напрузі живлення 5 вольт також з ІС ТТЛ логіки.[9]

2.4.3 Вибір світлодіодів

В якості світлодіодів обрано світлодіоди серії АЛ307.

Серія АЛ307 * -М представлена чотирма кольорами випромінювання: червоним, жовтим, помаранчевим і зеленим. Всі світлодіоди випускаються в кольоровому корпусі з компаунда, який відповідає кольору випромінювання. Замість символу «*» у маркуванні ставиться заголовна буква. Вона вказує на колір і яскравість. Літерами А, Б, К, Л - зашифровані червоні світлодіоди; Д, Е, Ж - жовті; О, Р, М - помаранчеві; В, Г, Н, П - зелені.

Випромінюючі діоди АЛ307 мають овальну лінзу з діаметром біля основи 5 мм. Щоб забезпечити рівномірне розсіювання світла, в матеріал лінзи додають диспергатор. З його допомогою світловий потік поширюється під широким кутом в горизонтальній площині і під вузьким - у вертикальній площині. В результаті основний потік випромінювання спрямований на спостерігача.

Світлодіод серії АЛ307 має номінальний робочий струм, в залежності від модифікації, 10 або 20 мА. Падіння напруги, виміряне при цьому струмі, варіюється в межах від 2,0 до 2,8В. Воно залежить від кольору випромінювання і випущеної партії.[10]

Розміри світлодіода серії АЛ307 зображені на рисунку 2.18.

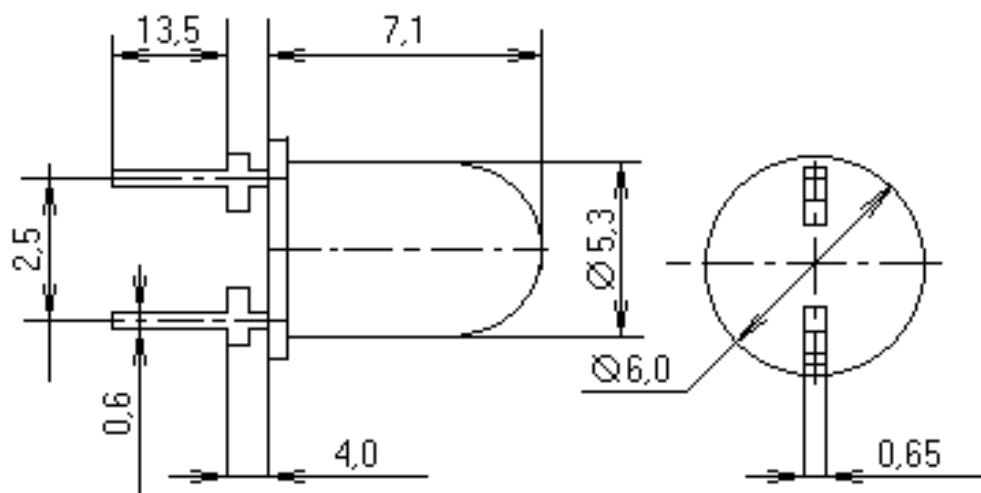


Рисунок 2.18 – Розміри світлодіода АЛ307

В запропонованому пристрої використовуються світлодіоди АЛ307ВМ (червоний), для індикації відхилення напруги в мережі від норми, і АЛ307ВМ (зелений), для індикації нормального режиму роботи.

Основні технічні параметри світлодіода АЛ307ВМ:

- Колір випромінювання: червоний;
- Сила світла: не менше 0,9 кд / м²;
- Постійна пряма напруга: не більше 2 В;
- Максимум спектрального розподілу: 0,665 мкм;
- Максимально допустимий постійний прямий струм: 20 мА;
- Максимальний імпульсний струм при заданій тривалості імпульсу: 100

мА;

- Максимально допустима зворотна постійна напруга: 2 В;
- Максимально допустима імпульсна зворотна постійна напруга: 2 В.

Основні технічні параметри світлодіода АЛ307ВМ:

- Колір випромінювання: зелений;
- Сила світла: не менше 0,4 кд / м²;
- Постійна пряма напруга: не більше 2 В;
- Максимум спектрального розподілу: 0,567 мкм;
- Максимально допустимий постійний прямий струм: 22 мА;
- Максимальний імпульсний струм при заданій тривалості імпульсу: 60

мА;

- Максимально допустима зворотна постійна напруга: 2,8 В;
- Максимально допустима імпульсна зворотна постійна напруга: 2,8 В.

2.5 Розробка пристрою для контролю напруги в мережі

На основі розглянутих мікросхем запропоновано прилад для контролю напруги у мережі. Його електрична схема зображена на рисунку 2.19.

При нормальному режимі роботи реле K1 своїми контактами підключає навантаження до мережі, світлодіод HL1 світиться зеленим світлом. При відхиленні напруги у мережі за встановлені рамки реле відключає навантаження від мережі, при цьому світлодіод HL1 гасне, а світлодіод HL2 починає світитися червоним світлом.

Точність налаштування порогів в запропонованій схемі дуже висока. Порогові рівні вихідної напруги встановлюються за допомогою підстроювальних резисторів R1, R2. Для цього в схемі, підключеній в мережу з напругою 220 В, мультиметром вимірюють напругу на другому і п'ятому виводах мікросхеми LM393, після чого пропорційно розраховується напруга при верхній і нижній межі спрацювання, і за допомогою резисторів R1, R2 ці значення встановлюються на третьому і шостому виводах мікросхеми LM393.

Діодний міст КЦ407А перетворює змінну напругу в пульсуючу напругу з частотою, вдвічі перевищуючу частоту в мережі. Перелік елементів схеми представлено в додатку А.

Для багатьох приладів, а особливо для компресорів кондиціонерів і холодильників, шкідливо вмикання в мережу одразу після відключення, тому на випадок нетривалого відхилення в схемі передбачено затримку відновлення напруги. Цю функцію виконує цифровий лічильник K561IE16. При відновленні напруги він відраховує 82 секунди, після чого реле підключає навантаження до мережі. Про відновлення напруги свідчить блимання світлодіода HL2.

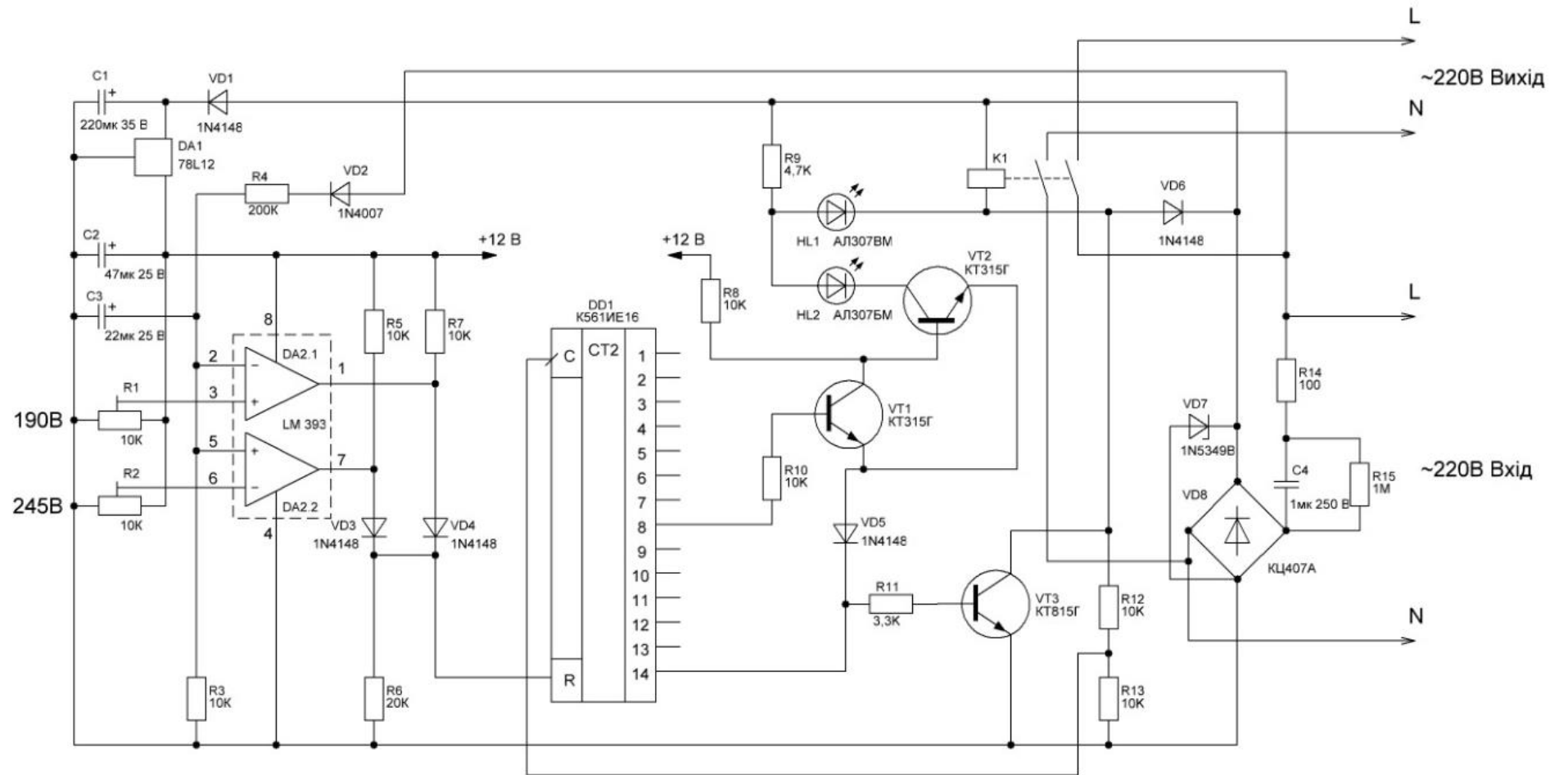


Рисунок 2.19 – Схема електрична принципова пристрою для контролю напруги в мережі

Час затримки відключення навантаження від мережі визначається ємністю конденсатора С3. Це передбачено для виключення помилкових спрацювань при короткочасних відхиленнях напруги, при яких відсутні порушення функціонування устаткування.

