

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Сумський державний університет

Кафедра електроніки і комп'ютерної техніки

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до кваліфікаційної роботи магістра

на тему

Електронний обмежувач напруги електромережі для побутових пристроїв

Завідувач кафедри

(підпис)

Опанасюк А.С.
(прізвище, ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Новгородцев А.І.
(прізвище, ініціали)

Консультант
з економічної частини

(підпис)

Маценко О.М.
(прізвище, ініціали)

Студент гр.

ЕС.м-21
(шифр групи)

(підпис)

Железняк О.Ю.
(прізвище, ініціали)

Суми 2023 р.

Сумський державний університет

Факультет електроніки та інформаційних технологій

Кафедра електроніки та комп'ютерної техніки

Спеціальність 171 Електроніка

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Зав.кафедри Опанасюк А.С.

«_____» «_____» 2023 р.

**Завдання
на кваліфікаційну роботу студентів**

Желєзняк Олександр Юрійович

(прізвище, ім'я по батькові)

1. Тема роботи Електронний обмежувач напруги електромережі для побутових пристроїв

Затверджено наказом по університету від «06.11» 2023 р. № 1233-VI.

2. Термін здачі студентом закінченої роботи 14.12.2023

3. Вихідні дані до роботи 1) Захист побутової техніки від коливань напруги в мережі ~220 V. 2) Використання бензогенератора, як резервне джерело живлення.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки 1) Огляд літератури та постановка завдання проєктування. 2) Науково-дослідна частина.

3) Розроблення електронної системи з використанням отриманих результатів дослідження. 4) Техніко-економічна частина.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) 1) Схема електрична структурна. 2) Схема алгоритму.

3) Схема електрична принципова.

6. Консультанти з кваліфікаційної роботи

Розділи	Консультанти	Завдання видав	Завдання прийняв
Техніко-економічна частина	Маценко О.М.		

7. Дата видачі завдання 06.11.2023.

8. Керівник роботи Новгородцев А.І.

9. Завдання прийняв до виконання Желєзняк О.Ю.

Календарний план

№ пор.	Найменування етапів кваліфікаційної роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Огляд літератури та постановка завдання проектування	06.11.23 р.	
2	Науково-дослідна частина	07.11.23 р.	
3	Розроблення електронної	15.11.23 р.	
4	Обґрунтування алгоритму функціонування та структурної схеми	20.11.23 р.	
5	Розроблення та розрахунок принципів електричних схем вузлів і блоків	25.11.23 р.	
6	Розроблення основних характеристик	03.12.23 р.	
7	Розрахунок економічних характеристик	05.12.23 р.	
8	Оформлення пояснювальної записки	10.12.23 р.	
9	Оформлення графічного матеріалу	10.12.23 р.	
10	Представлення роботи на рецензування	14.12.23 р.	

Студент Желєзняк Олександр Юрійович.

Керівник роботи Новгородцев Анатолій Іванович.

«_____» _____ 2023 р.

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка містить: 68 сторінки, 25 рисунків, 6 таблиць, 11 літературних джерел.

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

Пояснювальна записка містить три розділи:

Перший розділ приділяє увагу огляду літературі та постановці завдання проектування. Містить огляд технічної літератури по захисту електроприладів від зовнішніх і внутрішніх перенапруг та огляду чинних електронних систем.

Другий розділ присвячений науково-дослідній частині

Третій розділ містить розроблення електричної системи з використанням отриманих результатів дослідження, яка включає обґрунтування алгоритму функціонування та структурної схеми, розроблення і розрахунок принципових електричних схем вузлів і блоків, розрахунок основних характеристик проектованої електронної системи.

У четвертому розділі розроблена технічно-економічна частина, яка являє собою розрахунок економічних характеристик проектованої системи.

По результатам розробки зроблені висновки. Приведений перелік літературних джерел.

					ЕЛІТ 8.171.00.458 ПЗ	Арк
						4
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
1. ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ ТА ПОСТАНОВКА ЗАВДАННЯ ПРОЄКТУВАННЯ	7
1.1. Захист електроприладів від зовнішніх і внутрішніх перенапруг	13
1.2. Огляд чинних електронних систем.....	16
1.2.1. Реле контролю напруги	17
1.2.2. Мережеві фільтри.....	20
1.2.3. Стабілізатори напруги	23
1.2.4. Звуковий сигналізатор підвищеної напруги в мережі.....	25
1.2.5. Обмежувач напруги мережі для електронної апаратури	28
2. НАУКОВО-ДОСЛІДНА ЧАСТИНА.....	33
3. РОЗРОБЛЕННЯ ЕЛЕКТРОННОЇ СИСТЕМИ З ВИКОРИСТАННЯМ ОТРИМАНИХ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕННЯ	40
3.1. Обґрунтування алгоритму функціонування та структурної схеми проектованої електронної системи.....	40
3.2. Розроблення та розрахунок принципових електричних схем вузлів і блоків проектованої електронної системи.....	44
3.3. Розрахунок основних характеристик проектованої електронної системи	49
4. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА.....	59
4.1. Розрахунок економічних характеристик проектованої електронної системи	59
ВИСНОВКИ.....	65
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ.....	66
ДОДАТОК.....	67

					ЕЛІТ 8.171.00.458 ПЗ			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	Електронний обмежувач напруги електромережі для побутових пристроїв. Пояснювальна записка	<i>Літ.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушів</i>
Розроб.		Железняк О.Ю.					5	68
Перевір.		Кулик І.А.						
Реценз.								
Н. Контр.		Гапич В.М.						
Затвердж.		Опанасюк А.С.				СумДУ, гр. ЕС.м-21		

ВСТУП

В сучасному світі електроенергетика відіграє ключову роль у забезпеченні життєвого рівня суспільства. Зростання попиту на електроенергію, розвиток нових технологій та збільшення кількості підключених до електромереж об'єктів, включаючи регулярні відключення світла через перенапругу взимку в Україні, призводять до необхідності забезпечення стабільності та надійності електропостачання. Одним із ключових аспектів цього є контроль та обмеження напруги в електричних мережах.

У сучасних умовах електрообладнання стало невід'ємною складовою нашого повсякденного життя, і його надійність та безпека залежать від різноманітних чинників, включаючи якість електропостачання. Однією з найбільш поширених проблем є регулярні перепади напруги в електромережі, які можуть виводити з ладу обладнання, пошкодити або навіть привести до нещасних випадків.

На сьогоднішній день українці, на жаль, стикаються з труднощами електропостачання, що призводять до регулярних перепадів напруги. Постійні відключення електроенергії та перебої в електропостачанні стають для нас невід'ємною реальністю і можуть призвести до значних збитків, впливаючи як на економіку, так і на безпеку промислових та побутових систем.

Електромагнітні перешкоди в електричній мережі та електроустановках проявляються найчастіше у вигляді високочастотних імпульсів. Високочастотні імпульси і супутні їм перенапруги присутні в будь-якій електроустановці, а також і в навколишньому середовищі цієї електроустановки як фізичний процес, пов'язаний з роботою самої електроустановки. На ізоляцію електрообладнання впливають перенапруги, що з'являються в результаті комутаційних процесів у мережі, аварійних режимів мережі або через розряди блискавки. Ці перенапруги роблять пробій ізоляції електроустановки досить імовірним.

Тому завданням даної магістерської дипломної роботи є вивчення принципу захисту обладнання від стрибків напруги та розробка підходу в вигляді електронного обмежувача електромережі для побутових пристроїв.

					ЕЛІТ 8.171.00.458 ПЗ	Арк
						6
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

1. ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ ТА ПОСТАНОВКА ЗАВДАННЯ ПРОЄКТУВАННЯ

Сучасна електронна апаратура з імпульсними джерелами живлення може працювати в дуже широких межах коливання напруги в електромережі. Але такі прилади, як холодильник, кондиціонер, пральна, посудомийна машина, мікрохвильова піч більш вимогливі до стабільності напруги в мережі. Уже відхилення напруги від норми всього на 10% для деяких з них вкрай не бажане, а такі провали і викиди, які іноді в сільській місцевості досягають 30% і більше від номіналу, можуть призвести до пошкодження апаратури. Причому це стосується не тільки підвищення напруги, а й зниження. Наприклад, за зниженої напруги живлення електродвигун компресора холодильника або пральної машини може зупинитися. При цьому різко зросте струм через його обмотки, що може призвести до його загоряння. Вкрай не бажане і перевищення напруги живлення.

Стрибки або перепади напруги - це різка і значна за величиною зміна вольтажу електромережі, що, на жаль, є вельми типовим для середньостатистичної української квартири або приватного будинку. Такі стрибки можуть бути як тривалими з незначними змінами в мережевому вольтажі, так і короткостроковими, але суттєвими.

Почнемо з того, що до електромережі змінного струму під'єднані не тільки Ви один (ваша квартира або будинок), а безліч таких самих споживачів, що важливо, і ще багато промислових і будівельних об'єктів.

Якщо одночасно тисяча споживачів вимкнуть свою техніку, особливо великої потужності (електрочайники, водонагрівачі, мікрохвильові печі, кондиціонери, пральні машини), тоді отримуємо якусь перенапругу, ми помічаємо перепади напруги, це помітно по лампах розжарювання.

Вона однаково буде меншою за допустимий ГОСТ і все обладнання продовжить роботу в нормальному режимі. Інша справа, що якщо одночасно вкл/викл своє обладнання цілий завод або будівельний об'єкт. Можна уявити, який "стрибок" напруги відбудеться.

Цей варіант можливий у районах, де інфраструктура пов'язана з великим заводом або великим будівництвом. Тоді можливо, що ваша техніка вийде з ладу.

					ЕЛІТ 8.171.00.458 ПЗ	Арк
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Обриви нульового проводу

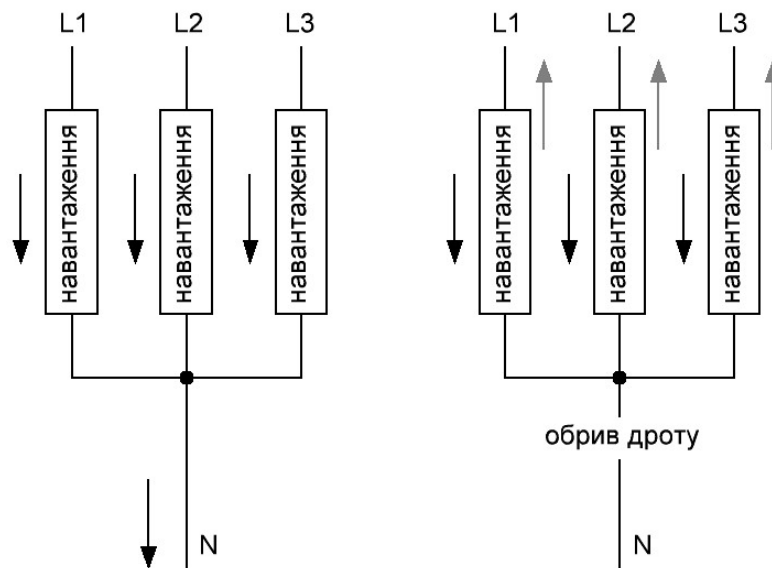


Рисунок 1.1 – Обрив нульового проводу

В жалюгідному стані іноді перебувають електричні трансформаторні підстанції, вступні пристрої в будівлю і поверхові електрощитові під'їздів, найчастіше через відсутність обслуговуючого електрика або його безграмотність.

Періодично необхідно проводити профілактичні ремонти в електрощитових, що в принципі не робиться, тому з часом болтові з'єднання слабшають, погіршується надійність електричного контакту, що може призвести до відгорання живильних проводів.

Набагато частіше відгорає нульовий робочий провідник (N), що призводить до появи у Вашій розетковій групі напруги, що перевищує допустимого, через нерівномірність споживання електроенергії.

На схемах видно, що за нормальної роботи напруга між фазами (L1, L2, L3) і нульовим робочим провідником (N) 220 вольт, струм іде від фази до нуля, а між фазами напруга 380 вольт.

У момент обриву нульового робочого провідника (N), струм піде між фазами, тобто в розетках буде перенапруга в межах від 0 до 380 вольт, залежить вона від потужності електроприладів, підключених у цей момент.

Причин нестабільності параметрів струму існує безліч. Це і технічний стан мережі, і застаріле обладнання, і проводка, і збої на лініях електропередачі, і, звичайно, пошкодження самих ліній. Тут же можна згадати перевантаження

					ЕЛІТ 8.171.00.458 ПЗ	Арк
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		8

домашньої електромережі внаслідок одночасного увімкнення кількох потужних електроприладів, перевантаження трансформаторних підстанцій унаслідок стрімкого розростання житлових кварталів і збільшення кількості споживачів, увімкнення приладів з високими пусковими струмами (пральних машин, духових шаф, бойлерів тощо), запуск агрегатів на найближчому виробництві або в сусідній автомайстерні. Усі ці ситуації можуть створювати певне відхилення вольтажу та коливання напруги, що надзвичайно негативно вплине на стабільність параметрів струму в мережі.

Відомо, що будь-який пристрій, що працює від електропостачання, розрахований на конкретні параметри та характеристики струму. Зазвичай його проєктують для роботи при напрузі мережі 220-230 В. Проте реальна напруга в електромережі може змінюватися від 140 до 290 В, що може призвести до порушень у роботі пристроїв або навіть до їхнього виходу з ладу.

Сучасні побутові пристрої, такі як пилососи, холодильники та телевізори, мають певний резерв приблизно від $\pm 5-10\%$ від номінальної напруги і можуть працювати при показниках до 250 В. Важливо пам'ятати, що експлуатація таких технічних пристроїв під час активних стрибків напруги може зменшити їхній ресурс та скоротити термін служби.

Зазначимо, що за останні роки пристрої стали більш цифровими, оснащеними тоншими компонентами і чутливішими до коливань напруги. Особливо вразливі до таких коливань є техніка з великою кількістю електроніки, така як холодильники, електроплити, пральні та посудомийні машини з сенсорним управлінням, телевізори, комп'ютери, блоки живлення ноутбуків, мікросхеми пам'яті, графічні процесори і т.д. Ці пристрої працюють стабільно лише при сталому струмі в потрібному діапазоні напруг, інакше можуть виникнути проблеми в мікросхемах та відмови обладнання.

Стрибки напруги можуть призвести до нагрівання компонентів та дротів електронних пристроїв і спричинити їхнє перегорання. Навіть якщо коливання напруги не впливають на роботу електроніки, вони можуть призвести до надмірного навантаження внутрішніх компонентів і викликати їхній дефект раніше, ніж передбачалося.

					ЕЛІТ 8.171.00.458 ПЗ	Арк
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Найчастіше техніка виходить з ладу при включенні струму, оскільки напруга подається нестандартних 220 В, а наприклад, 270, 290 і навіть більше вольт. У таких випадках існує значний ризик пожежі, особливо в старих будівлях з аварійним станом електромережі.

Електроприлади також можуть постраждати в разі раптового вимкнення електропостачання, особливо коли вони перебувають у процесі нагрівання або охолодження. Раптові відключення електрики можуть завдати шкоди холодильникам та комп'ютерам.

Низькі показники напруги також є небезпечними. Прилади можуть не включатися чи працювати неефективно, а низька напруга створює тепло, яке накопичується в проводах і може призвести до пошкоджень ізоляції, порушуючи тим самим безпеку та може викликати пожежу.

Отже, термін служби електроніки та побутової техніки визначається не тільки маркою виробника, але і якістю електроживлення в електромережі. Відключення, перепади або підвищення напруги в електромережі можуть призвести до поломок і скоротити термін служби техніки. Неякісне електроживлення може повністю вивести з ладу електроніку, що перебуває у режимі очікування.

