

ЗМІСТ

	с.
СКОРОЧЕННЯ ТА УМОВНІ ПОЗНАКИ	6
ВСТУП	7
1 Загальнотехнічна частина	10
1.1 Розробка технічного завдання	10
1.2 Літературний огляд відомих теоретичних і практичних рішень за темою роботи	10
1.2.1 Лінійні блоки живлення	12
1.2.2 Огляд роботи імпульсного блоку живлення	14
1.2.3 Принцип мініатюризації	17
1.2.4 Застосування блоків живлення	20
2 Конструкторсько-технологічна частина	23
2.1 Вибір і опис структурної схеми виробу. Принцип роботи схеми електричної принципової та її аналіз	23
2.2 Розгляд компонування виробу	30
2.3 Розробка схеми індикації на мікроконтролері	32
2.4 Технології виготовлення друкованої плати. Вибір основних та допоміжних матеріалів	33
2.5 Обґрунтування вибору конструкції	35
2.6 Техніко-економічний аналіз та якісна оцінка технологічності конструкції	36
2.7 Розробка технології ремонту, регулювання виробу	37
3 Спеціальна частина	39
3.1 Розрахунок надійності та споживаної потужності виробу	39
3.2 Дослідження процесу температурної стабілізації електронного обладнання за різних режимів охолодження	41
3.2.1 Моделювання процесу охолодження окремих фрагментів електричної схеми шляхом конвекції	41
3.2.2 Моделювання процесу охолодження окремих фрагментів плати з використанням вентилятора	43

3.2.3	Моделювання процесу охолодження окремих фрагментів плати з використанням холодоагента	46
3.3	Автоматизація конструкторського – технологічного проектування	46
3.3.1	Вибір і обґрунтування задачі автоматизованого проектування	46
3.3.2	Вибір і обґрунтування методу реалізації даної задачі в системі автоматизованого проектування	47
3.4	Розробка розводки для плати блоку живлення	51
3.5	Математичне моделювання	55
4	Охорона праці	60
4.1	Державний нагляд і громадський контроль за охороною праці	60
4.2	Вимоги техніки безпеки при експлуатації та обслуговуванні виробу	63
4.3	Розрахунок захисного заземлення для лабораторного кабінету	65
	ВИСНОВКИ	68
	ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ	70
	ДОДАТКИ	71

СКОРОЧЕННЯ ТА УМОВНІ ПОЗНАКИ

БЖ – Блок живлення.

ЛБЖ – Лабораторний блок живлення.

ШІМ – Широко імпульсна модуляція.

САПР – Система автоматичного проектування і розрахунку.

ЄСКД – Єдина система конструкторської документації.

ДСТУ – Державний стандарт України.

ККД – Коефіцієнт корисної дії.

ІМС – Інтегральні мікросхеми.

АЦП – Аналого-цифровий перетворювач.

РЕА – Радіо-електрична апаратура.

ВСТУП

Для роботи електричного приладу необхідний блок живлення який відповідає технічним вимогам для даного приладу. Навантаження від деяких сучасних приладів потребують від блоків забезпечення напруги від одиниць вольт до тисяч вольт при струмах від десятих ампер до тисяч. При цьому може бити жорсткі перешкоди у вигляді ККД, надійності, вартості, габаритів та інших.

Актуальність теми. Блоки живлення є невід'ємною складовою пуско налагоджувальних та ремонтних робіт у сфері електроніки, радіотехніки та інших галузях. Тому проектування даних пристроїв є актуальною тематикою для розробки нових та удосконалення існуючих пристроїв.

Мета і завдання досліджень. Об'єктом дослідження являється розробка конструкції для блоку живлення. В процесі виконання дипломного проекту було виготовлено комплект креслення конструкції БЖ який підвищив надійність БЖ за умови встановлення додаткового охолодження враховуючи особливості корпусу.

У ході процесу досліджень застосовувався метод мініатюризації. Методи якої напрямлені на зменшення габаритних розмірів конструкції та її маси використовуючи мініатюрні елементи у вузлах та блоках приладу, збільшення щільності у розміщені елементів на платі.

Проектування дипломної роботи складається з двох етапів: ескізного (креслення схеми електричної принципової, плати друкованої та друкованого вузла), робочого провівши аналіз ескізного етапу, розробляється робоча компоновка із проведеними конструктивними змінами). Спираючись на вище описаний процес мініатюризації, з допомогою компоновки отримав змогу підібрати деталі під відповідні розміри, та із застосування Altium Designer було проведено розміщення деталей та трасування друкованої плати, за допомогою 3Д (об'ємного режиму) - режиму визначив найкраще розташування блоків та

вузлів. Друкована плата виготовляється відповідно до державних стандартів та стандартів якості (ГОСТу 23752-79 та класу точності ГОСТ 23751-86).

У ході досліджень було проведено технологічний аналіз виробу та використання засобів САПР, що допомогло пришвидшити аналіз будови та його опрацювання та зменшує затрату часу на технічні підготовки, безпосереднє виготовлення виробу, обслуговування його в експлуатації та проведення ремонтних робіт.

Сьогодні важливою складовою кожного електроприладу є відповідність його надійності до ціни на ринку. Відповідно було проведено економічні розрахунки щоб визначити доцільність проекту з його економічної сторони.

Для досліджень запропонованого блоку використовувалися наступні засоби САПР:

1) Altium Designer (дана програма має велику бібліотеку елементів, майстрів по створенню посадочних місць для елементів, можливість створення багатошарової плати, автоматизованого трасування доріжок плати. Перевагою Altium Designer є вирішення задач, починаючи з розробки схеми і закінчуючи виходом пакету конструкторської документації).

2) Multisim (комплекс програм для можливості моделювання електричних схем, допомагає зменшити число прототипів друкованої плати та зменшити затрати на розробку. Перевагою являється дуже швидка візуалізація та аналіз роботи електронних схем).

3) КОМРАS 3D (створення конструкторської документації на виробі. Наявність різноманітних інструментів для побудови векторних примітивів, використання бібліотек стандартних виробів. Переваги : швидке отримання креслень схем, складальних креслень, специфікацій, креслень деталей; дозволяє створювати позначення, розміри, елементи згідно ЄСКД та ДСТУ; можна перевести креслення певного типу з Altium Designer у КОМРАС-3D; дана САПР дозволяє виконувати 3D оформлення пристрою).

4) NAD_Release (програма для проведення розрахунку надійності приладу та його безвідмовної роботи. Перевагою являється можливість зміни

коефіцієнта атмосферного впливу, впливу вологості і температури та механічних впливів).

Наукова новизна одержаних результатів полягає у дипломному проекті, що удосконалює технологічні процеси, покращує конструювання лабораторних блоків живлення та доповнює їх покращеними засобами світлової, звукової сигналізації. В отриманому результаті проведених дослідів та моделювань сформульовано та обґрунтовано кілька положень що несуть наукову новизну, теоретичне значення та практичне застосування.

У запропонованому дипломному проекті, пропонується практична реалізація отриманих знань для розробки конструкції лабораторного блоку живлення з захистом від перегріву та покращеними засобами світлової і звукової сигналізації.

1 ЗАГАЛЬНОТЕХНІЧНА ЧАСТИНА

1.1 Розробка технічного завдання

Даний лабораторний БЖ розробляється в першу чергу для оснащення сервісних центрів, майстерень для ремонту радіоелектронних апаратів. Виходячи з цього використовується надійна елементна база та встановлюється живлення від мережі загального користування параметри якої відповідають ГОСТ 13109-97.

Таблиця 1.1 Технічні параметри для проєктованого виробу

Напруга живлення, В	220±10
Частота електромережі, Гц	50±10
Допустима вологість, %	93
Число виходів	3
Вихідна напруга 1, В	1,25 – 12,5±10
Вихідна напруга 2, В	1,25 – 15,5±10
Вихідна зворотна напруга 3, В	-1,25 – 15,5±10
Вихідний струм, А	0 – 2
Маса, кг	0,7
Габаритні розміри, мм	208 x 185 x 80
Діапазон робочих температур, °С	-10 – +30
ККД, %	85

1.2 Літературний огляд відомих теоретичних і практичних рішень за темою роботи.