2.6 Розрахунок параметрів надійності схеми

Визначаються параметри надійності друкованої плати виробу.

Розраховується інтенсивність відмов виробу Λ :

$$\Lambda = \sum_{j=1}^N \sum_{i=1}^n \lambda_i k_i n_{ji} \quad (2.1)$$

Кількість вуглецевих резисторів $n_1=13$; а інтенсивність відмов яких $n_1 \cdot \lambda_1 = 13 \cdot 0,01 \cdot 10^{-6} \text{ 1/год} = 0,13 \cdot 10^{-6} \text{ 1/ год}$.

Кількість танталових конденсаторів $n_2=1$; а інтенсивність відмов - $n_2 \cdot \lambda_2 = 0,02 \cdot 10^{-6} \text{ 1/ год}$.

Кількість діодів $n_3=15$; а інтенсивність відмов - $n_3 \cdot \lambda_3 = 15 \cdot 0,02 \cdot 10^{-6} \text{ 1/ год} = 0,3 \cdot 10^{-6} \text{ 1/ год}$.

Кількість змінних резисторів $n_4=2$; а інтенсивність відмов - $n_4 \cdot \lambda_4 = 2 \cdot 0,2 \cdot 10^{-6} \text{ 1/ год} = 0,4 \cdot 10^{-6} \text{ 1/ год}$.

Кількість транзисторів $n_5=3$; а інтенсивність відмов - $n_5 \cdot \lambda_5 = 3 \cdot 0,05 \cdot 10^{-6} \text{ 1/ год} = 0,15 \cdot 10^{-6} \text{ 1/ год}$.

Кількість з'єднань паяних вручну $n_6=170$; а інтенсивність відмов - $n_6 \cdot \lambda_6 = 170 \cdot 0,2 \cdot 10^{-6} \text{ 1/ год} = 34 \cdot 10^{-6} \text{ 1/ год}$.

Кількість мікросхем в пластмасовому корпусі $n_7=4$; а інтенсивність відмов - $n_7 \cdot \lambda_7 = 4 \cdot 0,1 \cdot 10^{-6} \text{ 1/ год} = 0,4 \cdot 10^{-6} \text{ 1/ год}$.

Кількість електролітичних конденсаторів $n_8=3$; а інтенсивність відмов - $n_8 \cdot \lambda_8 = 3 \cdot 0,2 \cdot 10^{-6} \text{ 1/ год} = 0,6 \cdot 10^{-6} \text{ 1/ год}$.

Знаходиться загальна інтенсивність відмов Λ :

$$\Lambda = n_1 \cdot \lambda_1 + n_2 \cdot \lambda_2 + n_3 \cdot \lambda_3 + n_4 \cdot \lambda_4 + n_5 \cdot \lambda_5 + n_6 \cdot \lambda_6 + n_7 \cdot \lambda_7 + n_8 \cdot \lambda_8 = 36 \cdot 10^{-6} \text{ 1/ год.}$$

Прийнявши коефіцієнт навантаження $k=0,9$ отримаємо:

$$\Lambda = 0,9 \cdot 36 \cdot 10^{-6} \cdot 24 \cdot 365 \cdot 1/\text{рік} = 28,38 \cdot 10^{-2} \text{ рік}^{-1}.$$

Знаходиться ймовірність безвідмовної роботи $P(t)$:

$$P(t) = \exp(-\Lambda t) = \exp(-28,38 \cdot 10^{-2}) = 0,753,$$

Визначається середнє напрацювання виробу до першої відмови T_0 :

$$T_0 = 1/\Lambda = 1 / \left(\sum_{j=1}^N \sum_{i=1}^n \lambda_i k_i n_{ji} \right) = 1 / (28,38 \cdot 10^{-2} \text{ рік}^{-1}) = 3,52 \text{ роки,}$$

Частота відмов $f(t) = \Lambda P(t)$ визначається наступним чином:

$$f(1 \text{ рік}) = 0,753 \cdot 28,38 \cdot 10^{-2} \text{ рік}^{-1} = 21,37 \cdot 10^{-2} \text{ рік}^{-1}.$$

2.7 Розробка друкованої плати пристрою

Друкована плата представляє собою пластину або панель, що складається з одного або двох провідних рисунків з провідника, розташованих на поверхні діелектричної основи, або з системи рисунків, розташованих в об'ємі і на поверхні діелектричної основи, з'єднаних між собою відповідно до принципової електричної схеми. Вона призначена для електричного з'єднання і механічного кріплення приладів електронної техніки, квантової електроніки та електротехнічних приладів.

Найпростішою друкованою платою є плата, яка містить мідні провідники на одній зі сторін і пов'язує елементи рисунка тільки на одній з її поверхонь. Такі плати відомі як одношарові друковані плати або односторонні друковані плати.

На сьогоднішній день, найпопулярніші у виробництві і найбільш поширені друковані плати, які містять два шари, тобто, містять рисунок з провідника з обох сторін плати - двосторонні (двошарові) друковані плати. Для з'єднання провідників між шарами використовуються скрізні монтажні та перехідні металізовані отвори. В залежності від фізичної складності конструкції друкованої плати, коли розводка провідників на двосторонній платі стає занадто складною, використовуються багатошарові друковані плати, де рисунок формується не тільки на двох зовнішніх сторонах плати, а й у внутрішніх шарах діелектрика. Залежно від складності, багатошарові друковані плати можуть бути виготовлені з 4,6, ... 24 або більше шарів.

Для монтажу електронних компонентів на друковані плати, необхідна технологічна операція - пайка, яка застосовується для отримання нероз'ємного з'єднання деталей з різних металів шляхом введення між контактами деталей розплавленого металу - припою, що має більш низьку температуру плавлення, ніж матеріали деталей, що з'єднуються. Контакти деталей, що спаюються, а також припій і флюс піддаються нагріванню з температурою вище температури плавлення припою, але нижче температури плавлення деталей. В результаті, припой переходить в рідкий стан і змочує поверхні деталей. Після цього нагрівання припиняється, і припій переходить в тверду фазу, утворюючи з'єднання. Цей процес можна зробити вручну або за допомогою спеціалізованої техніки.

Перед паянням, компоненти розміщуються на друкованій платі виводами в наскрізні отвори плати і припаюються до контактних площадок і/або металізованої внутрішньої поверхні отвору - т.зв. технологія монтажу в отвори. Все більшого поширення, особливо, в масовому виробництві, отримала більш прогресивна технологія поверхневого монтажу - також звана ТМП (технологія монтажу на поверхню) або SMT (surface mount technology) або SMD-технологія (від surface mount device - прилад, що монтується на поверхню). Основною її відмінністю від «традиційної» технології монтажу в отвори є те, що компоненти монтуються і паяються на контактні площадки

(англ. Land), що є частиною рисунка на поверхні друкованої плати. В технології поверхневого монтажу, як правило, застосовуються два методи пайки: пайка оплавленням припойної пасти і пайка хвилею. Основна перевага методу пайки хвилею - можливість одночасної пайки компонентів, що вмонтовуються як на поверхню плати, так і в отвори. При цьому пайка хвилею є найпродуктивнішим методом пайки при монтажі в отвори. Пайка оплавленням заснована на застосуванні спеціального технологічного матеріалу - паяльної пасти. Вона містить три основні складові: припій, флюс (активатори) і органічні наповнювачі. Паяльна паста наноситься на контактні площадки або за допомогою дозатора, або через трафарет, потім встановлюються електронні компоненти виводами на паяльну пасту і далі, процес оплавлення припою, що міститься в паяльній пасти, виконується в спеціальних печах шляхом нагрівання друкованої плати з компонентами.