Ознаками проблем з напругою можуть бути порушення роботи електроприладів та освітлення. Лампи можуть мерехтіти, перегорати або випромінювати тьмяне світло, таймери можуть не спрацьовувати, а трансформатори можуть гудіти. Навіть не завжди досвідченому споживачеві вдається вчасно виявити проблеми з напругою. Ймовірно, розуміння того, що сталося, прийде тільки тоді, коли пристрій раптово перестане працювати.

					ЕЛІТ 8.171.00.458 ПЗ	Арк
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		10

Внутрішня перенапруга

Коли напруга в системі перевищує номінальну напругу, такий тип напруги називається внутрішньою перенапругою. Внутрішня напруга може бути перехідною, динамічною або стаціонарною за своєю природою. Якщо хвиля перенапруги має перехідний характер, то її частота не пов'язана з нормальною частотою, і вона зберігатиметься лише кілька циклів.

Перенапруги перехідного характеру можуть бути викликані спрацьовуванням автоматичних вимикачів при перемиканні індуктивних або ємнісних навантажень. Ці напруги також можуть генеруватися перериванням дуже малого струму або раптовим заземленням однієї фази системи з ізолюваною нейтраллю.

Динамічні перенапруги виникають на нормальній частоті і зберігаються лише кілька секунд. Ці напруги можуть виникати через відключення генератора або через раптове відключення великої частини навантаження.

Стаціонарні перенапруги виникають на системній частоті і зберігаються іноді протягом години. Такий тип напруги генерується, коли замикання на землю на одній лінії триває протягом тривалого часу. Ця напруга також може бути викликана, коли нейтраль заземлена через дугогасильну котушку, що призводить до перенапруги на звуковій фазі.

Ці напруги в три-п'ять разів перевищують нормальну пікову напругу між фазою і нейтраллю системи і є відносно нешкідливими для обладнання.

Внутрішня перенапруга в основному виникає з наступних причин:

- **Перемикання на ненавантаженій лінії** - під час перемикання лінія підключається до джерела напруги і виникають біжучі хвилі, які швидко заряджають лінію. Ці хвилі миттєво досягають напруги, що не перевищує вдвічі напругу живлення в момент відключення.
- **Раптове розмикання лінії навантаження** - при раптовому розмиканні навантаження на лінії встановлюється перехідна напруга величиною $e = i z_0$, де i - миттєве значення струму в момент розмикання лінії, а z_0 - природний або імпеданс лінії, або імпеданс перенапруги. Перехідна перенапруга лінії не залежить від лінійної напруги, і тому низьковольтна система електропередачі схильна до перенапруг такої ж величини, як і високовольтна система.

					ЕЛІТ 8.171.00.458 ПЗ	Арк
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		11

- **Пошкодження ізоляції** - пошкодження ізоляції між лінією та землею є дуже частим явищем. Коли відбувається пробій ізоляції, потенціал на місці пошкодження раптово падає з максимального значення до нуля, і тому в обох напрямках генерується негативна хвиля напруги з дуже крутим фронтом у вигляді перенапруги.

Зовнішні перенапруги

Перенапруга, спричинена атмосферними розрядами, такими як статичний розряд або удар блискавки, називається зовнішньою перенапругою. Зовнішня перенапруга може спричинити значне навантаження на ізоляцію. Інтенсивність напруги може бути різною у випадку з блискавкою.

Інтенсивність блискавки залежить від того, наскільки безпосередньо лінія вражена, тобто безпосередньо основним розрядом, безпосередньо відгалуженням або стримером, або індукцією, викликаною спалахом, що проходить поруч, але не торкається лінії.

Установки на електростанції в основному класифікуються на два типи: ті, що піддаються електричному впливу, в результаті чого обладнання піддається перенапругам атмосферного походження, і ті, що не піддаються електричному впливу і, отже, не піддаються такому типу перенапруг. [□10]

					ЕЛІТ 8.171.00.458 ПЗ	Арк
						12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

1.1. Захист електроприладів від зовнішніх і внутрішніх перенапруг

Залежно від місця встановлення і здатності пропускати через себе різні імпульсні струми пристрої захисту від перенапруг поділяються згідно з класифікацією МЭК на такі класи: А, В, С, і D.

Ступінь захисту А призначений для обмеження рівня пульсацій напруги в мережі під час розряду блискавки до максимально допустимого для наступних ступенів захисту (В, С, D). Обмежувач напруги цієї категорії встановлюється безпосередньо на опорі повітряної лінії електропередачі. Його завдання - витримати максимальний струм розряду до 70 кА, обмежуючи при цьому максимальний рівень напруги в мережі живлення до 6 кВ. Пристрої захисту від перенапруг цього класу випробовуються імпульсами другого типу (рис. 1.2) з характеристиками, наведеними в другому стовпці таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 - Технічні характеристики випробувальних імпульсів струму для різних пристроїв захисту від перенапруг

Найменування параметра	Значення параметра при імпульсі		
	1	2	3
Максимальний струм, кА	100	100	5
Питома енергія, Дж/Ом	$2,5 \cdot 10^6$	$5 \cdot 10^5$	$0,4 \cdot 10^3$
Максимальний заряд, Кл	50	10	0,1
Тривалість переднього (чисельник) і заднього (знаменник) фронтів імпульсу, мкс	10/350	8/80	8/20

Ступінь захисту В призначено для згладжування пульсацій у лінії електропередачі до рівня, прийняттого більшістю обладнання, не критичного до пульсацій у живильній мережі (світлотехнічне обладнання, побутові електроприлади тощо). Пристрої захисту від перенапруг цієї категорії встановлюються в головний розподільний щит після обмежувача напруги категорії А.

					ЕЛІТ 8.171.00.458 ПЗ	Арк
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		13

Його завдання - забезпечити захист від перенапруги до 4 кВ, зі струмами розряду до 70 кА. У разі живлення об'єкта від підземних ліній електропередачі обмежувач цього ступеня може служити першим ступенем захисту. Ці пристрої захисту повинні витримувати випробувальні імпульси тривалістю 10/350 мкс.

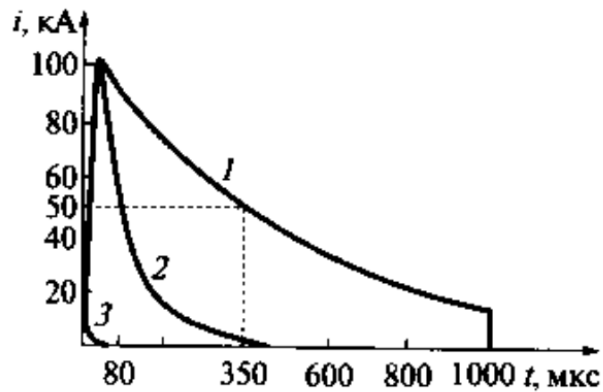


Рисунок 1.2 - Форми випробувальних імпульсів для пристроїв захисту від перенапруг

Ступінь захисту С призначений для повного згладжування пульсацій в електромережі живлення до рівня, прийнятного для живлення обладнання, критичного до живильної напруги. Обмежувач цієї категорії встановлюється у вторинні розподільні щити (після обмежувача напруги категорії В) і часто є останнім ступенем у комплексі захисту від перенапруги. Його завдання - забезпечити захист обладнання від залишкових явищ перенапруги внаслідок грозових розрядів або комутаційних перехідних процесів до рівня 2,5 кВ. Пристрої захисту від перенапруг класу С випробовуються імпульсами третього виду (рис. 1.2).

Ступінь захисту D знижує перенапругу до 1,5 кВ. Формується із застосуванням обмежувача напруги категорії D і використовується тільки у разі (незважаючи на застосування в системі обмежувачів напруги категорії А, В і С), якщо живильна лінія має значну довжину (десятки метрів) і обладнання, що захищається, потребує стабілізованого живлення. Ця категорія обмежувачів забезпечує захист від струмів розряду до 3 кА і гарантує підтримання напруги в мережі не більше 275 В.

Пристрої захисту від перенапруг класу D встановлюються в розеткових блоках або безпосередньо у споживача і випробовуються комплексними імпульсами напруги 1,2/50 і струму 8/20 мкс.

Проведений аналіз наявних і перспективних технічних засобів захисту електроспоживачів від перенапруг із живильної мережі дав змогу виконати класифікацію концепцій таких основних захисних заходів (рис. 1.3).



Рисунок 1.3 – Класифікація концепцій захисту електроспоживачів від перенапруги в мережі

Для захисту електроприладів від впливу перенапруг можуть використовуватися різноманітні методи, основними з яких є: конструкційні, структурно-функціональні, схемотехнічні.

Конструкційні способи захисту включають у себе: раціональне розташування і монтаж компонентів, екранування, заземлення гаків, траверс опор повітряних ліній тощо.

Група структурно-функціональних методів включає в себе раціональний вибір принципу дії обладнання (симетрування навантажень по фазах у трипровідній мережі, належний контроль за станом нейтрального провідника в чотирипровідній мережі нейтрального провідника в чотирипровідній мережі, тощо).

1.2. Огляд чинних електронних систем

Характерною особливістю електричних апаратів є дуже широка номенклатура пристроїв, що відносяться до цієї галузі електротехніки, величезна кількість понять, визначень, характеристик, а також надзвичайно динамічний ринок як з точки зору неухильного зростання його обсягу, так і з точки зору швидкого оновлення номенклатури та розширення функціональних можливостей електричних апаратів. Динаміку ринку апаратів низької напруги якісно характеризують графіки, наведені на рис. 1.4. Загальну тенденцію зростання цього ринку (крива 1 на рис. 1.4) практично повторюють деякі апарати, які присутні на ринку багато років – запобіжники (2), автоматичні відмикачі (3), контактори (4) та низка інших апаратів. Натомість, деякі апарати суттєво послабили свої позиції на ринку, наприклад – електромеханічні реле (5), а інші зовсім полишили актуальний ринок – електромеханічні контролери (6).

Приблизно 20 – 25 років тому ринок почав наповнюватися апаратами побутового призначення, серед яких найбільш активно просуваються модульні автоматичні відмикачі (7) та апарати захисту від прямих та непрямих дотиків відомі на Заході як апарати різницевого струму (residual current device – RCD), а у нас – як УЗО (8).

					ЕЛІТ 8.171.00.458 ПЗ	Арк
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		16

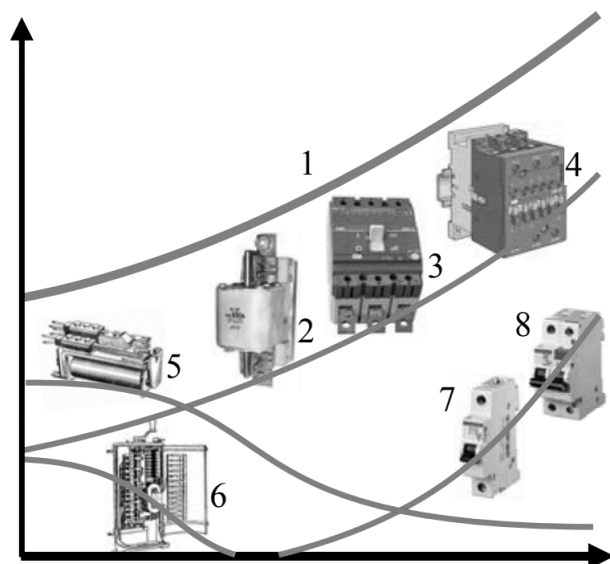


Рисунок 1.4 - Динаміка ринку електричних апаратів низької напруги

1.2.1. Реле контролю напруги

Реле контролю напруги - електроприлад, який рятує пристрої від різких перепадів (збільшення/падіння) напруги в мережі. Але, головне його завдання - це контроль напруги. Спочатку реле оцінює напругу в загальній мережі, а потім порівнює її із заданими вами параметрами, які зберігаються на вбудованій мікросхемі. Якщо колись напруга виходить за межі зазначених рамок (для домашніх однофазних мереж - це найчастіше 220 В, а для комерційних трифазних - 400 В), реле вимикає побутові пристрої за частки секунди, щоб запобігти їхньому виходу з ладу.

					ЕЛІТ 8.171.00.458 ПЗ	Арк
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		17

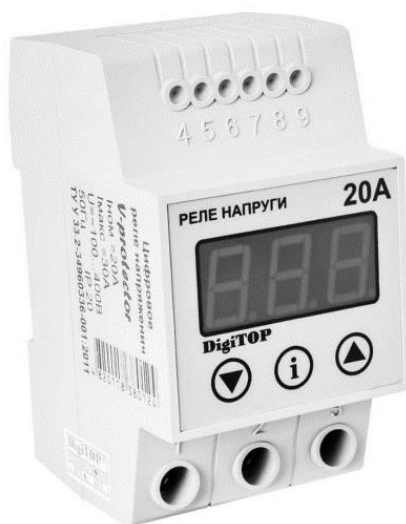


Рисунок 1.5 - Приклад вигляду сучасного реле напруги

Логічна схема електричного реле показана на рис. 1.6. Компоненти можуть бути електромеханічними, електронними або обома. Логічні функції є загальними і можуть бути реалізовані в кожному конкретному пристрої, а в деяких випадках можуть бути непотрібними. Конкретна конструкція і функції сильно відрізняються залежно від вимог застосування, різних виробників і тривалості використання конкретної конструкції. Спочатку всі захисні реле були електромеханічними. Електромеханічні реле все ще широко використовуються і продовжують вироблятися і застосовуватися. У 1970-х роках з'явилися електронні реле аналогового типу з використанням дискретних електронних компонентів. В останні роки були розроблені мікропроцесорні електронні реле, які стають все більш популярними.



Рисунок 1.6 - Логічне представлення електричного реле

Мікропроцесорні реле мають багато **переваг**, таких як вища точність, менша площа, менші витрати на обладнання та встановлення, широкий спектр можливостей застосування та конфігурації, а також різні штучний інтелект бажані додаткові функції. Ці функції включають логіку керування, віддалений та одноранговий зв'язок, збір даних, реєстрацію подій, локалізацію несправностей,

віддалену конфігурацію, самоконтроль та верифікацію. Характеристики цих функцій залежать від типу реле та виробника.

Багато сучасних мікропроцесорних реле використовують дисплеї (наприклад, рідкокристалічні). Ці дисплеї зазвичай відображають інформацію про налаштування реле, вимірювання, події та стан самодіагностики. Налаштування реле також можна змінювати через інтерфейс дисплея без використання терміналу передачі даних. У мікропроцесорних реле цільова інформація зазвичай відображається за допомогою світлодіодів, які ідентифікують захисну функцію, що ініціювала відключення, та іншу інформацію, наприклад, тип виявленої несправності. Клемні колодки зазвичай розташовані на задній панелі реле і з'єднують різні необхідні входи і виходи, передбачені реле. Комунікаційні порти призначені для передачі цифрових даних.

Реле виконують декілька основних функцій:

- вони електрично відокремлюють коло керування від кола живлення навантаження. Навіть невеликі реле можуть витримувати напругу до 1 кВ і, таким чином, забезпечують безпеку користувача.

- вони перетворюють низьку напругу, що генерується в колі керування, в нормальну напругу, яка набагато вища, ніж напруга, що генерується в колі навантаження.

- невелике (0,3...0,5 Вт) джерело живлення дає змогу комутувати великі навантаження (висока напруга, великий струм).

- захист від перенавантаження і захист від завищеної та заниженої електричної напруги. Якщо напруга виходить за межі безпечної роботи приладу, реле розриває коло живлення, запобігаючи можливим пошкодженням.

Переваги реле напруги:

- максимально швидко на автоматичному рівні захищають побутову техніку від зниження або підвищення напруги;
- можливість купити реле напруги в розетку зручне рішення для захисту конкретного пристрою без зміни конфігурації електропроводки;
- компактні розміри;
- швидкий і легкий монтаж на DIN-рейку;
- виявляється, що купити реле напруги або навіть кілька таких виробів набагато дешевше, ніж один стабілізатор.

