**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

*перший бакалаврський*
(рівень вищої освіти)

на тему *Розробка пристрою автоматичного збереження працездатності мережевої апаратури*

Виконав: студент (ка) *IV* курсу, групи *6.1531*

Спеціальності *153 (176) Мікро- та наносистемна техніка*
(код і назва спеціальності)

освітньої програми *Мікро- та наносистемна техніка*
(код і назва освітньої програми)
*О. Ю. Лучков*
(ініціали та прізвище)

Керівник *доцент кафедри ЕІСПЗ, доцент, к.т.н.*
*Верьовкін Л. Л.*
(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

Рецензент *завідувач кафедри електричної інженерії та кіберфізичних систем, професор, д.т.н.*
*Коваленко В. Л.*
(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

м. Запоріжжя

2025

**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 _____*перший (бакалаврський)*_____
Спеціальність *153 (176) Мікро- та наносистемна техніка*_____
(код і назва)

Освітня програма _____*Мікро- та наносистемна техніка*_____
(код і назва)

Спеціалізація _____

**ЗАТВЕРДЖУЮ**
**Завідувач кафедри** _____*ЕІСПЗ*_____
_____*Критська Т. В.*
"_*10*_" __*червня*__20_*25*_року

# З А В Д А Н Н Я
## НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТОВІ

_____*Лучкову Олександру Юрійовичу*_____
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи__*Розробка пристрою автоматичного збереження працездатності мережевої апаратури*_____
керівник роботи __*Верьовкін Леонід Леонідович, доцент, к.т.н.*_____
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)
затверджені наказом ЗНУ від *"27"грудня 2024 року №2029-с*
2. Строк подання студентом роботи _____*10 червня 2025року*_____
3. Вихідні дані до роботи *Схема живиться безпосередньо від мережі і має бути підключена в черговому режимі постійно*_____
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): *Дослідження пристроїв захисту мережевої апаратури. Розробка пристроїв автоматичного захисту мережевої апаратури. Охорона праці та техногенна безпека.*_____
5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) *Пристрій аварійного захисту від перевищення мережевої напруги. Функціональна схема мережевого автомата. Схема електрична принципова пристрою автоматичного захисту мережі. Печатна плата та розташування елементів блоку керування*_____
_____
_____

6. Консультанти розділів роботи

| Розділ | Прізвище, ініціали та посада консультанта | Підпис, дата завдання прийняв |
|---|---|---|
| *I* | *Верьовкін Л. .Л, доцент* | |
| *II* | *Верьовкін Л. Л, доцент* | |
| *III* | *Верьовкін Л. Л, доцент* | |
| | | |
| | | |

7. Дата видачі завдання _____*10.02.2025 року*_____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

| № з/п | Назва етапів кваліфікаційної роботи бакалавра | Строк виконання етапів роботи | **Приміт-ка** |
|---|---|---|---|
| *1* | *Аналіз мережевих фільтрів із захистом від перенапружень* | *28.02.2025* | |
| *2* | *Дослідження типів двохкаскадних мережевих фільтрів* | *21.03.2025* | |
| *3* | *Розробка блоку керування* | *04.04.2025* | |
| *4* | *Розробка компаратора контролю рівня напруги* | *25.04.2025* | |
| *5* | *Розробка схеми контролю спрацювання автоматики* | *08.05.2025* | |
| *6* | *Моделювання печатної плати блоку керування* | *12.05є2025* | |
| *6* | *Охорона праці та техногенна безпека* | *23.05.2025* | |
| *7* | *Оформлення пояснювальної записки* | *10.06.2025* | |
| *8* | *Рецензування, нормоконтроль, підписання роботи* | *13.06.2025* | |
| *9* | *Оприлюднений захист магістерської роботи* | *18.06.2025* | |

Студент _____ _____*Лучков О. Ю.*_____
(підпис ) (прізвище та ініціали)

Керівник роботи (проекту) _____ ___*Верьовкін Л. Л*_____
(підпис ) (прізвище та ініціали)

**Нормоконтроль пройдено**

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

# Реферат

Дипломна робота містить 54 сторінки, 32 рисунка, 4 таблиці, 11 джерел літератури.

Об’єкт дослідження – пристрої захисту мережевої апаратури.

Мета роботи – розробка пристроїв автоматичного захисту мережевої апаратури від перевищення та пониження напруги в мережі.

Задачі роботи – враховуючи недоліки існуючого обладнання захисту мережевої апаратури забезпечити більш якісне виконання захисних функцій; провести аналіз функціонування розроблених пристроїв

Методика досліджень – моделювання пристрою за допомогою програмних забезпечень: Electronics Workbench 5.12, SPlan 5.0, Layout 4.0.

Короткий виклад результатів досліджень – розроблений пристрій автоматичного захисту при відхиленні мережевої напруги від номіналу постійно стежить за станом напруги в мережі і дозволяє швидко автоматично відключити радіоапаратуру або будь-яке інше навантаження від мережі, у разі відхилення напруги за допустимий діапазон.

Результати впроваджень – електронний макет пристрою пройшов випробовування на кафедрі ЕІСПЗ.

Прогнозні пропозиції – рекомендується схемне доопрацювання пристроїв у напряму використання сучасної, більш надійної елементної бази та подальше практичне застосування.

МЕРЕЖА, НАПРУГА, СТРУМ, ФІЛЬТР, РЕЛЕ, КОНДЕНСАТОР, РЕЗИСТОР, ТРАНСФОРМАТОР, КОМПАРАТОР, ТРИГЕР, МІКРОСХЕМА

Дипломну роботу виконано на кафедрі електроніки, інформаційних систем та програмного забезпечення з 10.02.2025 р. по 10.06.2025 р.

Зміст


| | Стор. |
|---|---|
| Вступ …….. | 6 |
| 1 Дослідження пристроїв захисту мережевої апаратури ……. | 7 |
| 1.1 Мережеві фільтри ……... | 8 |
| 1.2 Аналіз мережевих фільтрів із захистом від перенапружень …….. | 10 |
| 1.3 Захист від перевищення мережевої напруги ламп освітлення або нагрівачів ……... | 12 |
| 1.4 Двохкаскадний мережевий фільтр …… | 14 |
| 1.5 Схема обмежувача напруги ……... | 16 |
| 1.6 Методика виготовлення печатних плат пристроїв …….. | 19 |
| 1.6.1 Монтаж навісних компонентів на плату ……... | 21 |
| 2 Розробка пристроїв автоматичного захисту мережевої апаратури …... | 23 |
| 2.1 Пристрій аварійного захисту від перевищення мережевої напруги .. | 23 |
| 2.1.1 Розробка печатної плати пристрою аварійного захисту …….. | 25 |
| 2.2 Пристрій автоматичного захисту при відхиленні мережевої напруги від номіналу …….. | 26 |
| 2.2.1 Розробка блоку керування …….. | 27 |
| 2.2.2 Компаратор контролю рівня напруги …… | 29 |
| 2.2.3 Схема контролю спрацювання автоматики ……... | 35 |
| 2.2.4 Моделювання печатної плати блоку керування ……... | 37 |
| 3 Охорона праці та техногенна безпека …….. | 42 |
| 3.1 Характеристика потенційних небезпечних та шкідливих виробничих факторів …….. | 42 |
| 3.2 Виробнича санітарія ……... | 44 |
| 3.3 Електробезпека ……... | 47 |
| 3.4 Протипожежна та техногенна безпека …….. | 48 |
| 3.5 Розрахунок середнього рівня шуму на робочому місці оператора … | 50 |

Висновки та рекомендації …… 52
Перелік посилань …….. 53

# Вступ

Найбільш небезпечним для електроприладів і радіоапаратури є аварійне підвищення мережевої напруги. Це може статися при обриві із-за сильного вітру відкритої повітряної проводки в лінії електропередач і замиканні одного з фазних проводів на нульовій. При цьому в мережі деякий час може діяти напруга до 380 В.

Плавкі запобіжники, що стоять на мережевому введенні в квартиру, або електромеханічні автомати спрацьовують лише при підвищенні заданого струму (зазвичай при короткому замиканні в колі). А струм в колах значно зростає вже у разі пошкодження електроприладів і радіоапаратури. Це пояснюється тим, що при підвищенні мережевої напруги на 50% розсіювана потужність в споживачах енергії збільшуються більш ніж в 2 рази ($P = 11^2/B$).

Деякі з побутових електроприладів (електронагрівачі, лампи освітлення, холодильники та ін.) не боїться зниження в мережі напруги. Для них актуальна розробка схем, які спрацьовують лише при зростанні напруги живлення вище заданого порогу і відрізняються по своєї швидкодії, а значить і сфері застосування.

Мережева радіоапаратура повинна зберігати працездатність при зміні живлячої напруги в діапазоні 187 В...242 В (220 В +10…15%). У міській мережі напруга у продовж дня може сильно відрізнятися від номіналу 220 В. Це часто буває в зимовий період, коли підключаються потужні споживачі енергії, наприклад електронагрівачі, і напруга в мережі “просаджується” до межі нижнього допуску. Особливо не люблять зниження напруги нижче за допустиму величину (187 В) імпульсні джерела живлення телевізорів, відеомагнітофонів, персональних комп'ютерів.

Актуальність роботи полягає в розробці пристроїв автоматичного захисту мережевої апаратури від перевищення та пониження напруги в мережі, враховуючи недоліки існуючого обладнання.

# 1 Дослідження пристроїв захисту мережевої апаратури

Змінний струм в побутовій мережі є синусоїдальним. Це означає, що зміна напруги і струму, відбуваються по синусоїді, тобто по плавній дузі, що симетрично коливається довкола осі часу. За одну секунду напруга в мережі міняє своє значення від +310 В до –310 В п'ятдесят разів. Так працює мережа змінного струму 220 В 50 Гц [1].

Проте осцилограма напруги в мережі не ідеальна. Спостерігаються безперервні піки, імпульси, спотворення форми, зміни амплітуди, кидки і скачки. Все це здатне вивести з строю техніку.

Причин для спотворення синусоїди напруги живлячої мережі багато. Це включення-виключення потужних електроприймачів, атмосферні перенапруження, короткі замикання по високій стороні трансформаторної підстанції, а також різні складні перехідні процеси.

Будь-яку складну функцію можна представити у вигляді тригонометричного ряду Фур'є, що сходиться. Це означає, що спотворена синусоїда – це сума інших, самих різних гармонік, кожна з яких має свою частоту і амплітуду. Для безпечної і надійної роботи техніки потрібна лише одна синусоїда – з амплітудою в 310 В і частотою 50 Гц. Всі останні гармоніки необхідно подавити, розрядити і не пропустити до електроприймача.

Окрім цього, є ще і особливий тип аперіодичних перешкод, які не піддаються ні прогнозуванню, ні опису за допомогою математичних функцій. Це імпульсні кидки напруги – дуже короткочасні, але значні по величині. Вони можуть виникнути абсолютно у будь-який момент часу і порушити роботу техніки. Тому імпульсні перешкоди теж необхідно подавити.

Для вирішення цих двох завдань використовуються мережеві фільтри. Вони захищають устаткування від високочастотних, низькочастотних і імпульсних перешкод в мережі [1].

## 1.1 Мережеві фільтри

Мережеві фільтри називають «пілотом». Мережевий фільтр допомагає захистити електронні пристрої від різного роду перешкод:

- у комп'ютерній мережі, коли мережеві елементи неналежної якості або з нестабільною подачею електрики;

- імпульсних (короткочасне відхилення в напрузі);

- високочастотних і низькочастотних.

Пристрій складається з корпусу і шнура. Деталі, які виконують захисні функції, знаходяться усередині корпусу. Зовнішня ж частина – це розетки і кнопка включення-виключення приладу. Кількість розеток варіюється – від однієї до восьми (рис. 1.1).



Рисунок 1.1 - Мережеві фільтри типу «пілот»

На кожному приладі виробник вказує параметри вхідної напруги (як правило 220...230 В при частоті 50...60 Гц. Ці показники відповідають заявленим характеристикам електромережі. Але скачки і перепади від перевантажень – не враховуються. Нормалізувати напругу, що поступає до приладу, є завданням пілота. Також важлива гранична споживана потужність пристроїв. Вона не повинна перевищувати показник, що пропускається фільтром. Це означає, що сума споживаємої потужності приладів, підключених через нього, не може бути більше вказаного в документації до пілота параметра.

Якщо опір резисторів ніяк не залежить від роду струму, що проходить через них, то реактивний опір таких елементів кола, як ємкість і індуктивність знаходиться в прямій залежності від частоти струму. Наприклад, опір котушки індуктивності різко зростає для струмів великої частоти.

Ця властивість індуктивності якраз і використовується в мережевих фільтрах для подавлення високочастотних перешкод – синусоїд з маленькими періодами. Досить розмістити послідовно навантаженню дві котушки – у нульовій і у фазний провідники. Індуктивність кожної може бути приблизно 60…200 мкГн.

Низькочастотні перешкоди можуть гаситися активним опором котушок індуктивності, або окремими резисторами, які також розташовуються послідовно навантаженню. Опір таких резисторів не має бути великим, інакше на них буде істотне падіння напруги. Тому резистори для подавлення низькочастотних перешкод повинні мати опір максимум 1 Ом.

Найбільш ефективними проти мережевих перешкод є LC фільтри. Вони не обмежуються одними лише котушками індуктивності, а включають конденсатор ємкістю 0,22…1,0 мкФ, включений паралельно навантаженню. Номінальна напруга конденсатора має бути вибрана з двократним запасом відносно напруги мережі, аби врахувати перепади цієї напруги.

Дія фільтрів LC безпосередньо пов'язана з двома законами комутації: котушка L подавлює різкі зміни струму, а конденсатор C гасить високочастотні коливання напруги.

Імпульсні короткочасні перешкоди усувають за допомогою варистора – напівпровідникового елементу, що має нелінійну вольт-амперну характеристику. На низькій напрузі варистор поводиться як резистор дуже великого опору і струм практично не пропускає. Але якщо напруга зростає до рівня номінального для варистора, то його опір різко знижується і він пропускає через себе імпульс струму.

Якщо варистор включити в паралель навантаженню, то він «братиме на себе» імпульси високої напруги, шунтуючи навантаження на час їх дії. Номінальна напруга варистора при цьому має бути близько 470 В.

Таким чином, мережевий фільтр для успішної роботи повинен містити в собі: дві котушки індуктивності 60…200 мкГн, включені послідовно навантаженню, що захищається, а також варистор на 470 вольт і конденсатор на 0,22…1,0 мкФ, включені паралельно. При необхідності в коло можна включити і резистори на 1 Ом для подавлення перешкод низької частоти. Струмовий номінал елементів кола потрібно підбирати залежно від потужності навантаження [2].

Переважна більшість дешевих мережевих фільтрів містять в своєму складі лише варистор і біметалічний контакт для максимально-струмового захисту.

Потужність більшості мережевих фільтрів невелика. Це пов'язано з тим, що котушки індуктивності і інші елементи фільтру для великого навантаження будуть дуже громіздкі і дорогі. Для електроприймачів великої потужності взагалі можна використовувати лише фільтри, що являються напівпровідниковими перетворювачами.

## 1.2 Аналіз мережевих фільтрів із захистом від перенапружень

Якщо на мережеву напругу накладаються високочастотні перешкоди, завдання фільтру їх істотно ослабити. У хорошому мережевому фільтрі буває передбачений ще і захист від перенапружень. Але в цьому випадку при виникненні в живлячій мережі небезпечного імпульсу його енергія не дійде до споживача енергії.

Якісні фільтри промислового виготовлення виконуються у вигляді подовжувача, що має багато розеток із загальним вимикачем (ще зручніше, ко-

ли додатково кожна розетка має свій вимикач, як це зроблено в моделях SVEN Platinum і SVEN Platinum Pro.

Аналіз промислових фільтрів, які випускаються під торгівельною маркою PILOT на ослабіння сигналу, що проходить на частоті 10 кГц показує, що його практично немає. Однокаскадний фільтр зібраний за типовою схемою. Котушки містять по 10 витків на кільцевому магнітопроводі. Три дискових варистора на робочу напругу 430 В. Компоненти розміщені на печатній платі без екрану, тобто фільтр може бути і випромінювачем перешкод.

Судячи по довідкових даних [2] характеристики інших фільтрів нічим не краще за PILOT, в частині виконання свого основного завдання.

Окрім закінчених конструкцій, промисловість виробляє модулі двохкаскадних мережевих фільтрів, наприклад, з серії Д19 (рис. 1.2), але вони розраховані на невеликі струми (2…5 А), оскільки призначені для установки усередині радіоапаратури і дозволяють боротися з перешкодами в самому їх джерелі.

