

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Інженерний навчально-науковий інститут ім. Ю. М. Потебні  
Кафедра електроніки, інформаційних систем та програмного  
забезпечення

**Пояснювальна записка**

до кваліфікаційної роботи

рівень вищої освіти \_\_\_\_\_ перший бакалаврський \_\_\_\_\_  
(другий магістерський рівень)

на тему Розробка пристрою контролю параметрів мережевої напруги

Виконав: студент (ка) IV курсу, групи 6.1531-с

Піпаш Д. В.

(прізвище та ініціали)

(підпис)

Напряму підготовки \_\_\_\_\_  
(шифр)

Спеціальності 153

Мікро- та наносистемна техніка

(назва)

Керівник доцент, доцент, к.т.н.

Верьовкін Л. Л.

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

Рецензент \_\_\_\_\_

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

м. Запоріжжя - 2024 рік

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**  
**Інженерний навчально-науковий інститут ім. Ю. М. Потебні**

Рівень вищої освіти \_\_\_\_\_ перший бакалаврський \_\_\_\_\_  
(перший (бакалаврський) рівень, другий (магістерський) рівень)  
Напрямок підготовки \_\_\_\_\_ 153 \_\_\_\_\_  
(шифр)  
Спеціальність \_\_\_\_\_ Мікро- та наносистемна техніка \_\_\_\_\_  
(назва)

**ЗАТВЕРДЖУЮ**  
Завідувач кафедри \_\_\_\_\_ ЕІСПЗ \_\_\_\_\_  
Критська Т.В.

“ 14 ” червня 20 24 року

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

Піпашу Дмитру Володимировичу  
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) \_\_\_\_\_ Розробка пристрою контролю параметрів мережевої напруги \_\_\_\_\_

керівник проекту (роботи) \_\_\_\_\_ Верьовкін Леонід Леонідович \_\_\_\_\_  
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від “26” грудня 2023 року №2215-с

2. Строк подання студентом проекту (роботи) \_\_\_\_\_ 10 червня 2024 року \_\_\_\_\_

3. Вихідні дані до проекту (роботи) \_\_\_\_\_ Мережева напруга з номінальним значенням 230В ±10 %, амплітудою в 310 В і частотою 50 Гц \_\_\_\_\_

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): \_\_\_\_\_ Дослідження пристроїв контролю параметрів мережевої напруги. Розробка пристрою контролю параметрів мережевої напруги. Охорона праці та техногенна безпека. \_\_\_\_\_

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) \_\_\_\_\_ Функціональна схема пристрою контролю параметрів мережевої напруги. Схема пристрою контролю параметрів мережевої напруги. Схема індикаторного пристрою контролю параметрів мережевої напруги. \_\_\_\_\_

## 6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата
		завдання прийняв
<i>I</i>	<i>Верьовкін Л. Л, доцент</i>	
<i>II</i>	<i>Верьовкін Л. Л, доцент</i>	
<i>III</i>	<i>Верьовкін Л. Л, доцент</i>	

7. Дата видачі завдання 27.12.2023 року

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
<i>1</i>	<i>Дослідження пристроїв контролю мережевої напруги</i>	<i>18.02.2024</i>	
<i>2</i>	<i>Аналітичний огляд пробників і індикаторів напруги</i>	<i>10.03.2024</i>	
<i>3</i>	<i>Моделювання параметричного стабілізатора напруги</i>	<i>18.03.2024</i>	
<i>4</i>	<i>Розробка компаратора контролю рівня напруги</i>	<i>14.04.2024</i>	
<i>5</i>	<i>Розробка схеми контролю параметрів мережевої напруги</i>	<i>27.04.2024</i>	
<i>6</i>	<i>Охорона праці та техногенна безпека</i>	<i>18.05.2024</i>	
<i>7</i>	<i>Оформлення пояснювальної записки</i>	<i>02.06.2024</i>	
<i>8</i>	<i>Рецензування, нормоконтроль, підписання роботи</i>	<i>14.06.2024</i>	
<i>9</i>	<i>Оприлюднений захист магістерської роботи</i>	<i>21.06.2024</i>	

Студент

\_\_\_\_\_ ( підпис )

*Піпаш Д.В.*

(прізвище та ініціали)

Керівник проекту (роботи)

\_\_\_\_\_ ( підпис )

*Верьовкін Л.Л.*

(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль пройдено

\_\_\_\_\_ ( підпис )

*Верьовкін Л.Л.*

(прізвище та ініціали)

## Реферат

Дипломна робота містить 59 сторінок, 40 рисунків, 5 таблиць, 10 джерел літератури.

Об'єкт дослідження – пристрої контролю мережевої напруги.

Метою роботи являється розробка пристрою контролю відхилення мережевої напруги.

Задачі роботи: розробити функціональну схему пристрою контролю; розробити схему електричну принципову пристрою контролю; провести аналіз функціонування розроблених вузлів пристрою контролю.

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

Короткий виклад результатів досліджень – у розрахованому пристрої контролю параметрів мережевої напруги використано безтрансформаторний блок живлення на баластному конденсаторі, що значно зменшує його габаритні розміри; схема електрична принципова пристрою базується на компараторі контролю рівня напруги, що підвищує точність проведення вимірів; параметри пристрою контролюються світлодіодним індикатором мережевої напруги, що достатньо для візуального сприйняття інформації.

Результати впроваджень – електронна модель пристрої контролю мережевої напруги пройшла випробовування на кафедрі ЕІСПЗ.

Прогнозні пропозиції – рекомендується подальша модернізація пристрої контролю мережевої напруги з метою підвищення надійності спрацювання схеми захисту та більшої інформативності.

**НАПРУГА, СТРУМ, ДЖЕРЕЛО ЖИВЛЕННЯ, СТАБІЛІЗАТОР, ТРАНЗИСТОР, МІКРОСХЕМА, ІНДИКАТОР, КОРОТКЕ ЗАМИКАННЯ**

Дипломну роботу виконано на кафедрі електроніки, інформаційних систем та програмного забезпечення з 12.02.2024 р. по 10.06.2024 р.

## Зміст

	Стор.
Вступ .....	5
1 Дослідження пристроїв контролю параметрів мережевої напруги .....	6
1.1 Пристрої контролю мережевої напруги .....	6
1.2 Контроль і індикація параметрів джерел живлення .....	9
1.2.1 Світлодіодні індикатори напруги .....	12
1.2.2 Індикатори «фази» на світлодіодах з візуальною індикацією .....	15
1.2.3 Пробники і індикатори напруги .....	18
1.2.4 Індикації стану цифрових елементів .....	21
2 Розробка пристрою контролю параметрів мережевої напруги .....	24
2.1 Блок живлення на баластному конденсаторі .....	25
2.2 Параметричний стабілізатор напруги .....	29
2.3 Компаратор контролю рівня напруги .....	31
2.4 Цифровий інвертор .....	37
2.5 Генератор імпульсів .....	39
2.6 Індикатор мережевої напруги .....	41
2.7 Схема контролю параметрів мережевої напруги .....	43
3 Охорона праці та техногенна безпека .....	48
3.1 Характеристика потенційних небезпечних та шкідливих виробничих факторів .....	48
3.2 Виробнича санітарі .....	50
3.3 Електробезпека .....	53
3.4 Протипожежна та техногенна безпека .....	54
3.5 Розрахунок середнього рівня шуму на робочому місці оператора .....	56
Висновки та рекомендації .....	58
Перелік посилань .....	59

## 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.

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 великої потужності, як правило, монтуються на DIN-рейку, вимагають монтажу електриком, що не завжди зручно. Слід пам'ятати, що таке реле напруги не має вмонтованого захисту від високого струму. Перед реле напруги на DIN-рейці має бути встановлено автоматичний вимикач. Автомат підбирається номіналом на 20-30 % нижче, ніж номінал реле.

Якщо необхідно захистити точкові джерела споживання, доцільніше виготовляти реле напруги для встановлення в розетку. Таке реле напруги встановлюється безпосередньо в розетку і використовується для захисту окремих споживачів або їх груп. Реле управляється мікроконтролером, що здійснює аналіз поточної живлячої напруги і відображує його діюче значення на цифровому табло.

Актуально вимикання навантаження електромагнітним реле, а для встановлення допустимих меж вхідної напруги і часу затримки використання кнопок.

## 1 Дослідження пристроїв контролю параметрів мережевої напруги

### 1.1 Пристрої контролю мережевої напруги

Для зменшення кількості відмов електронного устаткування через нестабільну напругу методом проб і помилок було створено криві СВЕМА (Computer and Business Equipment Manufacturers Association), які 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 (рис. 1.1).

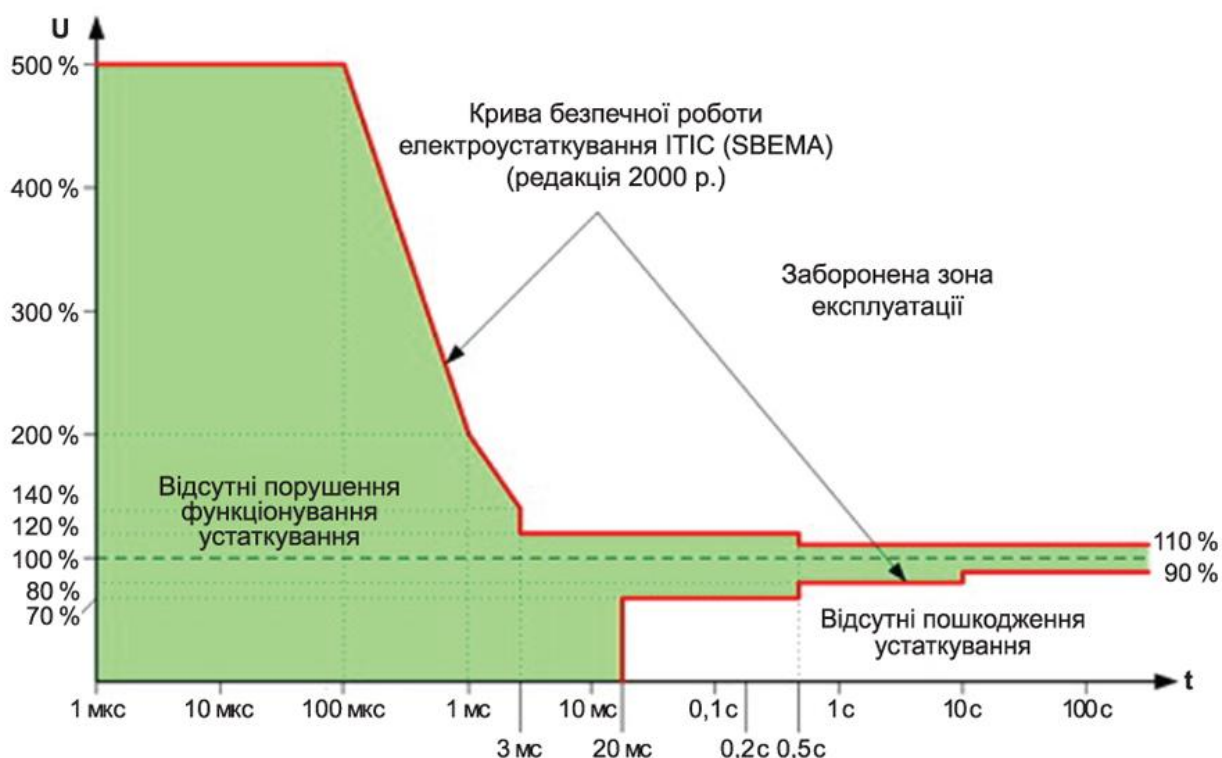


Рисунок 1.1 - Здатність устаткування витримувати відхилення напруги живлення від номінальної

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. Звідси напрошується 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 межі зеленої зони кривої, пристрій захисту повинен вимикати електронне устаткування від мережі.

Пристрій контролю напруги може бути виготовлений на базі компаратора (від англ. comparator – порівнюючий пристрій) або мікропроцесора.

Схеми, зібрані на базі компаратора, є найдешевшими і виготовляються з фіксованими порогоми спрацьовування. Поріг спрацьовування – рівень нижньої або верхньої вхідної напруги, досягши значення якого реле вимкне живлення вихідного кола. Фіксовані пороги, як правило, встановлюються заводом-виробником відповідно до діючого стандарту ( $220\text{В} \pm 10\%$ ).

Мікропроцесорні реле напруги вирізняються плавним регулюванням верхнього і нижнього порогів спрацьовування. У реле такого типу пороги спрацьовування не фіксовані. Тобто їх може змінити користувач на власний розсуд (наприклад, для устаткування яке потребує точнішого рівня вхідної напруги  $\pm 5\%$ ).

Основним параметром реле напруги є швидкодія. Час спрацьовування реле повинен гарантувати безпеку підключеного устаткування.

Силова частина пристрою повинна забезпечувати безперервне надійне електроживлення споживача без нагрівання силових контактів.

Практично усі реле мають функцію тимчасової затримки під'єднання навантаження, щоб уникнути передачі в навантаження стрибків і спотворен-



ня синусоїдальної напруги, що виникають під час під'єднання до мережі. Так само, як і з порогами спрацьовування, час затримки може бути зафіксовано заводом-виробником, а може бути закладено також і функцію регулювання.

Дорожчі моделі реле напруги мають можливість регулювання часу затримки. Такі реле придатні для експлуатації спільно з холодильним і кліматичним устаткуванням. Це пов'язано з реальною небезпекою виходу з ладу компресора навіть тоді, коли напруга в мережі короткочасно зникає. Так, наприклад, холодоагент під час роботи холодильника або кондиціонера перебуває під великим створюваним компресором тиском. Раптове відмикання від мережі призведе до зупинки електродвигуна і до створення в різних частинах системи перепадів тиску. На виході компресора протягом деякого часу тиск залишиться високим. У зв'язку з цим при швидкому відновленні електроживлення електродвигун перебуватиме в заблокованому стані, що може призвести до пошкодження устаткування.

На відміну від стабілізатора реле напруги не вирівнює напругу в мережі, а лише відмикає ділянку, яку захищає, в момент підвищення або зниження напруги та автоматично вмикає її, коли напруга в мережі стабілізується. Тому реле дуже ефективне в аварійних ситуаціях, що виникають як наслідок обриву дротів, перевантаження, перекосу фаз тощо.

Залежно від типу під'єднання реле напруги підрозділяються на однофазні та трифазні.

Однофазні реле напруги призначено для захисту однофазного навантаження від неприпустимих коливань мережевої напруги. Можуть застосовуватися як самостійні комутаційні пристрої, так і для управління іншими комутаційними апаратами, наприклад, магнітними пускачами.

Трифазні реле напруги використовуються для захисту трифазних споживачів від неприпустимих коливань напруги у мережі, обриві чи перекосі фаз, злипанні та порушенні чергування фаз. Можуть використовуватися спільно з пристроями, де необхідно здійснювати постійний контроль наявності та якості фаз.