Сучасні засоби другорядного електроживлення радіоелектронної апаратури вийшли за рамки класу простих радіоелектронних приладів, що містять незначну кількість силових вентилів та реактивних згладжувальних

фільтрів, якими вони були 25-30 років тому. В даний час засоби другорядного електроживлення представляють собою досить складні пристрої, які містять у собі велику кількість різноманітних функціональних вузлів, виконуючих ті чи інші функції перетворення електричної енергії і покращення її якості.

БЖ – прилад котрий з електричної енергії одного виду виробляє електричну енергію другого виду. Їх класифікація відбувається по вихідній робочій напрузі. При цьому розрізняють низьковольтні з напругою до 100 В, високовольтні з напругою більшою за 1 кВ та середньо вихідною напругою від 100 В до 1 кВ.

Їх усіх класифікують залежно до потужності навантаження (P_H), яку вони готові віддати в навантаження. При цьому виділяють п'ять категорій:

- мікропотужні ($P_H < 1 \text{ Вт}$);
- малопотужні ($1 \text{ Вт} < P_H < 10 \text{ Вт}$);
- середньої потужності ($10 \text{ Вт} < P_H < 100 \text{ Вт}$);
- підвищеної потужності ($100 \text{ Вт} < P_H < 1 \text{ кВт}$);
- великої потужності ($1 \text{ кВт} < P_H$).

Джерела живлення можуть бути стабілізованими і нестабілізованими. При наявності ланцюгу стабілізації вихідної напруги стабілізовані джерела володіють меншою флюктуацією даного параметру, відносно нестабілізованих. Підтримка незмінної вихідної напруги може бути досягнути різними способами, але усі способи можливо звести до параметричному або компенсаційному принципів стабілізації. У компенсаційних стабілізаторах присутній ланцюг зворотнього зв'язку для відслідковування зміни регульованого параметру, а в параметричних стабілізаторах такий зв'язок відсутній.

У багатьох електричних приладах вже давно застосовується принцип реалізації вторинної потужності за рахунок використання додаткових пристроїв, на які покладено функції забезпечення електроенергією схем, які потребують харчуванні від окремих типів напруг, частоти, струму. Для цього створюються додаткові елементи: блоки живлення, що перетворюють напругу

одного виду в інший. Вони можуть бути вбудовані всередину корпусу споживача, як на багатьох мікропроцесорних приладах; виготовлені окремими модулями з сполучними проводами за зразком звичайного зарядного пристрою у мобільного телефону.

У сучасній електротехніці успішно уживаються два принципи перетворення енергії для електричних споживачів, засновані на: використанні аналогових трансформаторних пристроїв для передачі потужності у вторинну схему та імпульсних блоках живлення. Вони мають принципові відмінності в своїй конструкції, працюють за різними технологіями.

1.2.1 Лінійні блоки живлення

Працюють з допомогою силового трансформатора, що живиться від побутової мережі 220 вольт, в якому відбувається зниження амплітуди синусоїдальної гармоніки, що спрямовується далі на випрямний пристрій, а саме діодний міст [1]. Після цього пульсує напруга згладжується паралельно підключеною ємністю, підбраною за величиною допустимої потужності, і стабілізується напівпровідникової схеми з силовими транзисторами.

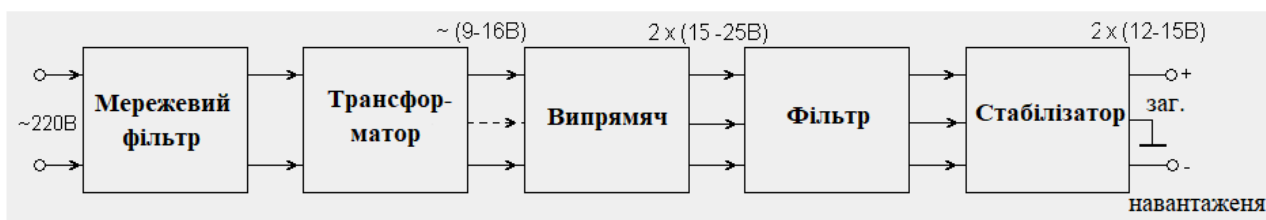


Рисунок 1 – Функціональна схема трансформаторного блоку живлення

У мережі є перешкоди (шуми) для зменшення яких використовують мережевий фільтр. Дані перешкоди діляться на два типи: високовольтні (по ГОСТу нерегулярні імпульси до 3 кВ) та високочастотні (до 5 МГц). Виходячи з того що короткі імпульси підвищеної напруги мають широкий спектр, отже два вище наведених типів перешкод одночасні. Для подавлення високовольтних перешкод використовують варистор, а для високочастотних використовують

RC та LC фільтри. Застосування LC – фільтра ефективніше, проте застосування RC – фільтра набагато економічніше.

Варистор - електронний прилад, опір якого не лінійно змінюється коли на нього подають зміну напругу, його вольт-амперна характеристика зображена на рисунку 2. Тіло варистора має ізотропну гранулярну структуру, оксиду цинку ZnO (гранули відокремлені один від одного, і їх межа поділу має ВАХ, схожу з p-n-переходом в напівпровідниках). Ці кордони при низькій напрузі мають дуже низьку провідність, яка не лінійно збільшується зі збільшенням напруги на варисторі.

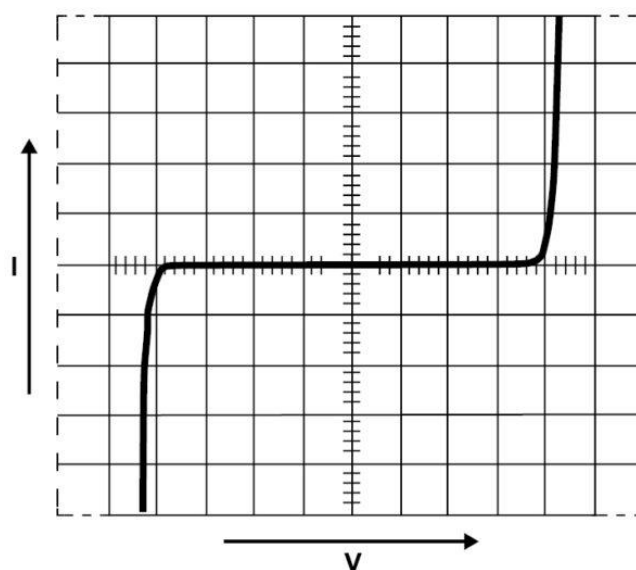


Рисунок 1.2 – Симетрична ВАХ варистора

Завдяки їй варистор відмінно справляється з придушенням стрибків напруги. Коли вони з'являються в ланцюзі, опір варистора зменшується у безліч разів: від майже непровідного стану до високо-провідного, зменшуючи імпульс напруги до безпечного для ланцюга значення. Таким чином, потенційно небезпечна для елементів ланцюга енергія вхідного імпульсу напруги абсорбується варистором і захищає компоненти, чутливі до перепадів напруги.

Схема включення елементів RLC фільтра запропонована на рисунку 1.3.