Для уникнення та / або запобігання випадкового короткого замикання провідників з різних ланцюгів в процесі пайки, виробники друкованих плат застосовують захисну паяльну маску - шар міцного полімерного матеріалу, призначеного для захисту провідників від попадання припою і флюсу при пайці, а також від перегріву. Паяльна маска закриває провідники і залишає відкритими контактні площадки. Слід мати на увазі, що паяльна маска не захищає плату від вологи в процесі експлуатації. Для вологозахисту використовуються спеціальні органічні покриття.[11]

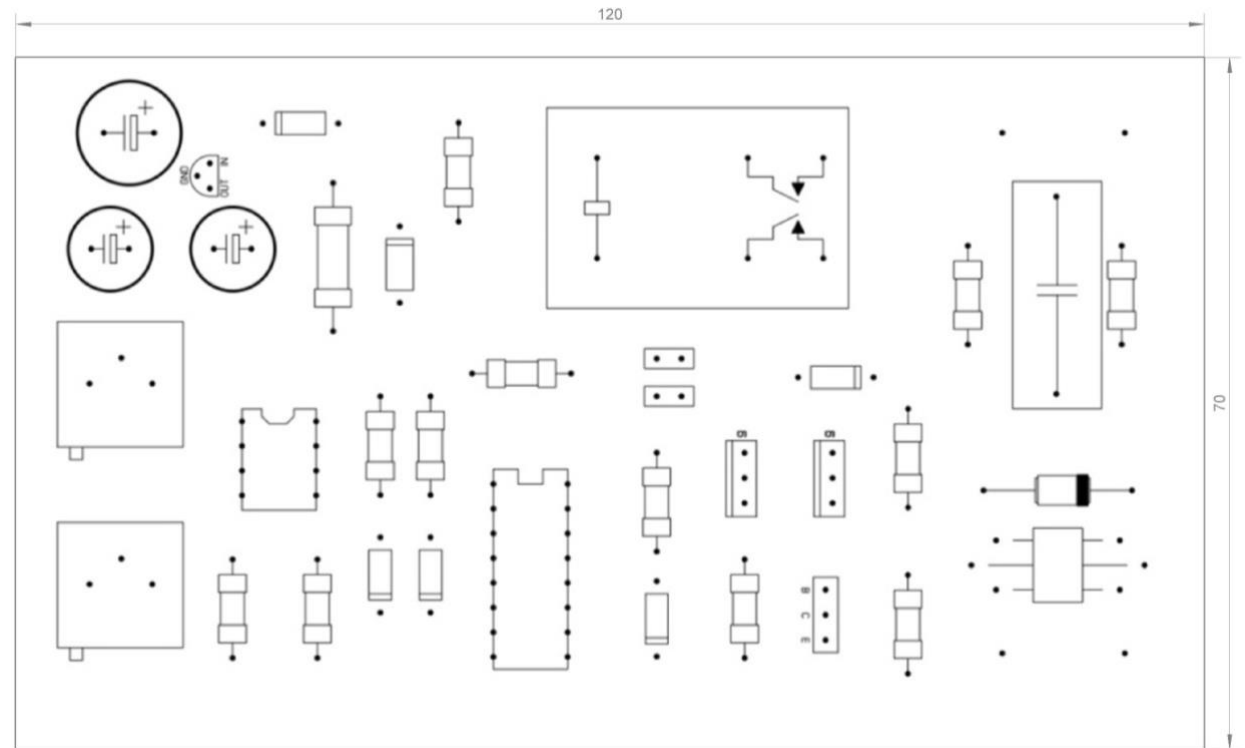
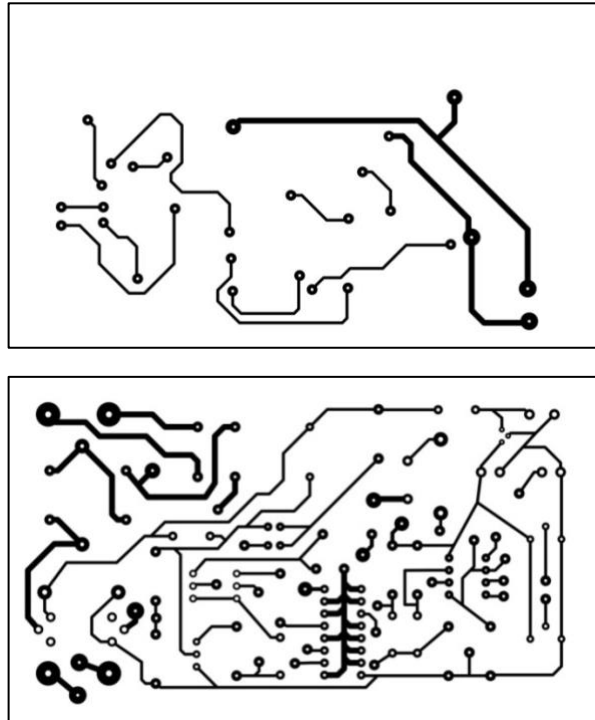


Рисунок 2.20 – Креслення друкованої плати пристрою для контролю напруги в мережі

Креслення друкованої плати запропонованого пристрою показане на рисунку 2.20. На отриманій друкованій платі рисунок з провідника розташований на двох сторонах плати.

Таким чином, було розроблено пристрій для контролю напруги в мережі на основі електромагнітного реле:

- габаритні розміри друкованої плати 120x70 мм;
- напруга живлення 220 В;
- межі відключення навантаження від мережі 190...245 В;
- світлова індикація нормальної роботи (зелений світлодіод) і відхилення (червоний світлодіод);
- функція затримки відновлення напруги.

3 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ

3.1 Огляд реле контролю напруги



Рисунок 3.1- Зовнішній вигляд реле контролю напруги АсКо – УКРЕМ РН-32

Реле напруги АсКо – УКРЕМ РН-32 призначене для відстеження величини напруги і відключення навантаження при виході напруги кола за встановлені межі з подальшим підключенням з витримкою часу після досягнення допустимого діапазону напруги.

Технічні характеристики:

- габаритні розміри приладу 84x66 мм;
- напруга живлення 220 В;
- межі відключення навантаження від мережі 180...255 В;
- світлова індикація присутня;
- функція затримки відновлення напруги;
- вартість 685 грн.



Рисунок 3.2- Зовнішній вигляд реле контролю напруги Volt Control PH-113

Реле напруги PH-113 призначене для відключення побутового та промислового однофазного навантаження 220 В, 50 Гц до 32А при неприпустимих коливаннях напруги в мережі з наступним автоматичним включенням після відновлення параметрів мережі.

Технічні характеристики:

- габаритні розміри приладу 92 x 53 мм;
- напруга живлення 220 В;
- межі відключення навантаження від мережі 160...280 В;
- світлова індикація - немає;
- функція затримки відновлення напруги;
- вартість 985 грн.

3.2 Метод аналізу ієрархій

Таблиця 3.1 – Варіанти реле напруги

Технологія	Короткий опис (ФПП)
А	РН-32
В	РН-113
С	Запропонована розробка

Таблиця 3.2 – Шкала відносної важливості

Інтенсивність відносної важливості	Визначення
1	рівна важливість
3	помірна перевага
5	сильна перевага
7	значна перевага
9	дуже сильна перевага
2,4,6,8	проміжні судження

Вибір робимо за критеріями, наведеними в таблиці 3.3, встановлюємо відносну вагу кожного критерію на основі матриці попарних порівнянь для обраних критеріїв.

Таблиця 3.3 – Попарне порівняння критеріїв

Критерій	1	2	3	4	5	$\sqrt[5]{\prod_{i=1}^5 \omega_i}$	X_i
1	2	3	4	5	6	7	8
1. Функція затримки відновлення напруги	1	5	7	5	1/3	2,25	0,33
2. Світлова індикація	1/5	1	5	7	1/5	0,67	0,1
3. Межі відключення від мережі	1/7	1/5	1	1/3	1/7	0,27	0,04
4. Габаритні розміри	1/5	1/7	3	1	1/3	0,49	0,07
5. Вартість	3	5	7	3	1	3,15	0,46
Σ						6,83	1

Далі аналогічно складаємо 6 матриць попарних порівнянь альтернатив стосовно кожного критерію. Оскільки тепер порівнюються 3 технології по одному критерію, то $i = 1, 2, 3$;

$$X_i = \frac{\sqrt[3]{\prod_{i=1}^3 \omega_i}}{\sum_{i=1}^3 \sqrt[3]{\prod_{i=1}^3 \omega_i}}, \quad (3.1)$$

де Σ - сума по стовпцю $\sqrt[3]{\prod_{i=1}^3 \omega_i}$.

Таблиця 3.4 – Порівняння альтернатив стосовно критерію «функція затримки відновлення напруги»

Технологія	A	B	C	$\sqrt[3]{\prod_{i=1}^3 \omega_i}$	X _i
A	1	5	1/3	1,18	0,29
B	1/5	1	1/5	0,34	0,09
C	3	5	1	2,46	0,62
Σ				3,98	1

Таблиця 3.5 – Порівняння альтернатив стосовно критерію «світлова індикація»

Технологія	A	B	C	$\sqrt[4]{\prod_{i=1}^4 \omega_i}$	X _i
A	3	1	1/3	1	0,28
B	1	1/3	1/3	0,47	0,14
C	3	3	1	2,08	0,58
Σ				3,55	1

Таблиця 3.6 – Порівняння альтернатив стосовно критерію «межі відключення від мережі»

Технологія	A	B	C	$\sqrt[4]{\prod_{i=1}^4 \omega_i}$	X _i
A		3	1/3	1	0,26
B	1/3	1	1/5	0,4	0,11
C		5	1	2,46	0,63
Σ				3,86	1

Таблиця 3.7 – Порівняння альтернатив стосовно критерію «габаритні розміри»

Технологія		В	С	$\sqrt[4]{\prod_{i=1}^4 \omega_i}$	X_i
А		3	1	1,44	0,43
В	1/3	1	1/3	0,48	0,14
С		3	1	1,44	0,43
Σ				3,36	1

Таблиця 3.8 – Порівняння альтернатив стосовно критерію «вартість»

Технологія		В	С	$\sqrt[4]{\prod_{i=1}^4 \omega_i}$	X_i
А		1/2	1/3	1,22	0,26
В		1	1/3	1,5	0,32
С		3	1	1,91	0,41
Σ				4,63	1

Глобальний пріоритет для кожної альтернативи обчислюється як сума добутків кожного локального пріоритету на його ваговий коефіцієнт.