Згідно зі стандартом допускається відхилення напруги від норми в 220 вольт на 10 %, тобто якщо у мережі від 198 В до 242 В, то це є нормою. Зниження напруги часто пов'язано зі зносом ліній електропередач і збільшенням навантаженням на них. Підвищена напруга буває рідше, проте вона небезпечніша. Іноді раптове вимикання подачі напруги супроводжується імпульсними перешкодами, що супроводжується стрибком напруги і струму. Рідше, але все таки іноді бувають випадки потрапляння в квартирні електричні мережі напруги 380 В замість 220 В, внаслідок чого висока вірогідність виходу з ладу електропобутової техніки. Якщо за зниженою напругою ще можна думати про те, встановити пристрій захисту чи ні, то від підвищеної напруги пристрій захисту встановлювати потрібно однозначно.

Підвищена напруга трапляється також внаслідок аварійного стану проводки у житлових будинках, коли в результаті обриву загального нульового дроту сусідні фази опиняються під небезпечною напругою в 380 В. У квартири однофазна напруга подається з трифазної мережі (нуль – фаза). В момент обриву нуля напруга залежатиме від навантаження на сусідні фази. Оскільки навантаження різне, то й напруга на побутових електроприладах буде різною, аж до 380 В. Значне перевищення нормального рівня вхідної напруги призводить до виходу з ладу техніки і можливого її загоряння. Чимало людей, не замислюючись, йдуть з квартири, залишаючи підключеними до мережі телевізори (у режимі очікування), музичні центри, пральні та посудомийні машини, холодильники, комп'ютери і роутери. Можливим рішенням проблеми може бути встановлення реле контролю напруги.

## 1.2 Контроль і індикація параметрів джерел живлення

Одним з актуальних питань забезпечення надійної роботи радіоелектронної апаратури було і залишається питання забезпечення її безперебійним і якісним живленням. Аварія джерела живлення, вартість якого не перевищує

декількох відсотків від ціни всього виробу, деколи може погубити коштовне радіоелектронне устаткування і обернутися катастрофою.

Для кількісного визначення параметрів джерел живлення використовують всілякі прилади, проте, інколи досить забезпечити хоча би якісний контроль наявності живлячої напруги, приділивши більше уваги питанням захисту електронних пристроїв.

Виникнення нештатної або аварійної ситуації в процесі експлуатації електронних приладів, яка провокується або пов'язана з некондиційним живленням, а також тривала робота в несприятливих експлуатаційних режимах негативно позначається на благополучному результаті ремонтно-відновних робіт. Тому важливим представляється використання приладів, що дозволяють не лише захистити коштовне устаткування, але і оповістити про виникнення нештатної ситуації – спрацьовування захисту, відключення з тієї або іншої причини навантаження або самої живлячої напруги.

Контроль наявності трифазної напруги може бути здійснений за допомогою індикатора за схемою на рисунку 1.2. Він містить в кожній фазі струмообмежувальний резистор ( $R1 \dots R3$ ) [1]. На виході резисторів зіркою включені слабкоструміві газорозрядні джерела світла – неонові лампи. Якщо одна з фаз відключиться, згаснуть індикатори HL1 і HL3, оскільки падіння напруги на індикаторі HL2, що горить, буде недостатньо для ініціації розряду в послідовно сполучених індикаторах HL1 і HL3.

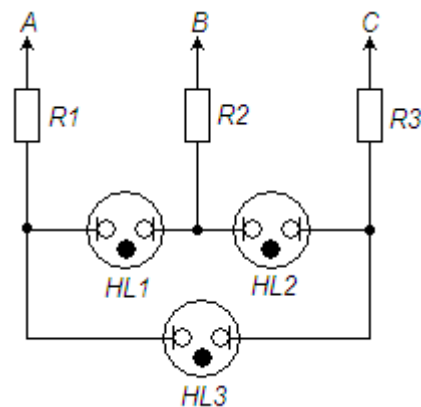


Рисунок 1.2 - Схема індикатора наявності напруги в трифазній мережі

Для визначення «фази» традиційно використовують індикаторні викрутки з індикаторами, виконаними на неонових лампах. Такий пристрій містить неонову лампу і послідовно включений струмообмежувальний резистор з опором не менше 0,5 МОм. При підключенні індикаторної викрутки до «фазового» дроту через цей резистор, неонову лампу і тіло людини протікає струм, достатній для неяскравого свічення неонові лампи.

Подібні індикатори дозволяють контролювати наявність напруги, що перевищує напругу запалення неонові лампи, тобто 60...90 В і не можуть бути використані для визначення полярності в колах постійного струму.

Останніми роками з'явилася альтернатива індикаторам «фази» на неонових лампах. Один з них – на основі рідкокристалічного індикатора (РКІ) [2].

Як індикатор «фази» В. Харьяков застосував в індикаторній викрутці замість неонові лампи рідкокристалічний індикатор ІЖКЦ2-4/3 від електронного годинника [2]. Цей пристрій зручний при підвищеній освітленості, оскільки контраст зображення на рідкокристалічному індикаторі підвищується.

Практична схема використання РКІ приведена на рисунку 1.3 [3].

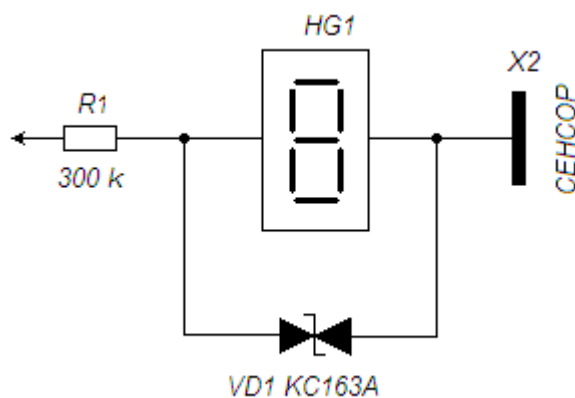


Рисунок 1.3 – Схема індикатора фази на РКІ

Схема індикатора принципової зміни не зазнала: він, як і раніше, містить послідовно включені струмообмежувальний резистор R1 і індикатор HG1. При торканні сенсорного майданчика і підключенні щупа X1 до фазно-

го дроту на РКІ з'являться довільні свідчення. Малогабаритні РКІ слід захистити від перевантаження по напрузі симетричним стабілітроном VD1.

Аби користуватися індикатором було зручно як при яскравому світлі, так і в темноті, в нього потрібно додати неонову лампу (рис. 1.4), включивши її послідовно з РКІ [3].

В обох індикаторах застосовані обмежувальні резистори типа МЛТ або С2-33 з номінальною потужністю не менше 0,5 Вт. Двоханодний стабілітрон допустимо замінити двома включеними зустрічно-послідовно малопотужними стабілітронами з напругою стабілізації 3,3...6,8 В. Неонова лампа в другому приладі типу ТН-0,2, ТН-0,5, ТН-0,95, МН-6.

Слід відзначити, що індикатор з РКІ здатний працювати з набагато меншою напругою, чим індикатор з неонову лампою.

### 1.2.1 Світлодіодні індикатори напруги

На рисунку 1.4 приведена схема індикаторної викрутки, виконаної на напівпровідниковому світлодіодному індикатор [4].

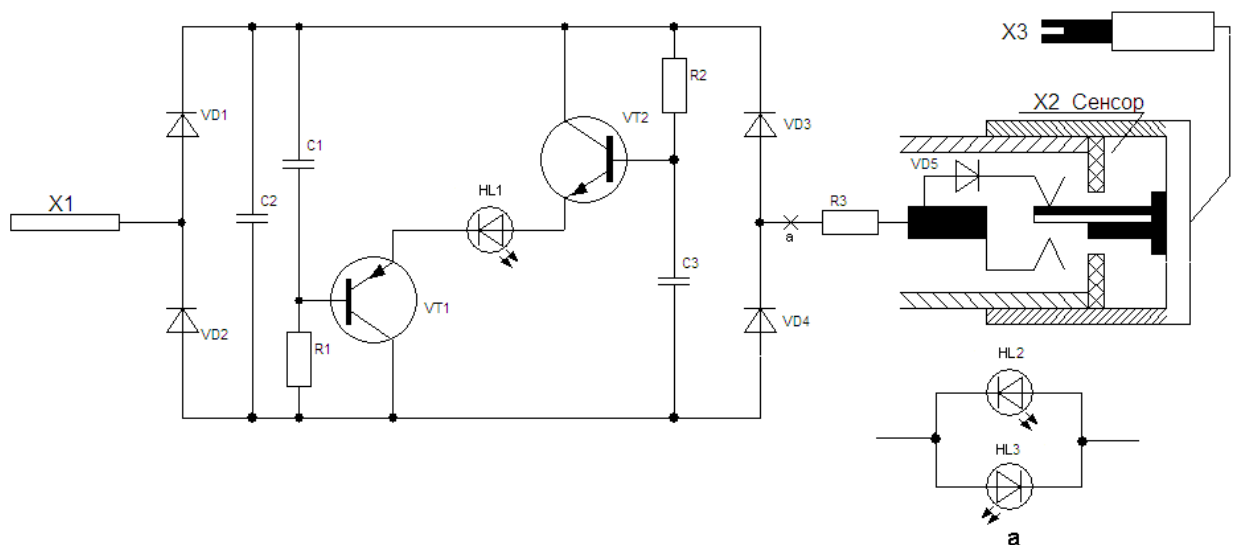


Рисунок 1.4 - Схема індикатора «фази», полярності і напруги на світлодіодах

При підключенні викрутки до «фази» (і торканні пальцем сенсорного майданчика викрутки) через її електричний коло на «землю» протікає струм. Він створює падіння напруги на послідовно включених елементах кола. На діодному мосту, в діагональ якого включень мостовий релаксаційний генератор імпульсів, з'являється напруга. Його величини вистачає для виникнення релаксаційних коливань: відбувається періодичний (з частотою 2...3Гц при 220 В) розряд конденсаторів на світлодіод HL1.

Для індикації напруги постійного струму або для підвищення яскравості свічення індикатора HL1 може бути використаний виносний щуп, що підключається до індикаторної викрутки з боку сенсорного майданчика (рис. 1.4). При цьому можуть бути реалізовані наступні варіанти підключення: при неповному включенні штекера в гніздо послідовно з виносним щупом включається діод VD5. При повному включенні штекера діод VD5 відключається (шунтується); у вікні заглушки штекера, відповідно, змінюється напис (з «->» на «->»). Як варіант, в розрив кола (точка «а») можуть бути включені світлодіоди HL2, HL3 (рис. 1.4 а) В цьому випадку необхідність у використанні діода VD5 відпадає.

При безпосередньому підключенні індикаторної викрутки до джерела контрольованої напруги можлива індикація напруги від 10 до 300 В і вище при частоті струму до декількох кГц (визначається частотними властивостями діодів VD1...VD5).

Як діоди VD1...VD4 можуть бути використані будь-які низьковольтні слабкоструміві діоди (падіння напруги на елементах моста не перевищує 10 В). Як діод VD5 може бути використаний слабкострумівий діод (ланцюжок діодів), гранична зворотна напруга якого у 1,5...2 рази перевищує максимальну величину контрольованої напруги. Для контролю високочастотних кіл (при нарузі до 100 В) використовують високочастотні діоди.

Особливістю пристрою індикації відхилення мережевої напруги є включення індикаторів (світлодіодів) при кожному позитивному напівперіоді мережевої напруги, але лише при певній амплітуді його, яка дорівнює порогу

спрацьовування, і виключення при зниженні миттєвого значення напруги до нуля. Це виключає гістерезис і підвищує точність індикації.

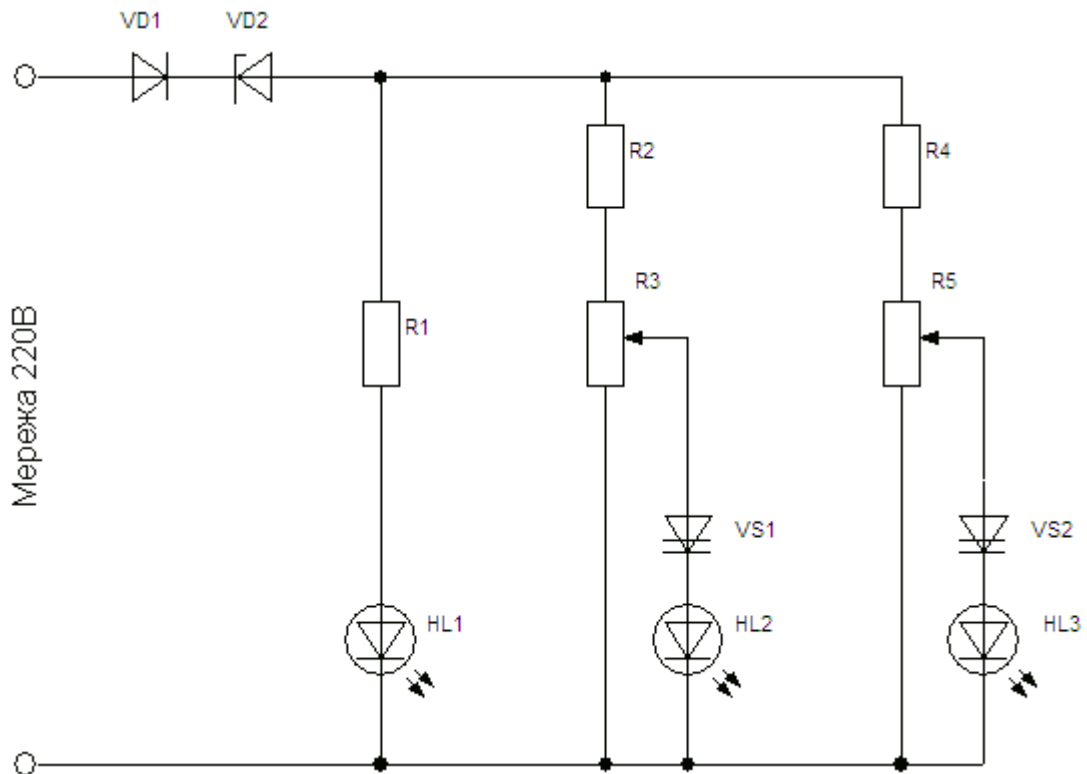


Рисунок 1.5 - Пристрій індикації відхилення мережевої напруги

Індикатор можна включити як в мережеву розетку, так і в розетку автотрансформатора. На вході індикатора стоїть обмежувач напруги з діода VD1 і стабілітрона VD2, а після нього слідує три паралельно включені ланцюжки індикації. Перший з них складається з резистора R1 і світлодіода HL1, призначений для індикації наявності мережевої напруги. Останні ланцюжки, які складаються з дільників напруги, порогових пристроїв на диністорах і включених послідовно з ними світлодіодів, призначені безпосередньо для індикації відхилень напруги. Змінним резистором R3 встановлюють нижній поріг спрацьовування, коли мережева напруга впаде на 5 %, а R5 - верхній поріг, коли напруга зростає на стільки ж.