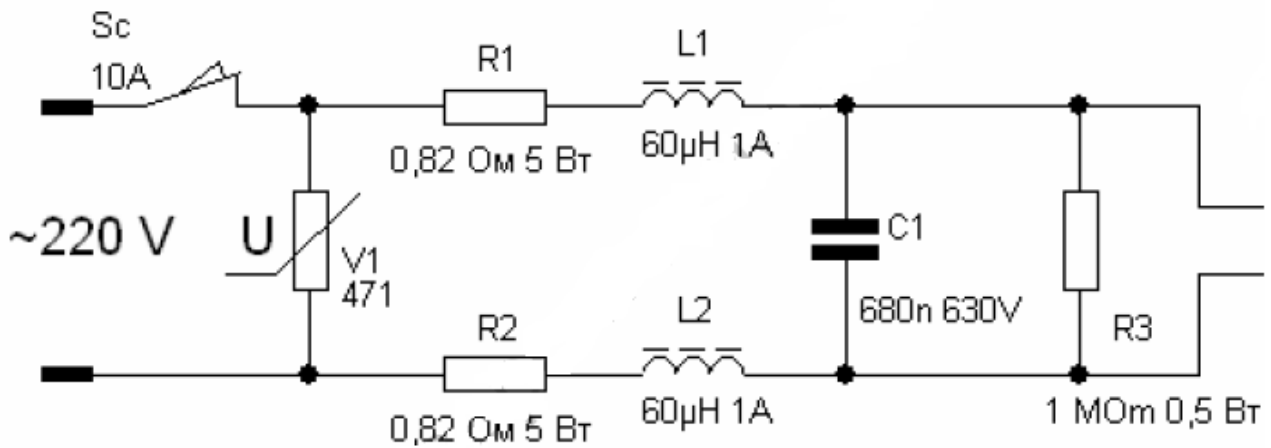


Рисунок 1.3 – Схема RLC фільтра

Котушки L1 та L2 разом з конденсатором C1 створюють LC фільтр. Опір котушок на високих частотах більший, а при низьких – малий. Саме тому, щоб низькочастотні перешкоди хоч трохи подавлялися, послідовно з котушками включенні резистори R1, R2. Резистор R3 розряджає конденсатори при відключеній мережі. Часто виникають суперечки про розміщення резисторів R1 та R2. Як їх увімкнути до варистору, або після, як на схемі? Це буде залежати від нашої цілі. До варистору потрібно підключати резистори, якщо потрібно покращити роботу варистора при подавленні короткочасних високовольтних (до декількох тисяч вольт) імпульсів. Ці імпульси варистор “пропускає крізь себе”, струм через варистор досягає сотні ампер, і практично вся напруга імпульсу падає на опір проводів та контактів.

При однакових потужностях, що віддаються в навантаження, імпульсні блоки живлення менші по розмірах та у них вищий ККД, через що їх трансформатори працюють на високій частоті.

1.2.2 Огляд роботи імпульсного блока живлення

Принцип роботи імпульсних БЖ побудований на перетворенні вихідної першочергової напруги низької частоти в більш високочастотні імпульси (зазвичай 20-50 кГц) з наступним трансформуванням, стабілізацією та

виправленням. Високочастотний трансформатор має малі габарити, через що розміри блоку зменшуються в декілька разів, відповідно зменшується вартість блоку та підвищується його ККД.

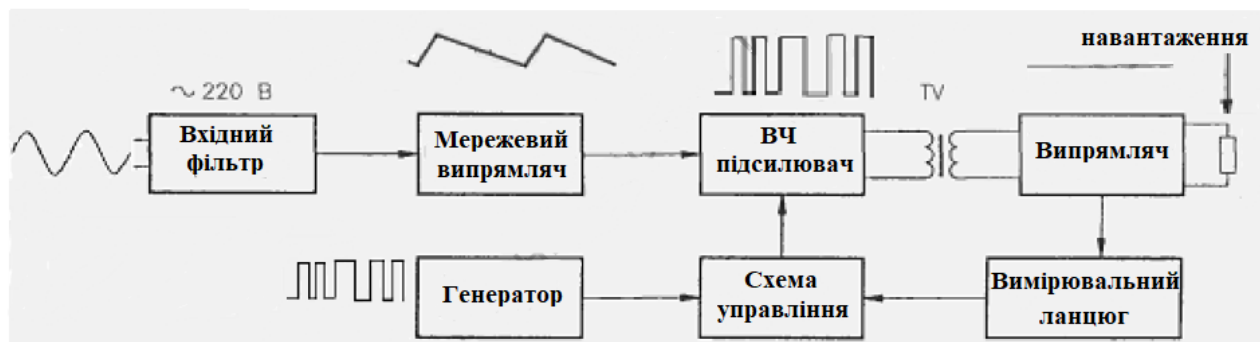


Рисунок 1.4 – Функціональна схема імпульсного блоку живлення

Вхідний фільтр, мережевий випрямляч і фільтр, а також високочастотний підсилювач потужності створює першочерговий ланцюг імпульсного блоку. Вхідний фільтр і мережевий випрямляч та фільтр виконує таку ж роль як і лінійних блоків живлення. Крім цього, вхідний фільтр значно послаблює перешкоди, що поступають в мережу від самого блоку. Високочастотний підсилювач потужності — це біполярний транзистор, який, включається та вимикається з великою частотою, пропускає випрямлену напругу через себе. В результаті на виході виходять імпульси мережевої напруги, котрі передаються на ВЧ трансформатор. Його роботою керує генератор разом із схемою управління. Схема управління потрібна для посилення імпульсів мікросхеми, так як їх потужність не може заставити відкриватися-закриватися великий і потужний транзистор. Крім цього ця схема захищає мікросхему управління від мережевої напруги при пробіі транзистора. Навантаженням транзистора є високочастотний трансформатор TV.

Схема управління включає в себе широтно-імпульсний модулятор на рисунку 1.5, та повністю задає режим роботи підсилення потужності. Вихідна напруга схеми управління має форму прямокутних імпульсів. Зміна довжини паузи між цими імпульсами регулює надходження енергії в другорядний

ланцюг. Вихідні параметри для нормальної роботи схеми управління – це сигнали управління, що поступають від вимірювальної ланки зворотнього зв'язку, у котрій відбувається порівняння еталонного значення напруги яка повинна бути на виході блоку живлення з реальним, присутнім в даний момент на навантаженні. Після отримання сигналу помилки схема управління змінює час між імпульсами в сторону її збільшення або зменшення, в залежності від величини відхилення реального значення напруги від номінального. Також, в схему управління може входити вузол захисту каскаду, підсилювач потужності від перегрузки та короткого замикання [2].

Вимірювальна ланка визначає відхилення реальної величини напруги навантаження від номінального значення.

Схема управління формує кінцеву форму високочастотного сигналу, що безпосередньо взаємодіє на силові елементи перетворювача.

Задаючий генератор – малопотужна схема формування широко імпульсних коливань. Принцип роботи ШІМ побудований на змінній тривалості імпульсів, підсилювальних силовим каскадом. Тривалість імпульсів, формованих схемою управління, повинна бути зворотно пропорційною величині напруги на навантаженні. Процес стабілізації другорядної напруги з допомогою ШІМ зображена на рисунку 1.5. Крива U_H показує зміну напруги на навантаженні при відсутності стабілізації. Характер змін тривалості імпульсів в залежності від U_H показаний на графіку.

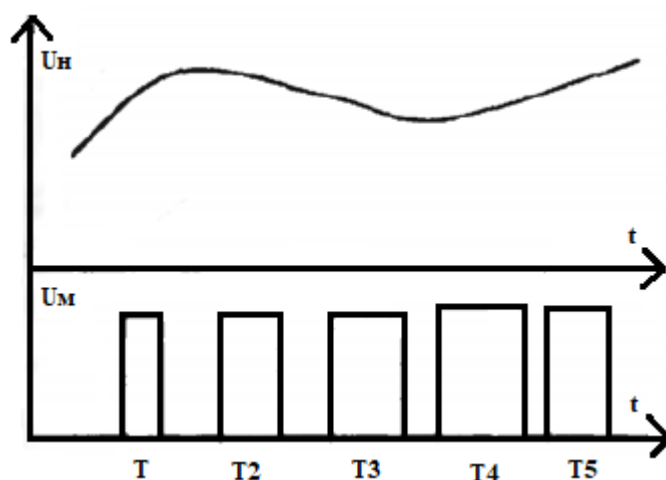


Рисунок 1.5 – Графічна ілюстрація роботи ШІМ

Здійснюючи порівняння силових та імпульсних БЖ, можна виділити декілька переваг та недоліків кожного з них, що наведені у таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 Порівняння БЖ

Тип порівняння	Силові БЖ	Імпульсні БЖ
Принцип роботи	Здійснюється зниження, а тоді виправлення U	Виконується перетворення після якого пониження U
Надійність	Дуже висока	Середня
ККД	65-85%	98-99%
Габарити	Середні, великі	Малі, середні
Високочастотні перешкоди	Ні	Так
Вимоги \max , \min потужності навантаження	Ні	Так

1.2.3 Принципи мініатюризації

Мініатюризація являється ключовим напрямком розвитку сучасної електронної техніки.