					ЕЛІТ 8.171.00.458 ПЗ	Арк
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		19

Недоліки реле напруги:

- щоб захистити якомога більше електроприладів у будинку або квартирі, потрібно під'єднати реле напруги в кількості більшій, ніж однієї штуки;
- не стабілізує напругу, доводячи її до правильного значення, а тільки відключає навантаження.

1.2.2. Мережеві фільтри

Найдоступнішим способом уберегти техніку від стрибків напруги є підключення її до мережі не через розетки, а за допомогою спеціальних мережевих фільтрів, які зовні дуже схожі на подовжувачі, але коштують істотно дорожче.

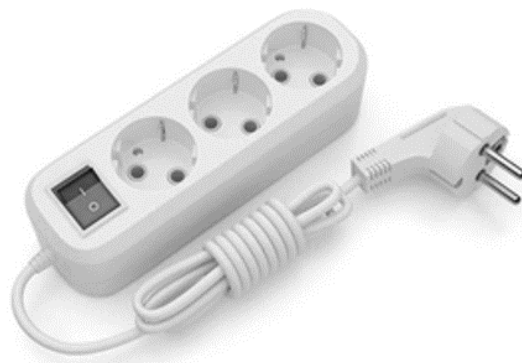


Рисунок 1.7 – Зовнішній вигляд мережевого фільтра

Справа у внутрішній начинці фільтра. Справжній мережевий фільтр містить варистор, що оберігає навантаження від імпульсних перенапруг, які, свою чергу, виникають у мережі з найрізноманітніших причин: від увімкнення або вимкнення потужних споживачів електроенергії до розряду блискавки.

У якісному фільтрі є і режектор, що знижує вплив високочастотних перешкод, і електронний блок, що захищає від підвищення напруги, і звичайна плавка вставка від перевантаження за струмом (короткого замикання).

					ЕЛІТ 8.171.00.458 ПЗ	Арк
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		20

Під час вибору мережевого фільтра слід звернути увагу на кілька важливих параметрів:

Потужність фільтра. Необхідно обрати мережевий фільтр із потужністю, достатньою для під'єднання всіх пристроїв у вашій системі, щоб уникнути перевантаження і пошкодження обладнання.

Кількість розеток. Важливо вибрати фільтр із достатньою кількістю розеток для під'єднання всіх пристроїв. Рекомендується обрати фільтр із кількома додатковими розетками, щоб мати можливість під'єднати нові пристрої.

Форма хвилі. Мережевий фільтр повинен мати фільтрацію шуму синусоїдальної форми, яка краще підходить для електронних пристроїв, ніж фільтрація шуму імпульсної форми.

Рівень захисту. Бажано вибрати мережевий фільтр із високим рівнем захисту від перенапруги, імпульсних завад, перевантаження тощо. Що вищий рівень захисту, то надійніше буде захищено ваше обладнання.

Додаткові функції. Деякі мережеві фільтри можуть мати додаткові функції, такі як захист від телефонних ліній, захист від стрибків напруги, захист від перевантаження мережі тощо. Рішення про вибір фільтра з додатковими функціями залежить від ваших потреб і бюджету.

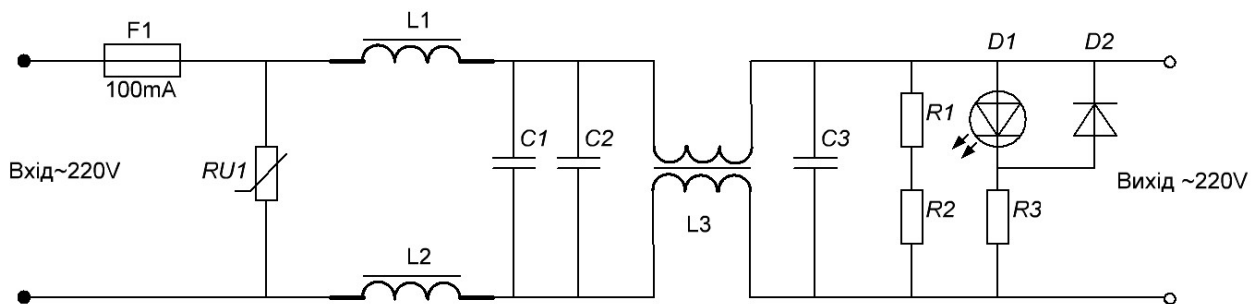


Рисунок 1.8 – Принципова схема мережевого фільтра

Коливання високої частоти, які потрапляють на котушку індуктивності, збільшують її рівень співпротидлення і, таким чином, не пройдуть далі (індуктивний опір пропорційний частоті). Зіткнення з контактами конденсатора будуть приглушувати високі частоти при правильному підборі ємності (опір ємності за подібного методу підключення зворотно пропорційний частоті струмових коливань).

Паралельно конденсатору буде приєднаний резистор з величезним опором. Він виконуватиме функцію навантаження для елемента, такого як конденсатор, під час вимкнення живлення (на конденсаторі може почати накопичуватися вільний тип заряду, який залишається небезпечним навіть після повного відключення фільтра від мережі змінного струму). Феритовий фільтр найкраще купувати у вигляді роз'ємного подовжувального кабелю за діаметром. Його завдання в роботі схеми - приглушення перешкод високої частоти в ланцюгу живлення за рахунок збільшення провідникової індуктивності та поглиблення випромінювань феритом. Це ефективне рішення для з'єднання з мережею живлення домашньої техніки. Існують інші варіанти реалізації мережевого електрофільтру.

Можна об'єднати конденсатори C1 і C2 в єдиний, якщо відповідають необхідним характеристикам та є вільне простір. На оборот, можна використовувати кілька паралельних з'єднань, якщо є додатковий простір. Рекомендовано використовувати плівкові ємності в діапазоні від 0.22 до 1 мкФ. Бажано взяти максимально допустимий резерв напруги (для врахування перешкод від різких змін напруги), наприклад, до 680 В. Опір R3 повинен бути в межах від 0.5 до 1.5 МОм. Потужність також бажано вибирати з додатковим запасом для ефективного тепловідведення - близько 0.5 Вт.

					ЕЛІТ 8.171.00.458 ПЗ	Арк
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		22

1.2.3. Стабілізатори напруги

Захист від перепадів напруги - основне заняття і для стабілізатора напруги. Кошують стабілізатори напруги в рази дорожче мережевих фільтрів, але і функціонал у них ширший. Наприклад, фільтр не може підвищити або знизити напругу. Тільки стабілізатор впорається з таким завданням.



Рисунок 1.9 – Зовнішній вигляд стабілізатора напруги

Стабілізатор напруги - це пристрій, який забезпечує стабільний рівень напруги в електромережі. Це особливо важливо для електронної техніки, яка чутлива до коливань напруги. Стабілізатор напруги може бути як автоматичним, так і ручним. Автоматичний стабілізатор напруги автоматично регулює рівень напруги в електромережі, тоді як ручний стабілізатор напруги дає змогу користувачеві самому задавати рівень напруги. Перевагою стабілізатора напруги є його здатність захищати електронну техніку від перенапруг, стрибків напруги та коротких замикань, що може пошкодити її внутрішні компоненти.

Головною відмінністю між стабілізатором напруги та мережевим фільтром є те, що стабілізатор напруги регулює рівень напруги в електромережі, тоді як мережевий фільтр захищає електронну техніку від перенапруг і завод в електромережі.

					ЕЛІТ 8.171.00.458 ПЗ	Арк
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		23

Типи регуляторів напруги

Існує три різновиди регуляторів: лінійний, імпульсний та LDO (Low Drop Out). Ці регулятори суттєво відрізняються між собою, переважно за функціональними можливостями та характеристиками продуктивності.

- Імпульсні регулятори забезпечують стабільну вихідну напругу, яка може бути вищою, ніж вхідна. Їх дія ґрунтується на явищі самоіндукції, що дозволяє отримати елемент, який регулює напругу вгору або вниз в залежності від потреб. Ці регулятори працюють неперервно і відзначаються високою швидкістю реакції та низьким рівнем шуму під час роботи.
- Лінійні регулятори відповідають за стабілізацію напруги для приймача від джерела живлення. Вони відрізняються високою надійністю, довговічністю та доступною ціною. Більшість сучасних моделей включають вбудовану схему, що обмежує вихідний струм при перевантаженні і захищає від великих температурних навантажень структури.
- Регулятори LDO (Low Drop Out) представляють собою підгрупу лінійних регуляторів. Цим пристроям потрібна невелика різниця між вхідною та вихідною напругою для ефективної роботи. Вони призначені для стабільної роботи, хоча не підходять для експлуатації за високих вхідних напруг. Основними компонентами є джерело опорної напруги, підсилювач помилки та послідовний елемент. Найчастіше застосовуються лінійні регулятори, що становлять одні з найпоширеніших пристроїв.

					ЕЛІТ 8.171.00.458 ПЗ	Арк
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		24

1.2.4. Звуковий сигналізатор підвищеної напруги в мережі

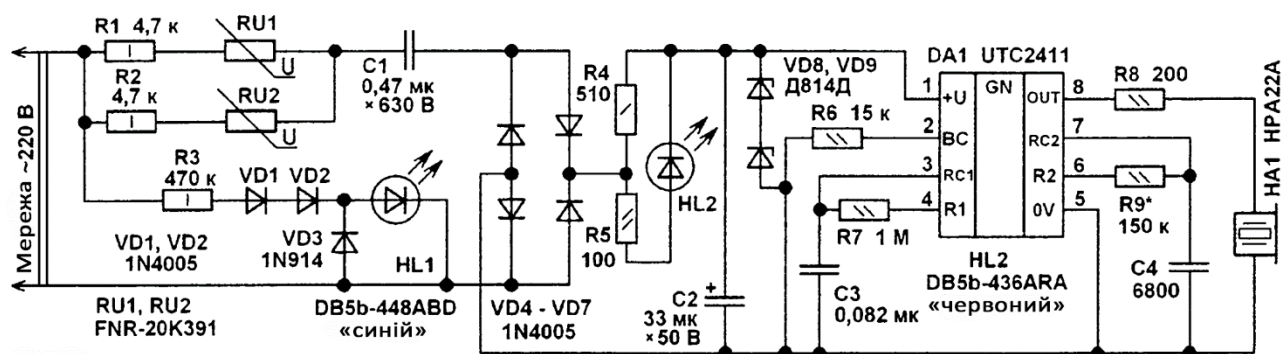


Рисунок 1.10 – Принципова схема звукового сигналізатора підвищеної напруги в мережі

Цей пристрій можна виготовити всього за 3-4 години вільного часу, він призначений для звукової сигналізації наявності підвищеної напруги мережі 220В змінного струму. Відрізняється від більшості аналогічних конструкцій дуже малим власним споживаним струмом, підвищеною надійністю і простотою.

Якщо на великі аварії в електромережі захисне обладнання зазвичай реагує максимум упродовж кількох секунд, то аварії на кінцевих підстанціях 10 кВ...35 кВ/0,4 кВ та аварії в розподільчих мережах 0,4 кВ, наприклад, обрив "нульового" дроту десь на вулиці або у встановленому в під'їзді розподільчому щитку, можуть залишатися непоміченими по кілька годин.

Принципову схему сигналізатора підвищеної напруги мережі, розрахованого на безперервну цілодобову роботу, наведено на рис. 1.10. Цей пристрій може бути вбудовано, наприклад, в автотрансформатор, стабілізатор напруги 220 В змінного струму, джерело безперебійного живлення 220 В, розподільний щиток, мережевий подовжувач 220 В або експлуатуватися як самостійна конструкція. Коли напруга мережі 220 В у нормі, варистори RU1, RU2 закриті, струм через конденсатор C1 дуже малий, напруга на конденсаторі фільтра C2 не перевищує 5 В, генератор на DA1 загальмований. Фактично, споживаний пристроєм струм складається з струму через сумарну ємність закритих варисторів, яка становить близько 2000 пФ. Струм через мостовий випрямляч, виконаний на діодах VD4 - VD7, не перевищуватиме 0,3 мА.

					ЕЛІТ 8.171.00.458 ПЗ	Арк
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		25

На світлодіоді HL1 виконано світловий індикатор наявності напруги мережі. Середній струм через світлодіод HL1 за напруги мережі 220 В буде близько 0,23 мА. За напруги мережі 380 В середній струм через HL1 становитиме 0,4 мА. Розсіювана резистором В3 потужність не перевищить 0,16 Вт. Не всі надяскраві світлодіоди містять вбудовані захисні стабілітрони, що захищають світловипромінювальний кристал від статичної електрики і зворотної напруги. Тому, світлодіод зашунтований захисним діодом VD3. Наявність двох послідовно ввімкнених діодів VD1, VD2 підвищує надійність - світлового індикатора.

Коли напруга мережі перевищить 270...330 В, варистори RU1, RU2 відкриваються, через баластний конденсатор С1, мостовий діодний випрямляч VD4 - VD4, резистори R4, R5, світлодіод HL2 потече струм, достатній для того, щоб напруга на конденсаторі фільтра С2 досягла 18...25 В. При цьому, запрацює двотональний генератор, виконаний на мікросхемі типу UTC2411, що є звуковим сигналізатором, призначеним для роботи як викличний пристрій телефонного апарата. Частота зміни тону залежить від параметрів RC ланцюга R7C3, частота тональних сигналів залежить від параметрів ланцюга R9C4. Резистором R6 задають вхідний опір мікросхеми. За опору Вб 15 кОм DA1 споживає струм близько 1,2 мА. Як навантаження до мікросхеми під'єднано пасивний п'єзокерамічний звуковипромінювач HA1. Під час роботи генератора яскравим світлом загоряється світлодіод HL2.

Наявність двох паралельно ввімкнених варисторів RU1 і RU2 значно збільшує їхній термін служби, оскільки за підвищеної напруги мережі на кожному варисторі розсіюється вдвічі менша потужність. Максимальна розсіювана потужність для дискового варистора з діаметром корпусу 20 мм не повинна перевищувати 1 Вт. Резистори R1, R2 вирівнюють струм через варистори і зменшують екстраструм через діодний випрямляч VD4 - VD7, стабілітрони VD8, VD9, світлодіод HL2 і резистори R4, R5.

Усі елементи сигналізатора змонтовано на друкованій платі розмірами 115x55 мм. Монтаж пристрою відносно просторий, це необхідно для того, щоб забезпечити високу надійність конструкції під час її роботи в умовах підвищеної напруги живлення. Наприклад, якщо на друкованій платі будуть близько розташовані доріжки з великою різницею потенціалів, то можливе загоряння друкованої плати - смоли і горючих армувальних матеріалів.

					ЕЛІТ 8.171.00.458 ПЗ	Арк
						26
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Іноді для запобігання цьому в друкованій платі пропилюють повітряні зазори, наприклад, майже завжди повітряні зазори присутні на друкованих платах, на які встановлюють панельки кінескопа.

Постійні резистори застосовані типів МЛТ, РПМ, С2-23, С2-33. Резистори R1, R2 бажано встановити негорючі типу Р1-7-1 або імпорتنі розривні. Ці резистори спрацюють як запобіжники в разі пробою діелектрика конденсатора С1. Замість варисторів FNR-20K391 можна встановити інші дискові варистори діаметром 20 мм, наприклад, MYG20-391. Якщо необхідно, щоб сигналізатор вмикався за меншої напруги мережі, то потрібно буде встановити варистори на меншу напругу, наприклад, FNR-20K361, FNR-20K331.