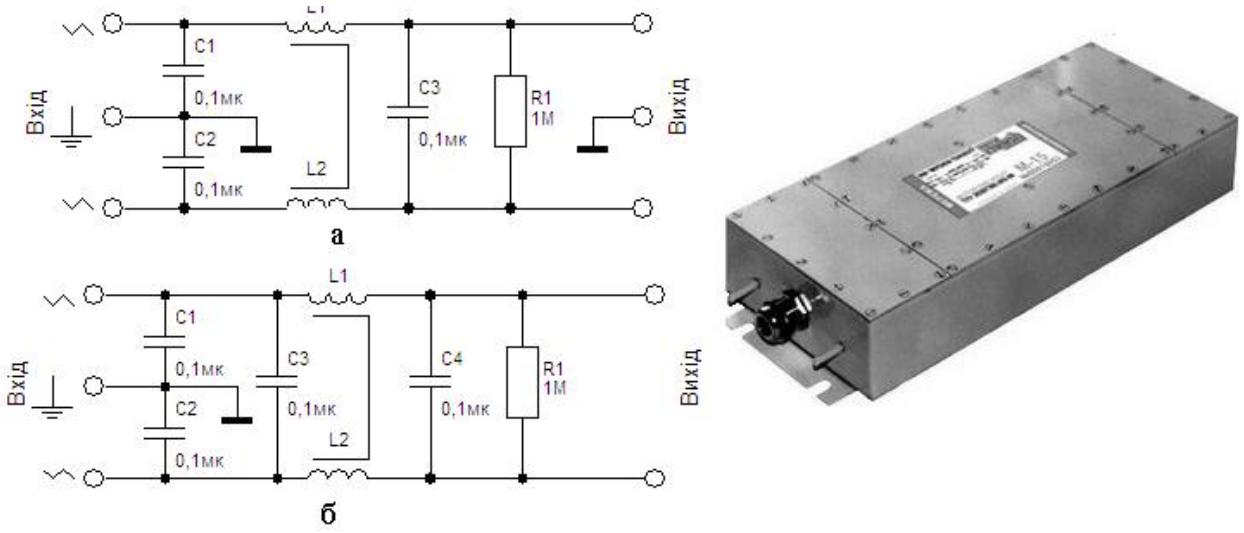



Рисунок 1.2 - Вигляд конструкції промислового модуля двохкаскадного мережевого фільтру з серії Д16.

Модуль фільтру має габарити 110×65×25 мм. На струм 2 А загальна індуктивність дроселів в кожному колі – 6,2 мГн, конденсатори між кожною

лінією і заземленням 0,1 мкФ, вхідні ємкості по 1 мкФ. Фільтр забезпечує ослабіння сигналу на частоті 10 кГц в 5,3 разів (14,5 дБ).

Аналогічного призначення імпортні вузли, наприклад, з серій FIL, FEN (рис. 1.3), але такі фільтри однокаскадні, а як показує практика, це недостатньо.




а – серія FEN;

б – серія FIL

Рисунок 1.3 – Однокаскадні мережеві фільтри

Випускаються також і інші серії фільтрів, у тому числі і двохкаскадні.

## 1.3 Захист від перевищення мережевої напруги ламп освітлення або нагрівачів

Схема, яка може забезпечити захист ламп освітлення або нагрівачів в разі аварійного підвищення напруги в мережі, показана на рисунку 1.4. У вихідному стані номінал резистора R1 вибирається так, щоб реле К1 було відключене. Через групи нормально замкнутих контактів К1.1, К1.2 напруга поступає в навантаження [1].

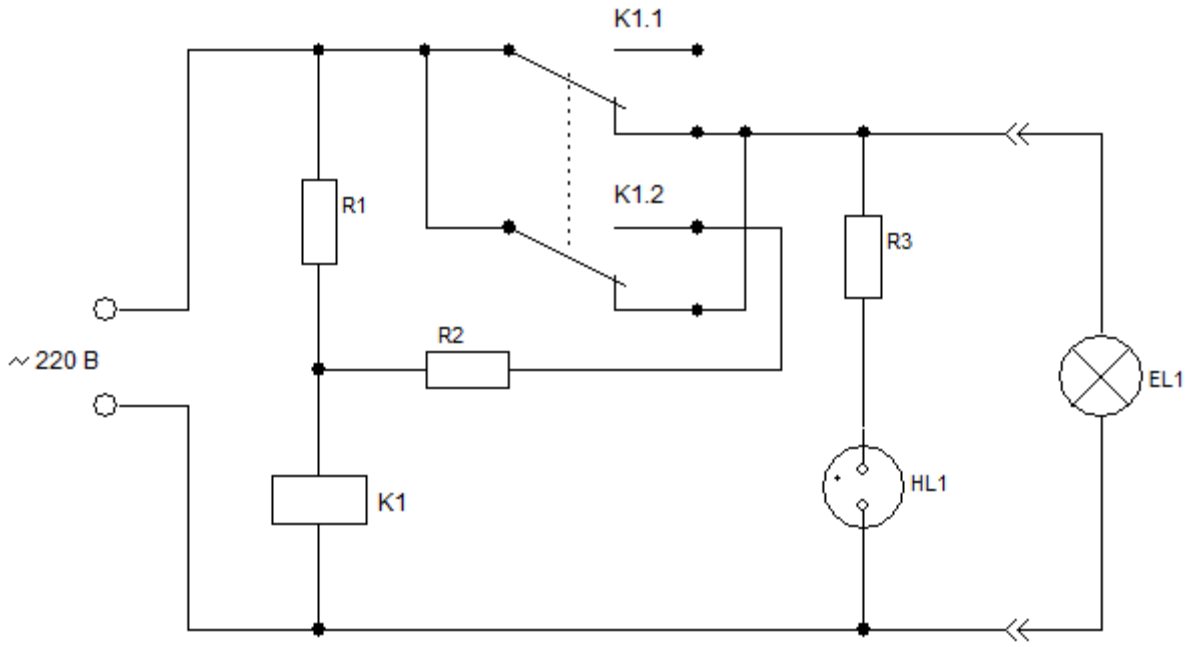



Рисунок 1.4 – Схема захисту споживачів у разі аварійного підвищення напруги в мережі

Реле К1 може бути використано будь-які на робочу напругу обмотки 220 В і менше (допустимий струм через контакти має бути не менше 3...5 А, наприклад з серії РПУ). Величина опору резистора R1 залежить від опору обмотки реле, а також його конструкції (підбирається так, щоб К1 могло спрацювати при підвищенні напруги в мережі вище 260 В). При спрацьовуванні реле коло навантаження розімкнеться, а додатковий резистор R2 групою контактів К1.2 буде підключений. Резистор R2 дозволить реле стійко стримуватися у включеному стані. Від його величини залежить, при якому рівні зниженої напруги реле повернеться у вихідний стан (відключиться).

Для того, щоб виключити брязкіт контактів К1.1 при наближенні напруги до порогового значення, необхідно регулювати контакти К1.2 так, щоб вони спрацьовували раніше, ніж К1.1.

Недоліком цієї схеми є низька швидкість спрацювання, через що вона не може надійно захистити не інерційні побутові прилади і радіоапаратуру [1].

## 1.4 Двохкаскадний мережевий фільтр

Фільтр виконаний двохкаскадним і від класичного відрізняється лише тим, що котушки дроселів L1 - L2 і L3 - L4 виконані на магнітопроводі і завдяки магнітному зв'язку між обмотками забезпечують ефективніше подавлення низькочастотної, наведеної одночасно на обох дротах лінії (синфазної) перешкоди (рис. 1.5) [2].

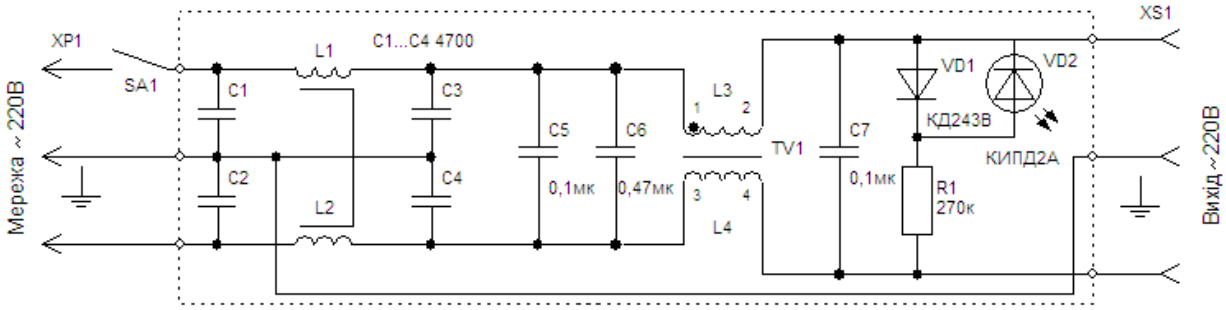



Рисунок 1.5 - Двохкаскадний мережевий фільтр

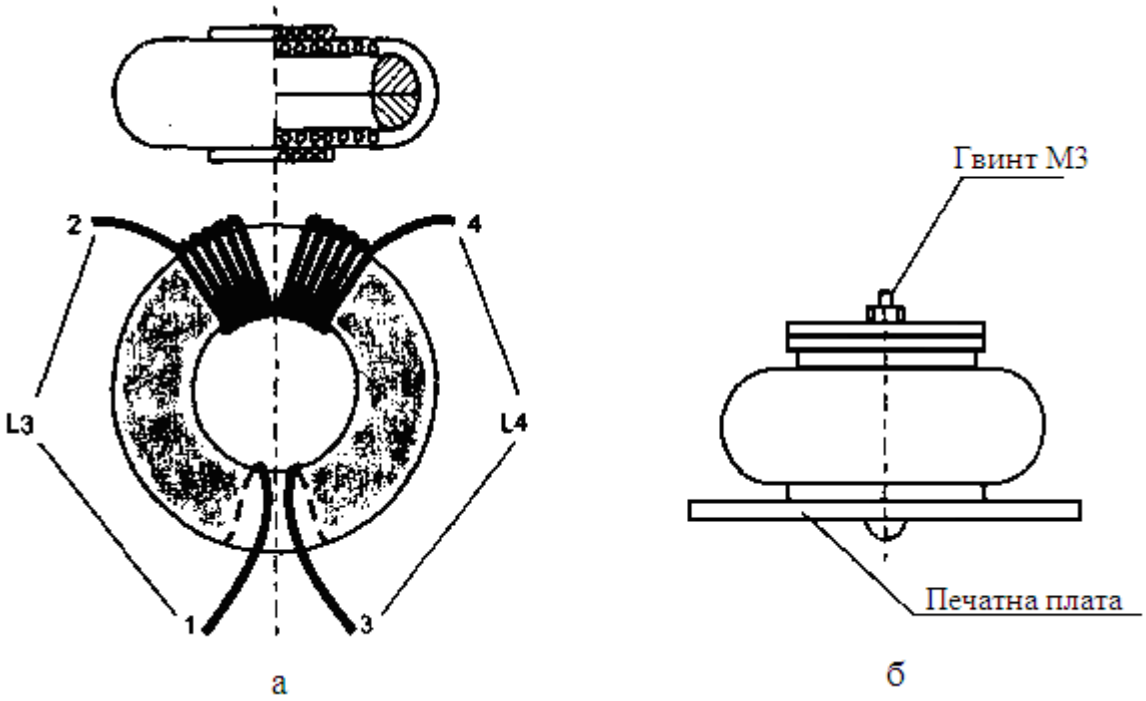
Дотримання фазування підключення виводів, як це показано на схемі і симетричність намотування котушок забезпечують відсутність підмагнічення магнітопроводу сердечника. Котушки L1, L2 і конденсатори C1, C2 забезпечують подавлення самих високочастотних перешкод, а L3, L4 і останні конденсатори - частот нижче 200 кГц.

Обмотки L1 і L2 містять по 12 витків і намотані ніхромовим дротом (00,8...0,9 мм) на кільцевому феритовому сердечникові М2000НМ типорозміру К3 1×19×7,5 з невеликим кроком (для зменшення міжвиткової ємкості).

Обмотки розташовуються окремо на протилежних частинах осередку із зазором між виводами обмоток (2...4 мм). Завдяки використанню ніхрому ці котушки будуть одночасно і резисторами (з опором близько 0,8 Ом), що обмежують струм, що потрібно при введенні в схему елементів захисту від імпульсних перешкод. Їх індуктивність виходить приблизно 0,16 мГн. Осередок обмотується фторопластовою стрічкою в два шари.

Обмотки котушок L3 і L4 мають індуктивність по 0,7 мГн. Для осередку марки МП140, аби отримати вказану індуктивність, кожна обмотка має 70 витків дротом ПЕВ діаметром 0,85 мм.

Оскільки вся обмотка не поміститься в одному шарі, її залишок домотується після ізоляції першого шару. Зовнішній вигляд намотування і розташування обмоток для Т1 показано на рисунку 1.6 а.. Як ізоляційний матеріал використовують вузьку (5 мм) фторопластову стрічку.




а – розташування котушок;

б – монтаж трансформатора на платі

Рисунок 1.6 – Конструкція трансформатора Т1

Самі котушки фіксуються на платі довгим гвинтом, як це показано на рисунку 1.6 б.

Для того, щоб забезпечити ефективну роботу фільтру і на високих частотах в першому каскаді всі конденсатори необхідно застосовувати високочастотні з серій, що допускають роботу на змінному струмі при напрузі не менше 500 В, наприклад К15-5-1,6 кВ.

Оскільки такі конденсатори не випускаються на великі номінали, збільшують. індуктивність котушок і використовують додатково низькочастотні конденсатори С5…С7. Вони дозволяють ефективно подавляти низькочастотні перешкоди побутового і промислового походження, що проникають з мережі. Як конденсатори С5…С7 з вітчизняних можна використовувати К73-16В, К73-15, К73-11, К42У-2 на 630 В або аналогічні.

Якщо для кращої фільтрації збільшувати ємкість вхідних конденсаторів збільшується і реактивна складова потужності в колі. З цієї причини зазвичай вхідну ємкість не використовують більше 1 мкФ, але і такі конденсатори конструктивно не зручні із-за своїх великих габаритів [3].

Діаметр дроту для намотування котушок L3, L4 залежить від максимального струму (суми струмів) всіх споживачів на виході фільтру

$$d = 1{,}13\sqrt{\frac{I}{j}},$$

де d – діаметр проводу, мм; I – максимальний діючий струм в колі, А; j - допустима максимальна щільність струму, А/мм$^2$.

Конструктивне виконання фільтру має велике значення. Треба виключити проникнення перешкоди з входу на вихід через паразитні ємкості монтажу і електромагнітний зв'язок, для чого необхідне забезпечити екранування каскадів, виділених на схемі пунктиром.

Для індикації наявності напруги на контактах вихідних розеток служить світлодіод VD2. Як сполучний кабель можна використовувати гнучкий багатожильний провід, що має 3 жили з перетином кожній не менше 0,75 мм$^2$.

## 1.5 Схема обмежувача напруги

Обмежувач напруги можна виконати по схемі представленій на рисунку 1.7 [2].

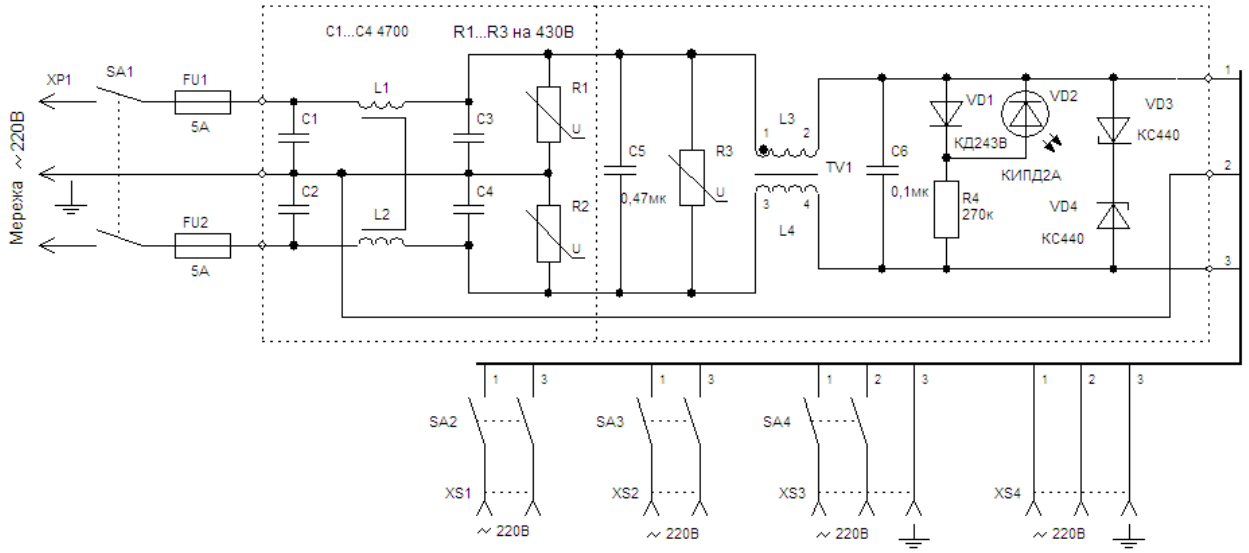



Рисунок 1.7 - Фільтр з обмежувачем рівня вихідної напруги

Варистори R1, R2 (з розсіюваною енергією 60...150 Дж), мають дискову конструкцію корпусу, що зручно для монтажу, наприклад TVR14431 (115 Дж, 430 В), S14K420 (90 Дж, 420 В) та інші.