На фоні успіхів мініатюризації цифрових та аналогових приладів перетворення сигналів становить все більш помітною недостатній ступінь мініатюризації перетворювачів електричної енергії та інших силових електронних приладів.

Мініатюризація споживачі енергії приводить до збільшення відносного об'єму блоків живлення в системі, якщо їх мініатюризація не відбувається одночасно та з такою ж ефективністю.

Подолання перешкоди (великого об'єму та маси), шляхом переходу від перетворення енергії на стандартних низьких частотах (50-400 Гц) до перетворення на частотах десятків та сотень кілогерц при переважно прямокутній формі напруги.

Не дивлячись на легкість та простоту принципової реалізації таких блоків, розробка пристрою з високими питомими показникам, високою надійністю, відтворити являється важкою задачею, і на практиці результат розробки не відповідає очікуванням.

Критеріями мініатюризації перетворення електричної енергії являється питома потужність ($\text{Вт}/\text{дм}^3$) та відносний об'єм. Відомо що габарити любого електричного приладу визначаються потрібною поверхнею теплопровід, або конструктивним об'ємом, необхідним для розміщення деталей.

Мініатюризація силових приладів потребує спільного рішення, по крайній мірі, п'яти взаємозв'язаних проблем: енергетичних, структурних, конструкторсько-технологічних, системних, організаційних.

Можливості мініатюризації блоків живлення значно залежать від принципів їх конструкції та технології виготовлення. Гібридна технологія в принципі дозволяє зменшити об'єм конструкції до величини, обумовленою, тільки розсіюванню потужністю та умовами теплопровіда.

Для конструкції блоку живлення у формі прямокутного паралелепіпеда можна встановити досить просте співвідношення між об'ємом та поверхнею теплопровіда при заданій товщині корпусу, що характерно при інтегральних гібридних конструкціях.

На рисунку 1.7 показані залежності граничних можливостей питомої потужності блоку живлення від коефіцієнту поживної дії при різних вихідних потужностях приладу, $S_{\text{п}} = 30 \text{ см}^2 / \text{Вт}$ та $h = 2 \text{ см}$. Очевидно що при обмеження тільки по умовам теплопровіду питомої потужності блоку живлення може бути дуже значною (але тільки при високих значеннях ККД). Зміна умов теплопровіда, оприділяючого значення $S_{\text{п}}$, дозволяє кількісно на значення питомої потужності, але загальні закономірності зберігаються [3].

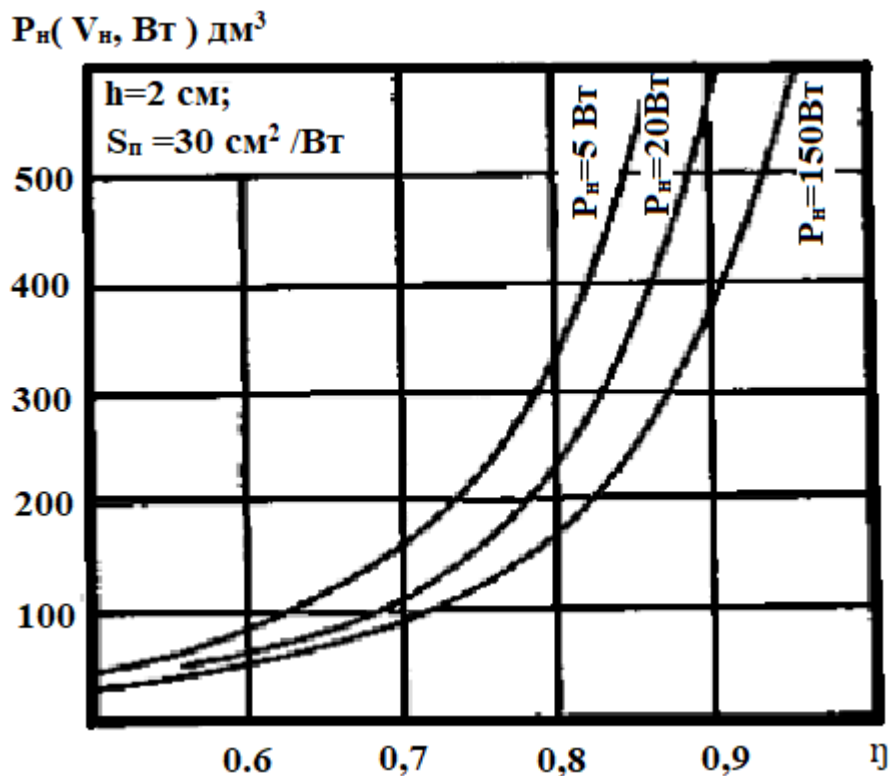


Рисунок 1.7 – Залежність максимальних можливостей питомої потужності блоку живлення вихідної потужності і ККД при заданій товщині конструкції

В приладах неперервної дії при відсутності с схеми значних ємностей, можна отримати розміри конструкції, визначених тільки тепловими співвідношеннями.

У ході застосування ключових перетворювачів необхідні трансформатори, дроселі, конденсатори, об'єм яких при малій їх потужності визначається, як правило не тепловим режимом, конструктивно-технологічними можливостями. Із зменшенням потужності блоків живлення всі більш суттєві обмеження для мініатюризації стають кінцеві розміри безкорпусних транзисторів, діодів, плівкових провідників та резисторів, зазорів між елементами. Всі ці причини дозволяють гарантувати виконання конструкції в об'ємі, що визначається лише тепловим режимом. Тепер об'єм і питома потужність визначаються або тепловим режимом, або конструктивним об'ємом елементів. Оптимальна конструкція, що володіє максимальною питомою

потужністю, буде отримана при умові, що об'єм відповідає умовам розміщення елементів, а поверхня забезпечить заданий перегрів.

При вирішенні питання про раціональну реалізацію конструкції абсолютно мінімального розміру потрібно керуватися економічними, конструкторсько-технологічними та другими міркуваннями. Знання оптимальних можливостей мініатюризації блоків живлення дозволить запобігти принципових помилок під час прийняття рішень.

1.2.4 Застосування блоків живлення

Широке застосування лабораторні блоки живлення отримали в науково-дослідних центрах, медичних установах, технічних сервісних центрах. У всіх сферах, де є необхідність в точних значеннях вихідної напруги або струму. Розробники електронного обладнання винайшли універсальний блок живлення з регулюванням струму і напруги. В клініках пластичної хірургії використовується ЛБЖ як стабілізатор напруги. Застосування такого апарату дозволяє хірургу відчувати себе впевнено під час виконання процедур і операцій. У стоматологічних клініках також використовують цей матеріал для підключення робочого інструмента. Великим попитом користуються блоки живлення в сфері ремонту різноманітної техніки. Адже в даному випадку достатньо невеликого перепаду напруги, щоб під час ремонту вийшов з ладу якийсь електронний елемент або цілий ряд компонентів, з'єднаних між собою. У багатьох містах України, особливо в холодну пору року, спостерігається ситуація зниженої напруги в мережі 220В і з цієї причини деякі прилади не можуть виконувати свої функції. Для деяких пристроїв досить стандартного стабілізатора.

Серед безлічі інших джерел, лабораторний блок живлення відрізняється наявністю більш широкого функціоналу. Основне призначення – забезпечувати постійне стабільне значення вихідної напруги при максимальному струмі навантаження, а також лабораторні джерела живлення забезпеченні

багаторівневими системами релейного та електронного захисту, плавними регуляторами, дозволяють спостерігати поточні показники.