Безпомилково зібраний пристрій починає працювати одразу і не потребує налагодження. За бажання, можна змінити тональність мелодії, для чого зручно замінити резистор R9 на два послідовно ввімкнені резистори - постійний опором 47 кОм і підлаштування опором 200 кОм. Резистором R8 за бажання можна зменшити гучність сигналу. Якщо під час увімкнення звукового сигналу світлодіод HL2 світитиме слабо, то можна встановити резистор R4 більшого опору, що збільшить струм через світлодіод. Для експрес-перевірки роботи сигналізатора його можна під'єднати до двох фаз напруги 380 В. За відсутності такої можливості замість варисторів "на 390 В" можна тимчасово встановити варистори на меншу класифікаційну напругу, наприклад, FNR-20K201. Для налаштування сигналізатора безпечно і зручно буде його живити від джерела постійної напруги 25...30 В, під'єднавши його до виходу діодного випрямляча VD4 - VD7 з дотриманням полярності.

Цей сигналізатор можна вбудувати в пристрій для автоматичного вимкнення електрообладнання в разі аномальної напруги мережі. За підвищеної напруги мережі відкриються варистори RU1 - RU4, що призведе до різкого зростання споживаного пристроєм струму, плавкий запобіжник FU1 перегорить, навантаження знеструмлять. Цей пристрій захищає під'єднані до нього навантаження не тільки від підвищеної напруги мережі змінного струму, а й від її сплесків, наприклад, під час грозових розрядів або перехльосту дротів трифазної мережі 0,4 с. високовольтними дротами. Під час виготовлення цієї конструкції слід звертати увагу на можливість загоряння захисних варисторів RU1 - RU4. □1].

					ЕЛІТ 8.171.00.458 ПЗ	Арк
						27
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

1.2.5. Обмежувач напруги мережі для електронної апаратури

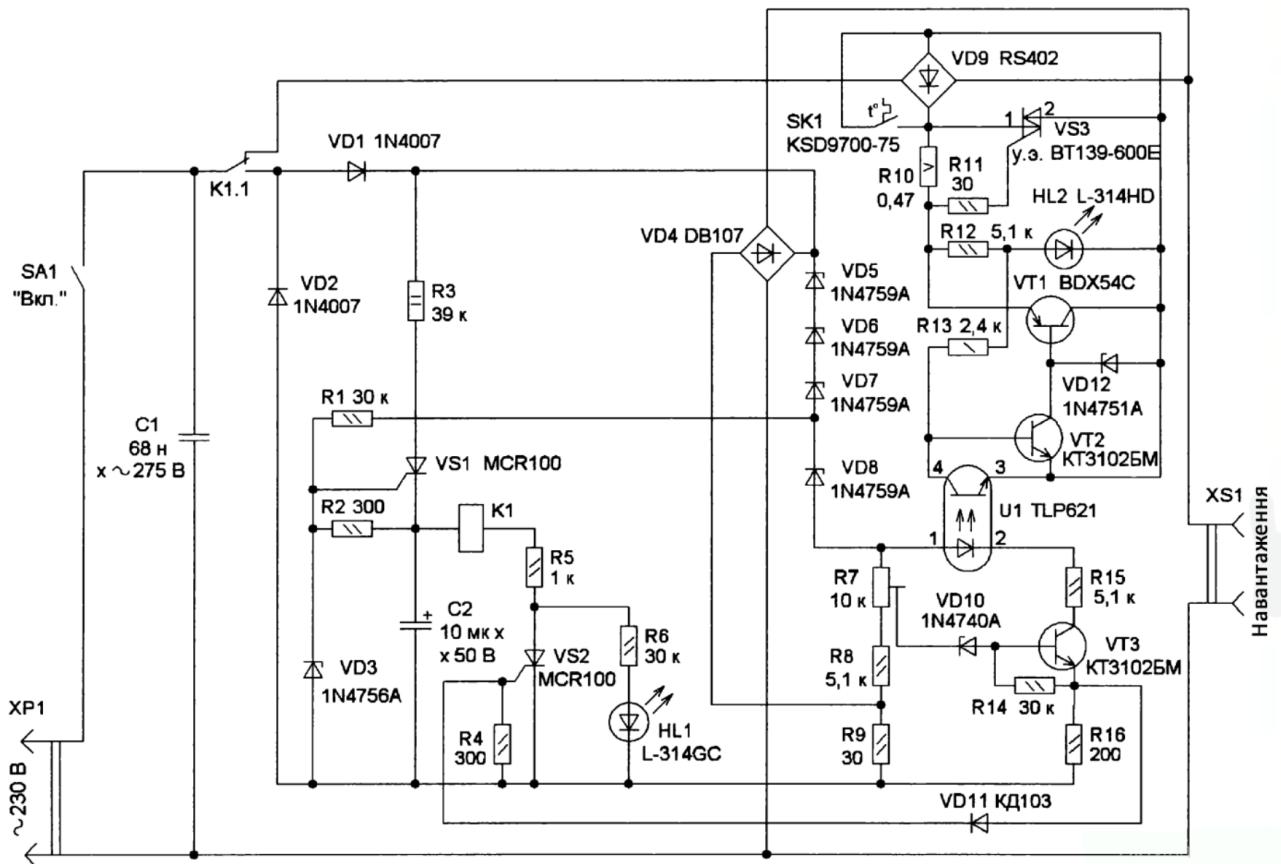


Рисунок. 1.11 – Принципова схема обмежувача напруги мережі для електронної апаратури

Необхідність захисту сучасної електронної апаратури від перенапруг у мережі живлення зумовлена високою вартістю як самої апаратури, так і її ремонту. Отже, пристрої захисту мають відповідати високим вимогам щодо надійності та швидкодії. Блоки живлення сучасної електронної апаратури не потребують стабілізації мережевої напруги, оскільки містять досить ефективну внутрішню стабілізацію, але вони потребують швидкодіючого захисту від небезпечних перенапруг. Джерела безперебійного живлення, як правило, також не мають гарантованого, точно налаштованого та швидкодіючого захисту від таких випадків.

Так звані "реле напруги" придатні лише для умов рідкісних перенапруг, оскільки часті вимкнення споживачів неодмінно призводять до підвищення уставки (такі реле мають можливість ручного встановлення граничної напруги), що підвищує небезпеку пошкодження апаратури. До того ж час відсікання

типових реле широкого застосування становить понад 20 мс і в разі частих вимкнень може бути істотно завищений, як і напруга ручним підстроюванням. Для психологічного пом'якшення частих відключень виробники стали використовувати автоматичне відновлення живлення із заданою (вручну) затримкою часу. Але для більшості сучасних електронних приладів (комп'ютерів та інших, що мають операційну систему) відновлення живлення рекомендується не раніше, ніж за кілька хвилин, а тому його слід робити самому власнику після контролю напруги в мережі. Тобто автоввімкнення в багатьох випадках є нераціональним.

Застосування типових електронних стабілізаторів на основі автотрансформаторів для живлення дорогої професійної апаратури може бути також обмежене швидкодією їхнього самозахисту від перенапруг (що здійснюється, як правило, потужним реле і не у всіх стабілізаторах). Вони не можуть забезпечити миттєвий захист у принципі, оскільки перед перемиканням автотрансформатора необхідно виміряти максимум напруги, але під час вимірювання цей максимум вільно проходить на вихід стабілізатора.

Схема пристрою показана на рис. 1.11. Оскільки сучасні імпульсні блоки живлення радіоапаратури у своєму складі (у випрямлячі) мають згладжувальні конденсатори порівняно великої ємності, під час під'єднання їх до мережі виникає великий імпульс струму. Для захисту баластного транзистора Т1 від цього імпульсу служить симістор S3. Значення струму, за якого відкривається симістор, задає датчик струму - резистор R10. За нормальної напруги мережі баластний транзистор VT1 відкривається на початку кожної напівхвилі мережевої напруги за допомогою відкриття керуючого транзистора VT2 у ланцюзі його бази. Випрямлені діодним мостом VD4 імпульси напруги мережі, за мінусом напруги, що падає на стабілітронах VD5-VD8, виділяються на підлаштування резистора R7. У разі підвищення миттєвої напруги мережі вище встановленого значення, яке задають резистором R7 і напругою стабілізації стабілітрона VD10, транзистор VT3 відкривається. Слідом за ним відкривається фототранзистор оптопари U1, який чинить шунтувальну дію на перехід база-емітер транзистора VT2, унаслідок чого транзистор VT1 також починає закриватися і падіння напруги на ньому збільшується. У результаті зменшується амплітуда напруги на виході пристрою.

					ЕЛІТ 8.171.00.458 ПЗ	Арк
						29
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

На діодному мосту VD4 і на рушю в резистора R7 напруга зменшиться, що призведе до сповільнення зростання струму транзистора VT3 і відстеження ним надалі приблизної рівності напруги на рушю резистора R7 і напруги стабілітрона VD10, тобто до стабілізації амплітуди напруги на навантаженні. Так працює негативний зворотний зв'язок, і завдяки великому коефіцієнту передачі зростання миттєвої мережевої напруги на вході (включно з імпульсними перешкодами) не призводить до істотного підвищення амплітудної напруги на виході. Але коли через стабілітрон VD12 стане протікати струм, напруга на транзисторі VT1 перестане збільшуватися.

Утримання реле забезпечується за допомогою діодів VD1, VD2 і тиристора VS1, який відкривається лише у разі досягнення напруги на електроді, що управляє, вищої за миттєву напругу на реле (і конденсаторі C2), за умови амплітудної напруги мережі, що перевищує 190...200 В. Стабілітрон VD3 обмежує напругу на конденсаторі C2 на рівні 47 В.

Тут представлено варіант конструкції обмежувача на основі типового мережевого розгалужувача, з розрахунком на потужність навантаження до 500 Вт. Баластний транзистор встановлений на тепловідвід, який змонтований у типовій сполучній коробці розмірами 60x60 мм, з кріпленням її над гніздом розгалужувача за допомогою чотирьох гвинтів-саморізів. Під час розпаювання термоконтакта SK1 треба враховувати, що в положенні читання його маркування верхній вивід з'єднаний з корпусом. Тепловідвід разом із транзистором встановлюють у коробку без кріплення, з підгонкою розмірів тепловідводу таким чином, щоб потужний резистор упирався в кришку коробки. Для з'єднання цього блоку з платою управління необхідно висвердлити з боку внутрішньої порожнини розгалужувача три отвори: два - для силових дротів, один - для дротів управління, як які бажано використовувати дріт МГТФ.

Реле може бути розташоване і перпендикулярно платі. Для налаштування обмежувача слід використовувати малопотужний ЛАТр, а як навантаження - потужний резистор для забезпечення струму навантаження 20...30 мА.

Перед початком налагодження движок підлаштування резистора R7 встановлюють у нижнє за схемою положення. До навантаження і вхідного ланцюга під'єднують вольтметри. Після подачі напруги контролюється світіння світлодіода HL1 і відповідність вихідної напруги вхідній.

					ЕЛІТ 8.171.00.458 ПЗ	Арк
						30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Потім вихідний вольтметр під'єднують до діодного моста VD9, водночас один зі щупів вольтметра під'єднують до вхідної клеми (верхньої за схемою). Падіння напруги має бути 3...4 В, і світлодіод HL2 не повинен світити. Далі необхідно встановити напругу на виході 250 В і, плавно обертаючи двигун резистора R7, контролювати збільшення напруги на мосту VD9. У момент початку різкого приросту напруги має бути різке збільшення яскравості світіння світлодіода HL2. На цьому основне налагодження завершують. Плавно збільшують вхідну напругу до 270В і контролюють перепад напруги на мосту VD9 і світіння світлодіода HL2. У разі подальшого збільшення напруги має спрацювати відсічення.

Треба зауважити, що пристрій не розрахований на тривалі перенапруги з великим навантаженням.

Обмежувач на велику потужність із тривалою перенапругою можна зібрати в типовій з'єднувальній коробці розмірами 100x100 мм, у якій можна розмістити тепловідвід більшого розміру і вентилятор із напругою живлення 12 В для його охолодження. Його живлення може бути забезпечено малогабаритним імпульсним мережевим джерелом живлення, підключеним до виходу обмежувача. Джерело живлення кріплять до кришки коробки і закривають аналогічною коробкою для прихованого встановлення (з вентиляційними прорізами). [□7]

					ЕЛІТ 8.171.00.458 ПЗ	Арк
						31
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Висновки

В розділі "Огляд літератури та постановка завдання проєктування" було зосереджено увагу на дослідях та наукових підходах, пов'язаних із захистом побутової техніки від перенапруги і в цілому досліджено поняття «коливання напруги» і які види перенапруги бувають. Були перераховані вже наявні альтернативні прилади для захисту побутових приладів від коливання напруги. Ретельно проаналізувавши дану літературу, можна зробити висновок про актуальність обраної теми для магістерської роботи.

Актуальність даної теми особливо виявляється у зв'язку з сучасними викликами, з якими стикається суспільство. Серед них важливо відзначити вплив непередбачуваних ситуацій, таких як війни або природні катастрофи, які можуть викликати перенапруги у електромережах та загрожувати електричному обладнанню. Останнім часом Україна стала свідком таких викликів, зокрема через війну та зниження стабільності електропостачання.

У зв'язку з цим, дослідження та розробка методів та пристроїв для ефективного захисту побутової техніки від перенапруг стає надзвичайно актуальною задачею. Розуміння цієї актуальності стає ключовим для забезпечення надійного та безперебійного функціонування та збереження електронних пристроїв в умовах надзвичайних ситуацій.

					ЕЛІТ 8.171.00.458 ПЗ	Арк
						32
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

2. НАУКОВО-ДОСЛІДНА ЧАСТИНА

Перенапруження - це будь-яке підвищення напруги на ізоляції електрообладнання або електроприймача електроустановки понад межі, прийняті за допустимі в нормальному режимі роботи мережі. Тривалість перенапруги може становити від одиниць мікросекунд до декількох годин. Вплив перенапруги на ізоляцію може викликати її пробій.

За чинним стандартом гранично допустиме відхилення напруги в мережі становить $\pm 10\%$. Інакше кажучи, відхилення напруги понад 242 В і є перенапруженням (підвищення напруги понад гранично допустимий рівень).

Це явище небезпечне для стану ізоляції електрообладнання та, отже, становить загрозу для обладнання і здоров'я людей.

Судячи з досліджень, перенапруга становить приблизно чверть від усіх причин втрат електронного обладнання. [9]



Рисунок 2.1 – Середній показник причин втрати електронного обладнання

До якісних характеристик таких процесів в електромережі відносять:

- кратність, яка дорівнює відношенню максимальної величини перенапруги до максимальної амплітуди робочої напруги;
- тривалість (зазвичай становить від декількох часток мікросекунд до декількох годин);
- час наростання напруги.

Перенапругою називаються будь-які підвищення напруги в електричній системі, які по величині вищі довгостроково припустимих при нормальному експлуатаційному режимі (тобто більше 5..20 %).

Всі види перенапруг більше $1,2 U_N$ для 6...10 кВ і більше $1,05 U_N$ для 750...1150кВ в електричній системі по характері виникнення ділять на:

- **зовнішні** (грозові) - джерелом служить розряд блискавки або будь-який інше зовнішнє джерело.
- **внутрішні** - виникають через аварії, комутацій і різних резонансних явищ. У свою чергу внутрішні перенапруги діляться:
 - на комутаційні, пов'язані із включенням і відключенням;
 - аварійні (дугові), пов'язані з коротким замиканням;
 - резонансні і ферорезонансні, що виникають внаслідок несприятливого сполучення R, L, C лінії і її елементи.

$$k_{\text{ПН}} = \frac{U_{\text{М ПН}}}{\sqrt{2}U_{\text{М доп}}} \quad (2.1)$$

де $U_{\text{М ПН}}$ – максимальна амплітуда хвилі перенапруги;

$U_{\text{М доп}}$ - найбільша довгостроково припустима робоча напруга в електричній мережі

					ЕЛІТ 8.171.00.458 ПЗ	Арк
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		34



Рисунок 2.2 – Приклад грозових(зовнішніх) та комутаційних(внутрішніх) імпульсних перенапруг

Внутрішні перенапруги можуть бути відносно короткочасними (0,1...0,01с) (комутаційні, аварійні) і більш тривалими (резонансні). Величина перенапруг звичайно характеризується кратністю перенапруг. **Внутрішні(комутаційні)** перенапруги формуються в результаті різкої зміни режиму роботи електромережі, пов'язаними зі змінами включеннями / відключеннями потужних приймачів, з ємнісним або індуктивним характером навантаження. Такі явища в електромережах прийнято називати перехідними процесами. Значення імпульсів і хвиль в такому випадку досягає десятків - сотень вольт і визначається характеристиками електромережі.