Монтаж елементів виконується на печатній платі з однобічного склотекстоліту завтовшки 1,5...2,5 мм (рис. 1.8). Для збільшення щільності монтажу діоди VD2, VD3 знаходяться під конденсатором С6. Конденсатор С5 можна скласти з двох розташованих по висоті. А для зручності підключення зовнішніх кіл на платі можуть бути встановлені контактні гвинтові затиски.

Для забезпечення хорошої високочастотної фільтрації елементи схеми розташовуються в двох екранованих секціях.

Розміри пластмасового корпуса 200×110×45 мм. Вихідні розетки (XS1…XS4) використані різних типів – це залежить від конкретних пристроїв, що підключаються (не всі мають вилку із заземленням).

Установка додаткових вимикачів SA2…SA4, окрім загального (SA1), дозволяє з чотирьох розеток три незалежно відключати (модем, сканер, звуковий підсилювач і ін.

При викиді напруги в мережі амплітудою більш ніж 440 В спочатку спрацьовують захисні діоди, а потім варистори, обмежуючи напругу.

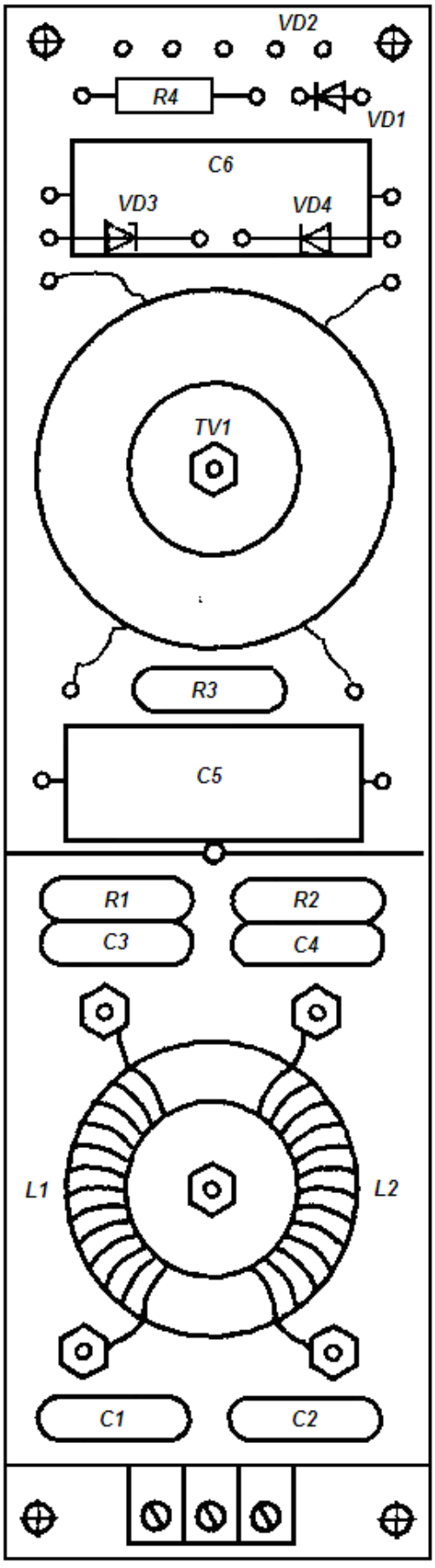



Рисунок 1.8 – Розташування елементів на печатній платі

Якщо в підключеній апаратурі сталося коротке замикання, запобіжники (FU1, FU2) відключають навантаження від мережі. Спрацьовування плавкого запобіжника може статися і в тому випадку, якщо енергія імпульсу перенапруження значно більше енергії, що розсіюється варисторами (від чого вони руйнуються, захищаючи підключену апаратуру).

Зазвичай в промислових мережевих захисних пристроях встановлюють не лише плавкі запобіжники, але і струмові вимикачі (частіше обидва види одночасно) [3].

## 1.6 Методика виготовлення печатних плат пристроїв

При конструюванні приладів на печатних платах використовують наступні методи. Моносхемний застосовують для нескладної радіоелектронної апаратури (РЕА). В цьому випадку вся електрична схема розташовується на одній печатній платі (ПП). Моносхемний метод має обмежене застосування, оскільки дуже складні ПП незручні при налаштуванні і ремонті РЕА.

Схемно-вузловий метод застосовують при виробництві масової і серійної РЕА. При цьому методі частина електричної схеми, яка має чіткі вхідні і вихідні кола (каскади ПВЧ, ППЧ, блоки розгорток і т. п.), розташовується на окремій платі. Ремонтопридатність таких виробів більша. Недолік – складність системи сполучних дротів, які зв'язують окремі плати [4].

Функціонально-вузловий метод застосовують в РЕА з використанням мікроелектронних елементів. При цьому ПП містить провідники комутації функціональних модулів в єдину схему. На одній платі можна зібрати дуже складну схему. Недолік цього методу – різке збільшення складності ПП. У ряді випадків всі провідники не можуть бути розташовані на одній і навіть обох сторонах плати. При цьому використовують багатошарові печатні плати БПП, об'єднуючі в єдину конструкцію декілька шарів печатних провідників, розділених шарами діелектрика.

Традиційним методом є застосування прозорої плівки або кальки, на яку також може бути перенесений рисунок печатних елементів. Даний метод значно спрощує процес. Деякі ксерокси дозволяють безпосередньо копіювати рисунок на плівку або кальку. При використанні цього методу слід застосовувати текстоліт, у якого мідь покрита спеціальним фоточутливим шаром – фоторезистом. Калька з кресленням плати прикладається до нього, і потім виробляється експонування в ультрафіолетовому світлі. Замість освітлення ультрафіолетовим джерелом світла можна провести півгодинну експозицію звичайної лампою розжарювання на 100 Вт, розташованої в 20 см від фоторезисту (рис. 1.9) [5].

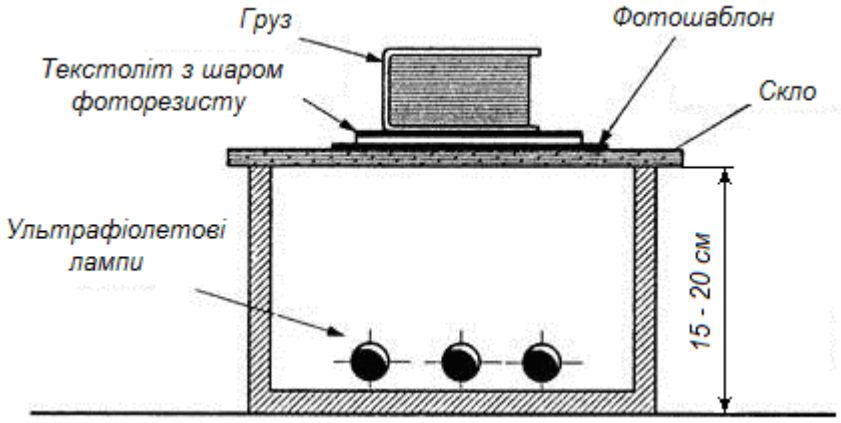



Рисунок 1.9 – Експозиція під ультрафіолетовими променями

Слідом за експонуванням здійснюється прояв у ванні з содою. Після промивки плата готова для хімічного травлення (рис. 1.10).

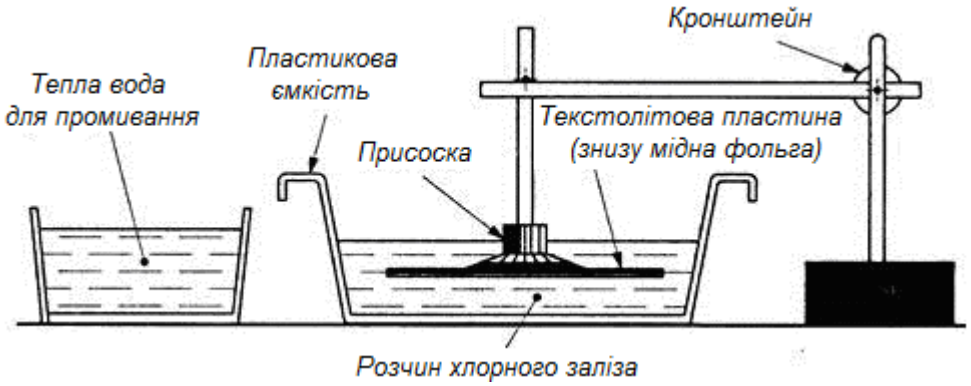



Рисунок 1.10 – Застосований спосіб травлення плати

Для цього плата занурюється у ванну з хлорним залізом. З метою активізації травлення доцільно переміщати плату в розчині. Процес може бути прискорений, якщо розчин трохи підігріти (методом «парової лазні»). Після травлення і промивання в теплій воді необхідно просвердлити отвори в платі для установки компонентів за допомогою свердла діаметром 0,8 мм. Деякі отвори повинні бути розширені до 1…1,3 мм для відповідності діаметру виводів компонентів.

### 1.6.1 Монтаж навісних компонентів на плату

Найбільш раціональний метод монтажу – установка компонентів у порядку зростання їх висоти. Починають з більш дрібних – резисторів, діодів, світлодіодів і далі таким же чином [5].

При монтажі необхідно ретельно дотримуватися орієнтації компонентів, що мають полярність – електролітичних конденсаторів, діодів, транзисторів і інтегральних схем. Будь-яка помилка на цьому етапі не тільки знижує ймовірність якісної роботи схеми, але і може привести до руйнування компонента і пошкодження інших деталей, функціонально пов’язаних з ним.

Інше важливе завдання полягає в тому, щоб виконати пайку не перегріваючи компоненти. Жало паяльника необхідно регулярно очищати. Якісна пайка визначається по характерному блиску. Сірувата і нерівна пайка є потенційною причиною поганої роботи схеми.

Інтегральні схеми більш чутливі до перегріву, ніж пасивні компоненти, тому їх краще встановлювати в спеціальних панельках. Це дозволяє уникнути їх нагрівання. Крім того, при виході з ладу їх можна буде замінити.

Метою роботи являється розробка пристроїв автоматичного захисту мережевої апаратури від перевищення та пониження напруги в мережі.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні завдання:

- враховуючи недоліки існуючого обладнання захисту мережевої апаратури забезпечити більш якісне виконання захисних функцій;

- провести аналіз функціонування розроблених пристроїв.

# 2 Розробка пристроїв автоматичного захисту мережевої апаратури

## 2.1 Пристрій аварійного захисту від перевищення мережевої напруги

Високу швидкість спрацьовування захисту забезпечує схема яка живиться безпосередньо від мережі і має бути підключена в черговому режимі постійно (рис. 2.1).

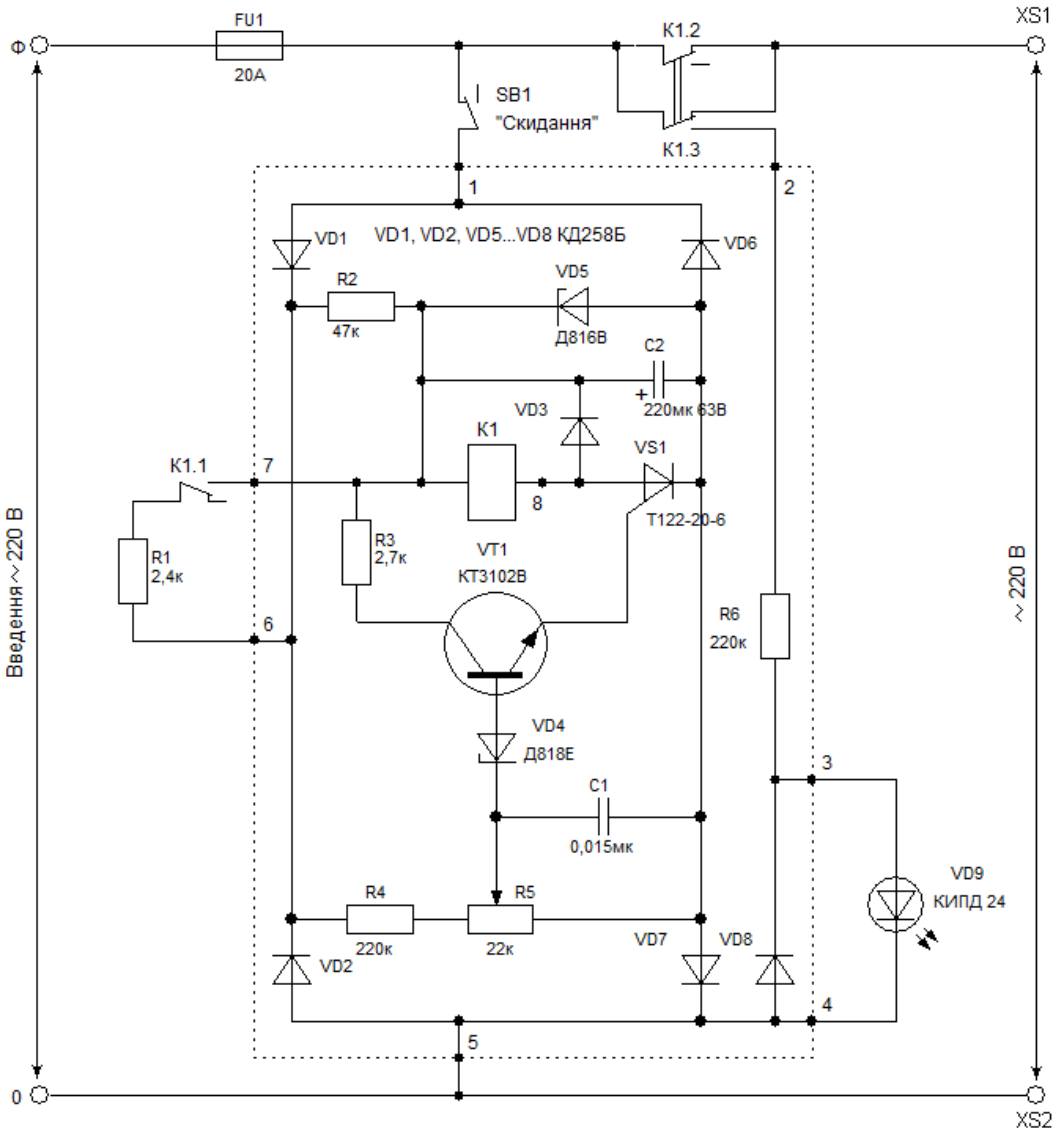



Рисунок 2.1 – Схема пристрою аварійного захисту від перевищення мережевої напруги

Пристрій відрізняється від існуючих аналогів [1] малим споживаним струмом в черговому режимі – близько 2 мА, а при спрацьовуванні захисту – не більше 100 мА.

У початковому стані реле К1 не включене і на конденсаторі С2 накопичується енергія за рахунок його заряду від мережі через резистор R2. При цьому напруга на С2 перевищить необхідну номінальну для роботи реле на 30...50%. Це дозволяє прискорити спрацьовування реле. Стабілітрон VD5 обмежує величину напруги на конденсаторі С2 рівнем 33 В (без нього напруга може досягати 340 В).

При збільшенні напруги в мережі, як тільки воно перевищить на резисторі R5 поріг відкриття стабілітрона VD4 – відкриваються транзистор VT1 і тиристор VS1. За рахунок накопиченої на конденсаторі С1 енергії спрацьовує реле К1. Група контактів К1.1 підключає резистор R1 паралельно з R2. Струм, що проходить через нього, дозволяє утримувати реле у включеному стані після спрацювання, коли конденсатор розрядиться через обмотку реле.