Якщо мережева напруга в нормі, горять світлодіоди HL1 і HL2. При пониженні напруги світлодіод HL2 гасне, а HL1 продовжує світитися. Коли напруга зростає, горять всі світлодіоди.

### 1.2.2 Індикатори «фази» на світлодіодах з візуальною індикацією

Для індикації небезпечних рівнів електричного поля іноді використовують прості індикатори. Пристрої [6] можуть визначати наявність електростатичних потенціалів. Ці потенціали небезпечні для багатьох напівпровідникових приладів (мікросхем, польових транзисторів); щонайменша іскра від статичної електрики може викликати вибух пилової або аерозольної хмари. Індикатори також можуть дистанційно визначати наявність електричних полів високої напруженості (високовольтні і високочастотні установки, електросилове високовольтне устаткування).

Чутливим елементом всіх пристроїв є напівпровідникові елементи – польові транзистори, електричний опір яких залежить від напруги на їх затворі. При появі потенціалу на затворі польового транзистора, його опір стік – витік помітно змінюється. Відповідно, змінюється і величина струму, що протікає через польовий транзистор.

Зміну струму через польовий транзистор показують світлодіоди. Індикатор (рис. 1.6) містить: польовий транзистор VT1 – датчик електричного поля; світлодіод VD2 – індикатор струму, стабілітрон VD1 – елемент захисту польового транзистора.

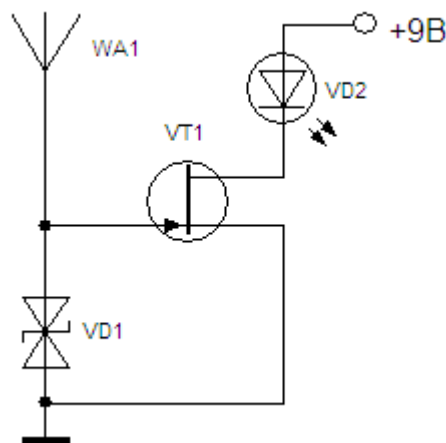


Рисунок 1.6 - Схема індикатора електричного поля



Відрізок товстого ізолюваного дроту являється антенним. Її довжина 10...15 см. Чим більше довжина антени, тим вище чутливість пристрою.

Індикатор (рис. 1.7) відрізняється від попереднього регулюванням чутливості. Така новація пояснюється тим, що початковий струм через польовий транзистор залежить від початкового зсуву на його затворі. Для транзисторів навіть одній партії виготовлення, а, тим більше, для транзисторів різних типів, величина початкового зсуву для забезпечення рівного струму через навантаження помітно відрізняється. Регулюючи початковий зсув на затворі транзистора, можна задавати як початковий струм через опір навантаження (світлодіод), так і управляти чутливістю пристрою. Початковий струм через світлодіод біля 2...3мА.

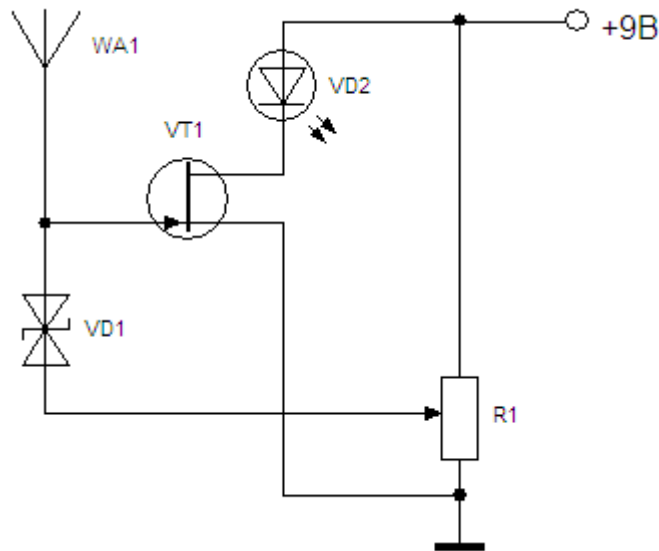


Рисунок 1.7 - Схема індикатора електричного поля з регульованою чутливістю

У індикаторі (рис. 1.8) використано два різноколірних світлодіода (метод кольородинамічної індикації). У вихідному стані за відсутності електричного поля опір каналу витік – стік польового транзистора невеликий. Струм переважно протікає через індикатор включеного стану пристрою – світлодіод VD1 зеленого кольору. Цей світлодіод шунтує коло послідовно сполучених світлодіодів VD2 і VD3. При зростанні напруженості електричного поля опір каналу витік – стік польового транзистора зростає. Відбувається плавне або

миттєве відключення світлодіода VD2. Струм від джерела живлення починає протікати через послідовно включені світлодіоди VD3 і VD4 червоного свічення і обмежувальний резистор R1. Ці світлодіоди можуть бути встановлені зліва і справа відносно індикатора включення – світлодіода зеленого свічення VD2.

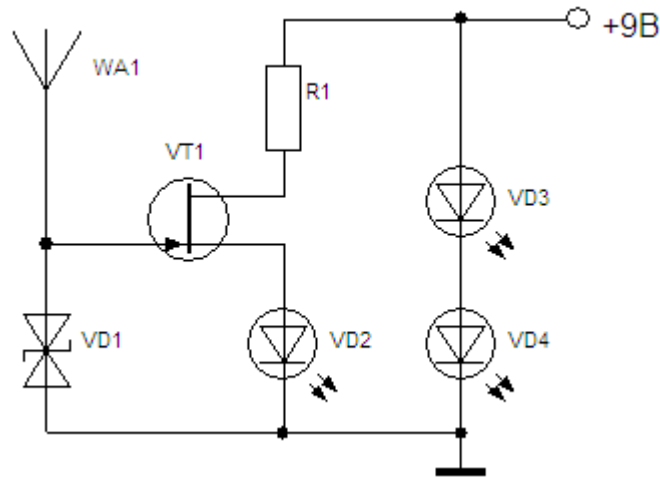


Рисунок 1.8 - Схема індикатора електричного поля з кольородинамічною індикацією

Підвищити чутливість індикаторів електричного поля можна використанням складених транзисторів, як показано на рисунках 1.9, 1.10. Принцип їх роботи той же. Максимальний струм через світлодіоди не повинен перевищувати 20 мА.

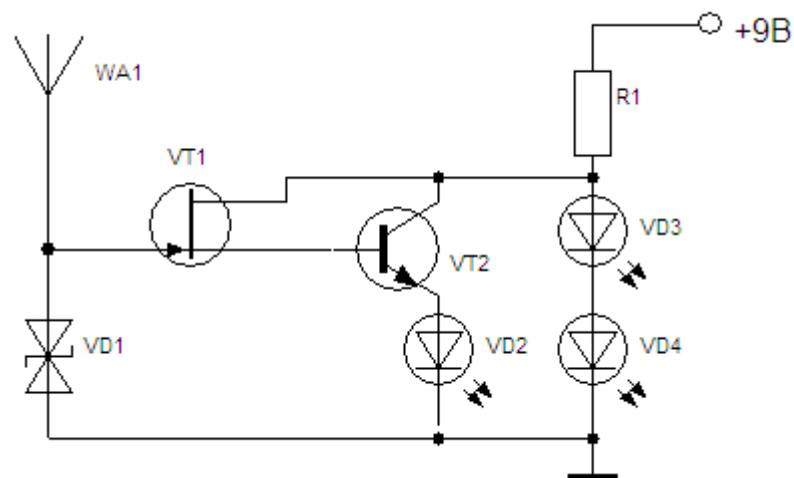


Рисунок 1.9 - Схема індикатора електричного поля з підвищеною чутливістю

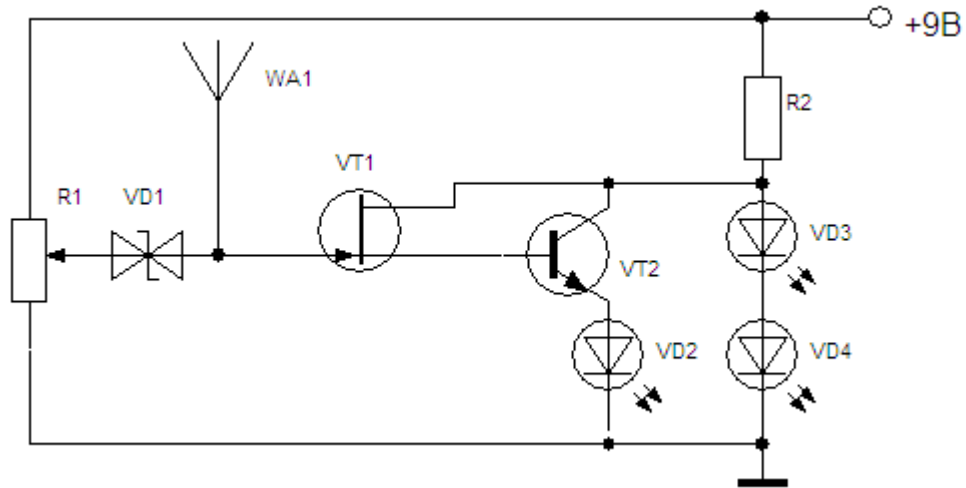


Рисунок 1.10 - Схема кольородинамічного індикатора електричного поля з регульованою чутливістю

У схемах можна використовувати польові транзистори і іншого типу (особливо в схемах з регулюванням початкового зсуву на затворі).

Стабілітрон захисту може бути з максимальною напругою стабілізації 10В, бажано симетричний. Для спрощення і в збиток надійності у ряді схем (рис. 1.7, 1.9, 1.10) стабілітрон може бути виключений. У цьому випадку не допускається торкання антеною зарядженого предмету щоб уникнути пошкодження польового транзистора, крім того сама антена має бути добре ізольована. При цьому чутливість індикатора помітно зростає. Стабілітрон (рис. 1.10) можна також замінити резистором 10...30 МОм.

### 1.2.3 Пробники і індикатори напруги

Індикатор відхилення мережевої напруги від норми (рис. 1.11) містить випрямляч на діоді VD1, гаситель надлишкової напруги на стабілітроні VD2, індикатор включення пристрою на світлодіоді VD3, два порогові пристрій-індикатори на диністорах і світлодіодах, а також регульовані реистивные ділянки [2].

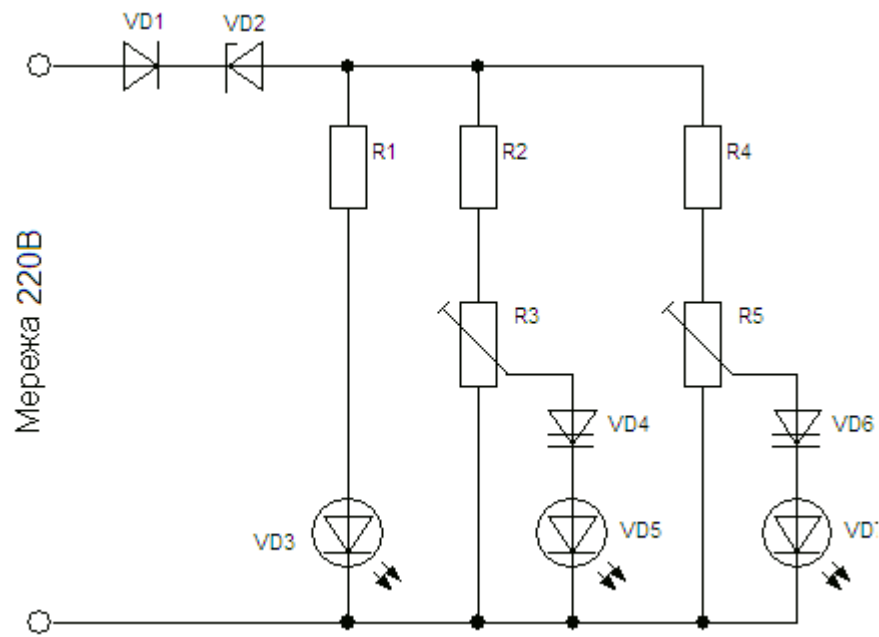


Рисунок 1.11 – Схема індикатора відхилення мережевої напруги від норми

Коли напруга на диністорі перевищить напругу його пробою, включиться відповідний світлодіод, включений послідовно з диністором.

Індикатор може бути вдосконалений: число рівнів, що відображаються, легко збільшити, крім того, послідовно світлодіодам індикаторам можна включити світлодіоди оптронних пар, які управляють тим або іншим виконуючим пристроєм.

Індикатор полярності може бути виконано на основі генератора стабільного струму на польових транзисторах і зустрічно включених світлодіодних індикаторах [4]. Світлодіоди спалахують відповідно до полярності контрольованої напруги.

Простий світлодіодний індикатор мережевої напруги використовує конденсатор С1 (рис. 1.12) [2]. Стабілітрон захищає коло світлодіода від перенапруження.

Для індикації напруги постійного і змінного струму в діапазоні 3...30 В призначений пробник за схемою на рисунку 1.13 [3].

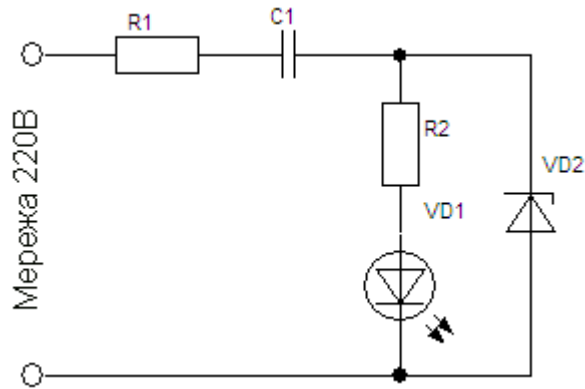


Рисунок 1.12 – Схема світлодіодного індикатора мережевої напруги

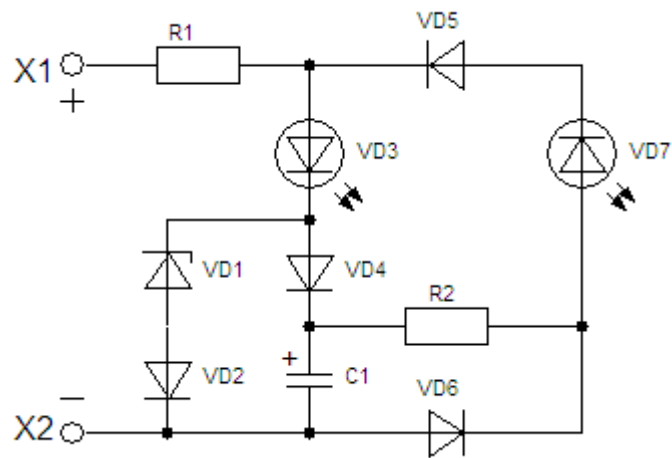


Рисунок 1.13 – Схема індикатора напруги постійного і змінного струму 3...30 В

Для індикації напруги постійного і змінного струму, в ширшому діапазоні (24...250 В) призначений пристрій за схемою на рисунку 1.14 [3].