Ключовими причинами виникнення комутаційних перенапруг є:

- відключення / включення пристроїв релейного захисту (автоматів, плавких запобіжників, реле, контакторів);
- зупинка або пуск потужних синхронних. асинхронних двигунів, трансформаторів;

Всі елементи електричної системи розбиті на три групи:

- джерела енергії ($e(t)$ – генератори);
- елементи, здатні накопичувати енергію (L і C);
- елементи, здатні поглинати енергію (активне навантаження, корона, зосереджені й розподілені R і провідності G).

Якщо баланс між генеруючою і поглинутою енергіями порушується, виникають коливання, здатні викликати перенапруги кратністю до $4...6 U_{\phi}$.

Зовнішні перенапруги вважаються найбільш небезпечним типом аварійних процесів. Вони є природними явищами і викликаються грозовими розрядами при атмосферних опадах при зосередженні електричних зарядів на поверхні об'єктів. Для даного різновиду атмосферних явищ характерна висока величина номіналу напруги, яка може досягати декількох десятків тисяч вольт за період часу до 1 м/Сек. Такі потужні потоки енергії не витримує не тільки електропроводка, але і різні типи обладнання.

Імпульс напруги - різка зміна напруги в точці електричної мережі, за якою слідує відновлення напруги до первинного або близького до нього рівня за проміжок часу до кількох мілісекунд;

Тимчасова перенапруга - підвищення напруги в точці електричної мережі вище $1,1 U_{ном}$ тривалістю понад 10 мс, що виникає в системах електропостачання під час комутацій або коротких замикань.

Імпульс напруги характеризується таким показником якості електроенергії, як імпульсна напруга, а тимчасова перенапруга - коефіцієнтом тимчасової перенапруги. Імпульсна напруга та коефіцієнт тимчасової перенапруги чинним стандартом не нормуються.

Імпульсну напругу $U_{имп}$ у вольтах або кіловольтах (рис. 2.3) вимірюють як максимальне значення напруги за різкої її зміни (тривалість фронту імпульсу не більше 5 мс).

					ЕЛІТ 8.171.00.458 ПЗ	Арк
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		36

Імпульсну напругу у відносних одиницях оцінюють виразом:

$$\delta U_{\text{імп}} = \frac{U_{\text{імп}}}{\sqrt{2} \cdot U_{\text{ном}}} \quad (2.2)$$

Де $U_{\text{імп}}$ – значення імпульсного напруги, В.

Амплітудою імпульса $U_{\text{імп а}}$ називається максимальне миттєве значення імпульсу напруги (рис. 2.3).

Причиною імпульсної напруги можуть бути удари блискавки в елементи мережі, робочі та аварійні комутації мережі.

Коефіцієнт тимчасової перенапруги ($K_{\text{пер} U}$) - величина, що дорівнює відношенню максимального значення огинаючої амплітудних значень напруги за час існування тимчасової перенапруги ($U_{\text{аМах}}$) до амплітуди номінальної напруги мережі:

$$K_{\text{пер} U} = \frac{U_{\text{аМах}}}{\sqrt{2} \cdot U_{\text{ном}}} \quad (2.3)$$

Під час визначення значень перенапруг стандартом вводяться такі допоміжні параметри: тривалість імпульсу за рівнем половини його амплітуди ($0,5 U_{\text{імп.а}}$); тривалість тимчасової перенапруги.

Тривалість імпульсу - це інтервал часу між початковим моментом імпульсу напруги і моментом відновлення миттєвого значення напруги до початкового або близького до нього рівня. Тривалість імпульсу напруги за рівнем половини його амплітуди $\Delta t_{\text{імп} 0,5}$ у мікросекундах або мілісекундах вимірюють таким чином.

					ЕЛІТ 8.171.00.458 ПЗ	Арк
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		37

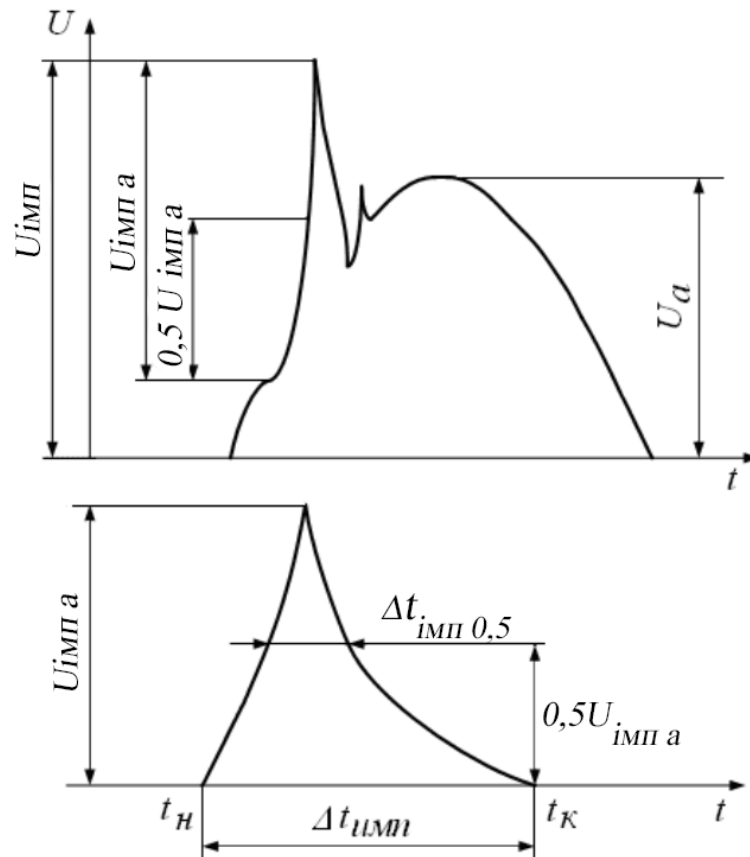


Рисунок 2.3 – Основні характеристики імпульсної напруги

Виділяють із загальної кривої напруги імпульс напруги і визначають амплітуду цього імпульсу $U_{\text{імп а}}$ у вольтах або кіловольтах як максимальне значення імпульсу напруги (рис. 2.3). Потім визначають моменти часу $t_{\text{н 0,5}}$, $t_{\text{к 0,5}}$, що відповідають перетину кривої імпульсу напруги горизонтальною лінією, проведеною на половині амплітуди імпульсу $0,5U_{\text{імп а}}$. Далі обчислюють $\Delta t_{\text{імп 0,5}}$ за формулою:

$$\Delta t_{\text{імп 0,5}} = t_{\text{к 0,5}} - t_{\text{н 0,5}} \quad (2.4)$$

Перенапруги можуть бути викликані різними причинами - несправностями в мережах низької напруги (обрив робочого нейтрального провідника), процесами, пов'язаними з ударами блискавки або комутаційними процесами. На рис. 2.4 зображені можливі зміни напруги в однофазній мережі змінного струму з номінальною напругою 220 В.

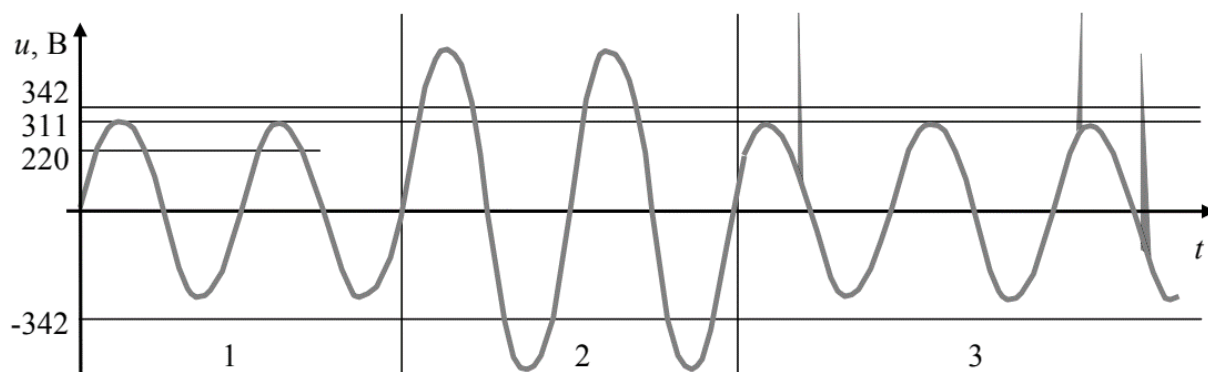


Рисунок 2.4 - Можливі коливання напруги в однофазній мережі 220 В

Інтервал 1 відповідає нормальним умовам в мережі з напругою на рівні номінального значення. Пікові значення* на цьому інтервалі не доходять до граничної межі 342 В, відтак на цьому інтервалі перенапруг немає.

На інтервалі 2, внаслідок несправностей у мережі, пікові значення напруги перевищують граничне значення 342 В, тому на цьому інтервалі спостерігаються перенапруги, які не є небезпечними для ізоляції електроустановок, але при тривалому їх характері можуть викликати небезпечне нагрівання окремих частин й вивести їх з ладу. На інтервалі 3 відсутні несправності у мережі, але, внаслідок атмосферних (блискавки) або комутаційних процесів, виникають короточасні імпульси (тривалістю менше однієї мілісекунди та з амплітудою у декілька кіловольт). Ці імпульси або імпульсні виплески (surge) можуть бути дуже небезпечними як для ізоляції електроустановок, так і для чутливих електронних пристроїв.

3. РОЗРОБЛЕННЯ ЕЛЕКТРОННОЇ СИСТЕМИ З ВИКОРИСТАННЯМ ОТРИМАНИХ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕННЯ

3.1. Обґрунтування алгоритму функціонування та структурної схеми проєктованої електронної системи

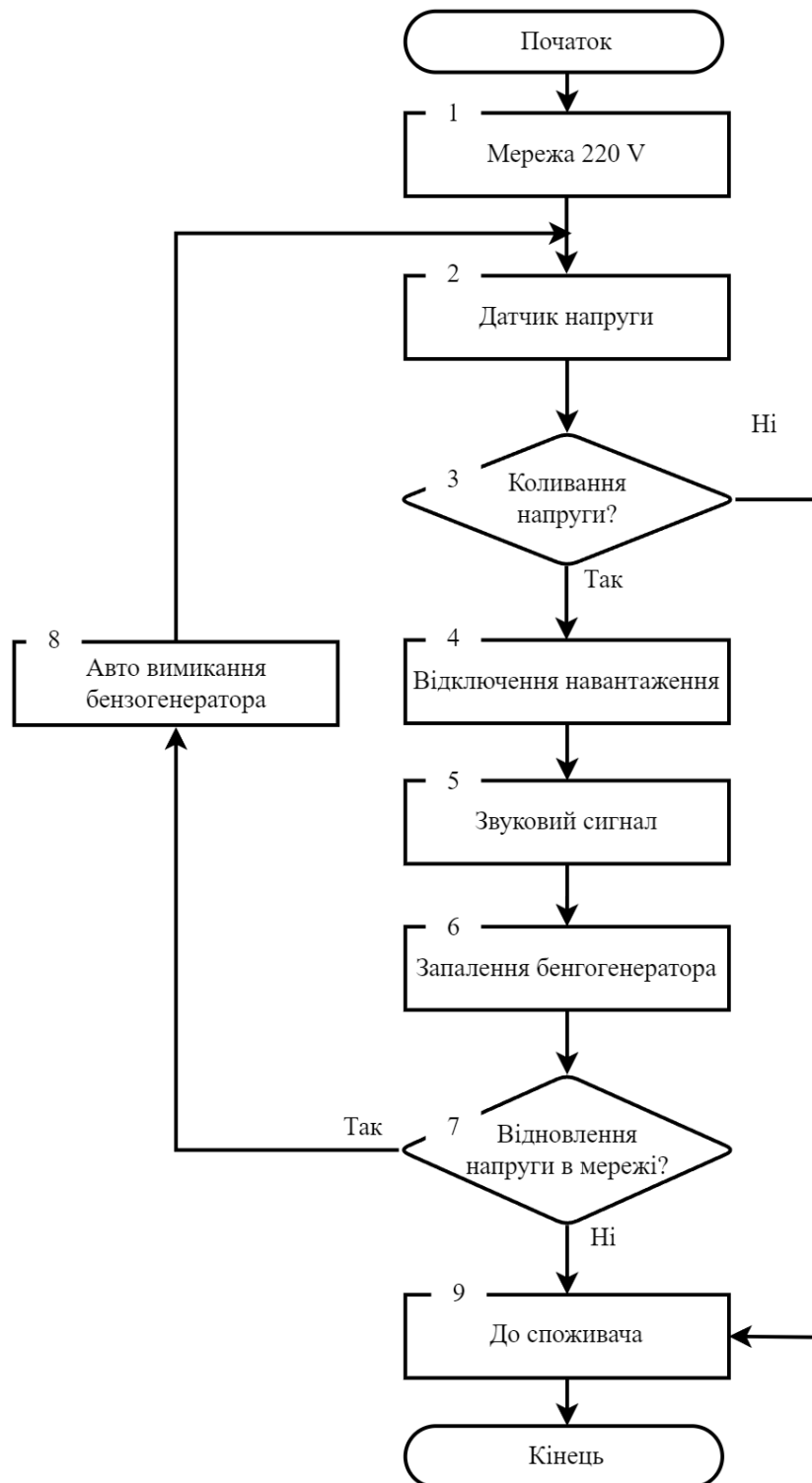


Рисунок 2.5 – Блок-схема алгоритму функціонування пристрою

Етап 1. Подання напруги на пристрій до блоку живлення, який понижує напругу до 10 В.

Етап 2. Вимірювання мережевої напруги датчиком.

Етап 3. Якщо є присутні коливання напруги, то процес йде до наступного етапу (4) – відключення навантаження, коли напруга виходить за встановлені межі. Якщо ж напруга в нормі – то процес переходить на кінцевий етап, до споживача.

Етап 4. Відключення навантаження внаслідок коливання напруги за встановлену норму.

Етап 5. Спрацювання звуковипромінювача, що подає звуковий сигнал споживачу для повідомлення про відключення навантаження мережі.

Етап 6. Запалення бензогенератора,

Етап 7. Якщо електропостачання в мережі відновлюється, то процес переходить до етапу автоматичного вимикання генератора (8). Якщо ні, і електропостачання не відновилося, то бензогенератор продовжує працювати й далі й процес переходить до наступного етапу.

Етап 8. В наслідок стабілізації напруги, бензогенератор автоматично вимикається, а споживач автоматично підключається до електромережі.

Етап 9. Споживач отримує електропостачання без коливань напруги в будь-якому із випадків, або через бензогенератор, або ж коли напруга стабілізується через мережу.