Таблиця 3.9 – Глобальний пріоритет для кожної альтернативи

Пріоритети	№1	№2	№3	№4	№5	Глобальний
Вага	0,33	0,1	0,04	0,07	0,46	
РН-32	0,29	0,4	0,26	0,43	0,26	0,2958
РН-113	0,09	0,28	0,11	0,14	0,32	0,2191
Запропонована розробка	0,62	0,58	0,63	0,43	0,41	0,5065

З порівняння глобальних пріоритетів різних серверів (табл.3.9) видно, що найбільшим є пріоритет у запропонованій розробки.

Розрахунок вартості елементів схеми

Найменування	Кількість	Вартість за шт.,грн.
Мікросхеми		
78L12	1	12,0
LM393	1	7,60
K561PE16	1	2,50
Світлодіоди		
АЛ307ВМ	1	3,0
АЛ307ВМ	1	3,0
Діоди		
1N4148	5	1,5
1N4007	1	1,0
1N5349В	1	9,0
КЦ407А	1	34,0
Транзистори		

КТ815Г	1	10,0
КТ315Г	2	1,0
Резистори		
СП5-2-10кОм	2	30,0
С2-23-0,125-10кОм	7	0,3
С2-23-0,5-200кОм	1	0,3
С2-23-0,125-20кОм	1	0,3
С2-23-0,25-4.7кОм	1	0,3
С2-23-0,125-3,3кОм	1	0,3
С2-23-0,15-100Ом	1	0,3
С2-23-0,125-1МОм	1	0,3
Конденсатори		
К50-33-35В-220мкФ		0,1
К50-33-25В-47мкФ		0,2
К50-33-25В-22мкФ		0,2
К50-33-250В-1мкФ		0,1
Всього		123,3

Висновки: За допомогою методу аналізу ієрархій проведено порівняння трьох регуляторів напруги за критеріями: 1) функція затримки відновлення напруги; 2) світлова індикація; 3) межі відключення від мережі; 4) габаритні розміри; 5) вартість. За даними таблиці глобальний пріоритет має запропонована розробка.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА

4.1 Характеристика потенційних небезпечних та шкідливих виробничих факторів

При розробці реле контролю напруги можуть виникнути наступні потенційно небезпечні та шкідливі виробничі фактори:

- підвищений рівень шуму, що викликаний роботою приладів;
- зміна температури повітря в приміщенні;
- понижена швидкість повітря в приміщенні;
- освітленість робочого місця;
- вплив хімічних речовин під час паяння.

Згідно санітарних норм мікроклімату виробничих приміщень (ДСН 3.3.6.042-99 “Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень”) визначення категорії важкості праці здійснюють на основі загальних енерговитрат організму. За величиною енерговитрат фізичні роботи поділяють на три категорії:

Легкі фізичні роботи (категорія I) охоплюють види діяльності, при яких витрата енергії дорівнює 105 - 140 Вт (90 – 120 ккал/год.) - категорія Ia та 141 - 175 Вт (121 - 150 ккал/год.) - категорія Ib. До категорії Ia належать роботи, що виконуються сидячи і не потребують фізичного напруження. До категорії Ib належать роботи, що виконуються сидячи, стоячи або пов'язані з ходінням та супроводжуються деяким фізичним напруженням.

Фізичні роботи середньої важкості (категорія II) охоплюють види діяльності, при яких витрата енергії дорівнює 176 - 232 Вт (151 - 200 ккал/год.) - категорія IIa та 233 - 290 Вт (201 - 250 ккал/год.) - категорія IIб.

До категорії Па належать роботи, пов'язані з ходінням, переміщенням дрібних (до 1 кг) виробів або предметів в положенні стоячи або сидячи і потребують певного фізичного напруження. До категорії Пб належать роботи, що виконуються стоячи, пов'язані з ходінням, переміщенням невеликих (до 10 кг) вантажів та супроводжуються помірним фізичним напруженням.

Важкі фізичні роботи (категорія Пв) охоплюють види діяльності, при яких витрати енергії становлять 291 - 349 Вт (251 - 300 ккал/год.). До категорії Пг належать роботи, пов'язані з постійним переміщенням, перенесенням значних (понад 10 кг) вантажів, які потребують великих фізичних зусиль.[12]

По характеру виконувана при розробці реле контролю напруги робота ставиться до легкої фізичної категорії Іб.

Суттєвий вплив на стан організму працівника, його працездатність здійснює мікроклімат (метеорологічні умови) у виробничих приміщеннях, під яким розуміють умови внутрішнього середовища цих приміщень, що впливають на тепловий обмін працюючих з оточенням. Ці умови визначаються поєднанням температури, відносної вологості та швидкості руху повітря, температури поверхонь, що оточують людину та інтенсивності теплового (інфрачервоного) опромінення.

Можливості організму пристосовуватись до метеорологічних умов значні, однак не безмежні. Верхньою межею терморегуляції людини, що знаходиться у стані спокою, прийнято вважати 30–31°C при відносній вологості 85% чи 40°C при відносній вологості 30%. При виконанні фізичної роботи ця межа значно нижча. При виконанні важкої роботи теплова рівновага зберігається завдяки терморегулятивній функції організму при $t_n = 25\text{--}26^\circ\text{C}$ (відносна вологість 40—60%).

Оптимальними мікрокліматичними умовами для категорії робіт Іб є:

- температура повітря 21-23°C (в холодний період року) і 22-24°C (в теплий період року);
- відносна вологість 40-60%;
- швидкість руху повітря не більш 0,1 м/с (в холодний період року) і 0,2 м/с (в теплий період року).

Період року визначається за середньодобовою температурою зовнішнього середовища t_{cd} . При $t_{cd} < +10^\circ\text{C}$ – холодний період, а якщо $t_{cd} > +10^\circ\text{C}$ – теплий період року.[13]

Робота в умовах підвищеного шуму викликає стійкі порушення слуху, що призводить до професійних захворювань (глухуватості і глухоти). Найбільша втрата слуху спостерігається протягом перших десяти років роботи. Тривалий шум негативно впливає не лише на слух, але і на нервову систему.

Шум впливає на систему травлення і кровообігу, серцево-судинну систему. У разі постійного шумового фону до 70 дБ виникає порушення ендокринної та нервової систем, до 90 дБ — порушення слуху, до 120 дБ — фізичний біль. Шум не лише погіршує самопочуття людини, а й знижує продуктивність праці на 10—15 %.[14]

Незадовільна освітленість не тільки втомлює зір, спричиняє розвиток короткозорості але й викликає втому організму в цілому. Нераціональне освітлення різко знижує продуктивність праці та може стати причиною травматизму.[15]

4.2 Заходи з поліпшення умов праці та виробнича санітарія

При роботі у приміщенні по виробництву друкованих плат виділяється велика кількість шкідливих речовин.

До загальних заходів та засобів попередження забруднення повітряного середовища на виробництві та захисту працюючих належать:

- вилучення шкідливих речовин у технологічних процесах, заміна шкідливих речовин менш шкідливими і т. п. Наприклад, свинцеві білила замінені на цинкові, метиловий спирт – іншими спиртами, органічні розчинники для знежирювання – миючими розчинами на основі води;

- удосконалення технологічних процесів та устаткування (застосовування замкнутих технологічних циклів, неперервних технологічних процесів, мокрих способів переробки пиломатеріалів тощо);

- автоматизація і дистанційне керування технологічними процесами, при яких можливий безпосередній контакт працюючих з шкідливими речовинами;

- герметизація виробничого устаткування, робота технологічного устаткування під розрідженням, локалізація шкідливих виділень за рахунок місцевої вентиляції, аспіраційних укриттів;

- нормальне функціонування систем опалення, загальнообмінної вентиляції, кондиціонування повітря, очистки викидів у атмосферу;

- попередні та періодичні медичні огляди робітників, які працюють у шкідливих умовах, профілактичне харчування, дотримання правил особистої гігієни;

- контроль за вмістом шкідливих речовин у повітрі робочої зони;

- використання засобів індивідуального захисту.[13]

Найефективніший засіб боротьби із шумом — зниження його в джерелі створення. В тих випадках, коли зниження шуму в джерелі його створення не досягло потрібних результатів, слід застосовувати засоби зменшення шуму на шляху його поширення. Для цього рекомендується використовувати місцеву та загальну звукоізоляцію, шумовловлюючі екрани, поглинаючі фільтри, глушители шуму. Загальна звукоізоляція досягається створенням загорож (стін, стель) із звукопоглинаючих

матеріалів (цеглини, бетону, залізобетону). Місцева звукоізоляція здійснюється у вигляді боксів, де розміщують окремий агрегат чи технологічну лінію.