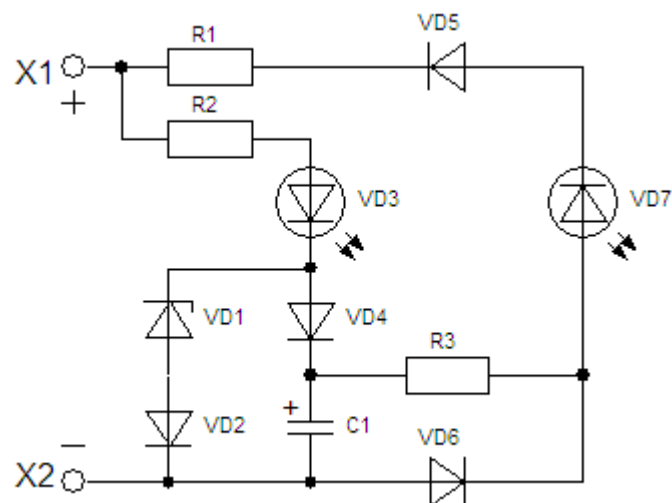


Рисунок 1.14 – Схема індикатора напруги постійного и змінного струму 24...250 В

### 1.2.4 Індикації стану цифрових елементів

Для індикації стану елементів пристроїв, виконаних на цифрових мікросхемах, використовують логічні пробники. К логічним пробникам пред'являють наступні вимоги: індикація логічної одиниці/нуля на вході/виході цифрової інтегральної мікросхеми, рідше – наявність імпульсів на електродах напівпровідникового приладу. Пробник не повинен перенавантажувати вихідні кола контрольованих мікросхем або шунтувати вхідні (тобто не повинен вносити збоїв до роботи цифрової техніки в процесі контролю). Зазвичай подібні пробники вузькоспеціалізовані для роботи лише з ТТЛ або КМОП логікою.

На рисунку 1.15 приведена схема універсального пробника [4], який дозволяє без використання джерела живлення, контролювати роботу ТТЛ (3...5 В) і КМОП (3...15 В) мікросхем, а також відображати напругу постійного і змінного струму в діапазоні від 3 до 100 В при тривалому підключенні і до 300 В – при короткочасному.

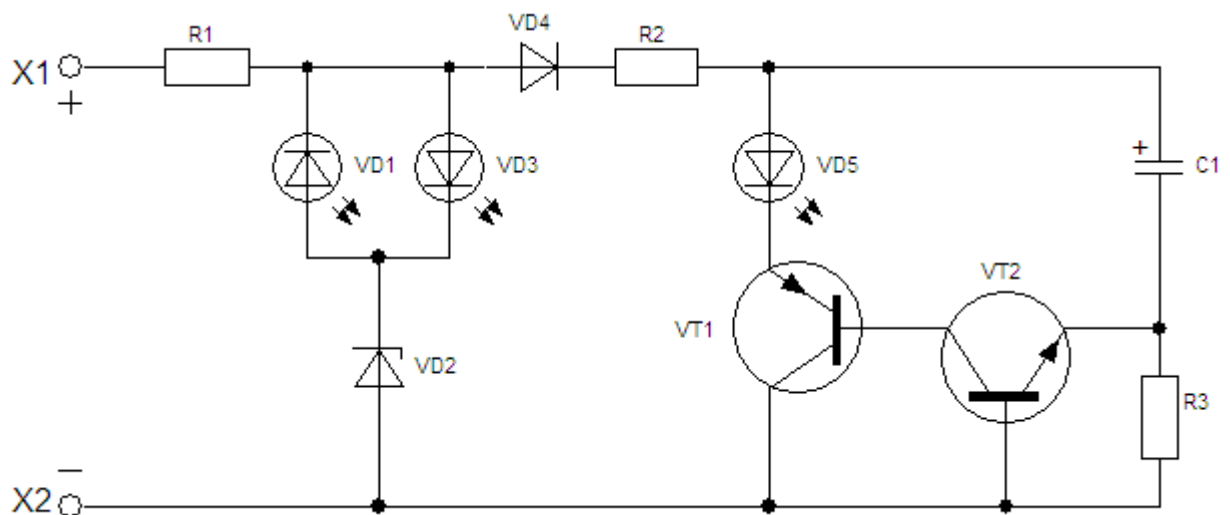


Рисунок 1.15 – Схема універсального пробника

Пробник живиться безпосередньо від джерела контрольованої напруги, споживаючи при цьому незначний струм. Висока економічність пристрою і мале навантаження по струму на контрольоване коло досягнута за рахунок динамічного характеру індикації пристрою.

Індикація напруги малого рівня (до 14 В) здійснюється переважно за рахунок роботи генератора імпульсів на германієвих транзисторах VT1, VT2. При індикації ТТЛ рівней частота спалахів світлодіода VD5 складає близько 3 Гц; при напрузі 4 В (близькому до рівня мінімально допустимих значень логічної одиниці ТТЛ логіки) частота генерації підвищується до 5 Гц. При напрузі 3 В частота генерації зростає до 10 Гц і вище, яскравість свічення світлодіода різко знижується. При контролі КМОП елементів напрузі у 9 В відповідає частота генерації близько 1 Гц; починаючи з напруги, що перевищує значення напруги стабілізації стабілітрона і напругу запалення світлодіода, починає світитися світлодіод VD3. Падіння напруги на генераторі імпульсів не перевищує 10 В. У діапазоні напруги 14...20 В світлодіод VD3 блимає з частотою близько 1 Гц з поступовим переходом в режим безперервного свічення. За наявності на вході пристрою імпульсних сигналів частота (яскравість) спалахів світлодіодів також змінюється, що дозволяє контролювати і динамічні процеси в цифрових і аналогових пристроях.

Пристрій контролю напруги живлення (рис. 1.16) працює за пороговим принципом.

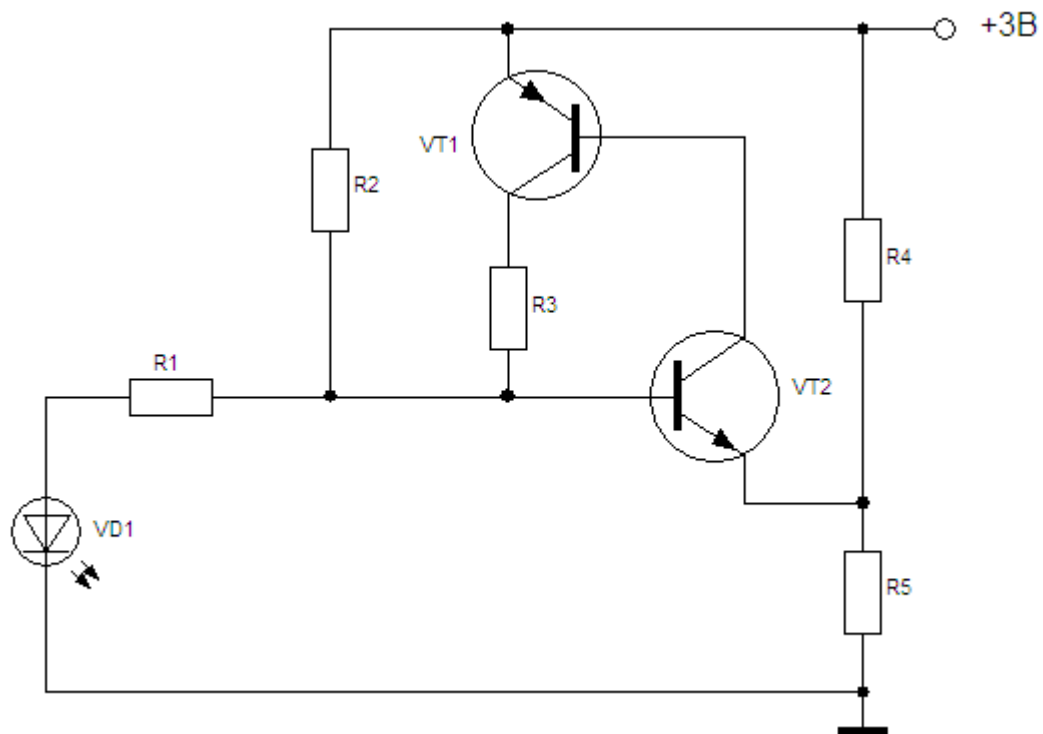


Рисунок 1.16 - Схема порогового пристрою контролю напруги живлення

Він складається з мостової схеми і ключового елемента з негативним динамічним опором. У разі коли напруга живлення знизиться нижче певного порогу (2,1 В) відбувається перемикання ключового елемента, індикатор спалахує. При нормальному рівні напруги пристрій споживає струм близько 1 мА.

Метою роботи являється розробка пристрою контролю параметрів мережевої напруги.

Для досягнення поставленої мети необхідно виконати наступні завдання;

- розробити функціональну схему пристрою контролю;
- розробити схему електричну принципову пристрою контролю;
- провести аналіз функціонування розроблених вузлів пристрою контролю.



## 2 Розробка пристрою контролю параметрів мережевої напруги

Мережева напруга з номінальним значенням 230 В, яка використовується в побуті і на виробництві, інколи виходить за допустиму межу  $\pm 10\%$  [4]. В результаті цього можуть неправильно працювати електроприлади, які живляться від цієї мережі, або може виникнути аварійна ситуація.

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.

Стежити за мережевою напругою за допомогою вольтметра не завжди зручно, можна відображати відхилення величини мережевої напруги за допустиму межу за допомогою індикатора [5]. У таких індикаторах як порогові елементи застосовані диністори.

Як баластні елементи застосовані високовольтні стабілітрони [2] або резистори [3]. На них виділяється тепло і якщо індикатори зібрані в корпусі невеликого об'єму то диністори, які визначають пороги спрацьовування, нагріваються, і це наводить до погрішності у свідченнях цих індикаторів.

Функціональна схема пристрою контролю параметрів мережевої напруги представлена на рисунку 2.1.



Рисунок 2.1 - Функціональна схема пристрою контролю параметрів мережевої напруги

## 2.1 Блок живлення на баластному конденсаторі

Малогабаритний мережевий трансформатор досить важкий і займає багато місця, а імпульсні джерела живлення складні і вимагають для виготовлення недешевої комплектації.

Вирішенням даної проблеми при виконанні певних умов може служити безтрансформаторний блок живлення на баластному конденсаторі. Ці умови:

- повна автономність апарату який живиться, тобто до нього не повинні підключатися жодні зовнішні пристрої;

- діелектричний корпус і такі ж ручки управління у самого блоку живлення і пристрою, що підключається до нього.

У найпростішому вигляді схема безтрансформаторного блоку живлення має вигляд, показаний на рисунку 2.2.

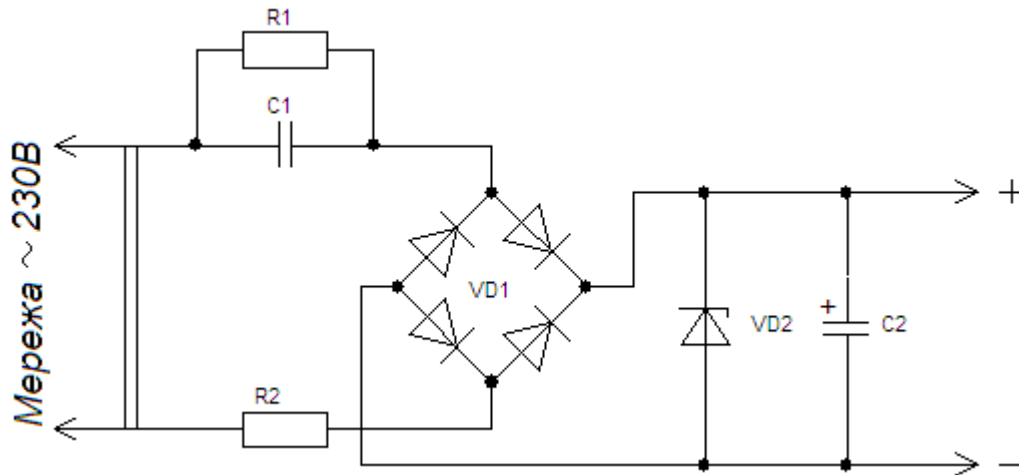


Рисунок 2.2 - Безтрансформаторний блоку живлення

Для обмеження кидка струму при підключенні блоку до мережі послідовно з конденсатором С1 і випрямним мостом VD1 включений резистор R2, а для розрядки конденсатора після відключення - паралельно йому резистор R1.

Безтрансформаторний блоку живлення в загальному випадку є симбіозом випрямляча і параметричного стабілізатора. Конденсатор С1 для змінного струму є ємкісним (реактивним, тобто не споживаючим енергію) опором  $X_c$ , величина якого визначається по формулі:

$$X_c = \frac{1}{2\pi f C} \text{ (Ом)},$$

де  $f$  - частота мережі (50 Гц);  $C$  - ємність конденсатора С1, Ф.

Тоді вихідний струм джерела можна приблизно визначити так:

$$I_{\text{вих}} = \frac{U_c}{X_c} \text{ (А)},$$

де  $U_c$  - напруга мережі (230 В).

Вхідна частина іншого блоку живлення (рис. 2.3 а) містить баластний конденсатор  $C1$  і мостовий випрямляч з діодів  $VD1$ ,  $VD2$  і стабілітронів  $VD3$ ,  $VD4$ . Резистори  $R1$ ,  $R2$  грають ту ж роль, що і в першій схемі. Осцилограма вихідної напруги блоку приведена на рисунку 2.3 б (коли напруга на виході перевищує напругу стабілізації стабілітронів, інакше він працює як звичайний діод).