Тут використовується особливість електромагнітних реле – для утримання контактів у включеному стані потрібний менший струм, чим для включення. Тому включення виконується при підвищеній напрузі, а утримання здійснюється мінімально необхідною напругою – це приблизно 18 В для реле типу ТКЕ54.

Відключення навантаження виконують групи нормально замкнутих контактів реле К1 (вони включені паралельно для збільшення допустимого протікаючого струму).

Конденсатор С1 запобігає спрацьовуванню захисту від короткочасних перешкод в мережі.

Індикатором спрацьовування захисту є свічення світлодіода VD9. Діод VD8 оберігає світлодіод від дії високої зворотної напруги.

У разі спрацьовування захисту повернути схему у вихідний стан можна, натиском на кнопку “Скидання (SB1).

### 2.1.1 Розробка печатної плати пристрою аварійного захисту

Електронна частина схеми виконана із застосуванням печатного монтажу. Розводка струмопровідних доріжок печатної плати і монтажу елементної бази приведена на рисунках 2.2 і 2.3. Печатна плата виконана з одностороннього фольгованого текстоліту розміром 56 × 36 мм і змодельована в програмному застосуванні Layout 40.

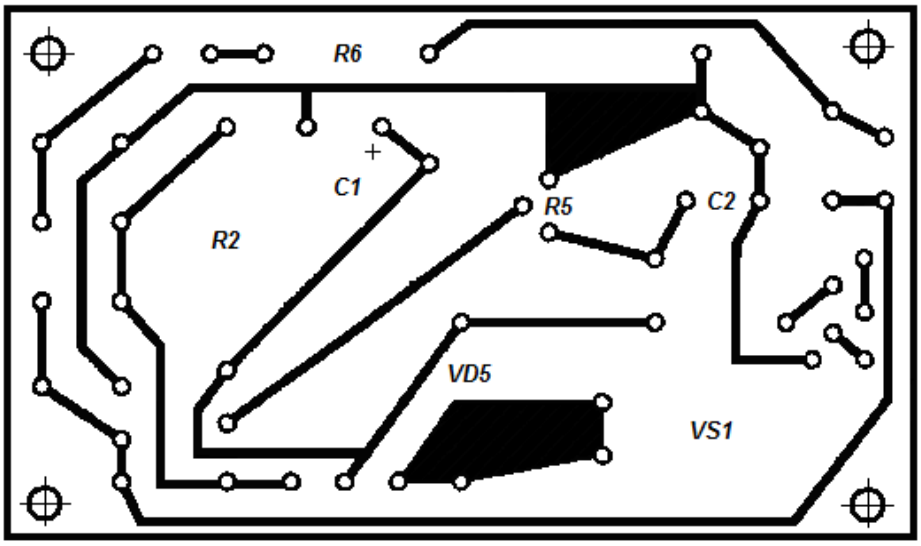



Рисунок 2.2 - Розводка струмопровідних доріжок печатної плати

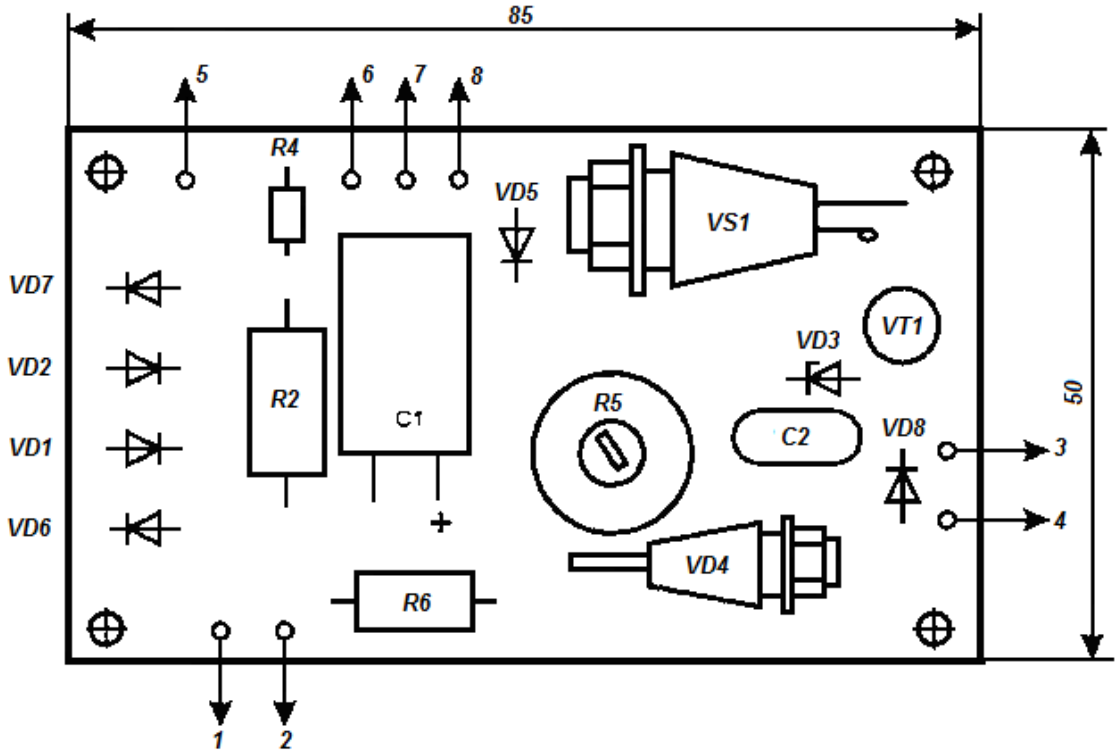



Рисунок 2.3 – Монтаж елементної бази

Деталі схеми розміщені і розпаяні відповідно до полярності включення напівпровідників.

## 2.2 Пристрій автоматичного захисту при відхиленні мережевої напруги від номіналу

Пристрій на рисунку 2.1 не захищає радіоапаратуру від зниженої напруги в мережі.

Існуючі вітчизняні мережеві фільтри типа “Пілот” і аналогічні імпортні блоки (навіть з індикацією знаходження напруги в допустимому інтервалі) не забезпечують збереження апаратури у випадку відхилення мережевої напруги за допуск. Мережеві фільтри борються лише з короткочасними викидами і перешкодами, а коштують невиправдано дорого.

Розроблений пристрій постійно стежить за станом напруги в мережі і вчасно відключає радіоапаратуру (рис. 2.4).

Блок захисту розроблений для живлення персонального комп’ютера і пристроїв, які використовуються спільно з ним (рис. 2.5). Тому усередині містить також фільтр від мережевих перешкод (елементи С1...С3 і Т1) [7]. Використання мережевого фільтру може бути застосовано для живлення будь-якої радіоапаратури. Схема забезпечує захист підключеної радіоапаратури від переривистого зникнення напруги. Так, наприклад, комп'ютер рекомендується повторно включати не раніше ніж через 15...30 с – коли усередині нього закінчаться усі перехідні процеси в джерелі живлення і інших вузлах. Трансформатор Т2 призначений для живлення блоку керування.

Схема забезпечена індикаторами контролю функціонування.

Розроблена схема дозволяє швидко (за 4…10 мс) автоматично відключити радіоапаратуру або будь-яке інше навантаження від мережі, у разі відхилення напруги за допустимий діапазон.

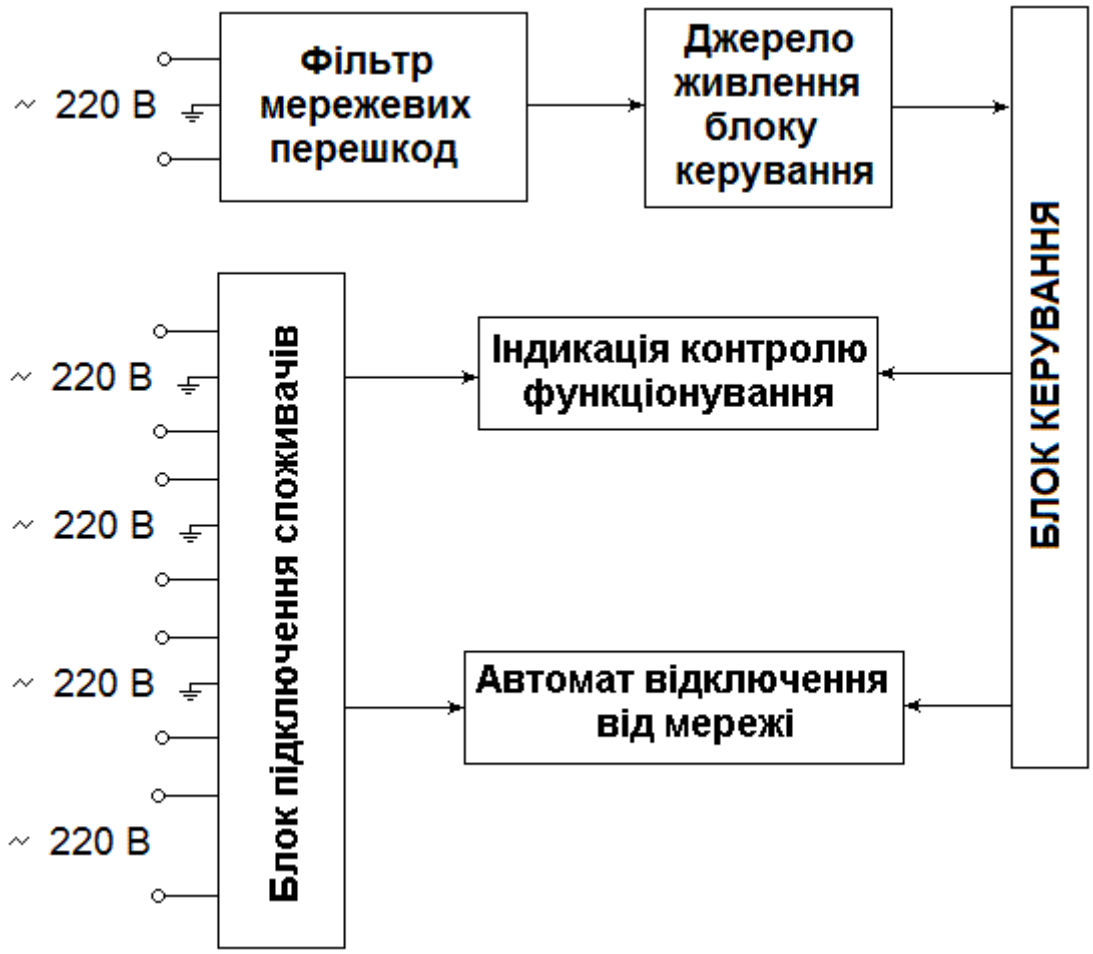



Рисунок 2.4 – Функціональна схема мережевого автомата

### 2.2.1 Розробка блоку керування

Блок керування призначений для автоматичного відключення споживачів у випадку відхилення мережевої напруги за допуск. Функціональна схема блоку керування складається з блоку живлення, стабілізатора напруги, компараторів контролю рівня напруги, схеми контролю спрацювання автоматики (рис. 2.6).

Блок живлення для блоку керування виконано на трансформаторі Т2, з обмотки 12, 13 якого поступає напруга на стабілізатор, а з обмотки 22, 23 на схему контролю. Компаратори виконують контроль рівня напруги. Вузол затримки в схемі контролю спрацювання автоматики згладжує режими контролю мережевої напруги.

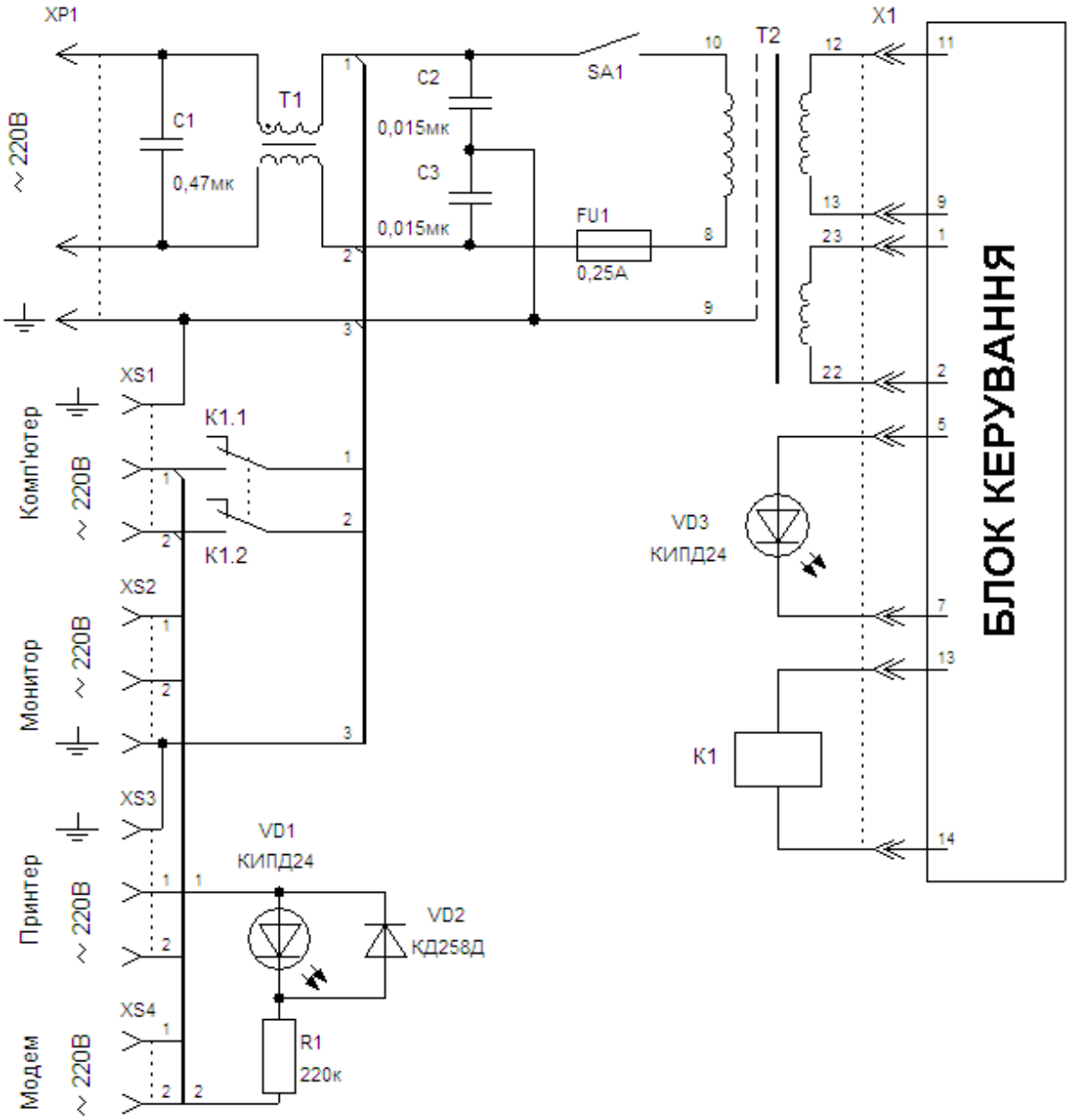



Рисунок 2.5 – Загальна схема автомата з блоком керування

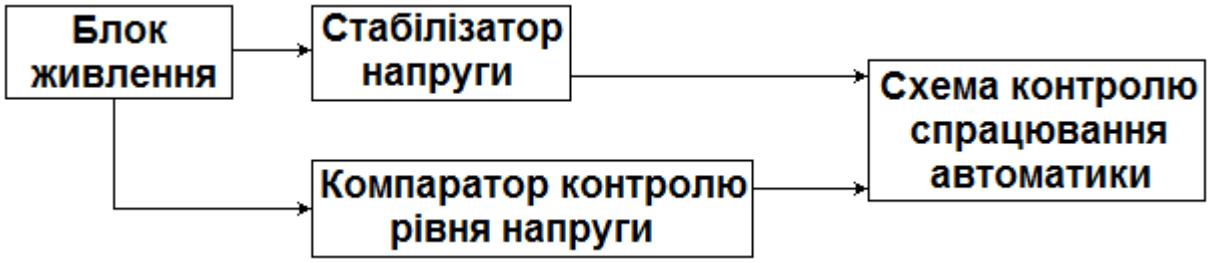



Рисунок 2.6 – Функціональна схема блоку керування

### 2.2.2 Компаратор контролю рівня напруги

Вживання компараторів дозволяє з високою точністю набудувати необхідні пороги спрацьовування захисту.

Компаратори напруги це пристрої, які призначені для порівняння двох сигналів. Вони мають два входи. Один з входів призначений для подачі досліджуваного сигналу $U_x$, а інший для подачі опорної напруги $U_{оп}$ [6].