Одним з важливих профілактичних засобів попередження стомлення при дії шуму є чергування періодів роботи і відпочинку. Відпочинок знижує негативний вплив шуму на працездатність лише в тому випадку, якщо його тривалість та кількість відповідають умовам, в яких відбувається найефективніше відновлення нервових центрів. Важливе значення для осіб, зайнятих на роботах із шумом, має короткочасний відпочинок під час роботи, а також організоване дозвілля поза робочим часом.

Захист від високочастотного шуму забезпечують засоби індивідуального захисту (навушники, заглушки для вух та ін.). Працівники, які направляються у цехи з високим шумом, повинні обов'язково проходити медичні огляди, а під час праці для профілактики профзахворювань — профілактичні медичні огляди не менш одного разу на рік. Такі огляди допомагають своєчасно виявити зміни у стані здоров'я і запобігти профзахворюванню.[14]

Раціональне освітлення робить позитивний психо-фізіологічний вплив на працездатність людини. При визначенні вимог до виробничого освітлення виходять зі створення таких умов праці на робочому місці, які виключають стомлення зору, виникнення причин виробничого травматизму та підвищення продуктивності праці.

Раціональне освітлення повинно відповідати ряду умов, які сприяють підтримці високого рівня працездатності, зберігають здоров'я людини та зменшують травматизм, а саме:

- відповідати нормам, які прийняті в Україні, та передусім Державним будівельним нормам України (ДБН В.2.5-28-2006) “Природне і штучне освітлення”, які прийняті на заміну СНиП II-4-79;

- освітленість на робочому місці має відповідати санітарно-гігієнічним нормам;
- освітленість на робочому місці має бути рівномірною по всій площі робочій поверхні;
- освітленість на робочому місці повинна мати розподіл яскравості, яка не може відрізнятись більш ніж у 3 – 5 разів;
- напрямок світлового потоку повинен відповідати зручному виконанню роботи;
- світловий потік не повинен утворювати різких тіней на робочій поверхні (наявність тіней створює нерівномірний розподіл яскравості, змінює розміри та форму об'єктів розпізнавання, викликає втому очей);
- світловий потік не повинен засліплювати працюючих;
- значення освітленості має бути постійним в часі (освітленість змінюється при коливанні напруги в мережі, пульсації світлового потоку, затемненні світлових отворів тощо);
- слід вибирати оптимальну спрямованість світлового потоку та необхідний спектральний склад світла;
- освітлювальна установка повинна бути правильно вибрана, а також бути довговічною, електро- і пожежобезпечною;
- освітлювальна установка має відповідати вимогам естетики, ергономіки, бути простою, зручною та надійною.[15]

4.3 Заходи електробезпеки

Виділяють три системи засобів і заходів забезпечення електробезпеки:

- система технічних засобів і заходів;

- система електрозахисних засобів;
- система організаційно-технічних заходів і засобів.

Технічні засоби і заходи з електробезпеки реалізуються в конструкції електроустановок при їх розробці, виготовленні і монтажі відповідно до чинних нормативів. За своїми функціями технічні засоби і заходи забезпечення електробезпеки поділяються на дві групи:

- технічні заходи і засоби забезпечення електробезпеки при нормальному режимі роботи електроустановок;
- технічні заходи і засоби забезпечення електробезпеки при аварійних режимах роботи електроустановок.

Основні технічні засоби і заходи забезпечення електробезпеки при нормальному режимі роботи електроустановок включають:

- ізоляцію струмовідних частин;
- недоступність струмовідних частин;
- блоківки безпеки;
- засоби орієнтації в електроустановках;
- виконання електроустановок, ізольованих від землі;
- захисне розділення електричних мереж;
- компенсацію ємнісних струмів замикання на землю;
- вирівнювання потенціалів.

Із метою підвищення рівня безпеки, залежно від призначення, умов експлуатації і конструкції, в електроустановках застосовується одночасно більшість з перерахованих технічних засобів і заходів.

Ізоляція струмовідних частин. Забезпечує технічну працездатність електроустановок, зменшує вірогідність потраплянь людини під напругу, замикань на землю і на корпус електроустановок, зменшує струм через людину при доторканні до неізольованих струмовідних частин в електроустановках, що живляться від ізольованої від землі мережі за умови

відсутності фаз із пошкодженою ізоляцією. ГОСТ 12.1.009-76 розрізняє ізоляцію:

- робочу — забезпечує нормальну роботу електроустановок і захист від ураження електричним струмом;
- додаткову — забезпечує захист від ураження електричним струмом на випадок пошкодження робочої ізоляції;
- подвійну — складається з робочої і додаткової;
- підсилену — поліпшена робоча ізоляція, яка забезпечує такий рівень захисту як і подвійна.[16]

4.4 Пожежна та техногенна безпека

Пожежна безпека – стан об'єкта, при якому з регламентованою ймовірністю виключається можливість виникнення та розвиток пожежі і впливу на людей її небезпечних факторів, а також забезпечується захист матеріальних цінностей. Причинами пожеж та вибухів на підприємстві є порушення правил і норм пожежної безпеки, невиконання Закону “Про пожежну безпеку”.

Відповідно до положень Закону України "Про пожежну безпеку" (статті 4 - 7) Правила пожежної безпеки в Україні є обов'язковими для виконання всіма центральними і місцевими органами виконавчої влади, органами місцевого самоврядування, підприємствами, установами, організаціями (незалежно від виду їх діяльності та форм власності), посадовими особами та громадянами.

Основними системами комплексу заходів та засобів щодо забезпечення пожежної безпеки об'єкта є: система запобігання пожежі, система протипожежного захисту та система організаційно-технічних

заходів. Оскільки дві перші системи достатньо об'ємні та потребують більш детального вивчення, то розглянемо їх окремими пунктами розділу.

Всі заходи організаційно-технічного характеру на об'єкті можна підрозділити на організаційні, технічні, режимні та експлуатаційні.

Організаційні заходи пожежної безпеки передбачають: організацію пожежної охорони на об'єкті, проведення навчань з питань пожежної безпеки (включаючи інструктажі та пожежно-технічні мінімуми), застосування наочних засобів протипожежної пропаганди та агітації, організацією ДПД та ПТК, проведення перевірок, оглядів стану пожежної безпеки приміщень, будівель, об'єкта в цілому та ін.

До технічних заходів належать: суворе дотримання правил і норм, визначених чинними нормативними документами при реконструкції приміщень, будівель та об'єктів, технічному переоснащенні виробництва, експлуатації чи можливого переобладнанні електромереж, опалення, вентиляції, освітлення і т. п. Заходи режимного характеру передбачають заборону куріння та застосування відкритого вогню в недозволених місцях, недопущення появи сторонніх осіб у вибухонебезпечних приміщеннях чи об'єктах, регламентацію пожежної безпеки при проведенні вогневих робіт тощо. Експлуатаційні заходи охоплюють своєчасне проведення профілактичних оглядів, випробувань, ремонтів технологічного та допоміжного устаткування, а також інженерного господарства (електромереж, електроустановок, опалення, вентиляції). Система запобігання пожежі — це комплекс організаційних заходів і технічних засобів, спрямованих на унеможливлення умов, необхідних для виникнення пожежі.[17]

4.5 Розрахунок штучного освітлення методом коефіцієнта використання світлового потоку

Для розрахунків загального рівномірного освітлення чистих приміщень застосовують метод коефіцієнта використання світлового потоку.

Світловий потік однієї лампи Φ визначаються за формулою:

$$\Phi = (E_n \cdot K_z \cdot S \cdot Z) / (N \cdot \eta), \quad (4.1)$$

де E_n - нормативне значення освітленості, лк;

K_z - коефіцієнт запасу ($K_z=1,3-1,8$);

S - площа приміщення, m^2 ;

Z - коефіцієнт нерівномірності освітлення ($Z=1,1-1,15$);

N - кількість світильників;

η - коефіцієнт використання світлового потоку.

За розрахунковими значеннями світлового потоку добирають найближчу стандартну лампу, потік якої може відрізнятись від розрахункового не більше як на 10-20%.

Коефіцієнт η визначається за таблицями залежно від типу світильника, коефіцієнтів відбиття $\rho_{ст}$ (стін), ρ_c (стелі), $\rho_{п}$ (підлоги) та індексу приміщення i .

Індекс приміщення визначають за формулою:

$$i = (a+b)/H_p(a+b), \quad (4.2)$$

де a і b – довжина і ширина приміщення, м;

H_p – висота світильника над робочою поверхнею, м.

Освітленість робочих поверхонь повинна становити не менше 200 лк.

Розміри приміщення складають 10×5 м, висота стелі – 3,2 м, висота робочих поверхонь – $h_p = 0,7$ м. Приміщення має світлу побілку, тому коефіцієнти відбиття беруться рівними $\rho_c = 70\%$, $\rho_{ст} = 50\%$. Коефіцієнт запасу взято за 1,5 для ламп розжарювання в приміщенні з концентрацією

пилу від 1 до 5 мг/м³ (Додаток В). Коефіцієнт нерівномірності освітлення для ламп розжарювання складає 1,15. Для освітлення взято світильники типу УМП-15, які підвішуються до стелі на відстані $h_c = 0,5$ м.