Недорогі портативні імпульсні блоки живлення зібрані по жорсткій схемі у яких, на відміну від лабораторних, не передбачена функція регулювання постійної вихідної напруги струму (потенціометричних регуляторів немає, тільки плата, корпус і штекер 220В), що незавжди “прив’язують” один до одного джерело і відповідне йому приєднуване навантаження. Якщо виникне необхідність збільшити або зменшити параметри, доводиться купувати новий адаптер, а це зайві гроші, навіть якщо ціна невелика, а якщо купити лабораторний блок живлення, на 15 В і 2 А, який має широкий діапазон регулювання, низький рівень пульсацій, що задовільняє всі потреби радіоаматорів в Україні під час налаштування, налагодження та розробці будь-якого ступеня складності, включаючи специфічні завдання по гальванізації, нанесення тонкого шару на вироби з золота та срібла.

Відбувається розподіл пристроїв на одно і багатоканальні. Найчастіше застосовуються багатоканальні, що володіють системою управління вихідного струму і захистом компонентів, задіяних для розподілу рівномірної подачі на кілька вихідних каналів. Для такого обладнання ціна буде вище ніж для одноканального, але пріоритетність полягає в можливості підключення декількох споживають пристосувань одночасно. Можна кожному встановити по персональному блоку живлення або один багатфункціональний блок живлення. У такій ситуації купити лабораторний джерело живлення з декількома виходами може виявитися дешевше ніж два персональних. Аналогічна ситуація і для сервісного центру по ремонту техніки та у наступних прикладах:

- якщо потрібне джерело з можливістю регулювання, необхідність в цьому виникає у навчальних цілях, тому і назва така – лабораторний блок живлення, при дослідженні і вивченні електричних процесів в стаціонарних умовах;

- при налаштуванні знову розроблених схем ризик короткого замикання зростає у кілька разів. Діод не витримає або слабенький по потужності транзистор встановили або замкнули витки в обмотках трансформатора, що можливо протестувати міліометром. Якщо вибрати дешеве джерело живлення, швидше за все він просто спалахне, і доведеться витратитися і замовити аналогічний не кажучи про згорілі радіодеталі – це ціна економії, потужний лабораторний блок живлення 0-15 В, термореле розімкне ланцюг і після усунення неполадки, стрілочний амперметр допоможе провести перевірку режимів і перепайки паяльником радіокомпонентів, напруга буде знову подана, а якщо знову неполадка дворазова або ж десятиразова, захисні механізми підстрахують;

- при ремонті часто виникає потреба в подачі точної напруги з відхиленням, що не перевищує половини вольта. Від цього може залежати точність спрацювання цифрових мікросхем, при переході від логічного 0 до логічної 1 і навпаки.

2 КОНСТРУКТОРСЬКО-ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

2.1 Вибір і опис структурної схеми виробу. Принцип роботи схеми електричної принципової та її аналіз

Структурна схема складається з таких блоків як: живлення $\sim 220\text{В}$, понижувального трансформатора, інтегрального стабілізатора, сигналізатора і контролю температури, датчика температури, чотирьох випрямлячів та чотирьох стабілізаторів, трьох регуляторів напруги та датчика температури, а також три вихідних напруги.

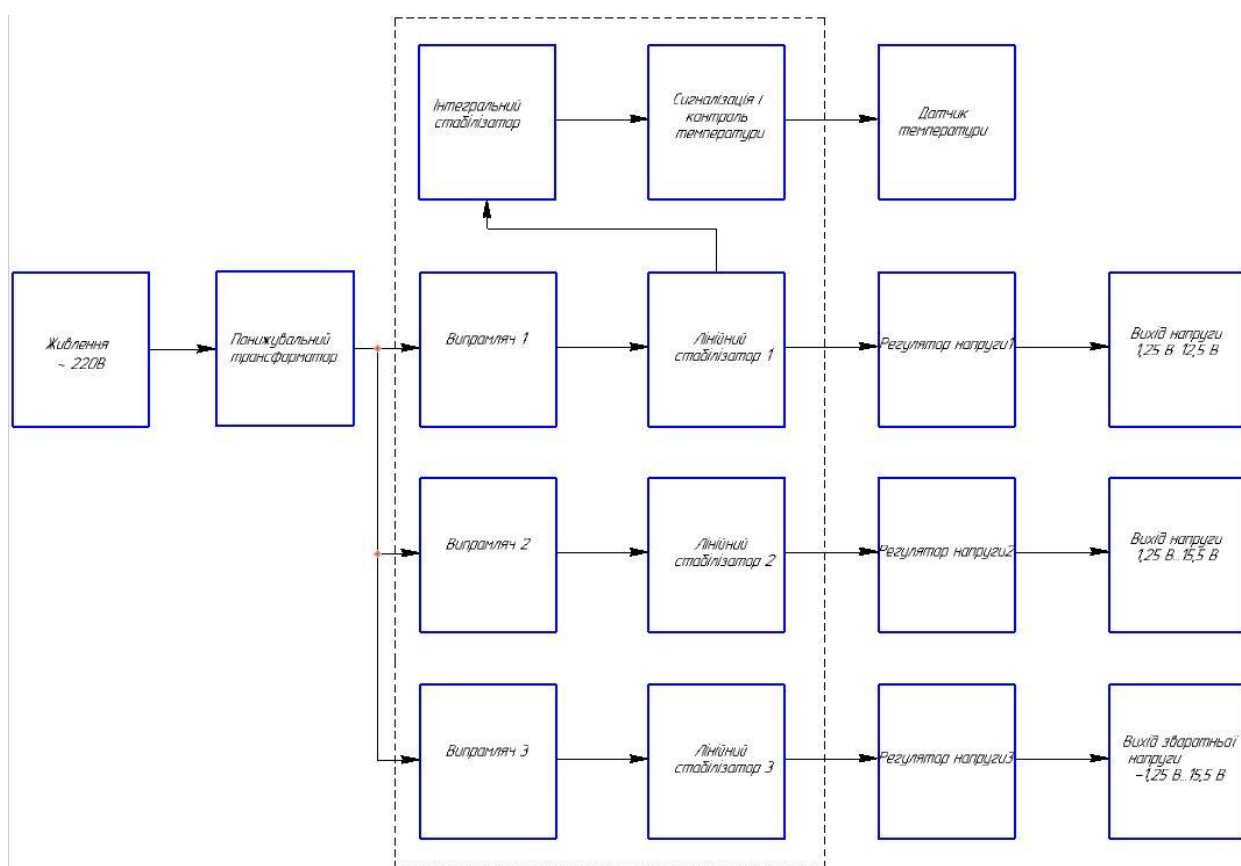


Рисунок 2.1 – Схема електрична структурна

Прилад складається з мережевого трансформатора TV1, випрямних мостів VD2-VD4, що згладжують конденсатори C2-C4 і трьох лінійних стабілізаторів на мікросхемах DA4, DA5 і DA6, що забезпечують вихідні напруги: $U_1 = (1,25 \dots 12,5) \text{ В}$ - при струмі навантаження до 1,5 А; $U_2 = (1,25 \dots$

15,5) В - при струмі навантаження до 1 А; $U_3 = - (1,25 \dots 15,5)$ В - при струмі навантаження до 1 А.

Лінійка трансформаторів живлення В78386-Р1116-А "- TV1(рисунок 2.2) для друкованого монтажу представлена моделями різної потужності з широким спектром напруг вторинних обмоток. Конструкція каркаса забезпечує посилену ізоляцію між первинною і вторинною обмотками.

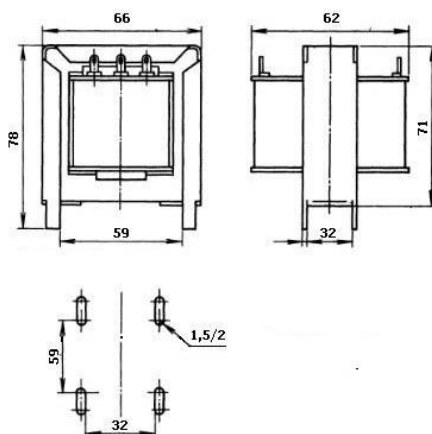


Рисунок 2.2– Габаритні розміри трансформатора В78386-Р1116-А "

Технічні характеристики трансформатора В78386-Р1116-А ":

Вихідна напруга, В.....	40;
Вихідний струм, А	2;
Електрична міцність первинної-вторинної ізоляції, В.....	4000;
Електрична міцність вторинної-вторинної ізоляції, В.....	600;
Напруга живлення, В	230;
Допустимі відхилення вторинних напруг, %	±5.