					ЕЛІТ 8.171.00.458 ПЗ	Арк
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		41

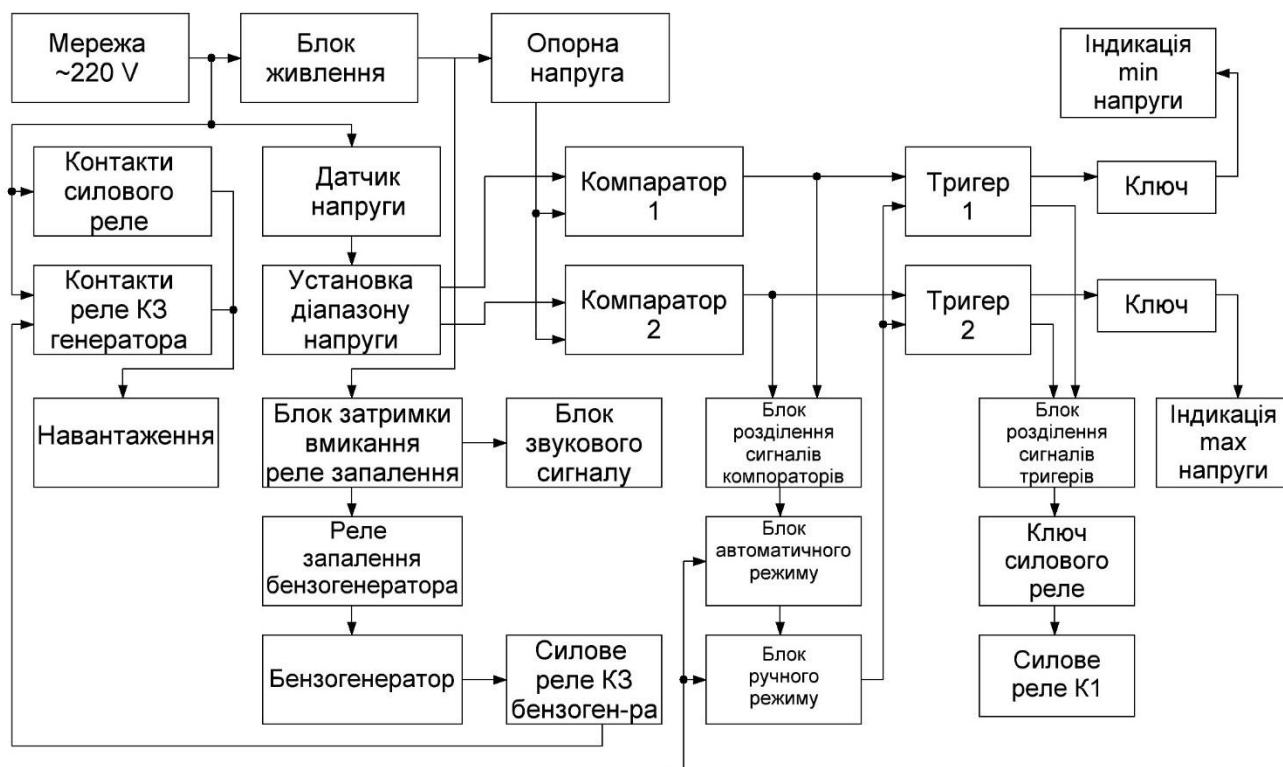


Рисунок 2.6 – Схема електрична структурна електронного обмежувача напруги електромережі для побутових пристроїв

Напруга 220 В подається на **блок живлення**: на первинну обмотку понижувального трансформатора Т1. Трансформатор знижує мережеву напругу. Цю напругу, що знімається з вторинної обмотки трансформатора, випрямляють діоди VD5 – VD8, увімкнені за мостовою схемою, і згладжують фільтрувальним конденсатором С2, що утворюють випрямляч, з виходу якого постійна напруга надходить на вхід стабілізатора напруги.

Напруга 220 В падає на **контакти силового реле** й **контакти реле К3 генератора** для перемикання споживача на альтернативне джерело живлення – бензогенератор, у разі коливання напруги в мережі.

Датчик напруги під'єднано безпосередньо до **мережі 220 В**, **установка діапазону напруги** налаштовується резисторами, через які встановлюється верхня и нижня межа напруги, далі напруга надходить на **два компаратори** мікросхеми LM393, один із компараторів спрацьовує на зниження напруги, а другий на підвищення, опорна напруга до яких надходить з стабілізатора на **блоці живлення**.

Якщо напруга виходить за дозволених встановлених меж, то на виході одного із **компараторів** з'являється логічний нуль і перемикає один із **тригерів**.

Далі з другого виходу **тригера** логічна одиниця надходить на один із **ключів** транзистора й після цього загорається один із світлодіодів **індикації min/маx напруги** в залежності що трапилося, це або зниження, або ж завищення напруги мережі.

В тому разі, коли напруга виходить за свої межі й у одного із тригерів на виході з'являється логічний нуль, тобто напруга на трансформаторі блока живлення падає, із цього витікає, що **ключ силового реле** закривається і як наслідок за допомогою **силового реле К1** відключає споживача.

Блок ручного режиму використовується для використання даної системи як в автоматичному, так і в ручному режимі. Якщо вимкнути переключатель S2, то схема працюватиме в ручному режимі, і нажавши на кнопку S1, повернемо тригери в вихідне положення. Натомість включивши перемикач S2 буде включено автоматичний режим, в разі повернення напруги до норми (тобто коли на обох компараторах будуть логічні одиниці), відкривається **ключ** на транзисторі і тригери повертаються у вихідне положення.

Якщо напруга в мережі пропадає, то напруга на одному із конденсаторів в **блоці затримки вмикання реле запалення** також падає до нуля, а на другому конденсаторі ще деякий час зберігається.

Далі на виході тригера на **блоці звукового сигналу** сигнал переходить на звуковипромінювач, який видає звуковий сигнал, попереджаючи споживача про відключення від мережі, через коливання напруги.

Водночас з цим, також падає й напруга на **реле запалення бензогенератора** і його контакти замикаються, вмикаючи генератор. А коли ж напруга з'являється, то **реле запалення бензогенератора К2** розмикає контакти й вимикає запалювання генератора, тобто автоматично переключає споживача до мережі.

					ЕЛІТ 8.171.00.458 ПЗ	Арк
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		43

На рис. 2.7 наведено структурну схему захисного пристрою «Електронного обмежувача напруги для побутової техніки», який стежить за напругою в мережі, і якщо її величина виходить за встановлені межі, відключає навантаження. При цьому спалахує один із двох індикаторних світлодіодів, які показують, що саме сталося, - перевищення або зниження мережевої напруги. І відбувається вимкнення споживача. Увімкнення споживача може бути зроблено вручну, натисканням кнопки S1 або автоматично. Автоматичний режим вмикається вимикачем S2 (коли він увімкнений, під'єднання споживача після того, як напруга приходить у норму, відбувається автоматично).

Схема постійно живиться від електромережі через понижувальний трансформатор T1. Увімкнення і вимкнення споживача здійснюється за допомогою електромагнітного реле з контактами на струм до 40 А.

Датчиком мережевої напруги є випрямляч на діоді VD1 і конденсаторі C1. А також дільники напруги на резисторах R1-R4. Вся схема живиться від трансформатора, а контрольну напругу знімають безпосередньо з електромережі. До такого рішення довелося дійти, тому що під час увімкнення і вимкнення реле відбувається суттєва зміна напруги на виході малопотужного трансформатора і випрямляча. Пов'язано це з відносно великим струмом споживання цього типу реле. Коли реле вмикається, відбувається зниження напруги на вторинній обмотці T1, а під час вимкнення реле - підвищення. Навіть якщо живити реле через стабілізатор, суті справи це не змінює, оскільки стабільною буде напруга на реле, а напруга на вторинному випрямлячі буде змінюватися. Ця зміна може призвести до похибки в роботі схеми, якщо контрольну напругу знімати з вторинної обмотки трансформатора, і навіть до зациклення схеми, переводячи її в автоколивальний режим роботи.

Тому датчик рівня напруги під'єднано безпосередньо до мережі.

Працює датчик так VD1-C1 являє собою випрямляч. На його виході буде постійна напруга, пропорційна змінній напрузі в мережі. Резистори R1-R4 являють собою два підлаштовувані дільники напруги. Напруги з них надходять на два компаратори на мікросхемі A1. Один компаратор спрацьовує на зниження напруги, а інший на підвищення. Опорна напруга на компаратори надходить від загального дільника на резисторах R5-R7, що живиться від стабілізатора DA2.

					ЕЛІТ 8.171.00.458 ПЗ	Арк
						45
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Підлаштувальними резисторами R3 і R4 встановлюють, в якому діапазоні напруга вважається нормальною і безпечною для споживача (наприклад, можна встановити від 200V до 240V). Поки напруга перебуває в цих межах, на виходах компараторів A1.1 і A1.2 є логічні одиниці. Це ніяк не впливає на тригери, виконані на елементах мікросхеми D1, і встановлені в момент увімкнення живлення зарядним струмом конденсатора C4 в одиничний стан вони тримають ключ на транзисторах VT3-VT4 відкритим. При цьому контакти реле K1 замкнуті і через них надходить напруга на споживач.

Якщо напруга виходить за межі встановленого інтервалу, то на виході одного з компаратора з'являється логічний нуль. Це призводить до перемикання одного з тригерів у нульове положення. Відкривається один із діодів VD2 або VD3 і шунтує базову напругу транзистора VT3. Напруга на базі T3 падає і ключ VT3-VT4 закривається, а реле K1 відключає споживача. При цьому з другого виходу тригера, що переключився, одиниця надходить на один із ключів VT1 або VT2 і відповідно загоряється або HL1, або HL2.

Якщо ввімкнено S2 (автоматичний режим), то після того, як напруга доходить до норми, тобто, після того, як на виходах обох компараторів встановляться логічні одиниці, відкривається транзистор VT5, який повертає тригери у вихідне положення. Якщо S2 вимкнено (ручний режим) повернути тригери у вихідне положення і ввімкнути споживач можна натисканням кнопки S1.

Під час налагодження потрібно користуватися автотрансформатором типу ЛАТР або аналогічним, що дає змогу регулювати змінну напругу. З його допомогою напругу знижують і підвищують до необхідних граничних значень, і відповідно регулюють точки спрацьовування резисторами R3 і R4, спостерігаючи за логічними рівнями на виходах компараторів.

Деталі. Конденсатор C1 має бути на напругу не нижче 360V. Решта конденсаторів - на напругу не нижчу за вказану на схемі. Трансформатор T1 взято від мережевого адаптера 8-бітної ігрової приставки. На виході мостового випрямляча виходить постійна напруга 10 V. Максимальний струм 350 mA. Його можна замінити будь-яким іншим трансформатором з аналогічними параметрами (за струмом може бути від 150 mA і вище).

					ЕЛІТ 8.171.00.458 ПЗ	Арк
						46
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Випрямні діоди 1N4004 можна замінити будь-якими іншими. Причому, діоди моста VD5-VD8 можуть бути на будь-яку напругу, починаючи з 15 V, максимальний прямий струм не нижче 0,33А, а діод VD1 має бути на напругу не нижче 360 V.

У даній схемі використовується мікросхема LM393, що містить два компаратори. У принципі можна використовувати практично будь-які інші компаратори, а так само можна використовувати операційні підсилювачі, увімкнені в режимі компаратора. Резистори R6 і R8 потрібні тільки в тому разі, якщо виходи компараторів зроблені як у LM393, - за схемою з відкритим колектором.

Мікросхему D1 К561ЛА7 можна замінити на К176ЛА7 або CD4011. Або ж можна використовувати мікросхему К561ТМ2, використовуючи два D-RS-тригери в режимі RS (входи D і С з'єднати із загальним мінусом живлення). Можливо використовувати так само і мікросхему ТТЛ або ТТЛ-КМОП логіки, оскільки тут напруга 5V, що підходить для ТТЛ або ТТЛ-КМОП.

Тип реле К1 залежить від максимальної потужності навантаження. При потужності до 200 W можна використовувати реле КУЦ-1 від старих вітчизняних телевізорів. У цій схемі використовується реле з обмоткою на 12 V і струмом контактів 40 А, а саме ОРК4812623. З таким реле максимальна потужність навантаження 8000 W. Реле з обмоткою на 12 V живиться від джерела напругою 10 V, яке, крім того, під час увімкнення реле "просідає" до 8,5 V. Але це в даному випадку навіть добре. Більшість реле з обмотками на 12 V впевнено спрацьовують при напрузі 8V, а тримають контакти до зниження до 5-6 V. Реле, зазначене на схемі, при живленні обмотки напругою 12 V трохи нагрівається, але при нижчій напрузі 8,5-10 V нагрівання немає взагалі, а спрацьовує впевнено.

Світлодіоди HL1 і HL2 - будь-якого типу. В даному випадку використовуємо світлодіоди 50UR1D40-150.

Інтегральний стабілізатор А2 типу 78L05 можна замінити будь-яким інтегральним стабілізатором на вихідну напругу 5-6 V. Можна так само замінити його типовою схемою параметричного стабілізатора на транзисторі, стабілітроні та резисторі.

Транзистори ВС547С (КТ3102) - будь-які малопотужні транзистори n-p-n загального застосування, наприклад, КТ315. Транзистор КТ815А можна замінити будь-яким КТ815, КТ817, КТ604.

					ЕЛІТ 8.171.00.458 ПЗ	Арк
						47
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Швидкодія схеми залежить від ємності конденсатора С1. Але занадто сильно його ємність знижувати теж не можна, оскільки це призведе до пульсацій контрольного напруження і помилок у роботі схеми внаслідок цього.

Управління резервним бензогенератором

У разі перенапруги в мережі лунає звуковий сигнал, який попереджає вас про необхідність перейти на резервне живлення (двигун недорогого генератора заводиться тільки ручним стартером). Ви йдете в приміщення, де встановлено генератор і заводите його. При цьому споживач автоматично відключається від мережі і перемикається на живлення від генератора.

Щойно електропостачання відновлюється, генератор автоматично вимикається (розмикається ланцюг його запалювання), а споживач так само автоматично відключається від генератора і підключається до електромережі. Таким чином повністю виключено зайві витрати на бензин.

Принципова схема показана на рис. 2.7. Первинна обмотка Т1 постійно підключена до електромережі. Якщо напруга в мережі пропаде, то на С5 напруга швидко падає до нуля. А на С6 ще деякий час тримається. Тому мікросхема на D2 (на тригерах D2.1...D2.4), типу К561ЛЕ5 і звуковипромінювача ВF1, типу СП1 видає звуковий сигнал. Водночас напруга на обмотці К2 падає і його контакти К2.1 замикаються, вмикаючи ланцюг запалювання бензогенератора. Тепер почувши сигнал, потрібно запустити вручну бензогенератор. На його клеммах з'являється напруга змінна 220 V і постійна 12V. Реле К2 і К3 перемикають споживача на генератор.

Коли напруга в мережі з'являється, реле К2 розмикає контакти і цим вимикає запалювання генератора. Генератор вимикається. Напруга на реле К3 падає і його контакти перемикають споживача з генератора на електромережу.

Використовуються стандартні автомобільні реле з обмотками на 12V і перемикаючими контактами.

П'єзозвуковипромінювач (ВF1) - будь-який п'єзоелектричний, пасивний. Наприклад можна вибрати КРХ-G1205В з гучністю звуку 82 dB.

Трансформатор - Nahn EI3012732

					ЕЛІТ 8.171.00.458 ПЗ	Арк
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		48

Схема працює з бензогенератором, типу POWER RD3600. Контакти реле К2.1 потрібно увімкнути в розрив низьковольтного ланцюга запалювання генератора або паралельно вимикачу запалювання генератора, який завжди тримати у вимкненому стані.

3.3. Розрахунок основних характеристик проєктованої електронної системи

Особливості бензогенератора

В сільській місцевості часті випадки відключення електроенергії. Особливо неприємно це взимку, коли відбувається обрив ЛЕП через заledenіння проводів. Головна неприємність у тому, що в сучасному сільському будинку, газифікованому, під час вимкнення електроенергії вимикається також і газове обладнання, і опалення, оскільки всі сучасні газові опалювальні котли містять електроніку, яка потребує живлення, а система опалення не обходиться без циркуляційного насоса, який так само працює від електромережі. Звісно, можна мати резервну піч на дровах і опалюватися в такому аварійному випадку нею.