У момент часу, коли досліджуваний сигнал $U_x$ порівнюється з пороговою напругою $U_{пор}$, який залежить від величини опорної напруги $U_{оп} = F(U_{пор})$, компаратор змінює свій стан. Стан компаратора визначається величиною вихідної напруги, яка може приймати два значення: $U_{вих} = U^0_{вих}$ або $U_{вих} = U^1_{вих}$.

Роботу компаратора зазвичай характеризують аналітично, у вигляді нерівностей або амплітудною характеристикою. Компаратор з такою характеристикою називається інвертуючим (рис. 2.7).

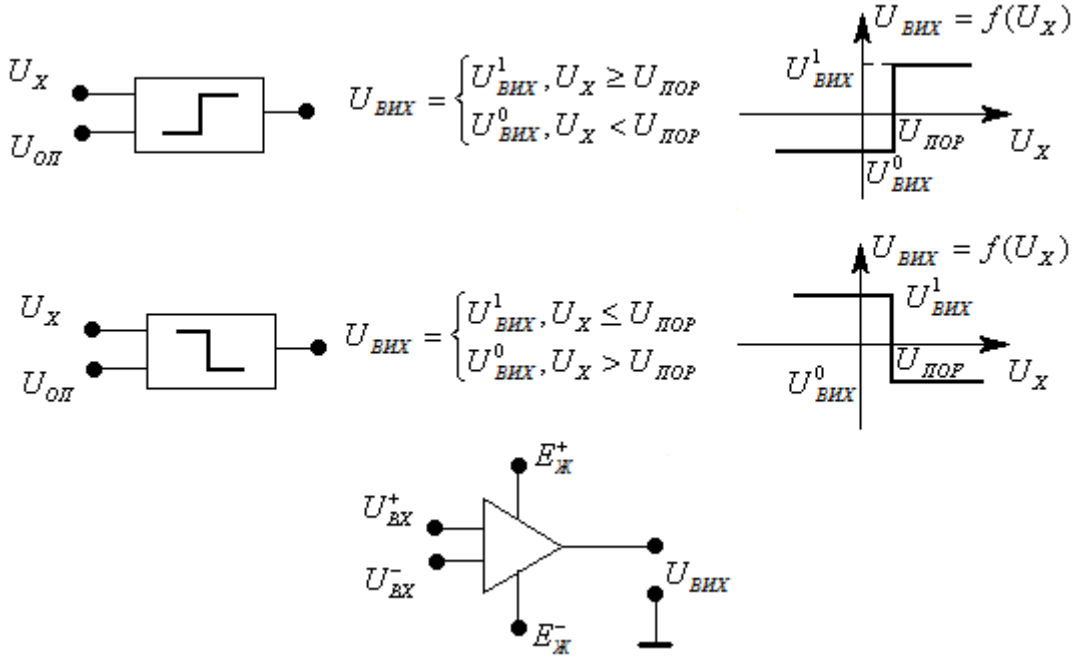



Рисунок 2.7 – Інвертуючий компаратор

У якості компаратора зазвичай використовують операційний підсилювач (ОП). Вхідна ($U_{вх+}$, $U_{вх-}$) и вихідна ($U_{вих}$) напруги ОП зв'язані співвідношенням

$$U_{âèõ} = \hat{E}_{ïî} (U_{âõ+} - U_{âõ-}), \qquad (2.1)$$

де $К_{оп}$ – коефіцієнт підсилення операційного підсилювача.

У зв’язку з тим що $К_{оп}$ великий ($10^5 \ldots 10^6$) лінійний режим має місце лише при малих вхідних сигналах, коли їх діапазон не перевищує долів або одиниць мілівольта.

За відсутності негативного зворотного зв'язку або при введенні позитивного зворотного зв'язку схеми на ОП володіють нелінійними властивостями і виконують функції компараторів, генераторів сигналів і т. п.

При чималих значеннях вхідної диференціальної напруги має місце режим обмеження вихідної напруги:

$$U_{вих} = U^1_{вих} \approx E_ж^+ \text{ sign } U_{вх+}, \text{ при } U_{вх+} > U_{вх-}, \qquad (2.2)$$
$$U^0_{вих} \approx E_ж^- \text{ sign } U_{вх+}, \text{ при } U_{вх+} < U_{вх-},$$

Завдяки великому коефіцієнту посилення ОП мають амплітудну характеристику аналогічну характеристиці компаратора.

Недоліком ОП при використанні їх у якості компараторів являється невисока швидкодія перемикання (складність схеми та велике число активних компонентів). У тих випадках коли необхідна висока швидкодія використовують спеціальні схеми компараторів. По структурі вони аналогічні ОП, але мають більш просту схему з меншим числом активних компонентів.

Основні параметри компаратора аналогічні параметрам ОП, але є і специфічні: зона невизначеності $2\Delta E = E_ж / К_{оп}$ – це така зміна досліджуваної напруги поблизу порогу спрацьовування, при якому компаратор не приймає жодного зі своїх стаціонарних станів.

Параметри, що характеризують якість компараторів, можна розділити на три групи: точністні, динамічні і експлуатаційні.

Компаратор характеризується тими ж точністними параметрами, що і ОП [7].

Основним динамічним параметром компаратора являється час перемикання $t_п$. Це проміжок часу від початку порівняння до моменту, коли вихідна напруга компаратора досягає протилежного логічного рівня.

Час перемикання заміряється при постійній опорній напрузі, що подається на один з входів компаратора і скачку вхідної напруги $U_{вх}$, що подається на інший вхід. Цей час залежить від величини перевищення $U_{вх}$ над опорною напругою.

Вихідні каскади компараторів зазвичай володіють більшою гнучкістю, чим вихідні каскади операційних підсилювачів.

Вихідні транзистори деяких типів компараторів, наприклад К521СА3 або LM311 мають відкриті, тобто непідключені колектор і емітер. Дві основні схеми включення компараторів такого типа приведено на рисунку 2.8.

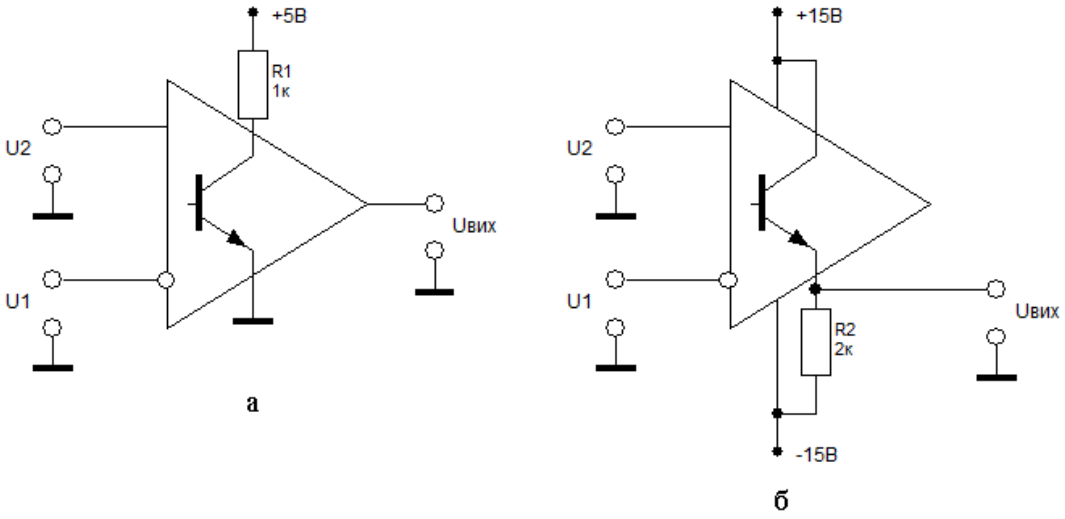



Рисунок 2.8 – Схеми включення вихідного каскаду компаратора К521СА3

На рисунку 2.8 а вихідний транзистор компаратора включений за схемою із загальним емітером. При потенціалі на верхньому виведенні резистора рівному +5 В до виходу можна підключати входи ТТЛ, nМОП і КМОП-логіку з живленням від джерела 5 В. Для управління КМОП-логікою з більшою напругою живлення слід верхній вивід резистора підключити до джерела живлення даної цифрової мікросхеми.

Якщо необхідна зміна вихідної напруги компаратора у межах від $U^{+}_{ж}$ до $U^{-}_{ж}$, вихідний каскад вмикається по схемі емітерного повторювача (рис. 2.8 б). При цьому помітно знижується швидкодія компаратора.

Вихідний сигнал компаратора майже завжди діє на входи логічних кіл і тому узгоджується по рівню і потужності з їх входами. Таким чином, компаратор - це елемент переходу від аналогових до цифрових сигналів, тому його інколи називають однобітовим аналого-цифровим перетворювачем.

Різновиди компараторів.

1. Компаратори без позитивного зворотного зв'язку

- двохвходові (для порівняння однополярних вхідних сигналів)

- одновходові (для порівняння різнополярних вхідних сигналів)

2. Компаратори з позитивним зворотним зв'язком

Схема двохвходового інвертуючого компаратора приведена на рисунку 2.9.

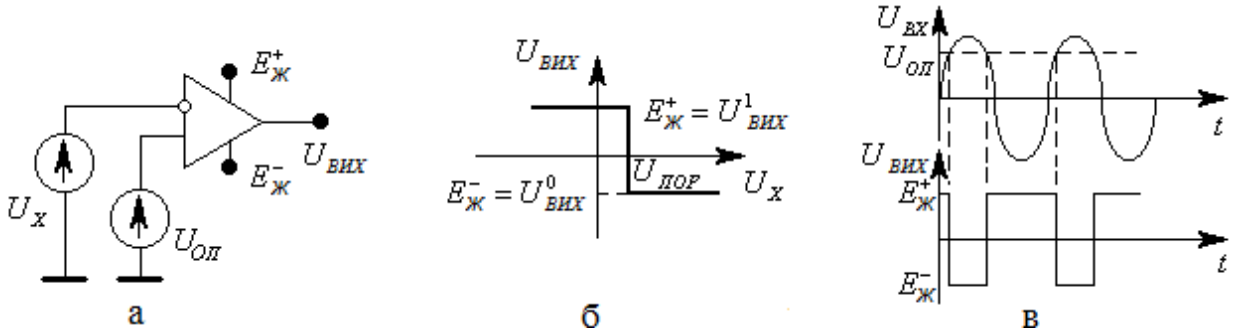



Рисунок 2.9 - Схема двохвходового інвертуючого компаратора

Визначимо величину порогової напруги компаратора $U_{пор}$.

$$U_x = U_{вх-} = U_{вх+} = U_{оп}$$

Звідси витікає, що $U_{пор} = U_{оп}$. На рисунку 2.9 б приведена амплітудна характеристика, а на рисунку 2.9 в часові діаграми роботи схеми, коли вхідний сигнал гармонійний.

Схема двохвходового неінвертуючого компаратора приведена на рисунку 2.10.

Визначимо величину порогової напруги компаратора $U_{пор}$.

$$U_x = U_{вх+} = U_{вх-} = U_{оп}.$$

Звідси витікає, що $U_{пор} = U_{оп}$. На рисунку 2.10 б приведена амплітудна характеристика, а на рисунку 2.10 в часові діаграми роботи схеми, коли вхідний сигнал гармонійний.

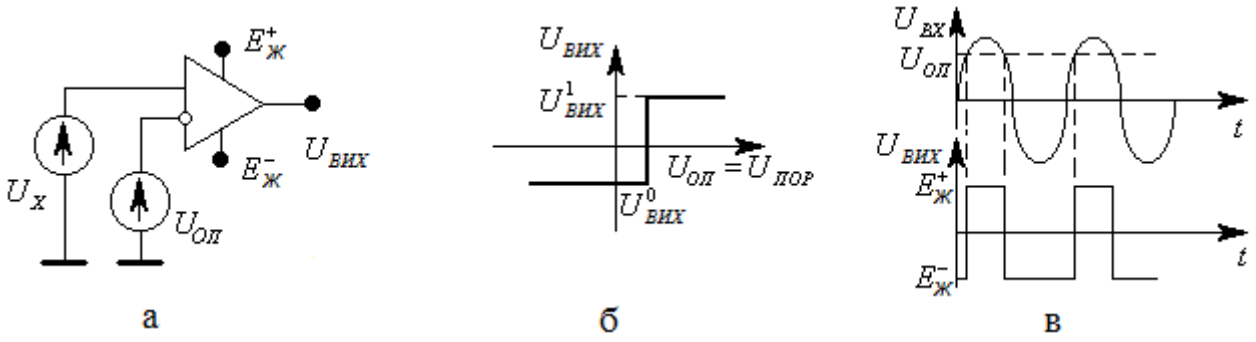



Рисунок 2.10 - Схема двохвходового не інвертуючого компаратора

Завдяки позитивному зворотному зв’язку підвищується швидкодія компараторів.

Швидкодія перемикання компараторів залежить від швидкості наростання вхідних сигналів, тобто від часу перебування вхідного сигналу в зоні невизначеності, а тому перемикання компаратора відбувається із затримкою. У компараторі з позитивним зворотним зв'язком сигнал, що перемикається складається з двох складових:

- вхідного (досліджуємого) сигналу;

- сигналу, що поступає з виходу по колу ПЗЗ.

Сигнал на виході компаратора посилений в $K_{оп}$ разів, в стільки ж раз збільшується його швидкість зміни. За рахунок цього перемикання компаратора з ПЗЗ відбувається значно швидше, ніж без неї.

Моделювання схеми двохвходового інвертуючого компаратора виконано в програмному застосуванні Electronics Workbench (рис. 2.11).

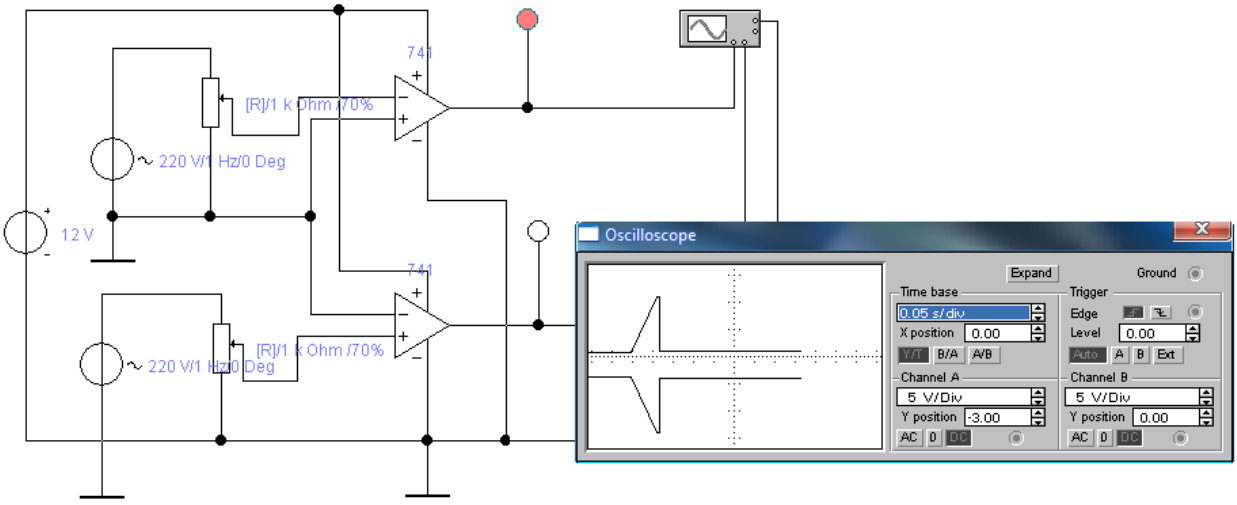



Рисунок 2.11 – Моделювання компаратора в EWB

Результати аналізу показують правильність спрацювання компаратора при появі різниці напруги на входах.

Схема компаратора контролю рівня напруги побудована на двох операційних підсилювачах, дільнику напруги та регуляторів рівня сигналів, що порівнюються (рис. 2.12) [1].