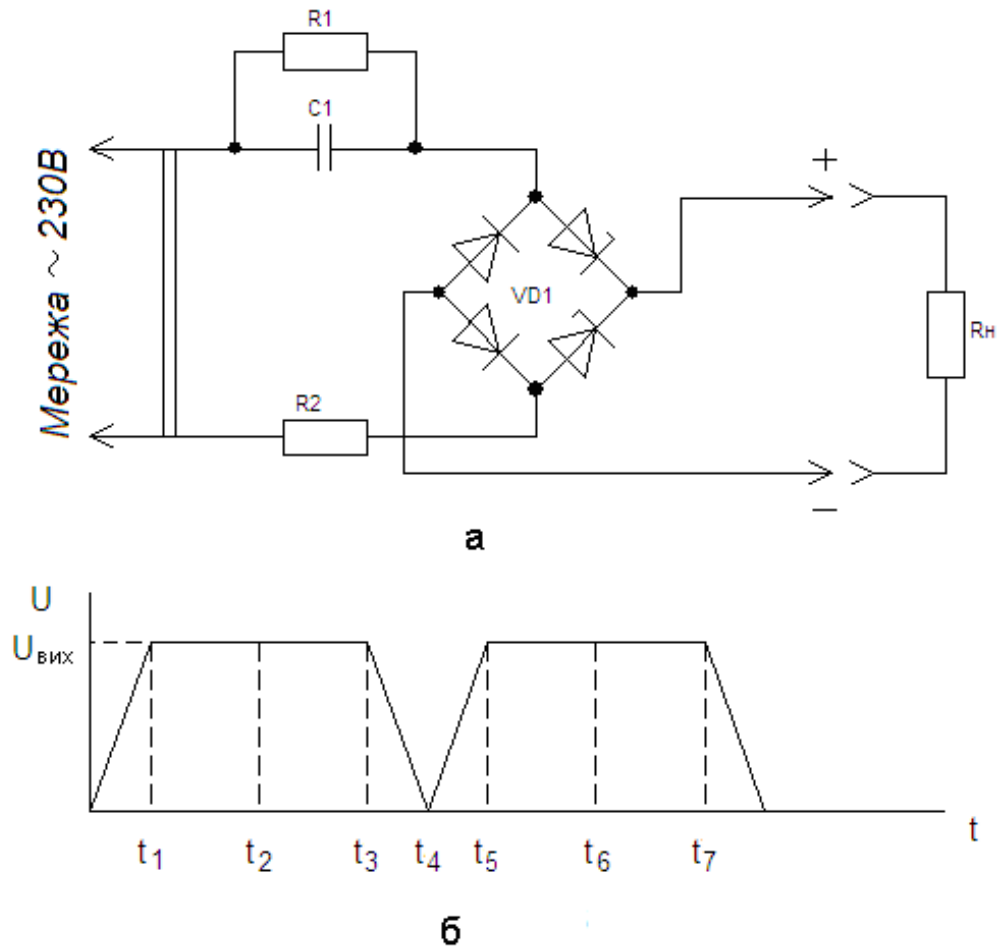


Рисунок 2.3 - Безтрансформаторний блоку живлення на стабілітронах

Від початку позитивного напівперіоду струму через конденсатор  $C1$  до моменту  $t_1$  стабілітрон  $VD3$  і діод  $VD2$  відкриті, а стабілітрон  $VD4$  і діод  $VD1$  закриті. У інтервалі часу  $t_1 \dots t_3$  стабілітрон  $VD3$  і діод  $VD2$  залишаються відкритими, а через стабілітрон, що відкрився,  $VD4$  проходить імпульс струму стабілізації. Напруга на виході  $U_{ВИХ}$  і на стабілітроні  $VD4$  дорівнює його напрузі стабілізації  $U_{СТ}$ .

Імпульсний струм стабілізації, який являється для діодно-стабілітронного випрямляча крізним, міне навантаження  $R_n$ , яке підключене до виходу моста. У момент  $t_2$  струм стабілізації досягає максимуму, а у момент  $t_3$  дорівнює нулю. До закінчення позитивного напівперіоду залишаються відкритими стабілітрон VD3 і діод VD2.

У момент  $t_4$  завершується позитивний і починається негативний напівперіод, від початку якого до моменту  $t_5$  вже стабілітрон VD4 і діод VD1 відкриті, а стабілітрон VD3 і діод VD2 закриті. У інтервалі часу  $t_5 \dots t_7$  стабілітрон VD4 і діод VD1 продовжують залишатися відкритими, а через стабілітрон VD3 при напрузі  $U_{ст}$  протікає крізний імпульс струму стабілізації, максимальний у момент  $t_6$ . Починаючи від  $t_7$  і до завершення негативного напівперіоду залишаються відкритими стабілітрон VD4 і діод VD1. Розглянутий цикл роботи діодно-стабілітронного випрямляча повторюється у наступні періоди мережевої напруги.

Таким чином, через стабілітрони VD3, VD4 від анода до катода протікає випрямлений струм, а в протилежному напрямі - імпульсний струм стабілізації. У інтервали часу  $t_1 \dots t_3$  і  $t_5 \dots t_7$  напруга стабілізації змінюється не більше ніж на одиниці відсотків. Значення змінного струму на вході моста VD1...VD4 у першому наближенні дорівнює відношенню напруги мережі до ємкісного опору баластного конденсатора C1.

Робота діодно-стабілітронного випрямляча без баластного конденсатора, який обмежує крізний струм, неможлива. У функціональному відношенні вони нероздільні і утворюють єдине ціле - конденсаторно-стабілітронний випрямляч.

Розкид значень  $U_{ст}$  однотипних стабілітронів складає приблизно 10%, що наводить до виникнення додаткових пульсацій вихідної напруги з частотою живлячої мережі, амплітуда напруги пульсації пропорційна різниці значень  $U_{ст}$  стабілітронів VD3 і VD4.

Безтрансформаторні джерела живлення зазвичай збираються за класичною схемою: конденсатор, що гасить, випрямляч змінної напруги, конденса-

тор фільтру, стабілізатор. Ємкісною фільтр згладжує пульсації вихідної напруги. Чим більше ємкість конденсаторів фільтру, тим менше пульсації і, відповідно, більше постійна складова вихідної напруги. Проте у ряді випадків можна обійтися без фільтру, який частенько є найгрозомізкішим вузлом такого джерела живлення.

## 2.2 Параметричний стабілізатор напруги

Схема параметричного стабілізатора напруги паралельного типу приведена на рисунку 2.4.

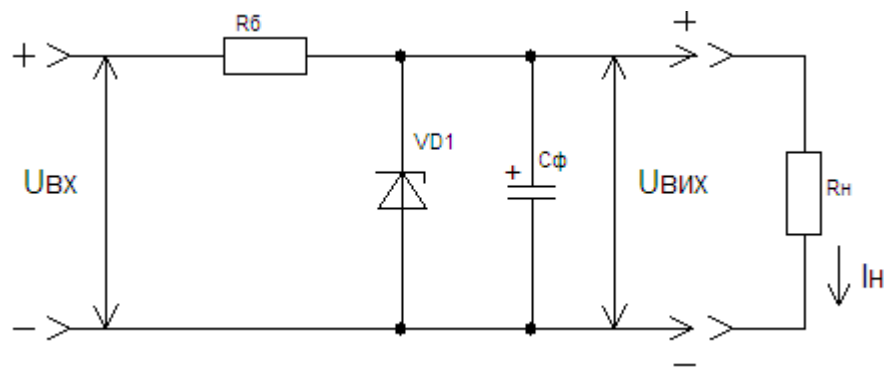


Рисунок 2.4 - Параметричний стабілізатор напруги паралельного типу

Схема містить баластний резистор  $R_b$  і стабілітрон  $VD1$ , який включиться паралельно навантаженню  $R_n$  (тобто це стабілізатор паралельного типу), з метою зниження пульсацій вихідної напруги, при коливаннях струму в навантаженні, у схему може включатися фільтрувальний конденсатор  $C_\phi$ . Принцип роботи параметричного стабілізатора добре видно при розгляді навантажувальних характеристик, представлених на вольтамперній характеристиці стабілітрона (рис. 2.5). Тут кут нахилу прямої ( $\alpha$ ) визначається опором баластного резистора  $R_b$  ( $\operatorname{tg} \alpha = 1 / R_b \cdot \operatorname{tg} \alpha = 1 / R_b$ ). Точка перетину даної прямої з віссю напруг визначається заданою напругою на вході стабілізатора  $U_{вх}$ , а точка перетину з ВАХ стабілітрона характеризує поточний режим роботи цього приладу ( $I_{ст}, U_{ст} = U_{вих}$ ).

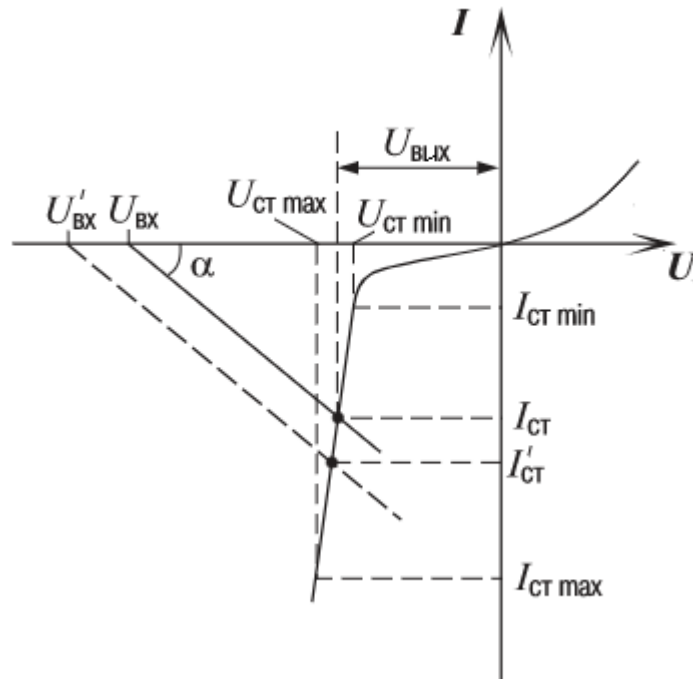


Рисунок 2.5 - Вольтамперна характеристика стабілітрона

Вихідна напруга стабілізатора ( $U_{\text{вих}}$ ), а також струм стабілітрона ( $I_{\text{ст}}$ ) визначаються положенням точки перетину навантажувальної прямої резистора і ВАХ стабілітрона. Якщо значення вхідної напруги зміниться (наприклад, збільшиться), то зміниться і розміщення навантажувальної прямої, а робоча точка стабілітрона зміститься в бік великих струмів. При цьому очевидно, що напруга на стабілітроні (відповідно, і на навантаженні) залишиться практично незмінним (тобто відбувається його стабілізація на рівні, визначеному типом конкретного застосовуваного стабілітрона). Наведені викладки зроблені в припущенні, що  $R_{\text{н}} \gg R_{\text{б}}$  і  $I_{\text{б}} \approx I_{\text{ст}}$ . Зі зменшенням  $R_{\text{н}}$  істотна частина струму стабілітрона буде відгалужується в навантаження ( $I_{\text{б}} = I_{\text{ст}} + I_{\text{н}}$ ).

З проведеного аналізу випливає, що режим роботи стабілітрона (положення робочої точки на ВАХ приладу) визначається значенням вхідної напруги  $U_{\text{вх}}$  і опором баластного резистора  $R_{\text{б}}$ . Оптимальний вибір цього резистора (для забезпечення найкращої стабілізації вихідної напруги при коливаннях вхідної напруги) можливий тільки при врахуванні характеру навантаження (постійна, змінна) і величини протікаючого через неї струму (і можливого діапазону його зміни).

Більш глибокий аналіз параметричного стабілізатора дозволяє отримати наступні вирази для коефіцієнта стабілізації  $K_{ст}$  і для розрахунку оптимальної величини баластного опору  $R_6$ :

$$K_{ст} \frac{\delta U_{вх}}{\delta U_{вих}} = \frac{U_{вих} (1 - 0,01 \cdot \delta U_{вх})}{r_{ст} (I_{нmax} + I_{стmin})}, \quad (2.1)$$

$$R_6 = \frac{(1 - 0,01 \cdot \delta U_{вх}) - U_{вх}}{I_{нmax} + I_{стmin}}, \quad (2.2)$$

де  $r_{ст}$  - диференціальний опір стабілітрона;  $\delta U_{вих}$  - граничне відносне відхилення вхідної напруги від його середнього значення, %.

Конкретне значення вихідної стабілізованої напруги визначається типовим номіналом застосовуваного стабілітрона. При виборі стабілітрона слід враховувати і такий параметр, як максимально допустимий струм стабілізації ( $I_{ст.max}$ ). При змінному характері навантаження може знадобитися досить великий запас по цьому значенню. Якщо напруга стабілізації мало (1... 3 В), замість стабілітронів повинні застосовуватися стабістори.

### 2.3 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:  $U_{вих} = U_{вих}^0$  або  $U_{вих} = U_{вих}^1$ .



Роботу компаратора зазвичай характеризують аналітично, у вигляді нерівностей або амплітудною характеристикою. Компаратор з такою характеристикою називається інвертуючим (рис. 2.6).

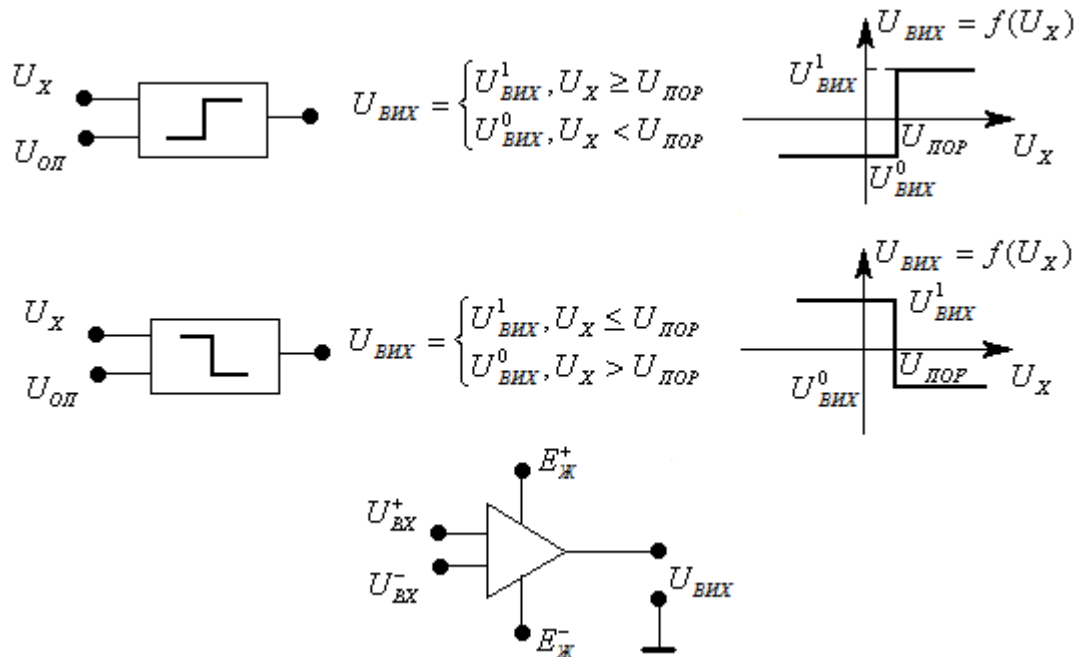


Рисунок 2.6 – Інвертуючий компаратор

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

$$U_{ВИХ} = K_{оп} (U_{ВХ+} - U_{ВХ-}), \quad (2.3)$$

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

У зв'язку з тим що  $K_{оп}$  великий ( $10^5 \dots 10^6$ ) 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:

$$U_{ВИХ} = U_{ВИХ}^1 \approx E_{ж}^+ \text{sign } U_{ВХ+}, \text{ при } U_{ВХ+} > U_{ВХ-}, \quad (2.4)$$

$$U_{\text{вих}}^0 \approx E_{\text{ж}}^- \text{sign } U_{\text{вх}+}, \text{ при } U_{\text{вх}+} < U_{\text{вх}-}, \quad (2.5)$$

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  $2\Delta E = E_{\text{ж}} / K_{\text{оп}}$  – 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: точнісні, динамічні і експлуатаційні.