Але є й інший спосіб - використовувати резервний бензогенератор для вироблення напруги 220 V. В інструкції генератора пропонується під час використання його як резервного під'єднувати його через ручний перемикач, що відключає споживач від мережі і підключає до генератора. При цьому потрібно стежити за електромережею і після відновлення електропостачання вимкнути генератор і перемкнути споживач на електромережу. Виходить, що якщо аварія сталася вночі (а саме так зазвичай і буває), потрібно не лягати спати, а стежити за мережею. Або лягти спати і змиритися з тим, що генератор, споживаючи бензин (зазвичай літр за годину), працюватиме всю ніч, навіть якщо електрику вимикали всього години на три.

					ЕЛІТ 8.171.00.458 ПЗ	Арк
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		49



Рисунок 2.8 – Бензогенератор Power RD3600

EF Power RD3600 - потужний бензиновий генератор, який підходить для використання в торгових точках, офісах, заміських будинках. Він запускається в разі аварії на магістральній мережі.

Має AVR (стабілізатор напруги), завдяки чому не чутно коливань напруги. Якщо, наприклад, холодильник живився від звичайного генератора (без AVR) він міг вимкнутися через перепади напруги або згоріти.

Технічні дані:

- Модель: EF Power RD3600
- Двигун: 4-х тактний, з повітряним охолодженням
- Частота: (Гц) 50
- Напруга: 230В
- Потужність двигуна: (15 hp) 5000W
- Номінальна потужність генератора: 2,8KW / 2800W
- Максимальна потужність генератора: 3KW / 3000W
- Ємність паливного бака: 15 л.
- Ємність масляного бака: 900 мл
- Рівень шуму: приблизно 92 дБ
- Вага: 51 кг
- Випрямляч: 8,3 А

					ЕЛІТ 8.171.00.458 ПЗ	Арк
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		50

Особливості мікросхеми LM393

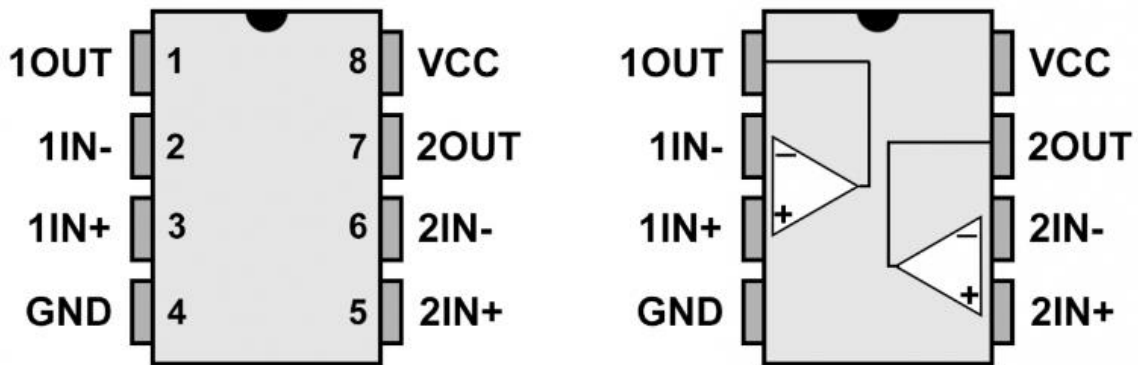


Рисунок 2.9 - Мікросхема LM393

Мікросхема LM393 є подвоєним диференційованим компаратором від виробника Texas Instruments. У приладу - цілісний корпус із пластику. Усередині нього розташовані 2 операційні підсилювачі lm393, які ніяк не пов'язані один з одним. Їхнє основне завдання - порівнювати один з одним усі аналогові сигнали, які надходять на їхні входи.

Підсумком роботи цих елементів є виникнення вихідної напруги, або, навпаки, її нульове значення.

Серія LM - це подвійний операційний підсилювач. Внутрішній включає два незалежних, підсилюваних частотою компенсації частоти з підсилювачем частоти для одноразової роботи з широким діапазоном напруги живлення, а також з функцією подвійного живлення в рекомендованих робочих умовах, але зі струмом живлення та напругою живлення Нічого. Діапазон його застосування включає підсилювачі чуття, блоки посилення постійного струму та всі інші підсилювачі з одним джерелом живлення.

Таку мікросхему можна зустріти в усіх модулях і датчиках Arduino. Мікросхема компараторів LM393 по функціональному призначенню і розташуванню виводів аналогічна таким мікросхемам як LM193, LM2903, але відрізняється від них температурним діапазоном роботи і трохи іншими параметрами.

LM393 має два незалежних компаратора (рис. 2.9). Кожен компаратор має два входи (IN- і IN+) і один вихід (OUT). Як випливає з назви, компаратор щось порівнює, а саме напруги на IN- та IN+. На OUT знаходиться транзистор, стан якого залежить від співвідношення напруг:

- IN- **більше** ніж IN+ → OUT закритий
- IN- **менше** ніж IN+ → OUT відкритий (відкритий колектор)

Якщо підтягнути резистор з напругою V_{PU} до OUT, полярність зміниться між 0 і V_{PU} . Цифровий сигнал готовий.

- IN- **менше** ніж IN+ → $V_{OUT} = V_{PU}$
- IN- **більше** ніж IN+ → $V_{OUT} = 0\text{ В}$

Найбільші допустимі характеристики LM393

- Розкид напруги живлення - від 0,3 до 36 Вольт.
- Струм виходу - 20 міліампер.
- Діапазон температури зберігання - від -65 до 150 градусів Цельсія.
- Період затримки - 300 наносекунд

Особливості мікросхеми К561ЛА7

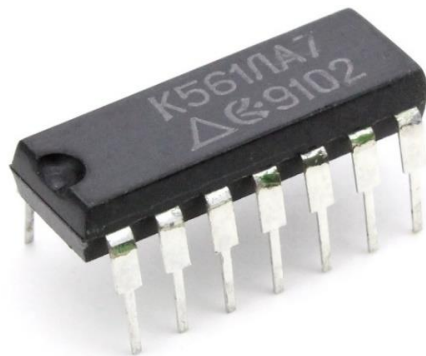


Рисунок 2.10 – Зовнішній вигляд мікросхеми К561ЛА7

Мікросхема К561ЛА7 випускається в пластмасовому корпусі з дворядним розташуванням 14 штирьових виводів. К561ЛА7 виконує логічну функцію І-НІ. Цифрова інтегральна мікросхема КМОН логіки.

Мікросхеми К176ЛА7 і К561ЛА7 містять по чотири двовхідні базові елементи І з інверсією вихідного сигналу. Технічні дані можна подивитися в таблиці.

					ЕЛІТ 8.171.00.458 ПЗ	Арк
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		52

Зарубіжним аналогом мікросхеми К561ЛА7 є мікросхема CD4011.

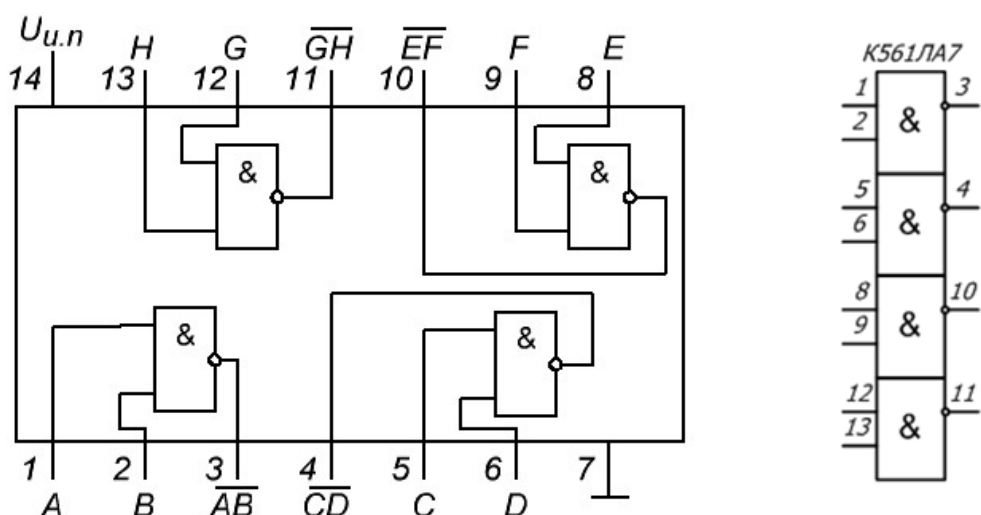


Рисунок 2.11 - Розташування виводів мікросхеми К561ЛА7

Таблиця 2.1 – Технічні дані К561ЛА7

Струм споживання за низького рівня на виході та напруги джерела живлення 18 В.	0,15 мА
Час затримки поширення під час увімкнення	220 нс
Час затримки поширення під час вимкнення	220 нс
Вихідний струм високого рівня	0,42 мА
Вихідний струм низького рівня	0,42 мА
Температура навколишнього середовища	-45...+85°C

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат

Особливості мікросхеми К561ЛЕ5



Рисунок 2.12 – Зовнішній вигляд мікросхеми К561ЛЕ5

Використована також мікросхема К561ЛЕ5 на схемі з бензоелектрогенератором є аналогічна по суті роботи, але працює на елементах АБО з інверсією вихідного сигналу.

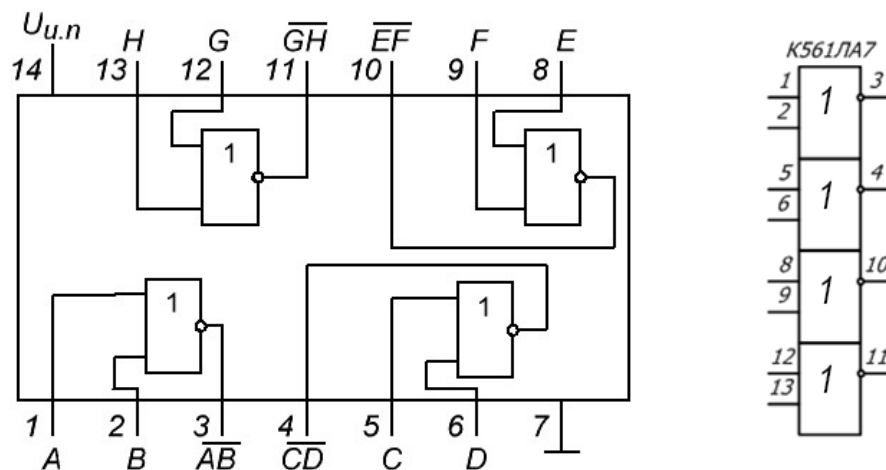


Рисунок 2.13 - Розташування виводів мікросхеми К561ЛЕ5

Таблиця 2.2 – Технічні дані К561ЛА7

Струм споживання за низького рівня на виході та напруги джерела живлення 18 В.	0,015 мА
Час затримки поширення під час увімкнення	235 нс
Час затримки поширення під час вимкнення	340 нс
Вихідний струм високого рівня	0,24 мА
Вихідний струм низького рівня	0,24 мА
Температура навколишнього середовища	-10...+70°C

Транзистори VT1-VT5 виступають в ролі ключів.

Вибираємо біполярні n-p-n транзистори КТ3102 з такими технічними характеристиками:

- Напруга колектор-база $U_{кб\ max} = 50\ В$;
- Напруга колектор-емітер $U_{ке\ max} = 50\ В$;
- Напруга емітер-база $U_{еб\ max} = 5$;
- Постійний струм колектора $I_{к\ max} = 100\ мА = 0,1\ А$;
- Імпульсний струм колектора $I_{кі} = 200\ мА = 0,2\ А$;
- Постійна розсіювана потужність колектора $P_{к\ max} = 250\ мВт = 0,25\ Вт$;
- Статичний коефіцієнт передачі струму $h_{21E} = 100$;

Також було використано n-p-n транзистор КТ815А, який має наступні параметри:

- Напруга колектор-база $U_{кб\ max} = 25\ В$;
- Напруга колектор-емітер $U_{ке\ max} = 25\ В$;
- Напруга емітер-база $U_{еб\ max} = 5$;
- Постійний струм колектора $I_{к\ max} = 1500\ мА = 1,5\ А$;
- Імпульсний струм колектора $I_{кі} = 200\ мА = 0,2\ А$;
- Постійна розсіювана потужність колектора $P_{к\ max} = 250\ мВт = 0,25\ Вт$;
- Статичний коефіцієнт передачі струму $h_{21E} = 100$;

					ЕЛІТ 8.171.00.458 ПЗ	Арк
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		55

Блок живлення.

Схема блока живлення в класичному виконанні складається з трансформатора, діодного мосту(випрямляча), стабілізатора і конденсатору(фільтру).

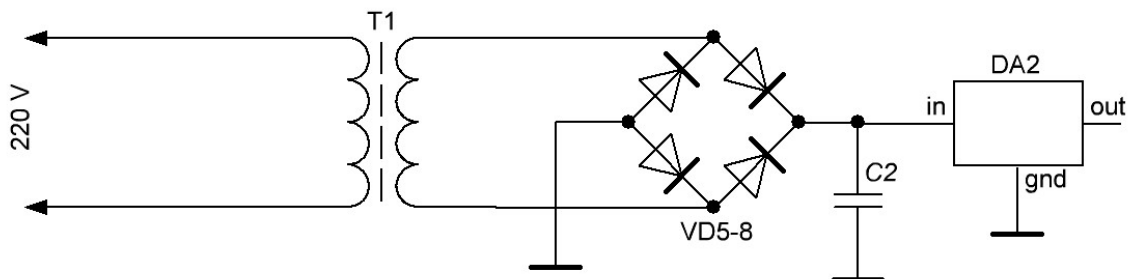


Рисунок 2.14 - Структурна схема блока живлення

Трансформатор. У цій схемі трансформатор застосовується для зниження напруги в розетці 220 В до необхідного рівня. При цьому ще здійснюється гальванічна розв'язка високовольтних з низьковольтними ланцюгами. Тому за будь-яких позаштатних ситуацій напруга на електронному пристрої не перевищить значення величини вторинної обмотки. Також гальванічна розв'язка підвищує безпеку обслуговуючого персоналу. У разі дотику до приладу, людина не потрапить під високий потенціал 220 В.

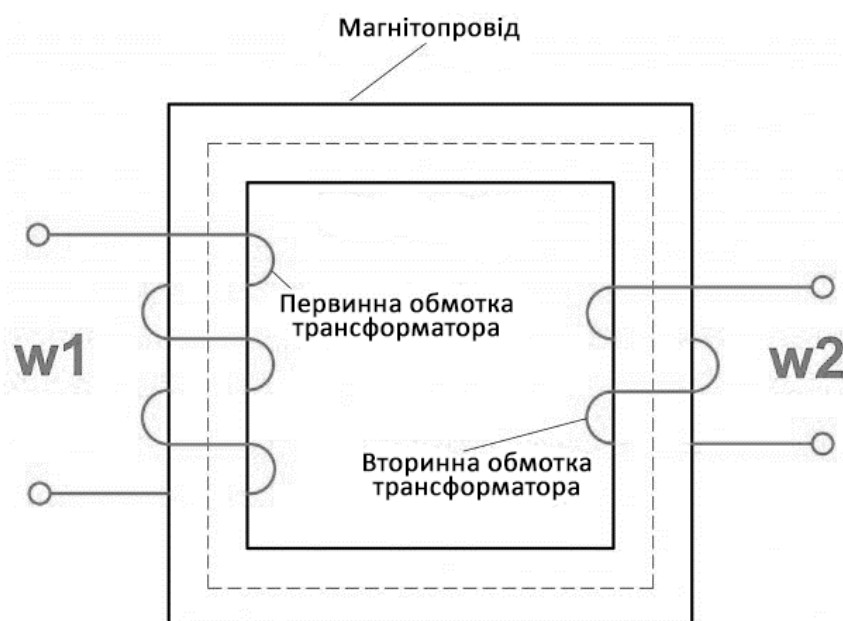


Рисунок 2.15 – Конструкція трансформатора

					ЕЛІТ 8.171.00.458 ПЗ	Арк
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		56

Конструкція трансформатора досить проста. Він складається з сердечника, що виконує функцію магнітопроводу, який виготовляють із тонких пластин, що добре проводять магнітний потік, розділених діелектриком, яким слугує нетокопровідний лак.