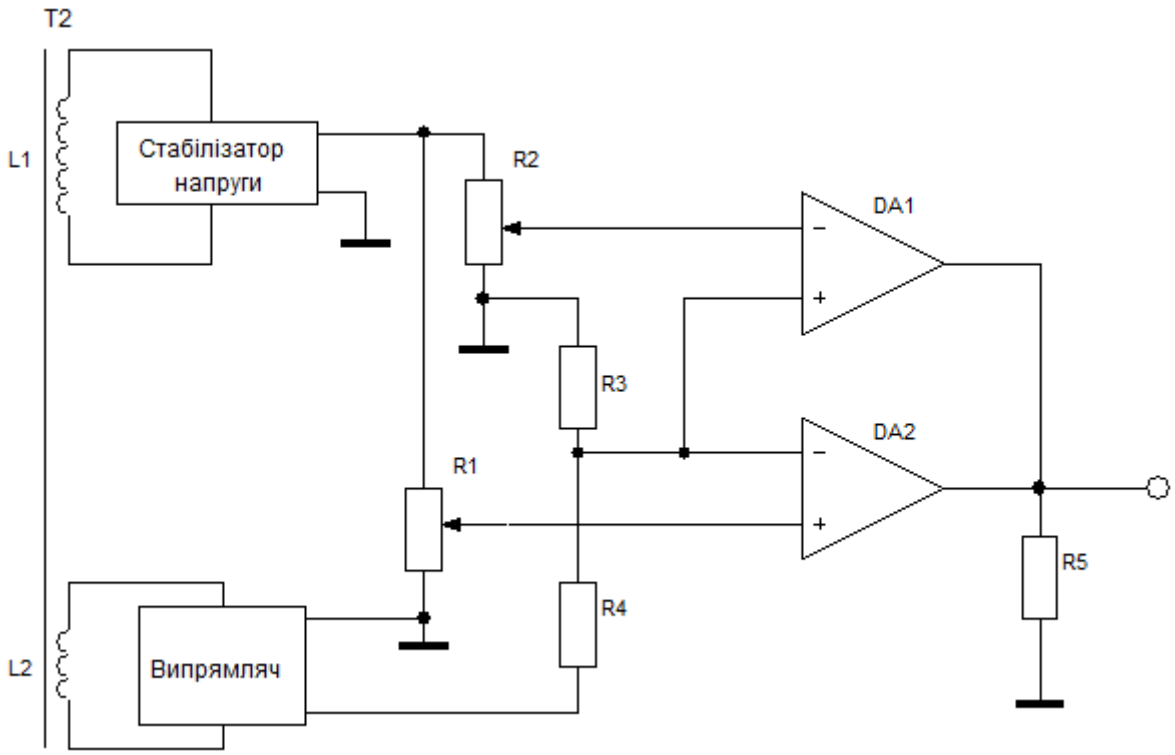



Рисунок 2.12 - Схема компаратора контролю рівня напруги

Змінна напруга, що знімається з другої обмотки L2 трансформатора T2, використовується для контролю рівня напруги. Вона перетворюється в постійну випрямлячем і через дільника R3-R4 подається на входи компараторів DA1, DA2. Їх пороги спрацьовування встановлюються: на перевищення допустимої напруги резистором R1, а на зниження – підстроюванням резистора R2.

У компараторах використовуються емітерні виходи внутрішніх транзисторів, що забезпечує їх спільну роботу на одне навантаження – R5. На резисторі R5 з'являтимуться імпульси або позитивна напруга у момент знаходження мережевої напруги на рівні порогу або за його межами.

### 2.2.3 Схема контролю спрацювання автоматики

Схема контролю спрацювання автоматики зібрана на D-тригерах і спрацьовує по рівню логічної одиниці1 яка з'являється на резисторі R5 (рис. 2.12). Якщо мережева напруга знаходиться в межах допуску – на R5 буде нульовий рівень. Схема виключає брязкіт спрацьовування реле у разі, якщо мережева напруга знаходиться на межі спрацювання захисту.

Моделювання схеми контролю спрацювання автоматики виконано в програмному застосуванні Electronics Workbench (рис. 2.13).

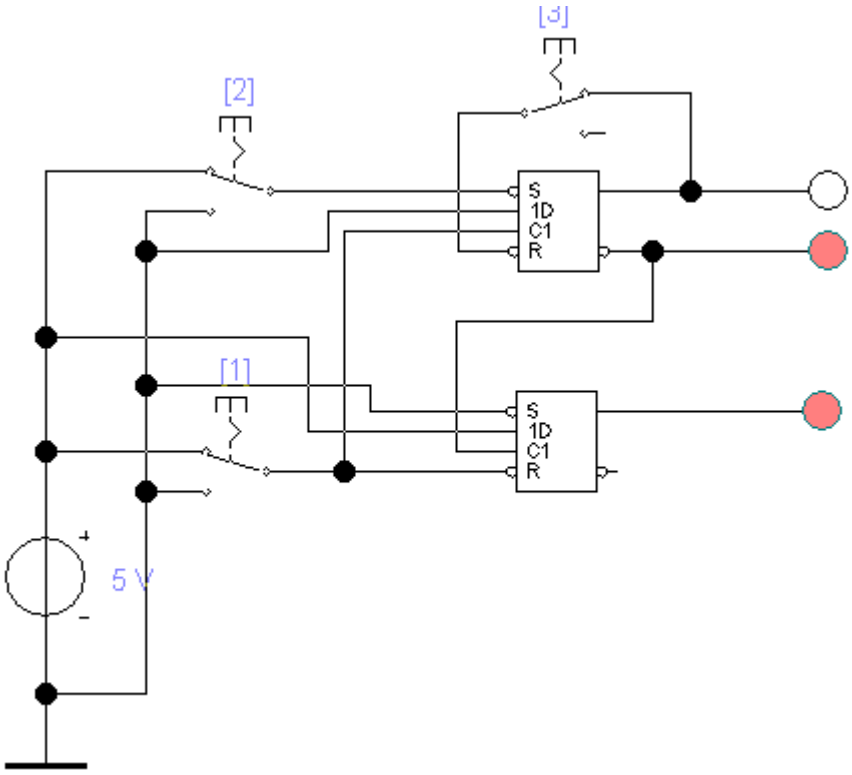



Рисунок 2.13 - Моделювання схеми контролю спрацювання автоматики

Результати аналізу показують правильність спрацювання тригерів схеми при появі сигналів, що імітуються перемикачами 1…3 (заряд та розряд відповідних ємностей).

Для побудови схеми контролю спрацювання автоматики оберемо мікросхему К561ТМ2 КМОН-логіки (рис. 2.14) [8].

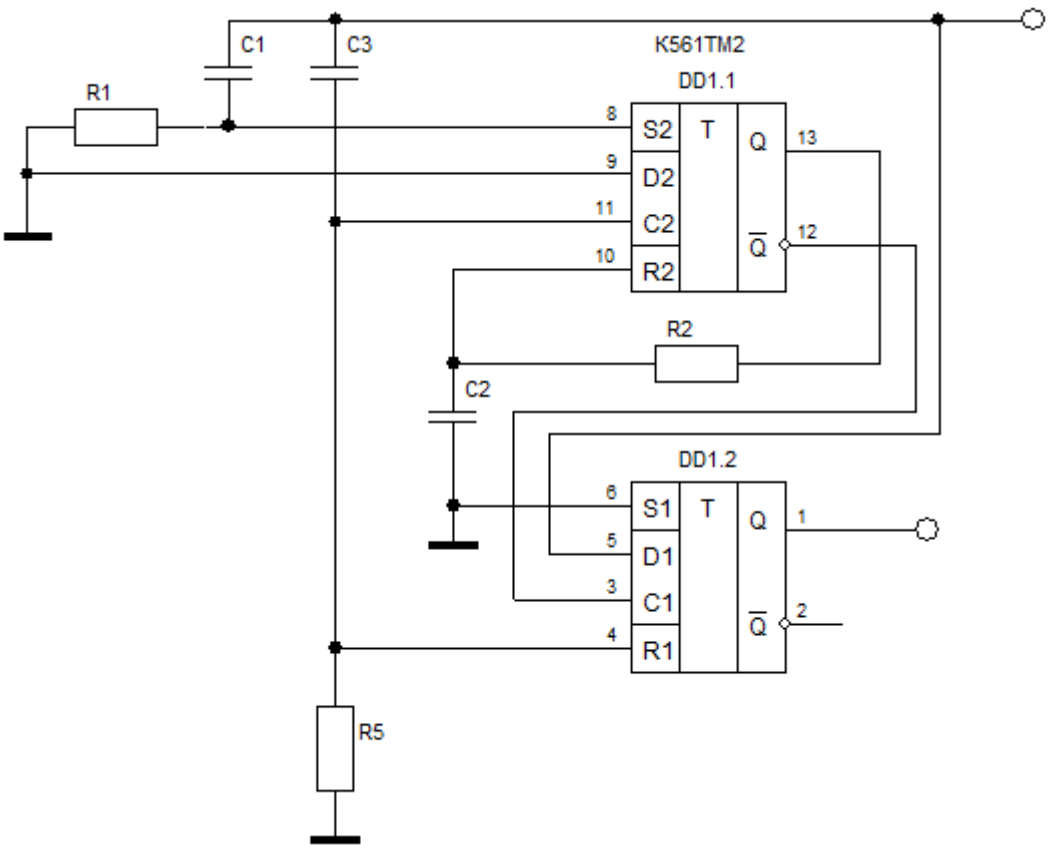



Рисунок 2.14 - Схема контролю спрацювання автоматики

При первинному включенні коло з С3 і R5 за рахунок струму, що проходить при зарядці С3, формує короткий імпульс початкової установки тригера DD1.2 (на виході DD1.2 (1) при цьому буде логічний нуль). Аналогічне коло з елементів С1 – R1 формує ширший імпульс на вході DD1.1 (8) (на DD1.1 (13) з'явиться логічна одиниця). Як тільки через резистор R2 заряджатиметься конденсатор С2 (з'явиться логічна одиниця на вході R) – тригер DD1.1 повернеться у вихідний стан (DD1.1 (12) – “1”, DD1.1 (13) – “0”). При цьому позитивний фронт імпульсу на вході DD1.2 (3) (за наявності рівня логічної одиниці на DD1.1 (5)) перемкне тригер DD1.2 і на виході DD1.2 (1) з'явиться логічна одиниця. При цьому реле К1 (рис. 2.5) включиться і своїми контактами К1.1 – К1.2 подасть мережеву напругу у навантаження.

Якщо мережева напруга знаходиться на краю допуску або за його межами – у момент включення схеми тумблером SA1 на резисторі R5 присутні відповідно імпульси або логічної одиниці на виході DD1.1 (13) з'явиться логічний нуль. В цьому випадку тригер DD1.2 не включить реле.

Загальна схема електрична принципова блоку керування представлена на рисунку 2.15.

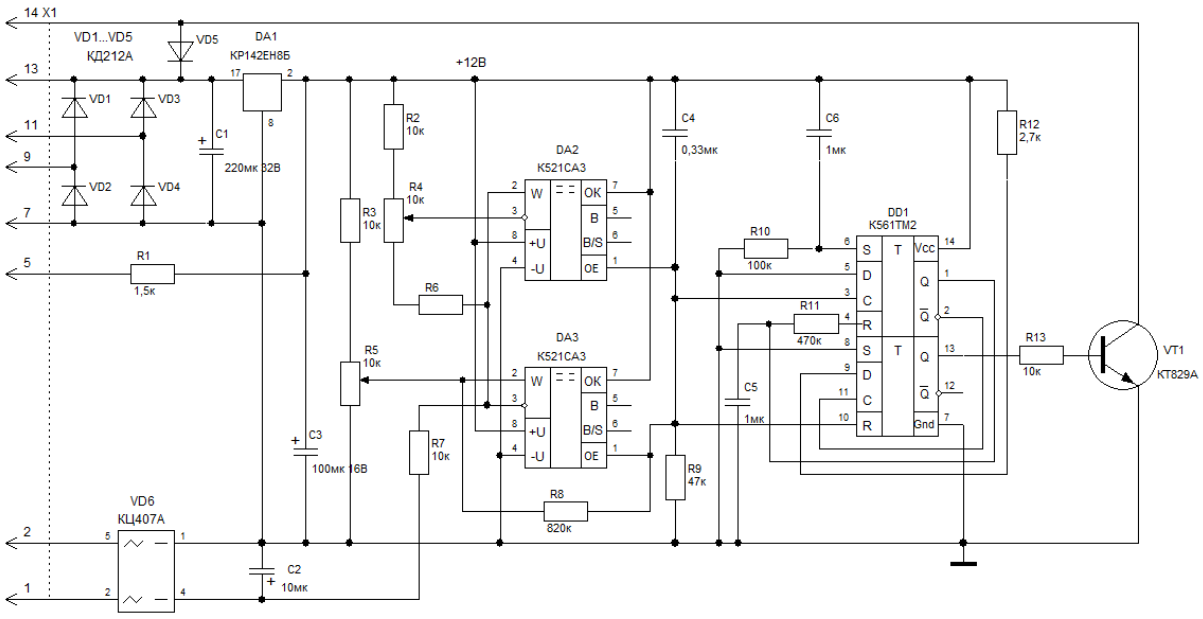



Рисунок 2.15 - Схема електрична принципова блоку керування

В схемі пристрою автоматичного захисту при відхиленні мережевої напруги від номіналу (рис. 2.16) використані деталі: постійні резистори типа МЛТ; підстроєчні R4, R5 типу СПЗ-19А; конденсатори С7...С9 типа К42У-2 на 630 В; С1 – К52-11 на 32 В; С5, С6 – типа К50-35 на 25 В; С4, С8 – К10-17. Можна відзначити, що схема не критична до вибору номіналів елементів і для її збірки можуть застосовуватися резистори і конденсатори найближчих значень з ряду. Світлодіоди VD7, VD9 з серії КИПД.

Оскільки КМОП мікросхеми володіють малою навантаженою здатністю, для включення реле використовується транзистор \VT1 з великим коефіцієнтом посилення. Аналогом являється КТ972.

### 2.2.4 Моделювання печатної плати блоку керування

Конструктивно всі елементи схеми блоку керування розташовані на печатній платі з однобічного склотекстоліту завтовшки 1...3 мм.

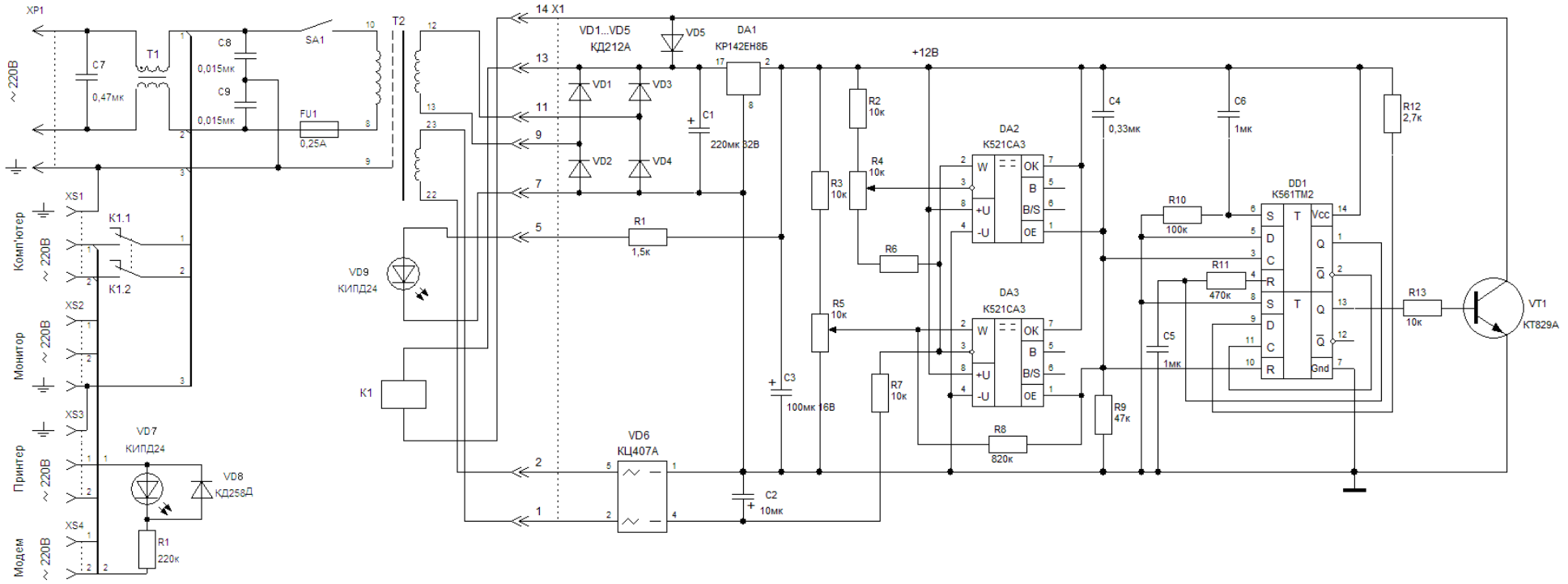



Рисунок 2.16 – Схема електрична принципова пристрою автоматичного захисту мережі

Печатна плата з габаритними розмірами 85×60 мм представлена на рисунку 2.17.