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

Основним динамічним параметром компаратора являється час перемикання  $t_{\text{п}}$ . 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  $U_{\text{вх}}$ , що подається на інший вхід. Цей час залежить від величини перевищення  $U_{\text{вх}}$  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 невідключені колектор і емітер. Дві основні схеми включення компараторів такого типа приведено на рисунку 2.7.

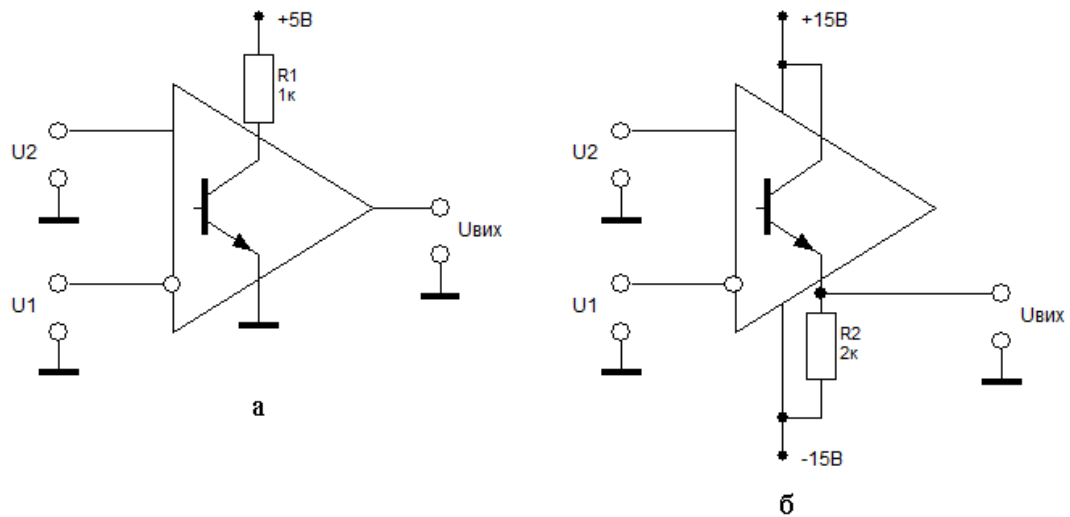


Рисунок 2.7 – Схеми включення вихідного каскаду компаратора K521CA3

На рисунку 2.78 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 логіки 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. 2.7 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 2.8.

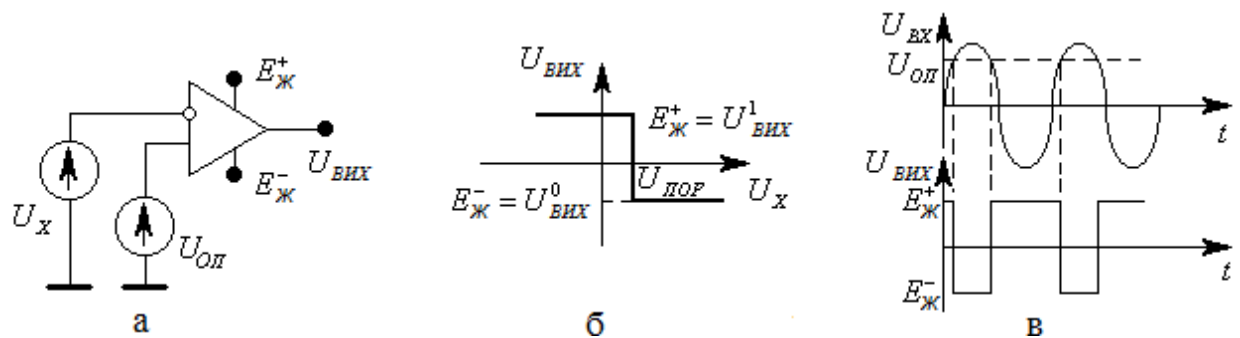


Рисунок 2.8 - Схема двохвходового інвертуючого компаратора

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

$$U_x = U_{\text{вих-}} = U_{\text{вих+}} = U_{\text{оп}}$$

Звідси витікає, що  $U_{\text{пор}} = U_{\text{оп}}$ . На рисунку 2.8 б приведена амплітудна характеристика, а на рисунку 2.8 в часові діаграми роботи схеми, коли вхідний сигнал гармонійний.

Схема двохвходового неінвертуючого компаратора приведена на рисунку 2.9.

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

$$U_x = U_{\text{вих+}} = U_{\text{вих-}} = U_{\text{оп}}$$

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

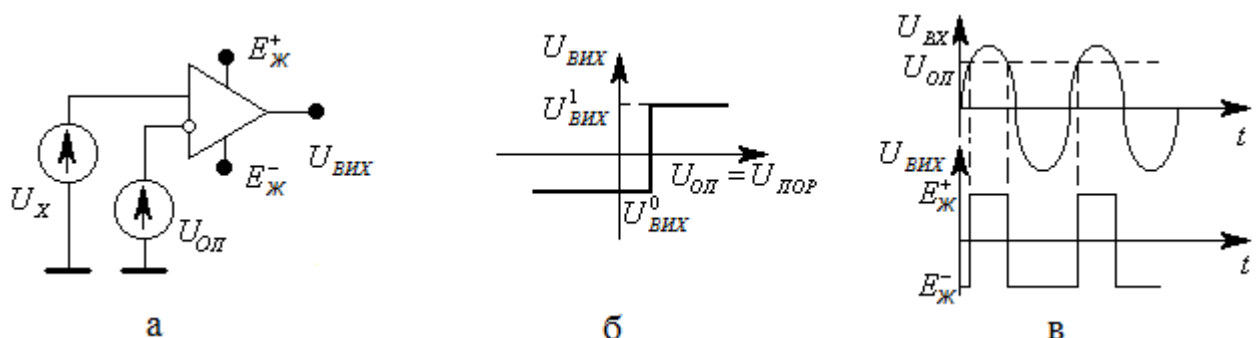


Рисунок 2.9 - Схема двохвходового неінвертуючого компаратора

Завдяки позитивному зворотньому 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 (досліджуемого) 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. 2.10).

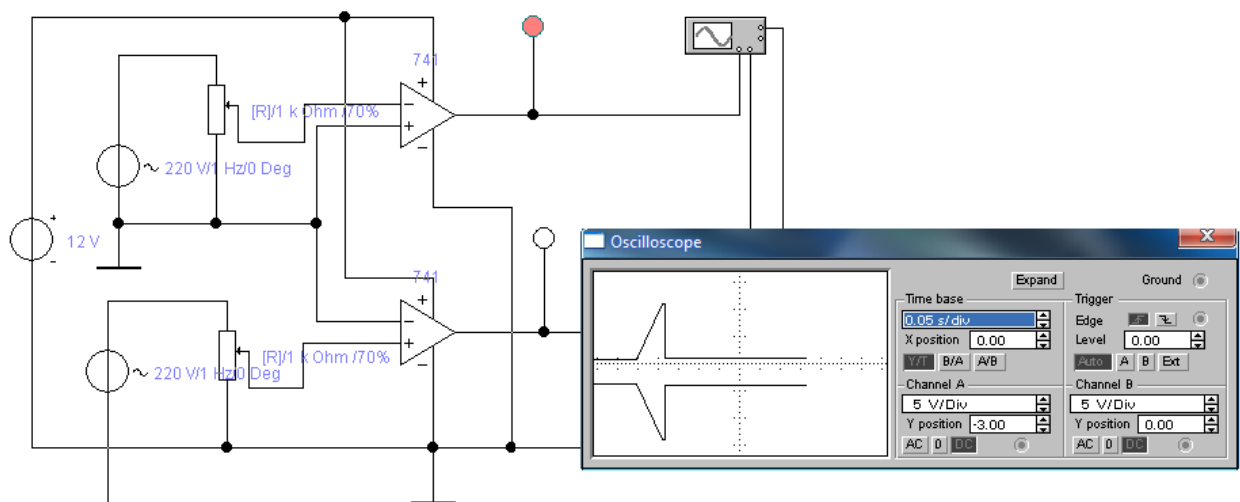


Рисунок 2.10 – Моделювання компаратора в EWB

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

Схема компаратора контролю рівня напруги побудована на двох операційних підсилювачах, ділянці напруги та регуляторів рівня сигналів, що порівнюються (рис. 2.11) [6].

Змінна напруга, що знімається з другої обмотки L2 трансформатора T2, використовується для контролю рівня напруги.

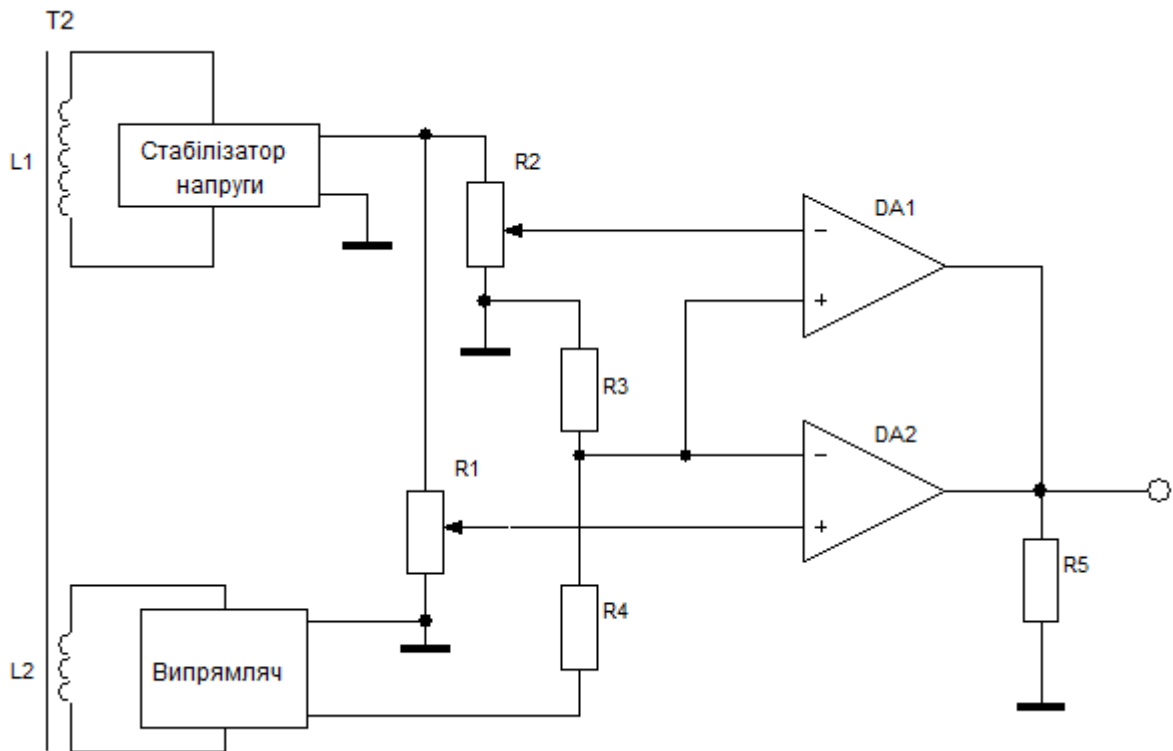


Рисунок 2.11 - Схема компаратора контролю рівня напруги

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.

## 2.4 Цифровий інвертор

Інверсія (заперечення, доповнення) є однією з основних логічних функцій, використовуваних в пристроях цифрової обробки інформації.

Функція НЕ – це функція одного аргументу. Вона дорівнює 1, коли її аргумент дорівнює 0, і навпаки.

Рівняння функції:

$$F = \bar{A}.$$

Схему, яка забезпечує виконання такої функції, називають інвертором або схемою НЕ (рис. 2.12).

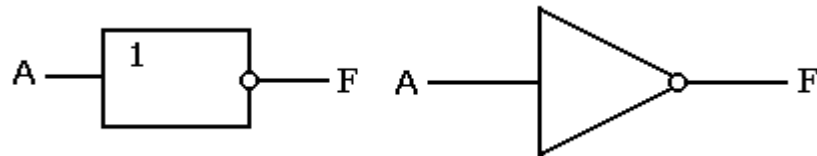


Рисунок 2.12 - Позначення схеми інвертора

Алгоритм функціонування інвертора представлений у таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 - Алгоритм функціонування інвертора

A	$F = \bar{A}$
0	1
1	0

Чотири можливі логічні функції представлені в таблиці 1.4. Функції  $F_3 = 0$  і  $F_4 = 1$  здійснюють постійні, які не залежать від входу,  $F_2 = A$ . Тому істотною для алгебри логіки є лише однорозрядна двійкова функція  $F_1 = \bar{A}$ .

Операцію інверсії можна виконати чисто арифметично:  $\bar{0} = 1 - 0$ ,  $\bar{1} = 1 - 1$  і алгебраїчно:  $\bar{\bar{A}} = A - 1$ . З цих виразів випливає, що інверсія A, тобто  $\bar{A}$  доповнює A до 1. Звідси і виникла ще одна назва цієї операції – доповнення. Звідси ж можна зробити висновок, що подвійна інверсія призводить до вихідного аргументу, тобто:

$$\bar{\bar{A}} = 1 - \bar{A} = 1 - (1 - A) = A.$$

Це є закон подвійного заперечення.

У релейно-контактній техніці функцію НЕ реалізує нормально замкнутий контакт, тобто такий контакт реле, який замкнутий, поки в обмотці немає струмового сигналу A, і розмикається при подачі струму A (рис. 2.13).

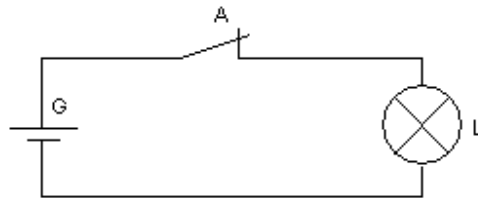


Рисунок 2.13 – Схема інвертора в релейно-контактній техніці

## 2.5 Генератор імпульсів

Генератори імпульсів використовують в багатьох радіотехнічних пристроях (електронних лічильниках, реле часу), застосовують при налаштуванні цифрової техніки. Діапазон частот таких генераторів може бути від одиниць герц до багатьох мегагерц.

На рисунку 2.14 приведена схема генератора, який формує одиночні імпульси прямокутної форми при натисненні кнопки SA1 (тобто він не є автогенератором). На логічних елементах DD1.1 і DD1.2 зібраний RS-тригер, що запобігає проникненню імпульсів брязкоту контактів кнопки на перелічувальний пристрій. У положенні контактів кнопки SA1, показаному на схемі, на виході 1 буде напруга високого рівня, на виході 2 - напруга низького рівня; при натиснутій кнопці – навпаки. Цей генератор зручно використовувати при перевірці працездатності різних лічильників.