Визначається висота світильників над підлогою:

$$h_0 = H - h_c = 3,2 - 0,5 = 2,7 \text{ м.}$$

Для світильників загального освітлення з лампами розжарювання потужністю до 200 Вт мінімальна висота підвісу над підлогою відповідно до СНиП II-4-79 повинна бути 2,5—4,0 м, залежно від характеристики світильника. В даному випадку h_0 відповідає цій вимозі.

Висота підвісу світильника над робочою поверхнею дорівнює:

$$H = h_0 - h_p = 2,7 - 0,7 = 2 \text{ м.}$$

Рівномірність освітлення досягається при відповідному співвідношенні відстані між світильниками L , і висоти їх підвісу h . Визначимо рекомендовану відстань між світильниками:

$$L = 0,7H = 0,7 \cdot 2 = 1,4 \text{ м.}$$

Необхідна кількість світильників становить:

$$N = (a \cdot b) / 2L^2 = (10 \cdot 5) / (2 \cdot 1,4^2) = 12,75$$

Приймається кількість світильників рівна 12. Враховуючи розмір приміщення вони розміщуються в два ряди. Схема розташування показана на рисунку 4.1.

Показник приміщення i становить:

$$i = (ab) / (h(a+b)) = (10 \cdot 5) / (2 \cdot (10+5)) = 1,66.$$

Згідно з додатком Г знаходиться коефіцієнт використання для світильника УМП-15 при найближчому значенні $i = 1,75$, $\eta = 0,58$.

Світловий потік одного світильника дорівнює:

$$\Phi = (E_n \cdot K_z \cdot S \cdot Z) / (N \cdot \eta) = (200 \cdot 50 \cdot 1,5 \cdot 1,15) / (12 \cdot 0,58) = 2478 \text{ лм.}$$

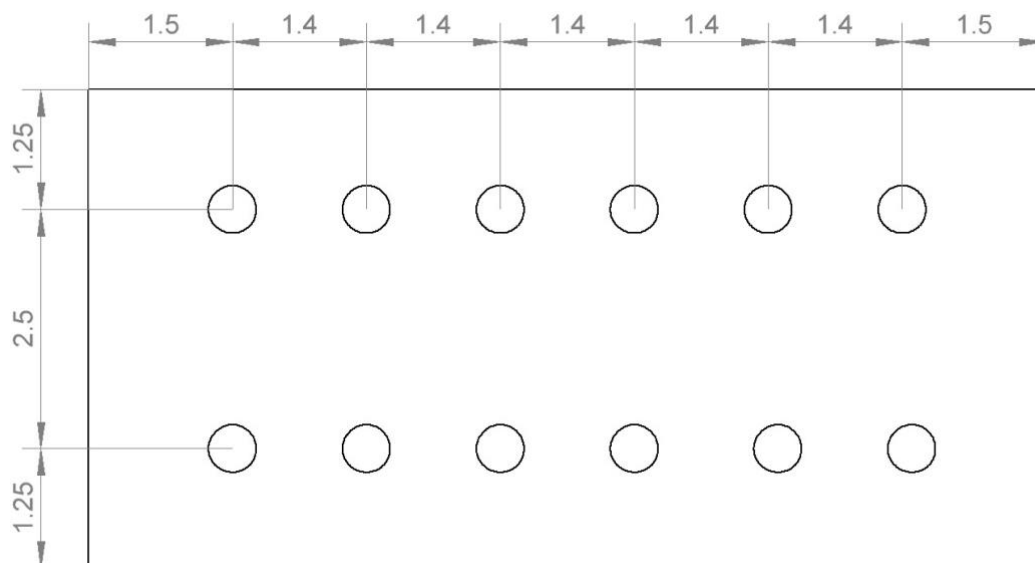


Рисунок 4.1 – Схема розташування ламп у приміщенні

Згідно з додатком Д обирається лампа Г-200 потужністю 200 Вт, світловий потік якої становить 2800 лм. Це значення вище розрахункового на 13%, але не перевищує норму.

Сумарна потужність всіх світильників, встановлених в приміщенні, становить:

$$\Sigma P_{\text{св.}} = 200 \cdot 12 = 2400 \text{ Вт.}$$

ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ

Проведено аналіз пристроїв для контролю напруги в мережі. Визначено основні причини перепадів напруг в мережі.

Розроблено схему електричну принципову пристрою для контролю напруги в мережі. Визначено та обґрунтовано вибір мікросхем, що входять у склад пристрою. Обрано мікросхеми LM393 і K561IE16 та інші елементи схеми. Виконано топологію друкованої плати та схему розміщення елементів.

Рекомендується використовувати даний пристрій для захисту побутових приладів від перепадів мережевої напруги.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. ElektriKa.ua. Реле напруги: призначення, принцип роботи, пристрій, види. URL: <https://is.gd/KgIXL2> (дата звернення: квітень 2023).
2. Real-el: Реле напруги. URL: <https://real-el.ua/ua/media/useful/e1806/> (дата звернення: квітень 2023).
3. Телеметрика: Як контролювати напругу в мережі? URL: <http://telemetrica.ru/faq/kak-kontrolirovat-napryazhenie-v-seti/> (дата звернення: червень 2023).
4. Порада інженеру: Реле контролю напруги: принцип роботи, схема, під'єднання. URL: <https://is.gd/iwULW5> (дата звернення: червень 2023).
5. DS-Electronics: Види реле контролю напруги. URL: <https://is.gd/wqaDe0> (дата звернення: червень 2023).
6. Електрика-шоп: Під'єднання реле напруги. URL: <https://is.gd/OPXLx8> (дата звернення: червень 2023).
7. Як захистити техніку від перепадів напруги. URL: <https://is.gd/jv2oDo> (дата звернення: липень 2023).
8. Ixht.com: Обзор реле напруги — пристрій захисту від недопустимих коливань в мережі живлення. URL: <https://is.gd/DfEEYm> (дата звернення: липень 2023).
9. Мікросхема: LM393. Опис, datasheet, схема включення, аналоги. URL: <https://is.gd/KX9NHB> (дата звернення: липень 2023).
10. LED-STARS: Мікросхема K561IE16. URL: <https://is.gd/VHM5qH> - (дата звернення: вересень 2023).
11. Ledjournal.info: Характеристики світлодіодів AL307 URL: <https://is.gd/3HqWQm> (дата звернення: вересень 2023).
12. Vd Mais: Друковані плати. Переваги та недоліки різних типів обробки поверхні друкованої плати. URL: <https://is.gd/VsX4MM> (дата звернення: вересень 2023).

13. Ligazakon.ua: Постанова №42 от 01.12.1999, Категорія робіт. [URL: http://search.ligazakon.ua/1_doc2.nsf/link1/TM009433.html](http://search.ligazakon.ua/1_doc2.nsf/link1/TM009433.html). (дата звернення: вересень 2023).

14. Категорії робіт в електроустановках стосовно заходів безпеки. URL: <https://is.gd/br0Jbe> (дата звернення: жовтень 2023).

15. Library.if.ua: Шум, його вплив на організм працівника та заходи щодо зниження шуму URL: <https://library.if.ua/book/86/6047.html>. (дата звернення: жовтень 2023).

16. Pidru4niki: Вплив освітлення на виробничу діяльність. URL: <https://is.gd/O9X201> (дата звернення: жовтень 2023).

17. Pidru4niki: Вимоги до виробничих приміщень. URL: <https://is.gd/3vLdQA> (дата звернення: жовтень 2023).

18. Служба охорони праці: Вимоги пожежної безпеки. URL: <https://is.gd/q2sA71> (дата звернення: жовтень 2023).

Додаток А

Познач.	Найменування	Кільк.	Примітки
<i>Конденсатори</i>			
C1	K50-33-35B-220мкФ	1	
C2	K50-33-25B-47мкФ	1	
C3	K50-33-25B-22мкФ	1	
C4	K50-33-250B-1мкФ	1	
<i>Резистори</i>			
R1, R2	СП5-2-10кОм+-5%	2	
R3, R5, R7, R8, R10, R12, R13	C2-23-0,125-10кОм+-10%	7	
R4	C2-23-0,5-200кОм+-10%	1	
R6	C2-23-0,125-20кОм+-10%	1	
R9	C2-23-0,25-4,7кОм+-10%	1	
R11	C2-23-0,125-3,3кОм+-10%	1	
R14	C2-23-0,5-100Ом+-10%	1	
R15	C2-23-0,5-1МОм+-10%	1	
<i>Транзистори</i>			
VT1, VT2	КТ315Г	2	
VT3	КТ815Г	1	
<i>Діоди</i>			
VD1, VD3-VD6	1N4148	5	
VD2	1N4007	1	
VD7	1N5349B	1	
VD8	КЦ407А	1	
<i>Перелік елементів пристрою для контролю напруги в мережі</i>			
Змн	Арк.	№ докум.	Підпис
Розроб.			
Керівник			
Консульт.			
Н. контр.			
Затверд.			
		Стадія	Маса
		Масштаб	
		У	
		Аркуш	Аркуші

Познач.	Найменування				Кільк.	Примітки				
	<i>Аналогові мікросхеми</i>									
DA1	78L12				1					
DA2	LM393				1					
	<i>Цифрові мікросхеми</i>									
DD1	K561IE16				1					
	<i>Світлодіоди</i>									
HL1	АЛ307ВМ				1					
HL2	АЛ307ВМ				1					
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Перелік елементів пристрою для контролю напруги в мережі			Стадія	Маса	Масштаб
Розроб.								у		
Керівник										
Консульт.								Аркуш	Аркушів	
Н. контр.										
Затверд.										