Мікросхема LM317T-DA4,DA5 є регульований стабілізатор напруги. Мікросхема може підтримувати струм у навантаженні понад 1,5 А і регульоване напруга в діапазоні від 1.2 В до 37 В. Номінальна вихідна напруга вибирається за допомогою резистивного дільника. Призначена для роботи в радіоапаратурі і електронної техніки широкого застосування.

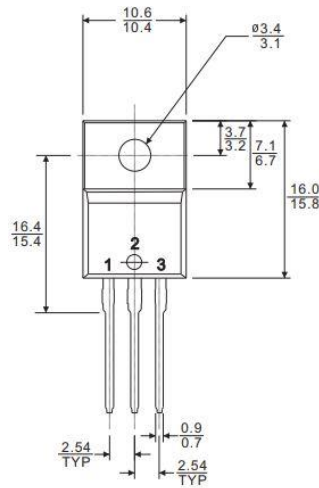


Рисунок 2.3 – Габаритні розміри мікросхеми LM317T

Технічні характеристики стабілізатора LM317T:

Діапазон значень регульованої вихідної напруги, В від 1,2 до 37;

Струм навантаження, А до 1,5;

Максимальна допустима вхідна напруга, В 40;

Точність стабілізації, %. 0,1;

Внутрішній захист від можливого короткого замикання;

Захист мікросхеми від перегріву.

КВU6М – VD2..VD4- діодний міст 6А 1000В в пластиковому корпусі з гнучкими дротяними висновками для установки на друковану плату. Міст КВU6М застосовується для випрямлення струмів промислової частоти 50 / 60Гц. При роботі діодний міст КВU6М повинен бути встановлений на тепловідвід (радіатор) для забезпечення необхідного теплового режиму.

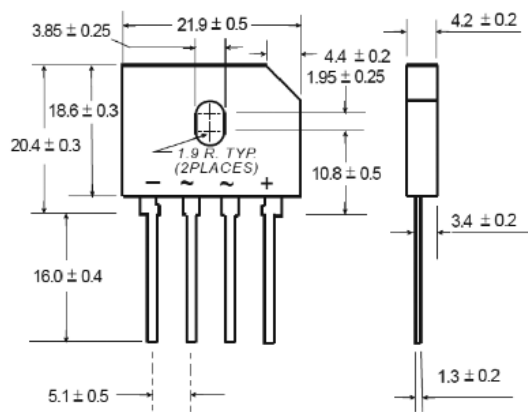


Рисунок 2.4 – Габаритні розміри діода КВU6М

Технічні характеристики:

Максимальна постійна зворотна напруга, В	1000;
Максимальна імпульсна зворотна напруга, В.....	1000;
Максимальний прямий (випрямлений за напівперіод) струм, А	6;
Максимальний допустимий прямий імпульсний струм, А.....	250;
Максимальний зворотний струм, А	10;
Максимальна пряму напругу, В.....	1;
Робоча температура, С.....	55 ... + 125;
Спосіб монтажу	отвір;
Кількість фаз.....	1.

Застосований у пропонованій конструкції вузол сигналізації про перегрів і управління вентилятором відрізняється від них простотою і надійністю. Він побудований на двох паралельних інтегральних стабілізаторах напруги TL431ACLP (DA2 і DA3) і транзисторах VT1, VT2. Напруга живлення на нього надходить від інтегрального стабілізатора DA1.

На керуючі входи стабілізаторів DA2 і DA3 подано напругу з термозалежного подільника напруги RK1R7R4. Терморезистор RK1 (ММТ-1 з опором 82 кОм при температурі +25 °С) має ТКС - (2,4 ... 5)% / °С.

При температурі тепловідводу більш +50 оС відкривається транзистор VT2 і починає працювати вентилятор М1, що обдуває тепловідвід. Крім того, включається жовтий світлодіод HL3. Якщо температура продовжує підвищуватися і досягає +55 ... 60°С, відкривається і транзистор VT1, включаючи світлозвукову сигналізацію - червоний світлодіод HL2 і електромагнітний випромінювач звуку HA1 з вбудованим генератором. Резистори зворотного зв'язку R6 і R17 створюють гистерезис в характеристиках перемикання, забезпечуючи чітке включення і виключення вентилятора, світлодіодів і звуковідтворювача.

НС0901А -НА1-електромагнітний випромінювач звуку застосовується в комп'ютерній техніці, засобах зв'язку, касових апаратах, автомобільної та побутовій електроніці. В даній схемі призначений для звукової індикації.

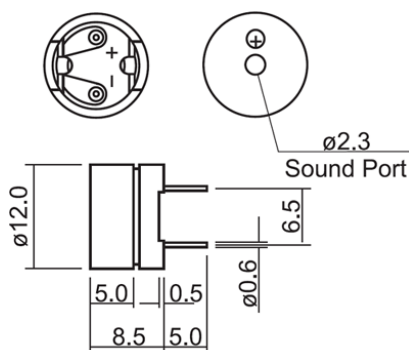


Рисунок 2.5 – Зовнішній вигляд випромінювача звуку НС0901А

Технічні характеристики:

Робоча напруга, В.....	1,5;
Струм споживання, мА.....	80;
Робоча частота, кГц.....	3,2;
Потужність випромінювання, дБ.....	85;
Робоча температура, С.....	-20..60.

Примусове охолодження втричі скорочує необхідну площу охолоджуючої поверхні тепловідводу, а спільно з описаним вище вузлом забезпечує безшумну роботу блоку при невеликому навантаженні.

Для контролю вихідних напруг і струмів навантаження в блоці встановлений стрілочний прилад РА1 - це електромагнітний вольтметр М4203 з межами вимірювання 0-15 В, з якого знаходиться на відстані вбудований додатковий резистор. Вийшов мікроамперметр зі струмом повного відхилення стрілки 955 мкА і опором рамки 410 Ом.

Амперметр М42300 призначений для вимірювання струму в межах від 100 мкА до 3 А.

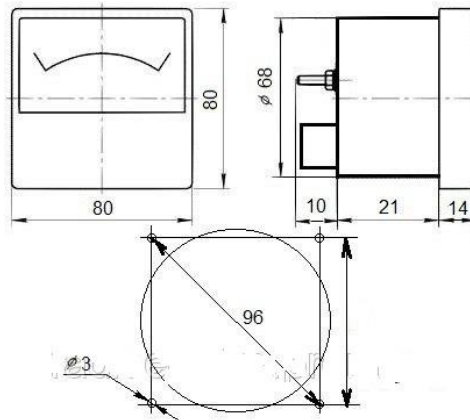


Рисунок 2.6 – Габаритні розміри амперметра

Короткі технічні характеристики:

Розмір лицьовій панелі, мм	80x80 ;
Виріз в щиті Ø мм	77,5 ;
Клас точності	1,5 або 2,5;
Вага: не більше , кг.....	0,2 ;
Температура, С	-50 ... +60.

Зовнішній додатковий резистор R18 необхідний для вимірювання вихідної напруги блоку в межах від 0 до 15 В. Резистори R9,R11,R13 - шунти в ланцюгах вимірювання струму навантаження. Це забезпечує вимір струму в межах від 0 до 1,5 А. Допустиме відхилення опору цих резисторів від номіналу - не більше $\pm 1\%$.

Аналоговий датчик температури ВК1 (LM35DT) також встановлено на тепловідводі інтегральних стабілізаторів DA4-DA6. Напруга на його виході дорівнює 0 при температурі 0°C і росте пропорційно температурі з крутизною $10\text{мВ} / ^{\circ}\text{C}$. Через додатковий резистор R5 воно надходить на мікроамперметр РА1, якщо перемикач SA2 встановлений в положення "Т, I", а перемикач SA3 - в положення "Т". Вимірюється температура від 0 до $+75^{\circ}\text{C}$.