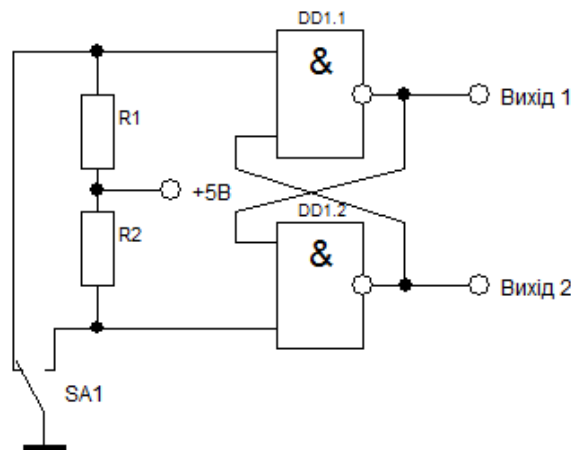


Рисунок 2.14 – Генератор одиночних імпульсів



На мікросхемі КМОН К561ЛН2 можна зібрати широкодіапазонний генератор імпульсів (рис. 2.15). Для зручності установки частоти ємкість конденсатора часозадаючого кола змінюють перемикачем SA1. Діапазон частот, що формуються генератором, складає 1...10 000 Гц.

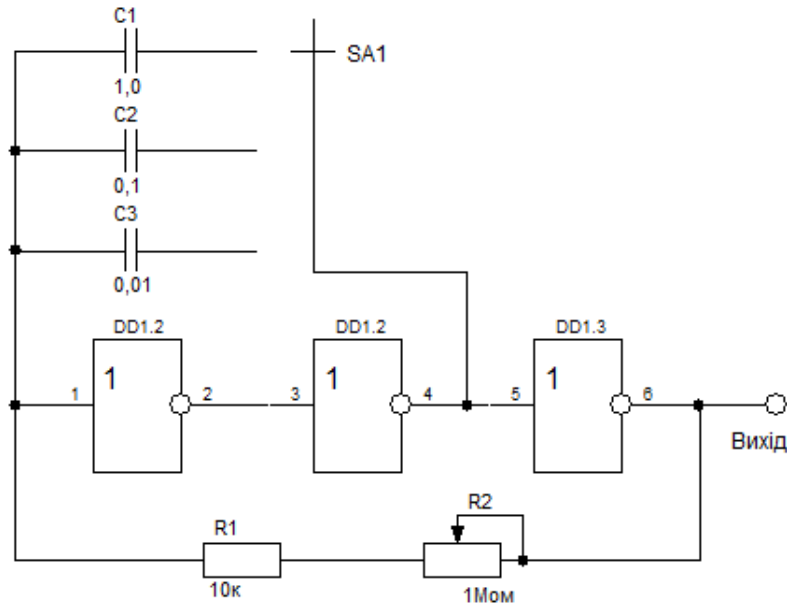


Рисунок 2.15 - Широкодіапазонний генератор імпульсів на мікросхемі К561ЛН2

Якщо потрібна висока стабільність частоти, що генерується, то такий генератор можна зробити «кварцованим» - включити кварцовий резонатор на потрібну частоту.

Цифрові мікросхеми в генераторах взаємозамінні в більшості випадків і можна використовувати в одній і тій же схемі як мікросхеми з елементами «І-НІ», так і «АБО-НЕ», або ж просто інвертори. Варіант таких замін показаний на прикладі рисунка 2.16, де була використана мікросхема з інверторами К561ЛН2. Таку саму схему із збереженням всіх параметрів можна зібрати і на К561ЛА7.

Автогенератор на виході формує імпульси, які зручніше контролювати після дільника. Таким чином автогенератор доповнюється виводами керування роботою лічильника дільника (рис. 2.17).

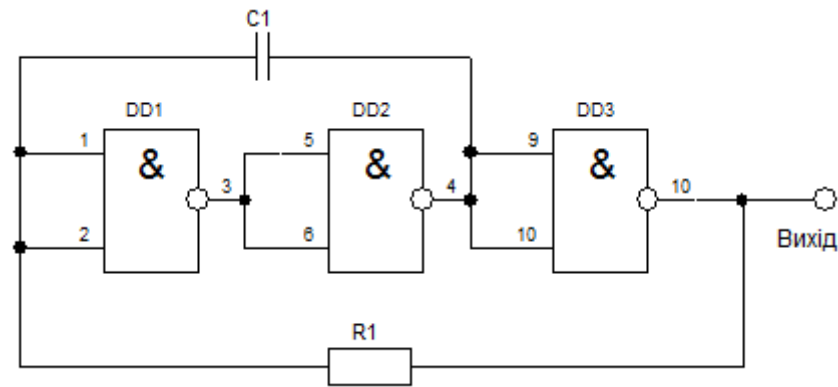


Рисунок 2.16 - Автогенератор імпульсів на мікросхемі К561ЛА7

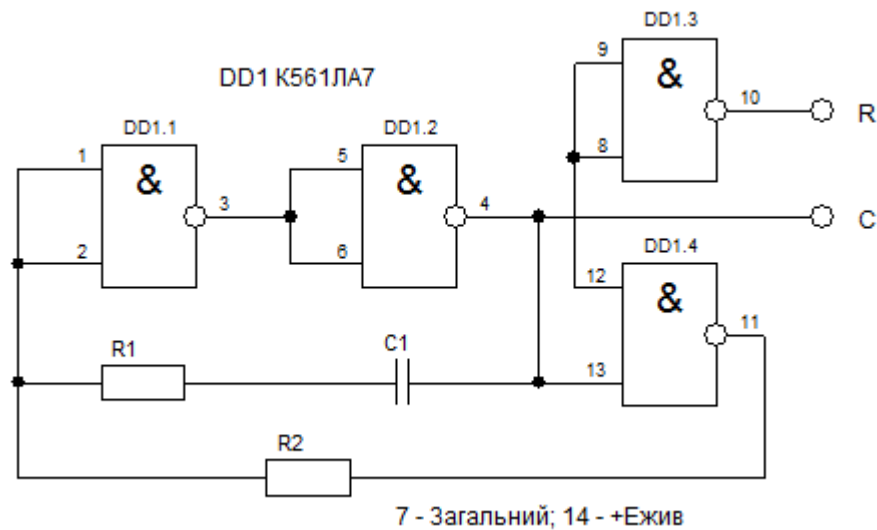


Рисунок 2.17 – Схема тактового автогенератора

Моделювання функціонування тактового автогенератора виконаємо в програмному забезпеченні Electronics Workbench (рис. 2.18). Застосуємо мікросхему 4011, аналог К561ЛА7. Як бачимо з осцилограми на виході S автогенератора формуються періодичні імпульси, а на виході R рівень логічного 0 [7].

## 2.6 Індикатор мережевої напруги

Для індикації наявності мережевої напруги зазвичай використовують неонові лампочки, які погано «вписуються» в сучасне оформлення передніх панелей побутовою, вимірювальної і іншої радіоелектронної апаратури.

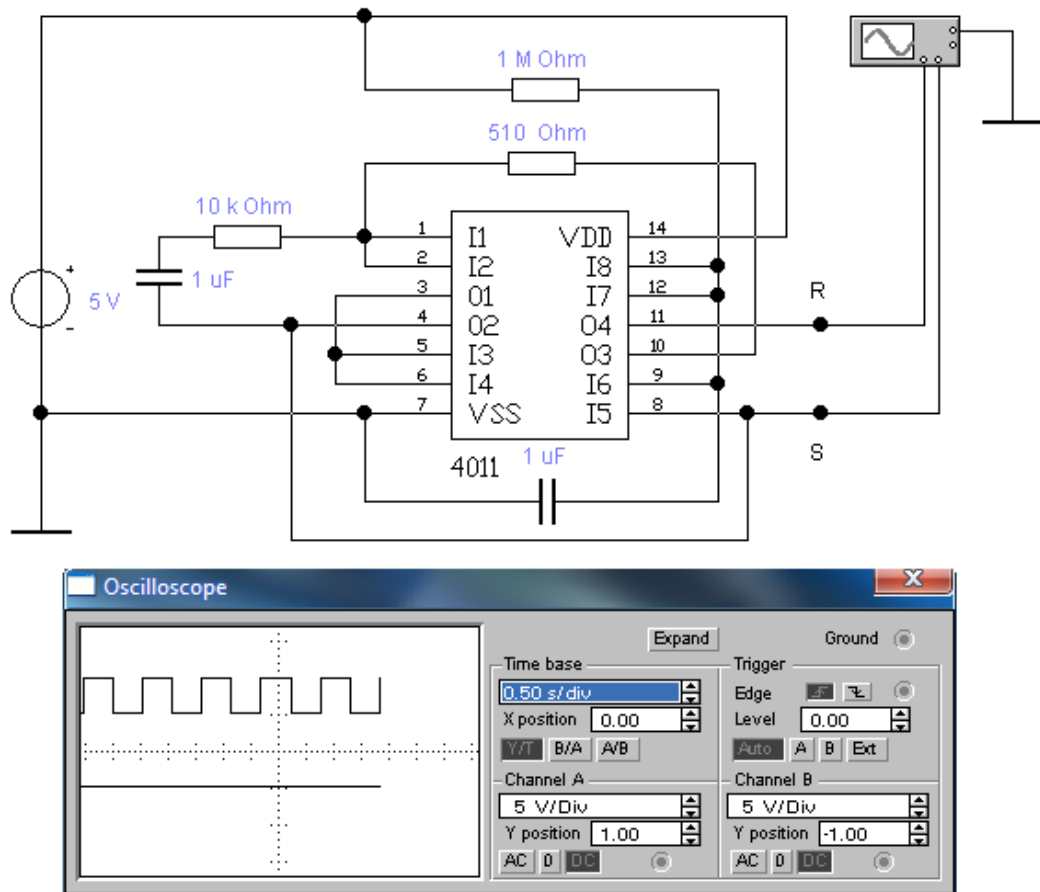


Рисунок 2.18 – Моделювання функціонування тактового автогенератора

Хороший сучасний індикатор мережевої напруги можна виготовити на світлодіоді. Індикатор напруги на світлодіоді дуже простий і складається з широко поширених деталей. Схема одного з варіантів такого індикатора приведена на рисунку 2.19.

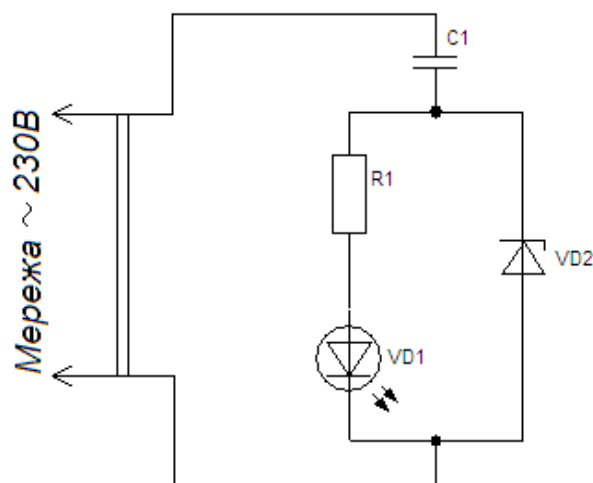


Рисунок 2.19 – Індикатор мережевої напруги на світлодіоді

Прямий струм через світлодіод VD1 обмежують резистор R1 і (в основному) конденсатор C1. Вживання для цих цілей конденсатора дозволяє уникнути погіршення теплового режиму апаратури із-за виділення значної кількості тепла струмообмежуючим резистором. При негативній півхвилі мережевої напруги (на верхньому за схемою мережевому дроті) стабілітрон VD2 працює як звичайний діод, оберігаючи світлодіод від пробією зворотним зсувом.

При позитивній півхвилі мережевої напруги основний струм протікає через світлодіод VD1, оскільки стабілітрон при цьому закритий. Його властивість стабілізації напруги використовується лише при включенні приладу в мережу – фіксуючи напругу на колі R1, VD1, він обмежує тим самим кидок струму через світлодіод VD1 і дозволяє уникнути виходу світлодіода з буд. Напруга стабілізації цього стабілітрона має бути трохи вище, ніж пряме падіння напруги на використуваному світлодіоді. Конкретне значення ємкості конденсатора C1 залежить від необхідного прямого струму через світлодіод VD1.

## 2.7 Схема контролю параметрів мережевої напруги

Для індикації відхилення мережевої напруги за межі допустимого значення застосовано два різноколірні світлодіоди - червоного і зеленого свічення. При зниженні напруги до 200 В і менш горить безперервно червоний світлодіод. Якщо мережева напруга перевищить 250 В, безперервно включений світлодіод зеленого свічення і періодично спалахує світлодіод червоного свічення. Коли напруга мережі знаходиться в інтервалі 200...250 В, горить безперервно один світлодіод зеленого свічення.

Схема пристрою контролю параметрів мережевої напруги представлена на рисунку 2.20.

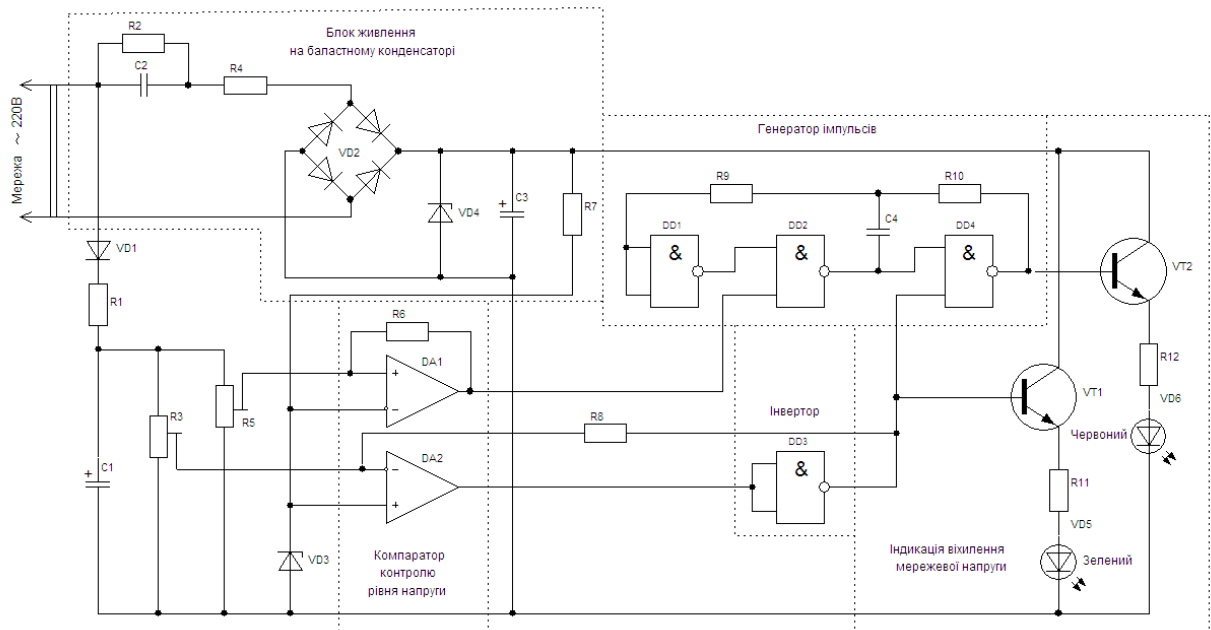


Рисунок 2.20 - Схема пристрою контролю параметрів мережевої напруги

Схема індикатора зібрана на двох операційних підсилювачах DA 1.1 і DA1.2, які виконують функцію компараторів. На логічних елементах DD1, DD2 і DD4 зібраний генератор імпульсів, елемент DD3 включений інвертором [8].