**Значення коефіцієнта запасу K_3
залежно від характеристики приміщення**

Характеристика приміщення	Приклади приміщень	Значення K_3 при освітленні лампами		
		газорозрядними	розжарювання	
1. Робочі приміщення з повітряним середовищем, що містить в робочій зоні: а) більше 5 мг/м^3 пилу, диму, кіптяви	Агломераційні фабрики, цементні заводи, обрубні відділення ливарних цехів	2	1,7	
		Цехи ковальські, ливарні, мартенівські, зварювальні, збірного залізобетону	1,8	1,5
			1,5	1,3
		Цехи інструментальні, складальні, механічні, швейні, ткацькі, деревообробні	1,8	1,5
б) від 1 до 5 мг/м^3 пилу, диму, кіптяви	Цехи хімічних заводів з виготовлення кислот, лугів, їдких хімічних реактивів, отрутохімікатів, мінералів; цехи гальванічних покриттів і гальванопластики різних галузей промисловості з застосуванням електролізу			
в) менше 1 мг/м^3 пилу, диму, кіптяви				
г) значні концентрації парів кислот, лугів, газів, які здатні при зіткненні з вологою утворювати слабкі розчини кислот, лугів, а також мають властивість викликати значну корозію				
2. Виробничі приміщення з особливим режимом за чистотою повітря при обслуговуванні світильників: а) з технічного поверху	—	1,3	1,15	
	—	1,4	1,2	
б) знизу приміщення				
3. Приміщення громадських і житлових будівель	Кабінети і робочі приміщення громадських будівель, житлові кімнати, навчальні приміщення, читальні зали, зали нарад, торговельні зали тощо	1,5	1,3	

**Коефіцієнти використання світлового потоку світильників
з лампами розжарювання**

Тип світильника	У; УПМ-15 "Астра-1,12"	Г _с ; Г _{сУ}	ПО-21	НСПО2; НСПО3	ВЗГ-100М
$\rho_{\text{стел}} \%$	70 50 30	70 50 30	70 50 30	70 50 30	70 50 30
$\rho_{\text{стін}} \%$	50 30 10	50 30 10	50 30 10	50 30 10	50 30 10
i	Коефіцієнти використання, %				
0,5	22 20 17	55 50 48	23 20 17	10 7 5	13 8 6
0,6	32 26 23	59 54 51	28 25 20	15 10 7	17 12 9
0,7	39 34 30	62 59 54	31 29 25	19 14 10	20 16 13
0,8	44 38 34	66 62 58	38 34 30	21 16 12	23 19 16
0,9	47 41 37	68 64 61	39 36 33	24 18 15	24 20 17
1,0	49 43 39	70 66 63	42 38 34	26 20 17	25 21 18
1,1	50 45 41	72 67 65	43 39 35	27 21 18	26 22 19
1,25	52 47 43	74 70 67	46 41 37	28 23 19	28 23 20
1,5	55 50 46	77 73 71	49 44 39	31 25 21	29 24 22
1,75	58 53 48	79 76 74	52 46 41	33 27 22	30 26 24
2,0	60 55 51	82 80 76	54 48 44	35 29 23	31 28 25
2,25	62 57 53	83 81 77	56 50 45	37 30 25	32 29 26
2,5	64 59 55	85 82 79	58 51 47	39 32 27	33 30 28
3,0	66 62 58	86 83 80	60 53 50	43 35 29	35 33 31
3,5	68 64 61	88 85 82	62 56 52	45 37 31	37 34 33
4,0	70 66 62	88 86 83	63 57 53	47 39 32	38 36 34
5,0	73 69 64	89 86 84	65 58 56	50 42 35	39 37 35
$\Phi_{\text{н.п.}} \%$	75	80	52	42	48
$\Phi_{\text{в.п.}} \%$	0	0	28	28	0

**Коефіцієнти використання світлового потоку світильників
з люмінесцентними лампами**

Тип світильника	ПВЛМ-Р	ЛОУ	ШОД	ЛПО01	ЛСП01
$\rho_{\text{стел}} \%$	70 50 30	70 50 30	70 50 50	70 50 50	70 50 50
$\rho_{\text{стін}} \%$	50 30 10	50 30 10	50 50 30	50 50 30	50 50 30
i	Коефіцієнти використання, %				
0,5	25 18 13	26 21 16	22 16 14	25 23 20	25 23 22
0,6	29 22 17	30 24 20	28 21 18	31 29 24	31 29 26
0,7	34 26 20	34 28 24	32 24 21	36 34 28	35 33 30
0,8	36 28 23	37 31 27	35 27 24	39 37 32	38 36 32
0,9	40 31 25	40 34 30	38 30 27	42 41 35	41 38 35
1,0	43 34 28	43 37 32	41 32 29	46 44 38	43 40 37
1,1	45 36 30	45 39 34	43 34 31	48 46 41	45 42 39
1,25	47 38 32	48 42 37	46 37 34	51 49 44	47 44 41
1,5	51 42 35	51 46 41	50 40 37	55 53 49	50 46 44
1,75	54 45 38	54 49 44	53 43 40	58 57 52	52 49 47
2,0	56 47 40	56 50 46	55 45 42	61 59 55	54 50 48
2,25	58 49 42	58 52 48	57 47 44	63 62 57	56 52 50
2,5	60 51 44	60 54 50	59 48 45	65 64 59	57 53 51
3,0	63 53 46	62 56 52	61 50 48	68 66 62	59 54 52
3,5	64 54 48	63 57 53	63 52 50	70 68 64	60 56 54
4,0	66 56 49	64 58 55	65 54 52	71 69 66	61 56 55
5,0	68 59 52	66 61 58	67 56 53	75 72 70	63 58 57
$\Phi_{\text{н.п.}} \%$	54	62	40	74	53
$\Phi_{\text{в.п.}} \%$	28	10	45	0	16

Примітка. $\Phi_{\text{н.п.}}$ — світловий потік світильника у нижню півсферу; $\Phi_{\text{в.п.}}$ — світловий потік світильника у верхню півсферу.

Додаток Г

Технічні дані деяких ламп розжарювання та люмінесцентних ламп

Лампи розжарювання							Люмінесцентні лампи загального призначення			
загального призначення (U=220 В)			місцевого освітлення							
Потужність, Вт	Тип лампи	Світловий потік, лм	Потужність, Вт	Тип лампи	Напруга, В	Світловий потік, лм	Потужність, Вт	Тип лампи	Світловий потік, лм	Довжина лампи, м
25	В	220	15	МО	12	200	20	ЛДЦ	850	0,6
40	Б	400	25	МО	12	380	20	ЛД	1000	0,6
40	БК	460	40	МО	12	620	20	ЛБ	1200	0,6
60	Б	715	60	МО	12	850	30	ЛДЦ	1500	0,9
60	БК	790	25	МО	36	300	30	ЛД	1800	0,9
100	Б	1350	40	МО	36	600	30	ЛБ	2180	0,9
100	БК	1450	60	МО	36	800	40	ЛДЦ	2200	1,2
150	Г	2000	100	МО	36	1550	40	ЛД	2500	1,2
150	Б	2100	40	МОЗ	12	400	40	ЛБ	3200	1,2
200	Г	2800	60	МОЗ	12	660	80	ЛДЦ	3800	1,5
200	Б	2920	60	МОЗ	36	650	80	ЛД	4300	1,5
300	Г	4600	100	МОЗ	36	1200	80	ЛБ	5400	1,5

Технічні дані ртутних дугових ламп (ДРЛ)
та металогалогенних ламп (ДРН)

Тип лампи	Потужність, Вт	Напруга живлення, В	Світловий потік, лм	Тип ламп	Потужність, Вт	Напруга живлення, В	Світловий потік, лм
ДРЛ 80	80	115	3 200	ДРН 250	250	220	18 700
ДРЛ 125	125	125	5 600	ДРН 400	400	220	32 000
ДРЛ 250	250	130	11 000	ДРН 700	700	220	59 500
ДРЛ 400	400	135	19 000	ДРН 1000	1000	220	90 000
ДРЛ 700	700	140	35 000	ДРН 2000	2000	380	190 000
ДРЛ 1000	1000	145	50 000				

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Запорізький національний університет
Інженерний навчально-науковий інститут
ім. Ю.М. Потєбні

ГЕОСТРАТЕГІЧНІ ТРАНСФОРМАЦІЇ ТА ТРАЄКТОРІЯ НАЦІОНАЛЬНОЇ БЕЗПЕКИ В КОНТЕКСТІ ВІДБУДОВИ І СТАЛОГО РОЗВИТКУ УКРАЇНИ

МАТЕРІАЛИ

МІЖНАРОДНОЇ НАУКОВО-ПРАКТИЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ

25–26 травня 2023 року
м. Запоріжжя

УДК 621.31

Новошинський Максим Олексійович,
здобувач вищої освіти II освітнього рівня,
кафедра електроніки, інформаційних систем
та програмного забезпечення,
Інженерний навчально-науковий інститут ім. Ю. М. Потєбні
Запорізького національного університету

Ніконова Аліна Олександрівна,
к. т. н., доцент, кафедра електроніки,
інформаційних систем та програмного забезпечення,
Інженерний навчально-науковий інститут ім. Ю. М. Потєбні
Запорізького національного університету

МІКРОЕЛЕКТРОННИЙ ПРИСТРІЙ ДЛЯ ЗАХИСТУ ВІД ПЕРЕПАДІВ НАПРУГИ В МЕРЕЖІ

Актуальність дослідження. На сьогодні в експлуатації перебуває безліч найрізноманітніших побутових приладів, які з кожним роком оснащуються дедалі більш складною електронікою. Стабільна робота усього електроустаткування повністю залежить від якості електроенергії. Більшість проблем електронного устаткування в побуті та на виробництві пов'язані з різкими провалами і піковими сплесками мережевої напруги.