На стрижень сердечника намотано мінімум дві обмотки. Одна первинна (ще її називають мережева) - на неї подається 220 В, а друга - вторинна - з неї знімається знижена напруга. Використовуємо понижувальний трансформатор Nahn EI3012732, який отримує на виході напругу в ~ 10 В.

Діодний міст. Наступним порядковим елементом у схемі встановлено діодний міст, він же напівпровідниковий або діодний випрямляч. Призначений він для перетворення змінної напруги вторинної обмотки трансформатора в постійну, а точніше кажучи, у випрямлену пульсуючу. Звідси й походить назва "випрямляч". В цьому проекті діодний міст можна зробити із діодів 1N4004 з номінальним током 1 А.

Конденсаторний фільтр. Після діодного моста напруга має пульсуючий характер і ще непридатна для живлення мікросхем і тим паче мікроконтролерів, які дуже чутливі до різного роду перепадів напруги. Тому її необхідно згладити. Для цього можна застосовувати конденсатор. В даному випадку фільтром буде виступати конденсатор EXR102M16V ємністю 1000 μ F і номінальною напругою 16 В.

Стабілізатор. Напруга після конденсаторного фільтра підлягає обов'язковій стабілізації. Залежно від параметрів живильного пристрою застосовуються два варіанти стабілізації. У першому випадку використовуються стабілітрон, а в другому - інтегральний стабілізатор напруги. Розглянемо застосування останнього.

В якості стабілізатора використовуємо 78L05.

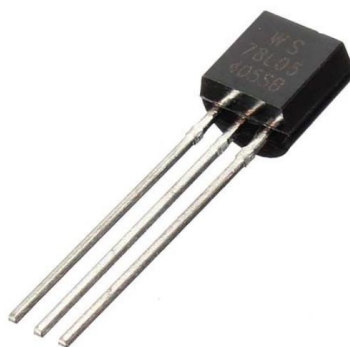


Рисунок 2.16 – Зовнішній вигляд стабілізатора 78L05

					ЕЛІТ 8.171.00.458 ПЗ	Арк
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		57

Малопотужний стабілізатор позитивної полярності 78L05 за своїми характеристиками призначений для використання в джерелах живлення постійної напруги. Крім того, його можна використовувати з силовими елементами для виготовлення регуляторів напруги.

Вони мають вбудований захист від перевищення струму і напруги, що робить їх дуже надійними. Якщо передбачено відповідний радіатор, вони можуть забезпечувати вихідний струм до 100 мА. Має наступні параметри:

- Вхідна напруга: 7-35 В;
- Вихідна напруга: 5 В;
- Максимальний струм: 100 мА;
- Точність стабілізації: 0.5 %;
- Потужність: 625 мВт;

					ЕЛІТ 8.171.00.458 ПЗ	Арк
						58
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

4. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

4.1. Розрахунок економічних характеристик проєктованої електронної системи

Собівартість пристрою - це сума всіх витрат, пов'язаних з виробництвом конкретного пристрою або продукту. Ця сума включає в себе витрати на матеріали, працю, енергію, витрати на дослідження та розробку, а також інші витрати.

Витрати на виробництво утворюють виробничу собівартість, а витрати на виробництво і збут – повну собівартість.

Витрати, пов'язані із виробництвом та реалізацією створеного пристрою, розподіляються за наступними категоріями:

- матеріали та комплектуючі;
- основна заробітна плата;
- додаткова заробітна плата;
- відрахування на соціальні заходи;
- витрати на утримання і експлуатацію устаткування;
- загальновиробничі витрати;
- адміністративні витрати;
- витрати на збут.

У кваліфікаційній роботі було створено електронну систему для захисту побутових пристроїв від перенапруги. Завершеним результатом є повноцінний електронний обмежувач напруги електромережі для побутових пристроїв, який повністю функціонує. У цьому розділі розглянуто розрахунок витрат, необхідних для реалізації задуманої системи.

З урахуванням транспортно-заготівельних витрат ($k_{Т-З}=5\div 15\%$) вартість комплектуючих та матеріалів складе:

$$KM = (8\,688,74 + 304,5) \cdot \frac{100 + 5}{100} = 9442,90 \text{ грн.} \quad (3.1)$$

					ЕЛІТ 8.171.00.458 ПЗ	Арк
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		59

Таблиця 3.1 - Ціни на електричні компоненти системи

Найменування	Ціна за од./грн	Кількість	Сума/грн
Резистори			
MF0207FTE52-180R	2,3	4	9,2
SMD1206-4K7	1	11	11
CFR-2W	2,2	2	4,4
MFR050SSJTB-100KR	10	3	30
МЛТ-1	2,4	1	2,4
Діоди			
1N4004	1	5	5 (-4)
1N4448	1,44	6	8,64
1N4148	0,9	1	0,9
Транзистори			
КТ3102	1,4	4	5,6
КТ815А	6	1	6
Конденсатори			
СВВ22	5	1	5
EXR102M16В	7	1	7
TCSCS1A475MAAR	5	3	15
ELV101M16RC	3,5	1	3,5
EXR222M10В	6	1	6
Світлодіоди			
АЛ307	1	2	2
Реле			
TRA2-L-12VDC-S-Z	58	3	174
Стабілізатор			
78L05	3	1	3
Мікросхеми			
LM393	4	1	4
К561ЛА7	8	1	8
К561ЛЕ5	8	1	8
Перемикачі			
KCD1-101	6,1	1	6,1

					ЕЛІТ 8.171.00.458 ПЗ	Арк
						60
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Продовження таблиці 3.1

Трансформатор			
Nahn EI3012732	336	1	336
Звуковипромінювач			
KPX-G1205B	29	1	29
Бензогенератор			
POWER RD3600	7999	1	7999
Сумарно			8 688,74

Таблиця 3.2 – Розрахунок затрат на матеріали

Матеріал, сировина	Одиниця виміру	Норма витрати	Вартість, грн
Шлейф	м	0,3	19,5
Склотекстоліт	м ²	0,4	80
Флюс	кг	0,1	83
Припій	кг	0,1	39
Монтажна плата	см ²	37	83
Сумарно			304,5

Витрати на основну заробітну плату (З_о):

$$Z_o = \sum_{i=1}^n T_{гi} \cdot N_{чi} \cdot n \quad (3.2)$$

де:

- T_{гi} – годинна тарифна ставка окремого спеціаліста (інженера електронщика, лаборанта тощо), що задіяний у виробництві пристрою (установки), грн/год;
- N_{чi} – витрачений час робітником на виробництво і наладку пристрою (установки);
- n – кількість працівників, які задіяні у виробництві пристрою (установки).

Годинна тарифна ставка розраховується, виходячи з величини місячного окладу спеціаліста:

$$T_{Гі} = \frac{T_{Мі}}{Вф_i \cdot 4} = \frac{6700}{23 \cdot 8} = 36,41 \text{ грн.} \quad (3.3)$$

Де:

- $T_{Мі}$ – місячний оклад (ставка) спеціаліста, грн;
- $Вф_i$ – фактично відпрацьований час за розрахунковий період (місяць), днів.

Розрахуємо основну заробітну плату:

$$З_0 = \sum_{i=1}^n T_{Гі} \cdot Нч_i \cdot n = 36,41 \cdot 10 \cdot 1 = 364,1 \text{ грн.} \quad (3.4)$$

Додаткова заробітна плата (10÷30% від $З_0$):

$$З_д = З_0 \cdot К_д = 364,1 \cdot 25\% = 91,02 \text{ грн.} \quad (3.5)$$

Де:

- $К_д$ – відсоток додаткової заробітної плати.

Відрахування на соціальні заходи містять відрахування від суми основної і додаткової заробітної платні за встановленими ставками:

- на державне страхування від нещасних випадків;
- на обов'язкове державне соціальне страхування на випадок безробіття;
- у зв'язку з тимчасовою втратою працездатності і витратами, зумовленими народженням дитини і похованням.

Загальний відсоток вищенаведених відрахувань дорівнює 36,3%.

Розрахуємо суму:

$$В_{СЗ} = (З_0 + З_д) \cdot 36,3\% = (364,1 + 91,02) \cdot 36,3\% = 165,20 \text{ грн.} \quad (3.6)$$

Витрати на утримання та експлуатацію устаткування складають 120-150% від основної заробітної плати:

$$В_{УЕУ} = З_0 \cdot 135\% = 364,1 \cdot 135\% = 491,53 \text{ грн.} \quad (3.7)$$

					ЕЛІТ 8.171.00.458 ПЗ	Арк
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		62

Загально виробничі витрати визначаються із відомостей по аналізу повної собівартості виробу і в середньому можуть складати 130-250 % від основної заробітної плати.

$$V_{ЗВ} = Z_0 \cdot 130\% = 364,1 \cdot 130\% = 473,33 \text{ грн.} \quad (3.8)$$

Виробнича собівартість визначається як сума статей витрат:

$$C_B = KM + Z_0 + Z_D + V_{СЗ} + V_{УЕУ} + V_{ЗВ}. \quad (3.9)$$

$$C_B = 9442,90 + 364,1 + 91,02 + 165,20 + 491,53 + 473,33 = 11028,08 \text{ грн.} \quad (3.10)$$

Адміністративні затрати розраховуються із відомостей по аналізу повної собівартості продукції і в середньому можуть складати 140-200% від основної заробітної плати.

$$V_A = Z_0 \cdot 150\% = 364,1 \cdot 150\% = 546,15 \text{ грн.} \quad (3.11)$$

Зовнішні виробничі витрати, які мають зв'язок зі збутом виробів, складають 5-10% від виробничої собівартості:

$$V_{ЗВ} = C_B \cdot 7\% = 11028,08 \cdot 7\% = 771,96 \text{ грн.} \quad (3.12)$$

Повна собівартість:

$$ПС = C_B + V_A + V_{ЗВ} = 11028,08 + 546,15 + 776,77 = 12351 \text{ грн.} \quad (3.13)$$

					ЕЛІТ 8.171.00.458 ПЗ	Арк
						63
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Таблиця 3.3 – Калькуляція собівартості пристрою

Стаття калькуляції	Витрати, грн
Матеріали та комплектуючі	9442,90
Витрати на основну заробітну плату	364,1
Додаткова заробітна плата	91,02
Відрахування на соціальні заходи	165,20
Витрати на утримання і експлуатацію устаткування	491,53
Загальновиробничі витрати	473,33
Виробнича собівартість	11028,08
Адміністративні витрати	546,15
Витрати на збут	771,96
Повна собівартість пристрою	12351,77

Прибуток визначається виходячи з нормативу (показника) рентабельності виробництва продукції, який встановлює підприємство

$$R = \frac{П}{C} \cdot 100\%. \quad (3.14)$$

Оптова ціна пристрою визначається за формулою нижче:

$$C_{\text{опт}} = C + \frac{R \cdot C}{100} = 12351,77 + \frac{30 \cdot 12351,77}{100} = 16057,30 \text{ грн.} \quad (3.15)$$

Визначення відпускної ціни приладу. Відпускна ціна включає податок на додану вартість в розмірі 20%:

$$C_{\text{розд}} = C_{\text{опт}} + 20\% = 16057,30 + 20\% = 19268,76 \text{ грн.} \quad (3.16)$$

ВИСНОВКИ

Забезпечення сталої роботи побутової техніки в умовах «стрибків» напруги стає важливим завданням. Ефективне використання пристроїв обмежування напруги може значно полегшити цю ситуацію, захищаючи техніку від можливих пошкоджень та забезпечуючи надійну роботу.

В ході роботи над кваліфікаційною роботою магістра було проаналізовано достатньо джерел за вибраним напрямом написання теми, а саме побудові електронного обмежувача напруги електромережі для побутових пристроїв. Проведений огляд декількох конкурентних чинних електронних систем.

На основі огляду поняття «Перенапруги» та важливості захисту побутової техніки від шкідливих коливань напруги й була поставлена задача розроблення даного електронного пристрою.

Був створений алгоритм роботи електронного обмежувача напруги електромережі для побутових пристроїв та його структурна схема, на основі цього було спроєктована електрична принципова схема, враховуючи розрахунок основних характеристик та елементної бази проєктованої електронної системи.

За підсумками роботи були розраховані витрати на виготовлення та реалізацію та інші економічні характеристики даної електронної системи.

					ЕЛІТ 8.171.00.458 ПЗ	Арк
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		65

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Бутов А.П. Звуковий сигналізатор підвищеної напруги мережі. - Радіо, 2011, №5, с. 23-25.
2. Ronald B. Standler “Protection of Electronic Circuits from Overvoltages” 2022.
3. С.В. Василець, К. С. Василець. Техніка високих напруг. 2018.
4. Є.І.Сокол, Г.А. Сендерович, О.Г. Гриб. Релейний захист електроенергетичних систем.
5. Badri Ram and D.N. Vishwakarma. Power System Protection and Switchgear 2011.
6. Зеленін А. Напівавтомат захисту радіоапаратури від перепадів напруги мережі. - Радіо, 1998.
7. Васильєв А. Обмежувач напруги мережі для електронної апаратури - Радіо, 2021, №10, с.25-27
8. Васильєв А. Швидкодіючий пристрій захисту від перенапруги. – Радіо, 2020, №2, с. 28-30.
9. <https://yvt.com.ua/uk/1-perenaprugi-v-elektrichnikh-merezhakh-ta-ikh-klasifikatsiya.html>
10. <https://circuitglobe.com/voltage-surge.html>
11. https://www.perle.com/downloads/surge-protectors/5131327_tt_basics_surge_protection_en.pdf

					ЕЛІТ 8.171.00.458 ПЗ	Арк
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		66

Позначення	Назва	кіль.	Примітка
	<u>Резистори</u>		
R1, R2, R17, R18	MF0207FTE52-180R	4	180kOhm
R3...R10, R13, R14, R20	SMD1206-4K7	11	4,7kOhm
R11, R12	CFR-2W	2	330Ohm
R16	CF-1W-100RJ	1	100Ohm
R19	MJT1	1	1mOhm
	<u>Діоди</u>		
VD1, VD5...VD8	1N4004	5	
VD2...VD4, VD9...VD11	1N4448	6	
VD16	1N4148	1	
	<u>Транзистори</u>		
VT1...VT3, VT5	KT3102	4	
VT4	KT815A	1	
	<u>Світлодіоди</u>		
HL1, HL2	AL307	2	20мА
	<u>Конденсатори</u>		
C1	CBB22	1	2.2uF, 400V
C2	EXR102M16B	1	1000uF, 16V
C3, C4, C7	TCSCS1A475MAAR	3	4,7uF, 10V
C6	ELV101M16RC	1	100uF, 16V
C5	EXR222M10B	1	2200uF, 10V
	<u>Реле</u>		
TRA2-L-12VDC-S-Z	JD1912	3	12V
	<u>Стабілізатор</u>		
A2	78L05	1	

ЕЛІТ 8.171.00.458 ПЕЗ				
Зм	Лист	№ докум.	Підп.	Дата
Розроб.	Железняк О.Ю			
Перев.	Новгородцев А.І.			
Т. контр.				
Н. контр.	Гапич В.М.			
Затв.	Опанасюк В.М.			
Електронний обмежувач напруги електромережі для побутових пристроїв Перелік елементів			Лім	Лист
				67
			Листів 68	
СумДУ гр.ЕСМ-21				