На баластному конденсаторі C2, діодному мосту VD2, конденсаторі C3 і стабілітроні VD4 зібраний стабілізований вузол живлення.

Діод VD1 випрямляє мережеву напругу до вимірювальної частини індикатора, конденсатор C1 згладжує пульсації випрямленої напруги. Резистивний дільник R1, R3, R5 знижує рівень напруги до безпечного рівня для входних кіл ОП.

Резисторами R3 і R5 встановлюються пороги спрацьовування індикатора. Резистори R6 і R8 забезпечують невеликий гістерезис перемикання компараторів, що підвищує їх перешкодостійкість.

Зразкова напруга для компараторів формує параметричний стабілізатор напруги на резисторі R7 і стабілітроні VD3. Індикацію здійснюють світлодіо-

ди VD5 і VD6, транзистори VT1 і VT2 забезпечують узгодження світлодіодів з виходами логічних елементів.

Якщо мережева напруга буде менше 200 В, компаратор на ОП DA2 перемкнеться в стан з високим рівнем напруги (лог. 1) на виході. Логічний елемент DD3 інвертує цей рівень, і на його виході встановиться низький рівень (лог. 0), тому світлодіод VD5 погашений.

Одночасно на виході елементу DD4 буде постійно присутня лог. 1, в результаті транзистор VT2 відкриється і стане постійно світити світлодіод VD6 червоного свічення, відображаючи зниження мережевої напруги нижче порогу.

Коли мережева напруга знаходиться в інтервалі 200...250 В, на виході ОП DA 2 присутній лог. 0. Елемент DD3 інвертує цей рівень, і на його виході буде лог. 1.

В цьому випадку транзистор VT2 закриється (світлодіод VD6 згасне), а транзистор VT1 відкриється, тому включиться і постійно горітиме світлодіод VD5 зеленого свічення, відображаючи, що напруга мережі в нормі.

При перевищенні мережевою напругою 250 В компаратор на ОП DA1 перемикається в стан з балка. 1 на виході. Це приведе до запуску генератора імпульсів, і світлодіод VD6 починає періодично спалахувати.

В результаті світлодіод зеленого свічення світить постійно, а червоного - спалахує. Ця комбінація сигналізує про перевищення мережевою напругою верхнього порогу.

Налагодження індикатора починається з встановлення бажаних порогів перемикання індикатора. Для цього двішки резисторів R3 і R5 встановлюються в нижнє за схемою положення. До виходу ЛАТР підключають вольтметр змінного струму і вхід індикатора.

На вході індикатора встановлюється напруга 200 В, і резистором R3 досягається включення світлодіода VD6 зеленого свічення, при цьому повинен згаснути світлодіод VD5 червоного свічення.

Потім подається напруга 250 В, і движком резистора R5 встановлюється періодичне включення червоного світлодіода VD6 із зеленим світлодіодом VD5, який горить одночасно.

Загальна схема розрахованого індикаторного пристрою контролю параметрів мережевої напруги (рис. 2.21) відповідає заданим параметрам функціонування.

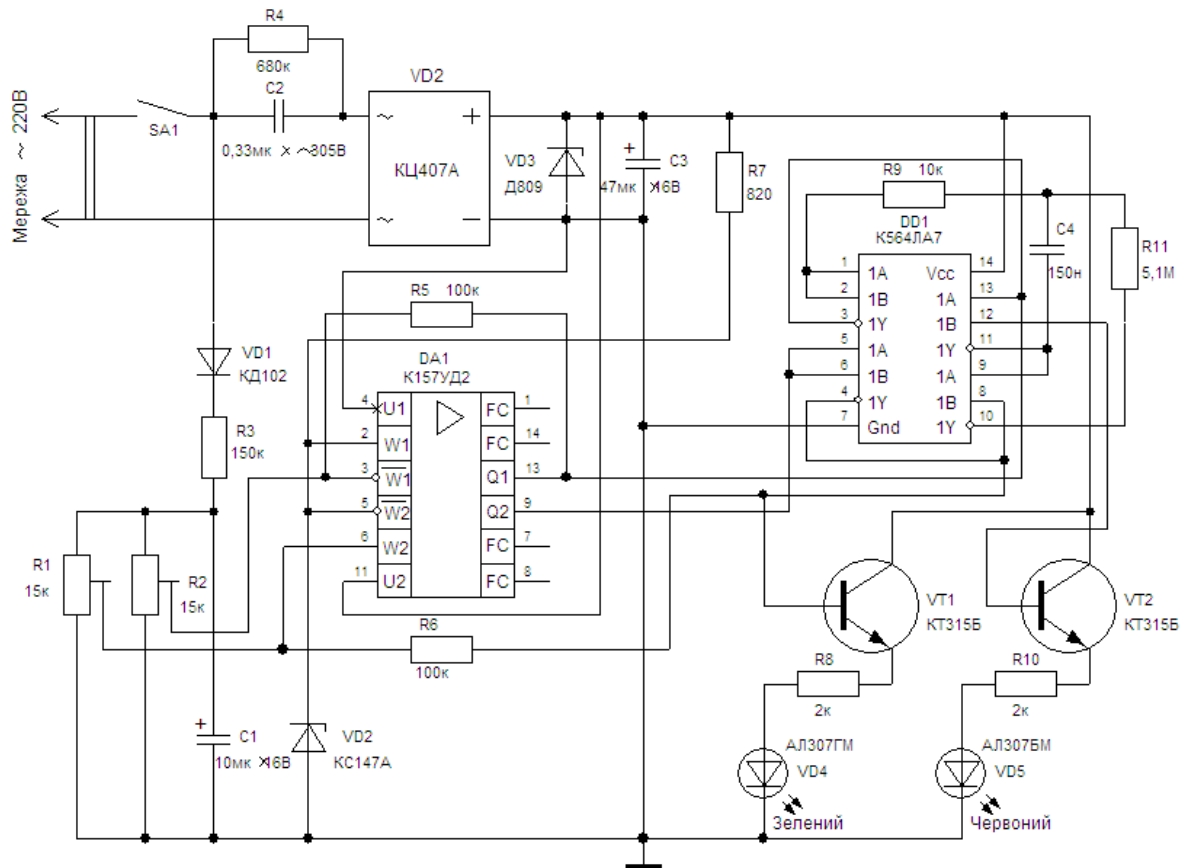


Рисунок 2.21 - Схема індикаторного пристрою контролю параметрів мережевої напруги

Елементна база індикаторного пристрою реалізується на компактній печатній платі, яка може бути розміщена в корпусі зручному для використання у побутових умовах (рис. 2.22).



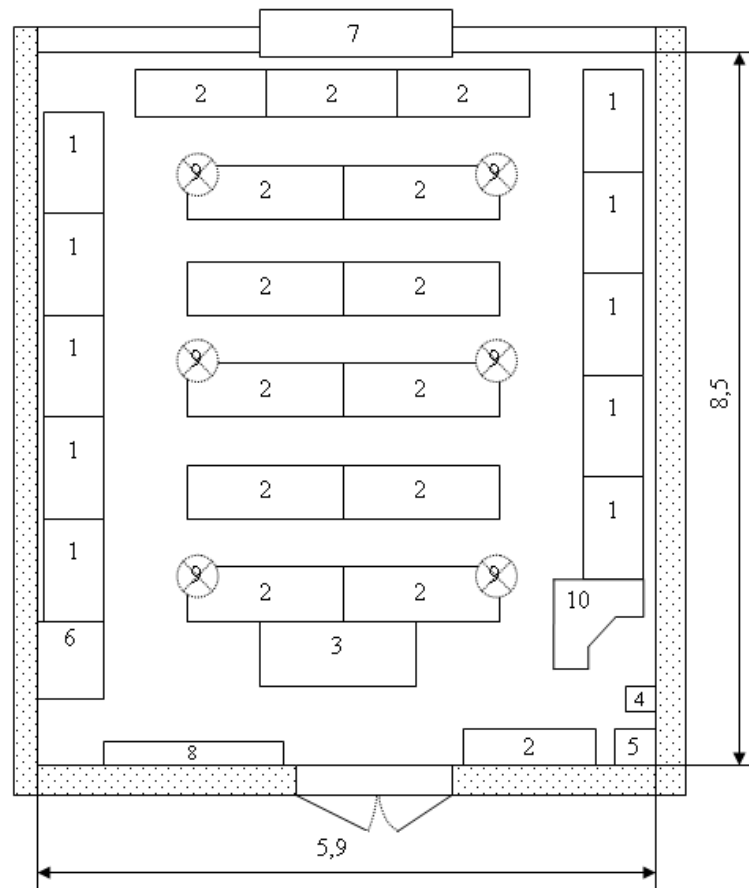
Рисунок 2.22 - Індикаторний пристрій відхилення мережевої напруги



### 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 ЕІСПЗ, 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  $50,15 \text{ м}^2$ ; об'єм  $188,06 \text{ м}^3$ ; довжина приміщення  $8,5 \text{ м}$ ; ширина приміщення  $5,9 \text{ м}$ ; висота приміщення  $3,5 \text{ м}$ ; число вікон 1; число робочих місць 2; освітлення: природне (через бічне вікно) і загальне штучне. Параметри приміщення задовольняють нормативним значенням: площа  $6 \text{ м}^2$ , об'єм  $20 \text{ м}^3$  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  $KEO_{ен} = 3,5$ . 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 полягання 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.

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.

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 нерво-во-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 <sup>3</sup>
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 <sup>3</sup> /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 відео-терміналами 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 ізолюваною нейтралю. 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 приділяється 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 виштуркатурених. 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 приміщенні, 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, слідує 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.

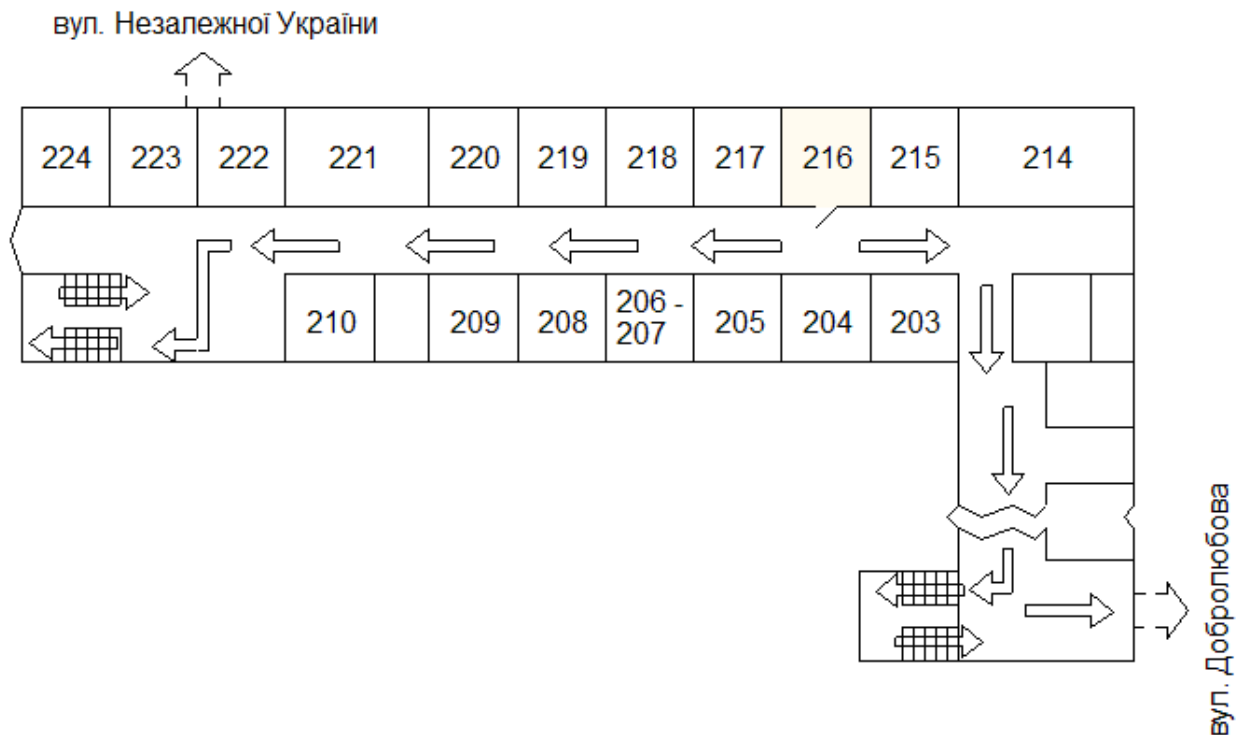


Рисунок 3.2 – План евакуації при пожежі із аудиторії № 216



### 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 охолодження 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:

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

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

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

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

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

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

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. У розрахованому пристрої контролю параметрів мережевої напруги використано безтрансформаторний блок живлення на баластному конденсаторі, що значно зменшує його габаритні розміри.

2. Схема електрична принципова пристрою базується на компараторі контролю рівня напруги, що підвищує точність проведення вимірів.

3. Параметри пристрою контролюються світлодіодним індикатором мережевої напруги, що достатньо для візуального сприйняття інформації.

Рекомендується подальша модернізація пристрою контролю параметрів мережевої напруги з метою підвищення надійності спрацювання схеми захисту та більшої інформативності.

## 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. Кожем'яко В. П., Павлов С. В., Тарновський М. Г. Оптоелектронна схемотехніка. Навчальний посібник. Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2008. 189 с.
4. Павлов С.М., Войцеховська О.В. Технологія мікроелектронних засобів : навчальний посібник. Вінниця : ВНТУ, 2017. 169 с.
5. Верьовкін Л. Л., Світанько М. В., Кісельов Є. М., Хрипко С. Л. Цифрова схемотехніка: підручник. Запоріжжя : ЗДІА, 2016. 214 с. ISBN 978-617-685-023-6.
6. Бойко В.І., Гуржій А.М., Жуйков В.Я. Основи схемотехніки електронних систем [Підручник]. Київ : Вища шк., 2004. – 527 с
7. Рябенський В.М., Жуйков В.Я., Гулий В.Д.. Цифрова схемотехніка: навчальний посібник. Львів : "Новий Світ-2000", 2019. 736 с. ISBN 978-966-418-067-9.
8. Кожемякін Г.Б., Рижков В.Г., Белоконь К.В. Охорона праці та техногенна безпека: методичні вказівки до виконання розділу магістерських робіт для студентів ЗДІА всіх спеціальностей денної та заочної форм навчання. Запоріжжя : ЗДІА, 2012. 48 с.
9. Ткачук К.Н. Охорона праці і довкілля в радіоелектронній промисловості. Київ : Вища шк., 1988. 240 с.
10. Горобець А.І. Степаненко А.І. Охорона праці в радіоелектронній промисловості. Київ : Техніка, 1987. 345 с.