LM35-ВК1- це прецизійний інтегральний датчик температури з широким діапазоном температур, високою точністю вимірювання, каліброваним виходом по напрузі.

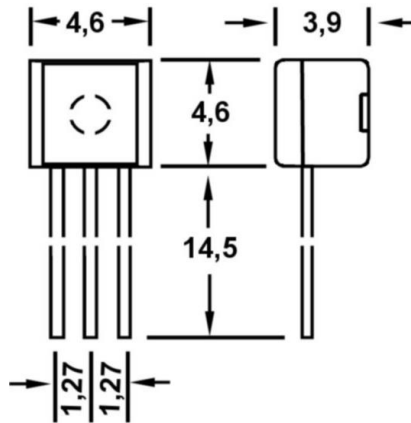


Рисунок 2.7 – Габаритні розміри датчика LM35

Особливості датчиків LM35:

- Значення температури відкаліброване за шкалою Цельсія;
- Лінійне значення напруги на виході з коефіцієнтом, мВ / ° С 10;
- Гарантована точність при 25° С 0.5;
- Повний діапазон температур, ° С -55 .+150 ;
- Працює в широкому діапазоні напруги живлення, В..... 4 - 30;
- Струм менше, мкА 60;
- Нелінійність тільки, ° С ± 0.25;
- Низький вихідний опір, Ом..... 0.1, при струмі навантаження 1 мА.
- Низький рівень власного розігріву..... 0.08 ° С при нерухомому повітрі.

Вихідні напруги регулюють змінними резисторами R10,R12,R14, що відрізняються малою дискретністю зміни опору (не гірше 0,1%). Це дозволяє встановлювати вихідні напруги з точністю до декількох мілівольт.

При перевірці виготовленого блоку не завадить виміряти температуру трансформатора TV1 після тривалої роботи під максимальним навантаженням. Її можна визначити за формулою з

$$T_{\Gamma} = T_x + 250 \cdot ((R_{\Gamma} - R_x) / R_x),$$

де T_{Γ} - температура гарячого після тривалої роботи трансформатора, °С;
 T_x - температура холодного трансформатора, що дорівнює температурі навколишнього повітря, °С; R_{Γ} - опір первинної обмотки гарячого

трансформатора, Ом; R_x - опір первинної обмотки холодного трансформатора, Ом.

Опір первинної обмотки вимірюють мультиметром в режимі омметра, повністю відключивши її від мережі, причому "гаряче" опір - якомога швидше після відключення. При вимірі слід дотримуватися обережності, так як в момент відключення омметра від обмотки на ній виникає високовольтний імпульс напруги самоіндукції.

Допустимим можна вважати нагрів трансформатора на відкритому повітрі до 50 °С. Врахуйте, що в закритому корпусі, особливо при наявності в ньому інших джерел тепла, температура трансформатора буде вище.

В реалізованій блоці індикації реалізований на мікроконтролері atmega 8. З допомогою схеми індикації буде здійснюватися контроль встановленої напруги регулятором та струму на виході.

2.2 Розгляд компоновання виробу

Компоновання радіоелектронної апаратури – це незначний сегмент у конструюванні у якому формуються габаритні розміри всього апарату, визначається форма та розміщення блоків, деталей і вузлів. Залежно від якості виконання компоновання будуть залежати характеристики (експлуатаційні, технічні і технологічні) , зовнішній вигляд виробу та відповідно його надійність.

Під час процесу компоновання потрібно виконувати наступні вимоги :

1) Повинні бути відсутні електричні взаємозв'язки (паразитні), між окремими блоками і приладами , котрі будуть впливати на характеристики виробу (технічні).

2) Вплив механічних та теплових елементів в конструкції не повинні впливати технічні характеристики і погіршувати їх.

3) Потрібно забезпечити технологічне складання та монтаж елементів конструкції із врахуванням напівавтоматів та автоматів. Передбачити легко-

доступність до всіх елементів апарату для контролю їх працездатності, обслуговування та ремонту.

4) Створити максимальну зручність у конструкції та управлінні для оператора що буде працювати за пристроєм.

5) Даний пристрій запов'язаний, бути спроектованим згідно з умовами технічної естетики.

6) Маса та габаритні розміри повинні бути якомога меншими. Визначення кроку установки інтегральних мікросхем згідно необхідної щільності під час компоновки, відповідно до температурних режимів під час роботи компонентів на платі, важкістю електричної схеми. ІМС 2,5 мм – рекомендований крок встановлення. Потрібно виконувати наступні вимоги для компоновання друкованого вузла: забезпечуємо оптимальну щільність при розміщенні на вузлі компонентів, електричні взаємозв'язки (паразитні) виключаємо через негативний вплив на характеристики виробу.

Електрорадіо-елементи мають штиреві виводи, отже, їх встановлюємо в отвори друкованої плати, загинаємо виводи під кутом $30^{\circ} \pm 2^{\circ}$, обрізаємо в межах контактних площадок і запаюємо методом пайки «хвилею припою».

ІМС з виводами розташовуємо з одного боку друкованого вузла, тому що монтаж штирковими виводами відбувається у наскрізні отвори, тому на зворотній стороні плати виступають кінці виводів. Завдяки вдалій конструкції ІМС, вони запаюються виводами на платі та можуть протистояти майже будь яким механічним діям.

Слід дотримуватися наступних рекомендацій при розміщенні електрорадіоелементів на друкованій платі:

1) Добитися мінімальної довжини доріжок.

2) Розміщувати елементи так, щоб негативний вплив елементів один на інший був мінімальним: не розміщувати елементи із великим виділенням тепла поблизу з ІМС або напівпровідниковими елементами; джерела електромагнітного випромінювання не розміщувати поряд з ІМС.

- 3) Розміщуючи елементи на платі повинна бути передбачена нормальна конвекція повітря, особливо в зоні розміщення елементів, які нагріваються.
- 4) Повинен бути забезпечений легкий доступ до елементів, які регулюються.
- 5) Не розміщувати елементи з великою масою по центру плати.
- 6) Передбачити додаткове механічне кріплення для крупно-габаритних елементів (приклеювання, припаювання, механічно (за допомогою скоби, різьбовим з'єднанням).
- 7) Мікросхеми на друкованій платі розміщувати довшою стороною вздовж повітряних потоків.
- 8) Забезпечити вільний доступ для кріплення друкованого вузла.

2.3 Розробка схеми індикації на мікроконтролері

Робота цифрової частини блоку живлення показана на рисунку 2.8. На мікроконтролер Atmega8-P покладено функції оцифрування вихідної напруги та струму через внутрішній АЦП, та вивід результатів на шість семисигментних індикаторів. Схема не являється складною для повторення, проте відрізняється від своїх конкурентів надійністю.