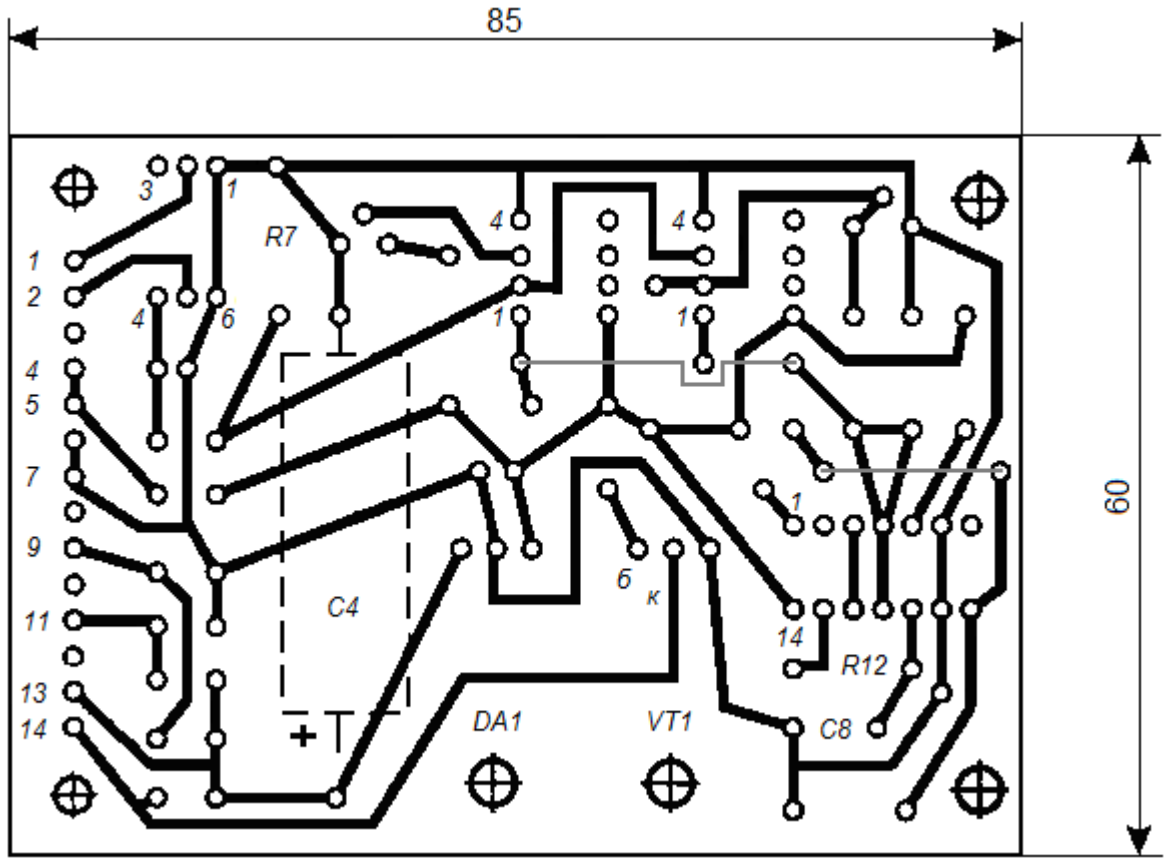



Рисунок 2.17 - Печатна плата блоку керування

Плата має три об'ємні перемички, що робить простішим її виготовлення (розводку провідників).

Для зручності з'єднання плати із зовнішніми колами встановлено роз'їм X1 типа МРН14 (на печатній платі вилка) (рис. 2.18). Гнізда XS1...XS3, так само як і мережева вилка XP1, повинні відповідати євростандарту, а число гнізд може бути збільшене до потрібної кількості.

Реле К1 типа ТКЕ54ПОД або сучасніші з серії РНЕ44. Якщо блок використовуватиметься лише для живлення комп’ютерних пристроїв, то може бути використано також реле типа РЕН33.

Трансформатор Т1 являється дроселем і виконується на броньовому магнітопроводі типорозміру ШЛ25×20 (перетин заліза в місці розташування обмоток 25×20 мм).

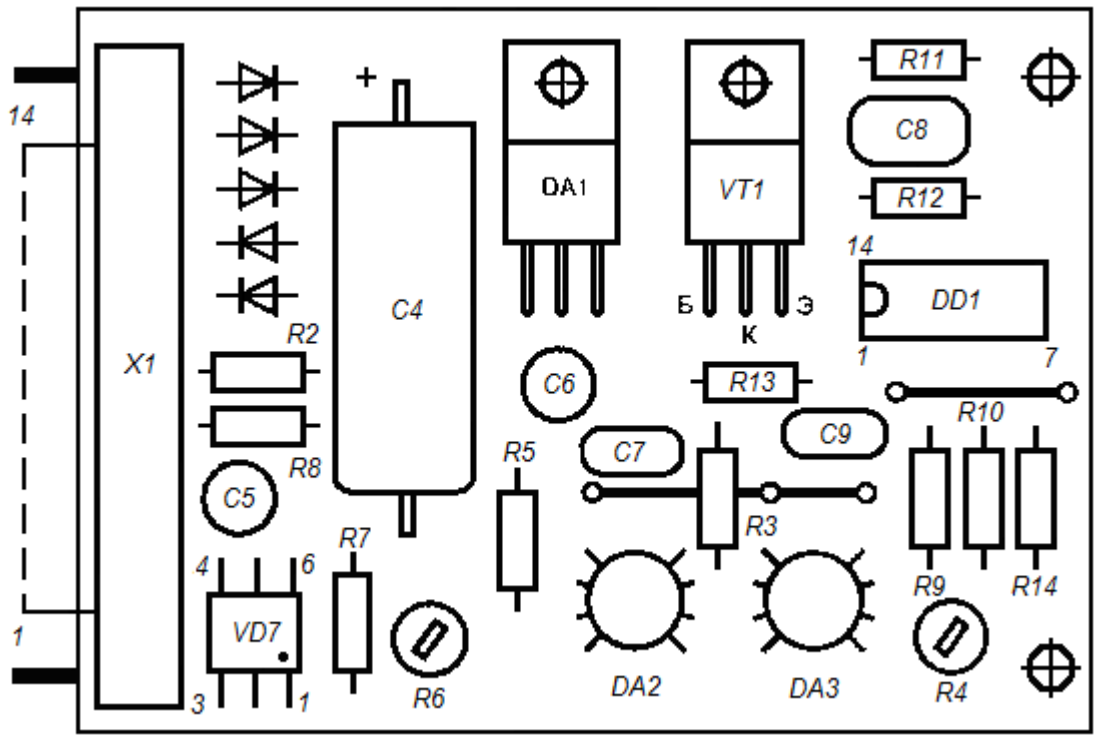



Рисунок 1.18 – Розташування елементів блоку керування

Обидві обмотки містять по 60...70 витків дротом ПЕЛ-2 діаметром 0,8...1,0 мм. Для того, щоб забезпечити симетричність обмоток – число витків в них має бути однаковим. Намотування виконується на каркасі з середньою перегородкою (рис. 2.19). Перегородка дозволяє виключити пробій ізоляції між дротами обмоток. Такий дросель фільтру дає можливість підключати до гнізд XS1...XS3 навантаження із загальною потужністю до 2 кВт.

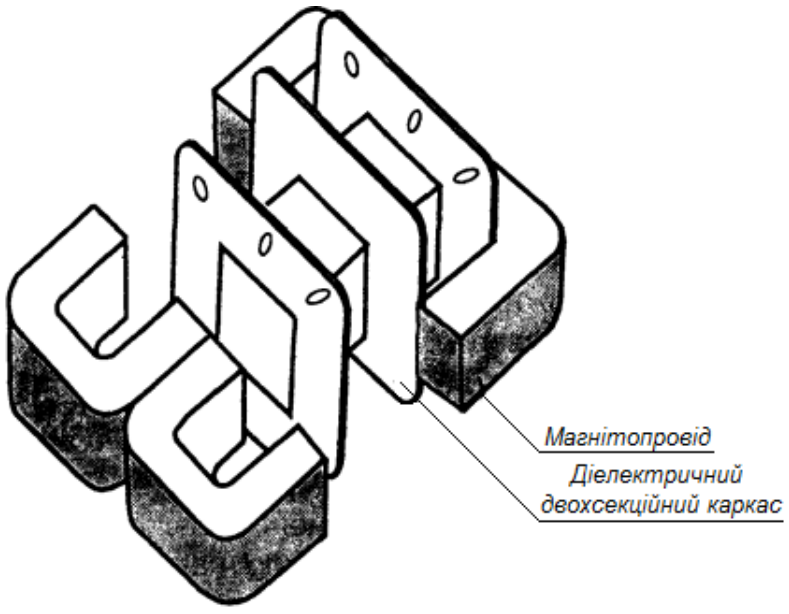



Рисунок 2.19 – Вигляд конструкції трансформатора Т1

Трансформатор Т2 застосовано уніфікований типа Уа4.709.066 (ОСТ 25-99-71), але підійдуть і багато інших з серії ТВП з напругою у вторинних обмотках: (12-13) – 20...24 В (0,2 А) і (22-23) – 5...7 В (0,01 А). Його потужність має бути не менше 9 Вт.

Уся схема пристрою автоматичного захисту мережевої апаратури споживає від мережі струм не більше 30 мА.

В пристрої можна зробити автоматичне відключення (в разі аварійної ситуації) не лише зовнішнього навантаження, але і самої схеми блоку захисту. Для цього потрібно внести до схеми зміни, приведені на рисунку 2.20.

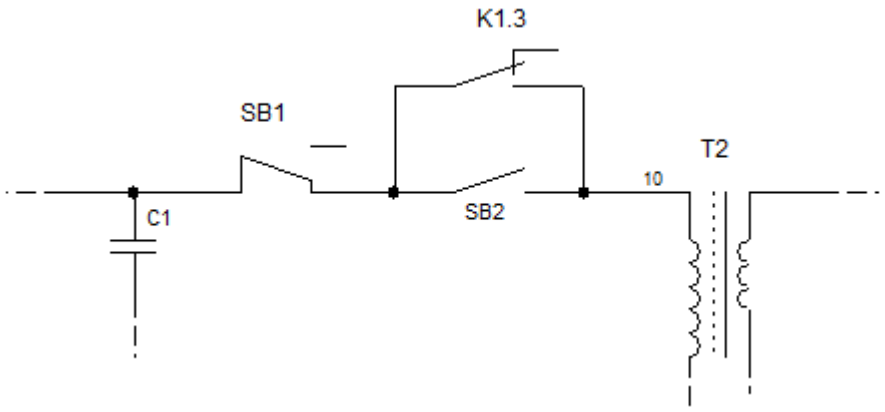



Рисунок 2.20 – Можлива заміна перемикача SA1 кнопками

Замість перемикача SA1 встановлюються кнопки SB1 і SB2, а також підключається одна вільна група контактів реле К1.3.

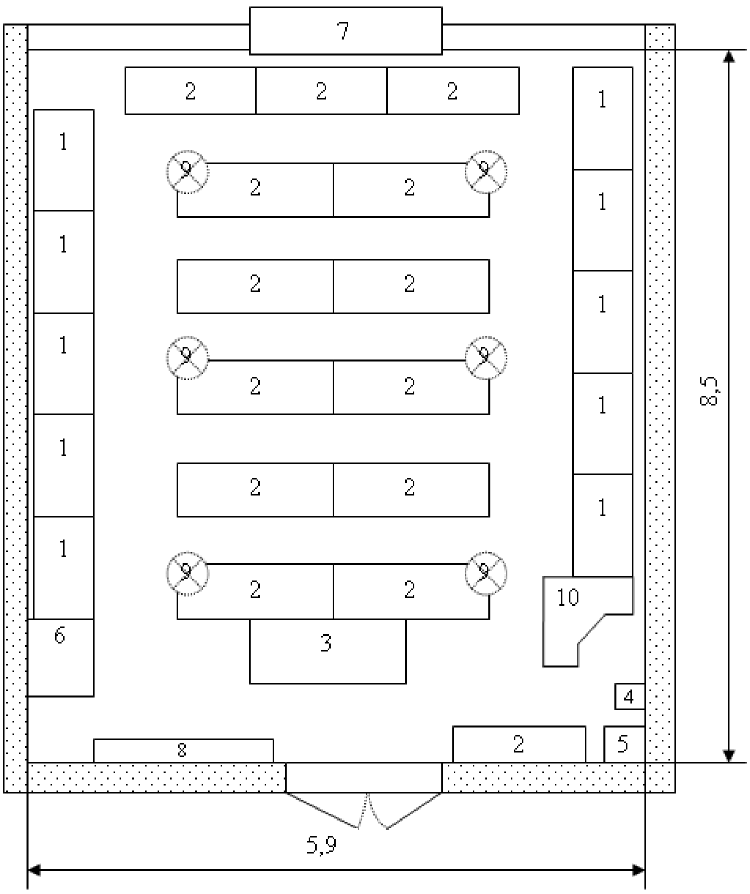
При включенні реле К1 ця група контактів замикає коло кнопки SB2 для постійного живлення схеми керування.

При необхідності вимкнути автомат і пристрої, що через нього живляться, необхідно натиснути кнопку SB1.

# 3 Охорона праці та техногенна безпека

## 3.1 Характеристика потенційних небезпечних та шкідливих виробничих факторів

При виконанні дипломної роботи комп’ютерне моделювання та макетування пристрою автоматичного захисту мережевої апаратури, проводилися в аудиторії 216 кафедри МЕІС, план якої представлено на рисунку 3.1.




1 - стіл комп'ютерний; 2 - стіл аудиторний; 3 - стіл викладача; 4 - автомат відключення електричного живлення; 5 - шафа силова; 6 - шафа універсальна;  7 - спліт система; 8 - дошка аудиторна; 9 - світильник 4-х ріжковий; 10 - стіл адміністратора мережі

Рисунок 3.1 – План аудиторії

Площа приміщення складає 50,15 м$^2$; об’єм 188,06 м$^3$; довжина приміщення 8,5 м; ширина приміщення 5,9 м; висота приміщення 3,5 м; число вікон 1; число робочих місць 2; освітлення: природне (через бічне вікно) і загальне штучне. Параметри приміщення задовольняють нормативним значенням: площа 6м$^2$, об’єм 20м$^3$ на одного працюючого.

Проте вживання електроустаткування може нести в собі ряд шкідливих і небезпечних для життя і здоров'я людей чинників, що працюють з ним. Основну небезпеку дослідницької лабораторії представляють використання електроприладів, які працюють при напрузі тих, що є небезпечними для життя [9].

Дія електричного струму на живу тканину носить своєрідний характер. Проходячи через організм, електричний струм виробляє термічну, електролітичну і біологічну дію [10].

Міра небезпечної і шкідливої дії на людину електричного струму і електричної дуги залежить від роду і величини напруги струму, частоти струму, дороги струму через тіло організму, тривалість дії електричного струму, умов зовнішнього середовища.

У дослідницькій лабораторії існує можливість виникнення безпеки при роботі з шкідливими речовинами в процесі моделювання плати пристрою. При монтажі електронних плат застосовують ацетон, спирт для знежирення і очищення від пилу мікросхеми, а також олово і каніфоль для припаювання ніжок напівпровідникового приладу до плати.

Спирт, ацетон викликає сухість шкіри. При систематичному вдиханні можливі захворювання сітківки ока. Також можливі нирко-психічні захворювання. Каніфоль дратівливо діє на слизисті оболонки дихальних доріг і на шкіру, що наводить до дерматитів.

При недостатній освітленості на робочому місці може виникнути зорова втома.

## 3.2 Виробнича санітарія

При дослідженні мікропроцесорного пристрою для дослідження електричних параметрів автомобільного індикатора-регулятора напруги якість багато в чому залежить від освітлення, тому в лабораторії має бути передбачене штучне освітлення. Незадовільне освітлення може спотворити інформацію, крім того, викликає стомлення організму в цілому. Неправильне освітлення може з'явитися причиною травматизму [10].

Зорова робота характеризується найвищою точністю, що відповідає першому розряду. Для загального штучного освітлення норма освітленості складе 400 лк; при природному бічному освітленні КЕОен = 3,5. Оскільки виробництво не є пожежо- вибухо- небезпечним в лабораторії застосовують люмінесцентні лампи з робочою напругою 220 В, а також індивідуальне освітлення на робочому столі. Це дає можливість рівномірно освітити всю лабораторію.