Результати дослідження. Для забезпечення збереження електронного устаткування під час збурень мережевої напруги потрібний пристрій захисту. Пристрій захисту повинен мати аналогічну характеристику (з невеликим запасом для усунення помилкових спрацьовувань). Це означає, що якщо мережева напруга виходить за допустимі межі, пристрій захисту повинен вимикати електронне устаткування від мережі.

Таким приладом є реле напруги – пристрій захисту, здатний за частки секунди знеструмити споживачі, якщо живляча напруга виходить за межі допустимих меж. У побуті такі прилади з'явилися у спрощеному і закінченому вигляді: це готовий до роботи пристрій, покликаний захистити побутові прилади від небезпечного рівня мережевої напруги. Реле напруги є поєднанням електронного пристрою контролю напруги і силової частини роз'єднувача навантаження, зібраний в одному корпусі.

Реле напруги – це один з тих пристроїв, які бажані в кожному будинку і взагалі скрізь, де є електроприлади або пристрої, що працюють від мережі. Найбільш вони ефективні у разі аварійних

ситуацій, що виникають внаслідок обриву дротів, перевантаження, перекосу фаз тощо [1].

Саме тому розробка такого пристрою є актуальною на сьогодні.

Перепади напруги – далеко не рідкість в вітчизняних будинках. Відбуваються вони внаслідок старості електромереж, замикань і нерівномірності розподілу навантаження по окремих фазах. В результаті побутова техніка або недоотримує електроенергію, або перегорає від її надлишку. Щоб уникнути таких проблем, рекомендується встановлювати реле контролю напруги (РКН) [2].

Звичайне реле, яке виконує контроль напруги в мережі і встановлене на ввіді, забезпечить всі побутові прилади і системи від перепаду напруги як в сторону його підвищення, що відразу веде до поломки, так і в бік зниження, що приводить до пошкодження обмоток електродвигунів побутових пристроїв.

Більш коректна назва розглянутого пристрою – «реле контролю напруги» або «реле напруги». Дане обладнання часто називають ще й «захистом від обриву нуля». Розрізняють автомати УЗО і РКН. Перші захищають лінію від перенавантаження і короткого замикання, а другі від стрибків напруги. Це різні за функціональним призначенням прилади. Головне завдання РКН – це відключення електроприладів від мережі при занадто високих і дуже низьких напругах в ній, щоб підключена до електромережі техніка не вийшла з ладу. Для живлення побутової техніки в будинку необхідна напруга 230 В. Цей стандарт набрав чинності 1 жовтня 2014 р. під назвою «ДСТУ EN 50160:2014» – «Характеристики напруги електропостачання в електричних мережах загальної призначеності». У цьому стандарті напруги 400/230 В \pm 10 % офіційно гармонізовані зі стандартами ЄС. Однак, за фактом, максимум напруги в домашній електромережі тільки коливається навколо цієї позначки з розкидом \pm 10 %. У окремих випадках перепади досягають і великих величин. Вольтметр цілком може показувати падіння до 70 і сплески до 380 В. Для електротехніки небезпечною є як низька, так і висока напруга. Якщо компресор холодильника «недоотримає» електроенергії, то він просто не запуститься. В результаті техніка неминуче перегріється і зламається. При низькому вольтажі споживач в більшості випадків навіть не в змозі зовні визначити, справно чи ні працює обладнання в такій ситуації. Візуально можна лише побачити, що тьмяно світяться лампочки розжарювання, напруга до яких подається менше, ніж належить. З високими сплесками все набагато простіше. Якщо на вхід живлення телевізора, комп'ютера або мікрохвильової печі подати 300–350 В, то в кращому випадку

в них перегорить запобіжник. А найчастіше вони «згорять» самі. Багатоквартирні будинки зазвичай отримують живлення від трифазної мережі 400 В, а до квартири вже йде однофазна проводка на 230 В від електрощита на поверсі. Основні проблеми з перепадами напруги в багатопверхівках виникають через обрив робочого нуля. Цей провід ушкоджують по необережності електрики під час ремонту або він сам просто перегорає від старості. Якщо в будинку на під'їзній лінії встановлений повний комплект необхідного захисту сучасного рівня, то в результаті такого обриву відбувається спрацювання автоматики УЗО. В старому житловому фонді, де не стоять захисні автомати, обрив нуля призводить до перекосу фаз. Тоді в одних квартирах напруга стає низькою (50–100 В), а в інших різко високою (300–350 В). Значення напруги в квартирах залежить від підключеного в даний конкретний момент до електромережі навантаження. Заздалегідь точно розрахувати і передбачити це неможливо. В результаті в одних вся техніка перестає працювати, а у інших згорає від перенапруги. Тут-то і потрібно реле контролю напруги. При виникненні проблем воно відключить мережу, попередивши поломку телевізорів, холодильників тощо. У приватному секторі проблема з перепадами напруги дещо інша. Якщо котедж розташований на великій відстані від вуличного трансформатора, то при збільшенні споживання електроенергії в будинках до нього в цій крайній точці вольтаж може впасти до критично низьких позначок. У результаті через тривалу нестачу «вольт» електродвигуни в побутових електроприладах неминуче почнуть горіти і виходити з ладу [3].

Висновки та рекомендації. Авторами запропоновано пристрій для контролю напруги в мережі на основі електромагнітного реле, що має незначні габаритні розміри (120 × 70 мм), напруга живлення становить 12 В, межі відключення навантаження від мережі 190–245 В, передбачена світлова індикація нормальної роботи (зелений світлодіод) і відхилення (червоний світлодіод) та функція затримки відновлення напруги (компресори кондиціонерів і холодильників шкідливо вмикати в мережу одразу після відключення, тому на випадок нетривалого відхилення в схемі передбачено затримку відновлення напруги). Рекомендується використовувати даний пристрій для захисту побутових приладів від перепадів мережевої напруги.

Список використаних джерел

1. Real-el. Реле напруги. URL: <https://real-el.ua/ua/media/useful/e1806/> (дата звернення: 12.05.2023).

2. DS-Electronics. Різновиди реле контролю напруги. URL: <https://is.gd/wqaDe0> (дата звернення: 12.05.2023).
3. Ixht.com. Обзор реле напруги – пристроїв захисту від неприпустимих коливань у мережі живлення. URL: <https://is.gd/5urwHu-> (дата звернення: 12.05.2023).

УДК 662.7

Румянцев Владислав Ростиславович,
к. т. н., доцент, кафедра металургійних технологій,
екології та техногенної безпеки,

Інженерний навчально-науковий інститут ім. Ю. М. Потембі
Запорізького національного університету

Савінов Вячеслав Петрович,
здобувач програми PhD спеціальність 141 Металургія,
Інженерний навчально-науковий інститут ім. Ю. М. Потембі
Запорізького національного університету

МАГНІТНА ОБРОБКА ПАЛИВА ЯК ШЛЯХ ПІДВИЩЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОСТІ РОБОТИ ДВИГУНІВ ВНУТРІШНЬОГО ЗГОРЯННЯ

Актуальність дослідження. Двигуни внутрішнього згоряння (ДВЗ), як і раніше, залишаються основними джерелами енергії в різних галузях людської діяльності. Вони є й основними споживачами палив нафтового походження. Оскільки світові запаси нафти безперервно скорочуються, то крім пошуку альтернативних палив велика увага приділяється питанням економії традиційних палив. Кроки, здійснені дослідниками та конструкторами ДВЗ за останні роки в цьому напрямку, принесли суттєві позитивні результати. З метою мінімізації всіх теплових і механічних втрат, найбільш повного використання теплоти палива, що згорає, йде вдосконалення практично всіх систем ДВЗ. До найбільш відчутних досягнень можна віднести, зокрема, появу систем живлення бензинових ДВЗ з безпосереднім упорскуванням бензину в камери згоряння, акумуляторних систем упорскування палива Common Rail в дизелях, автоматично регульованих фаз газорозподілу, оптимізованих високотемпературних систем охолодження ДВЗ та ін. І цей процес безперервно продовжується, що дає підстави припускати отримання ще більш високих показників роботи ДВЗ. Це також підкріплюється ще й тим, що до ДВЗ постійно посилюються вимоги норм токсичності газів, що відпрацювали.