При монтажі компонентів на плату і формуванні топологічного рисунка струмопровідного шару виникає потенційна небезпека небажаної дії на організм речовин, що обертаються в технологічному процесі, і матеріалів. Всі речовини, що забруднюють повітря, надають шкідливу дію, якщо вони потрапляють в організм в кількостях, що перевищують деяку порогову величину (ГДК). У виробництві плат застосовують певні речовини, які шкідливі для організму. Клас небезпеки шкідливих речовин встановлюється залежно від гранично допустимої концентрації речовин в повітрі робочої зони. Це та концентрація яка переноситься без яких або відхилень від нормального поляганння в перебігу робочого дня при щоденному диханні. Згідно ДСП 173-96 [10] встановлюють чотири класи шкідливих речовин: 1-й клас – речовини надзвичайно небезпечні;  2-й клас – речовини високо небезпечні; 3-й клас – речовини помірно небезпечні; 4-й клас – речовини мало небезпечні. Дія токсичних речовин виявляється в гострих і хронічних отруєннях.

При  монтажі електронних плат застосовують ацетон, спирт для знежирення і очищення від пилу мікросхеми, а також олово і каніфоль для припаю-

вання ніжок напівпровідникового приладу до плати.

У таблиці 3.1 [10] приведені гранично допустимі концентрації небезпечних речовин, вживаних у печатній платі.

Спирт, ацетон викликає сухість шкіри. При систематичному вдиханні з підвищеним ГДК можливі захворювання сітківки ока. Також можливі нервово-психічні захворювання.

Каніфоль дратівливо діє на слизисті оболонки дихальних доріг і на шкіру, що призводить до дерматитів.

Таблиця 3.1 - Гранично допустимі концентрації шкідливих речовин в повітрі робочої зони

| Речовини | Речовині ПДК, мг/м$^3$ |
|---|---|
| Олов'яний припій ПОС-60 | 90 |
| Спирт етиловий ректифікований ДОСТ 4221-2003 | 1000 |
| Ацетон технічний | 30 |
| Каніфоль соснова | 150 |

Основні засоби техніки безпеки – герметизація апаратури і устаткування, наявність припливно-витяжної вентиляції в приміщенні проведення робіт і витяжна шафа. Робоче місце для виготовлення печатних плат і монтажу компонентів паянням обладнано витяжною шафою, рекомендованою і використаною для цих цілей на заводі «Перетворювач», яка має параметри представлені в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 - Параметри витяжної шафи

| Розміри, мм | 850×850×650 |
|---|---|
| Освітлення (лампа), Вт | 60 |
| Вентиляція, м$^3$/г, | 250 |
| Вага, кг | 110 |

Шафа обладнана:

- димопоглинальним активізованим вуглецевим фільтром;
- кислотостійкою керамічною плиткою;
- столиком, що обертається, для паяння з азбестовим верхом;
- тримачем для паяльника.

У виробничих приміщеннях, в яких робота на відео терміналах і персональних комп'ютерах є допоміжною, температура, відносна вологість і швидкість руху повітря на робочих місцях повинні відповідати діючим санітарним нормам мікроклімату виробничих приміщень [10].

У виробничих приміщеннях, в яких робота на відео терміналах і персональних комп'ютерах є основною, повинні забезпечуватися оптимальні параметри мікроклімату відповідно до таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 - Оптимальні норми мікроклімату для приміщень з відеотерміналами і персональними комп'ютерами

| Період року | Категорія робіт | Температура повітря, °С (не більше) | Відносна вологість повітря % | Швидкість руху повітря м/с |
|---|---|---|---|---|
| Холодний | Легка – 1б | 21-23 | 40-60 | 0.1 |
| Теплий | Легка – 1б | 22-24 | 40-60 | 0.2 |

До категорії 1б відносяться роботи, які виконуються сидячи, стоячи або пов'язані з ходьбою і такі, що супроводжуються деякою фізичною напругою, при яких витрата енергії складає від 120 до 150 Ккал/г.

У приміщенні проведення експерименту підтримується мікроклімат відповідний нормативам, для категорії робіт «Легка – 1б».

## 3.3 Електробезпека

Оскільки на ділянці проведення роботи в лабораторії застосовується електроустаткування до 1000 В, той опір заземлення має бути не вище 4 Ом [11]. Приміщення відноситься до приміщень без підвищеної небезпеки.

Основні роботи при виконанні дипломної роботи виконувалися з використанням обчислювальної техніки. Оскільки персональний комп'ютер є електроустаткуванням, то при його експлуатації застосовують такі ж вимоги як і до звичайного електроустаткуванням.

Дія електричного струму на організм людини може бути теплове, хімічне і біологічне. При дії електричного струму на організм людини можуть бути два види ураження: електричні удари і електричні травми.

Захистом від дотику до струмоведучих частин електроустановок є ізоляція дротів, обгороджування, блокування і захисні засоби. Захистом від напруги, що з'явилася на корпусах електроустановок в результаті порушення ізоляції, є захисне заземлення, занулення і захисне відключення.

Захисне заземлення влаштовується в мережах з ізольованою нейтраллю. Воно є навмисним з'єднанням із землею не струмоведучих металевих частин електроустановок.

Захисне заземлення необхідне для зниження напруги відносно землі до безпечної величини на металевих корпусах електроустановок, що нормально не знаходяться під напругою, але що виявилися під таким в результаті пошкодження ізоляції. При зниженні напруги на корпусах відносно землі струм, що проходить через людину, що торкається корпусу, знижується до безпечної величини (10 мА).

На ділянці проведення моделювання печатних плат застосовується електроустаткування до 220 В. Електроживлення здійснюється від розподільних щитів за допомогою комутуючих автоматів, що виробляють захист того або іншого об'єкту.

## 3.4 Протипожежна та техногенна безпека

Виробництво печатних плат, згідно вимогам ДБН В.1.1–7–2002, відноситься до категорії Б, оскільки це виробництво зв'язане із застосуванням легкозаймистих речовин зокрема спирту та ацетону.

Пожежна безпека в лабораторії забезпечується за рахунок строгого дотримання безпечного режиму процесу, в приміщенні підтримується зразковий порядок і чистота, строго дотримується режим роботи установок. Особлива увага приділятися контролю і перевірці справності всього обладнання.

Основні будівельні конструкції будівлі, в якій знаходиться ділянка, виконані з матеріалів, що не згорають і важко згорають, цегельних і виштукатурених. Вогнестійкість будівлі має 2 рівень. Для евакуації людей на випадок пожежі, згідно вимогам ДБН В.1.1–7–2002, в лабораторії є два евакуаційні виходи, розташованих в протилежних кінцях приміщення ділянки. Ширина дверей і сходів рівна 6 м, що відповідає нормі.

По вимогах ПВЕ будівля, в якій знаходиться ділянка по заходах захисту від блискавки, відноситься до категорії III і захищається від прямих ударів блискавок, і від замету високих потенціалів через землю, тобто підземні металеві комунікації, їх приєднують при введенні в об'єкт, що захищається, до заземлювача електроустаткування. Захист від блискавки заснований на стержневих громовідводах [11].

Для попередження пожеж на ділянці створений строгий протипожежний режим. Створена загально об'єктова і лабораторна інструкція по ПБ, проводиться первинний протипожежний інструктаж на робочому місці; створений план протипожежних заходів і евакуації людей на випадок пожежі.

Для гасіння вогнищ усередині будівлі на майданчиках сходових кліток, в коридорах і отворі встановлені пожежні крани, які розміщені в шафках, де знаходиться і рукав з протипожежним стволом. Для гасіння пожеж електроустановок використовується вуглекислотний вогнегасник ОУ-5, в кількості трьох вогнегасників в даному приміщені, оскільки вуглекислота не електроп-

ровідна. Існують пожежна електрична сигналізація, яка забезпечує прямий зв'язок пожежної охорони з охоронним об'єктом. У даній будівлі застосовують звукову систему сигналізації. В приміщенні є план евакуації згідно якого люди повинні залишити приміщення у разі виникнення пожежі.

Для евакуації людей на випадок пожежі на поверсі є два евакуаційні виходи, розташованих в протилежних кінцях будівлі. При появі сигналу сповіщення про пожежу співробітники лабораторії № 216 організовано без паніки покидають лабораторію і, залежно від місця спалаху, слідують або вліво через лабораторний корпус для виходу на вулицю Добролюбова, або управо для виходу на вулицю Незалежної України (рис. 3.2). Ширина дверей і сходів рівна 1,6 м, що відповідає нормі. Відстань від найбільш видаленого робочого місця до найближчого виходу – 15 м. Швидкість просування людей при евакуації – 16 м/хв.

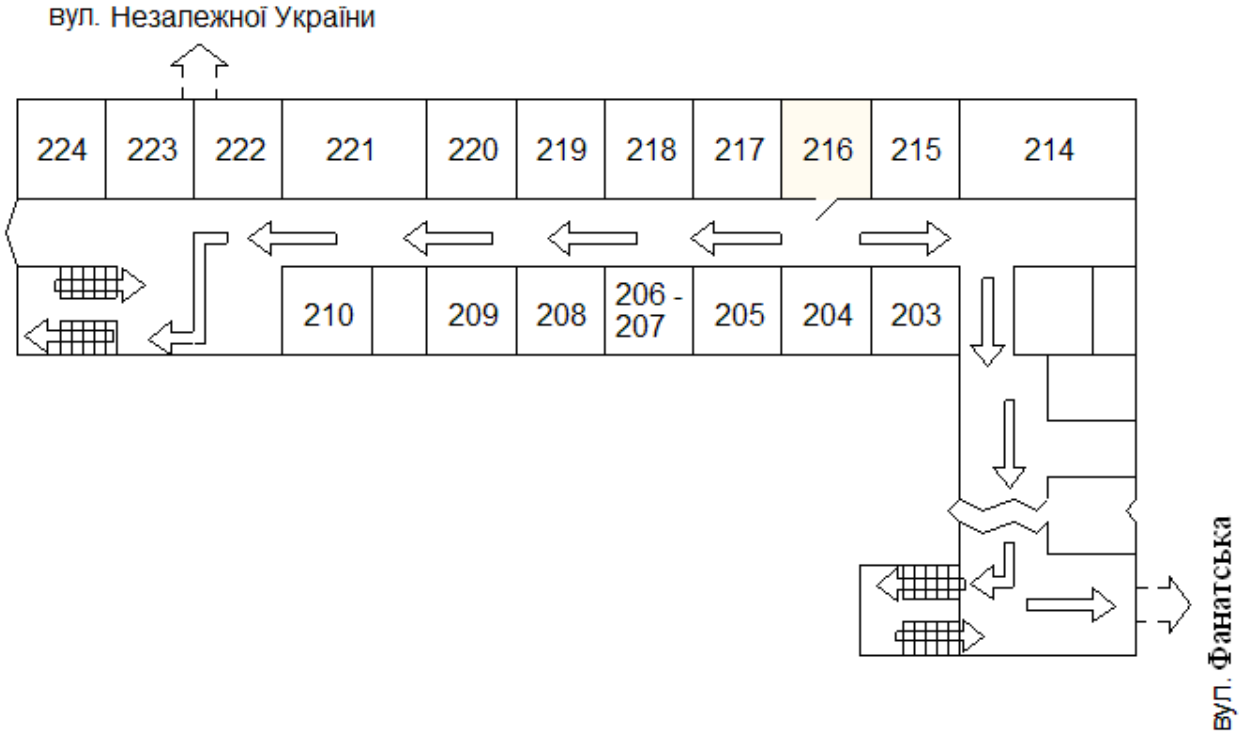



Рисунок 3.2 – План евакуації при пожежі із аудиторії № 216

## 3.5 Розрахунок середнього рівня шуму на робочому місці оператора

Як було вище зазначено, в приміщенні знаходиться чотири робочих місця операторів ЕОМ, кожне з яких устатковане монітором, вінчестером в системному блоці, трьома вентиляторами системи охолоджування ПК та клавіатурою. Крім того поряд працює периферійна техніка.

Допустимий еквівалентний рівень шуму для робочого місця оператора складає 65 дБА [11].

Орієнтовні еквівалентні рівні звукового тиску джерел шуму, що діють на оператора ЕОМ на його робочому місці, представлені в табл. 3.4.

Розрахуємо середній рівень шуму на робочому місці оператора при роботі всієї вказаної техніки

Таблиця 3.4 - Рівні звукового тиску від різних джерел

| Джерело шуму | Рівень шуму, дБА |
|---|---|
| Жорсткий диск | 45 |
| Вентилятор | 45 |
| Принтер | 55 |
| Сканер | 50 |

Рівень шуму, що виникає від декількох некогерентних джерел, що працюють одночасно, підраховується на підставі принципу енергетичного підсумовування рівня інтенсивності окремих джерел:

$$L_{\sum} = 10\lg\sum 10^{0,1L_i}, \qquad (3.1)$$

де $L_i$ - рівень звукового тиску і-го джерела шуму; n - кількість джерел шуму.

Підставивши значення рівня звукового тиску для кожного виду устаткування у формулу, отримаємо:

$$L_{\sum} = 10\lg(104,5+104,5+105,5+105) = 44,2\text{дБ}$$

За наявності декількох джерел шуму з однаковим рівнем інтенсивності Li загальний рівень шуму визначають за формулою:

$$L = L_i + 10\lg n, \qquad (3.2)$$

У нашому випадку таких джерел сім, отже загальний рівень шуму буде визначатися так:

$$L = 44{,}2 + 10\lg 5 = 51{,}19 \text{ дБ}.$$

Отримані результати розрахунку порівнюється з допустимим значенням рівня шуму для даного робочого місця [11]. Розраховане значення середнього рівня шуму не перевищує гранично допустимого рівня шуму для робочого місця оператора, тобто спеціальні заходи по зниженню рівня шуму не потребуються.

## Висновки та рекомендації

1. Розроблений пристрій аварійного захисту від перевищення мережевої напруги забезпечує збереження апаратури та відрізняється від існуючих аналогів малим споживаним струмом.

2. Розроблений пристрій автоматичного захисту при відхиленні мережевої напруги від номіналу постійно стежить за станом напруги в мережі і дозволяє швидко (за 4…10 мс) автоматично відключити радіоапаратуру або будь-яке інше навантаження від мережі, у разі відхилення напруги за допустимий діапазон.

3. Аналіз функціонування розроблених пристроїв за допомогою програмних застосувань показує правильність вибраних схемних рішень та відповідність параметрів поставленим завданням.

Рекомендується схемне доопрацювання пристроїв у напряму використання сучасної, більш надійної елементної бази та подальше практичне застосування.

Перелік посилань

1. Воробйова. О. М., Іванченко В. Д.. Основи схемотехніки: підручник. [2-е вид.]. Одеса : Фенікс, 2009. 388 с.

2. Бойко В. І., Гуржій А. М., Жуйков В. Я. Схемотехніка електронних систем: Аналогова схемотехніка та імпульсні пристрої: Підручник. Київ : Вища шк., 2004. 366 с.

3. Сєдов С. О. Аналогове оброблення сигналів. Схемотехніка. Розрахунки : підручник. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, Вид-во «Політехніка», 2018. 298 с.

4. Pedroni V., Circuit Design and Simulation with VHDL, 2nd ed., MIT Press, 2010. 345 p.

5. Schustow M.A., Schustow A.M. Energie-Ausschalt-Indikator II Funkamateur. Bd. 47. H. 2., 1998. 173 p.

6. Бойко В.І. Гуржій А.М., Жуйков В.Я. Основи схемотехніки електронних систем [Підручник]. Київ : Вища шк., 2004. 527 с.

7. Дудикевич В. Б., Кеньо Г. В., Петрович І. В. Електроніка та мікросхемотехніка. Частина І: Електроніка: навчальний посібник. Львів : Видавництво Львівської політехніки, 2010. 204 с.

8. Багрій В. В. Конспект лекцій з дисципліни "Твердотільна електроніка" для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня зі спеціальностей 171 «Електроніка», 153 «Мікро- та наноелектроніка». Кам'янське ; ДДТУ, 2020, 215 с.

9. Кожемякін Г.Б. Охорона праці та техногенна безпека: методичні вказівки до виконання розділу магістерських робіт для студентів ЗДІА всіх спеціальностей денної та заочної форм навчання [Текст] / Г.Б. Кожемякін, В.Г. Рижков, К.В. Бєлоконь. – Запоріжжя: ЗДІА, 2012. – 48 с.

10. Ткачук К.Н. Охрана труда и окружающей среды в радиоэлектронной промышленности [Текст] / К.Н. Ткачук. – К.: Вища шк., 1988. - 240 с.

11. Горобец А.И. Охрана труда в радиоэлектронной промышленности [Текст] / А.И. Горобец, А.И. Степаненко. – К.: Техника, 1987. – 345 с.