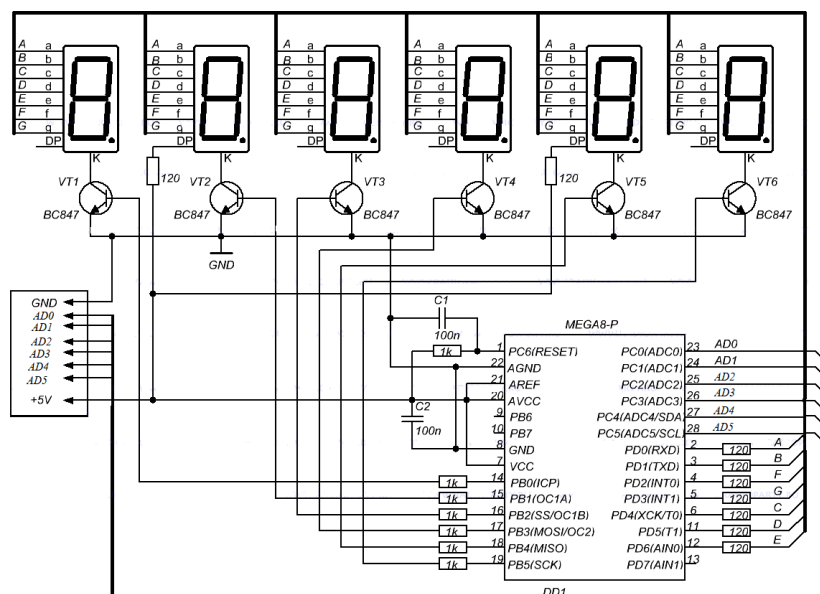


Рисунок 2.8 – Схема індикації на мікроконтролері

2.4 Технології виготовлення друкованої плати. Вибір основних та допоміжних матеріалів

Друкована плата безпосередньо є важливою частиною проектного пристрою. Запропонована плата друкована за кількістю шарів являється двохсторонньою, під час виготовлення якої потрібно використовувати фольгований склотекстоліт СФ2-35Г-1,5ІКП ГОСТ 2910-74. У ході розробки друкованої плати використовуються наступні дії:

- зняття габаритних розмірів;
- використання матеріалу товщина якого 1,55 мм являється;
- створення друкованої плати в Altium Designer;
- розстановка габаритних радіодеталей: радіаторів, роз'ємів, декількох трансформаторів та інших (це розміщення проводиться у верхньому шарі «ТОР» та розуміється, що відбулися креслення усіх компонентів, їх кількості виводів та розташування або було використано уже готову бібліотеку з компонентами);
- розташування елементів по обох шарах плати;
- пуск трасувальника. Якщо результат був негативним то змінюємо розташування елементів до вдалого трасування.

Для того щоб виготовити друкований вузол пристрою потрібно виготовити плату друковану, на якій будуть знаходитися провідники, будуть просвердлені отвори та контактні площадки. У даній платі як діелектрична основа застосовується склотекстоліт.

В ході початкового етапу ми застосовуємо склотекстоліт із товщиною 35мкм разом з яким використовується мідь у якості провідного шару. Взятий матеріал був вибраний через його чудову адгезію з ізолюючим матеріалом та потрібними провідниковими властивостями.

Плата друкована створюється комбінованим методом. Під час цього використання даного методу застосовуються наступні операції: механічна обробка, свердління отворів, гальванічне напилення, різання заготовок, хімічне

міднення, травлення та промивання друкованої плати, сверління отворів для кріплення.

Типовий процес виготовлення буде відбуватися у декілька етапів:

- перший етап, це заготівельні роботи під час яких відбувається перевірка усіх радіоелектронних компонентів, що здійснюється робітниками котрі роблять комплектацію та їх підготовка для використання у наступних операціях;

- другий етап, встановлення деталей та їх кріплення відбувається цілком в ручну, або ж із застосуванням напів-автоматизованих машин;

- на третьому етапі відбувається вкладення монтажних приводів (перемичок) та їх механічне кріплення, після якого вони з'єднуються з іншими компонентами, що знаходяться на корпусі;

- четвертим етапом, являється автоматизована пайка монтажних з'єднань, що здійснюється методом пайки хвилею, і лише пайка перемичок відбувається в ручну із допомогою електропаяльника. Безпосередньо пайка здійснюється припоєм ПОС-61 та застосуванням флюсу АТІ-120.

- у п'ятому етапі відбувається контроль міцності у паяльних з'єднаннях, при використанні спеціально призначених для цього стендів. На даних стендах створюються відповідні умови, які максимально наближенні до експлуатаційних умов користування пристроєм. На даному етапі працюють працівники які мають дозвіл на працю за обладненням наступному шостому етапі виконують операції робітники із середньою кваліфікацією перевірку правильності монтажних з'єднань візуальним контролем.

- у сьомому заключному етапі відбувається перевірка електричної міцності з'єднань. Отже, виконавши два даних техпроцеси ми отримуємо готовий друкований вузол для блоку живлення.

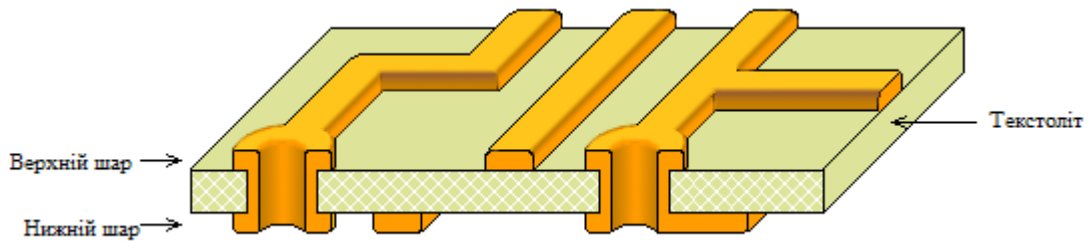


Рисунок 2.9 – Двохстороня друкована плата з металізованими отворами

2.5 Обґрунтування вибору конструкції

Корпус використовується для захисту внутрішніх компонентів приладу від попадання пилу, сонячного проміння і вологи, а також для захисту користувача від удару струмом, у той момент коли він буде проводити маніпуляції із пристроєм. Корпус – являється безперечно важливою частиною будь якого пристрою, оскільки в середині нього кріпляться елементи та вузли [4].

Корпус даного пристрою виготовлений із металу. Верхня кришка аналогічно й нижній мають П-подібну форму. З допомогою гайок, гвинтів та шайб до верхньої кришки кріпляться перемикачі та гнізда для підключення навантаження, на верхній кришці також встановлюється амперметр та резистори із регульованою напругою, та друкована плата за допомогою гвинтів та гайок, також вентилятор із допомогою гайок та шайб. До нижньої кришки за допомогою чотирьох гвинтів та шайб встановлюється трансформатор. Також на корпус кріпиться запобіжник за допомогою шайб та гайок і шнур мережевий.

Для друкованого вузла виконуємо наступні вимоги компанування: у ході розташування компонентів зберігаємо оптимально мінімальну щільність, електричні зв'язки (паразитні) виключаємо щоб не зменшувати властивості виробу. Для забезпечення технологічності регулювання конструкції та складання розміщуємо елементи приладу згідно рекомендацій.

Корпус РЕА призначений для механічного захисту частин виробу, збереження його функціонування на об'єкті у ході транспортування та експлуатації, покращення зовнішнього вигляду виробу.

Спроектований корпус РЕА вдовольняє такі вимоги:

- 1) Однозначно визначає взаємне розміщення частин виробу.
- 2) Корпус РЕА забезпечує заданий тепловий режим роботи його вузлів та частин виробу.
- 3) Даний корпус спроектований таким чином, щоб паразитні зв'язки які будуть у ньому утворюватися були мінімальними та щоб частини виробу не могли впливати один на одного.
- 4) Даний корпус має міцну конструкцію, що забезпечує механічний захист, як в процесі експлуатації так і при транспортуванні.
- 5) Конструкція корпусу забезпечує мінімальну масу і габарити.
- 6) Завдяки своїй конструкції він забезпечує не складне підключення до інших зовнішніх пристроїв.
- 7) Конструкція корпусу забезпечує захист від вологи, брисків води, туманів.
- 8) Корпус повинен забезпечити під'єднання внутрішніх вузлів один до другого без використання пайок.
- 9) Корпус повинен мати спеціальне місце для вкладання джгутів, шлейфів, а також їх механічне кріплення.
- 10) Забезпечує легкий доступ до блоків при його ремонті і регулюванні.

2.6 Техніко-економічний аналіз та якісна оцінка технологічності конструкції.

Технологічність побудови виробу – це комплекс різноманітних властивостей, котрі проявляються у можливості застосування мінімальних затрат праці, заготовці матеріалів та затрачений час на підготовку виробництва до випуску блоків живлення, також при експлуатації та проведення ремонтних

робіт з виробом виходячи із відповідних показників при виготовлення схожих конструкцій, при збереженні якісного виробництва виробу. Технологічність оцінюють лише двома методами: якісним та кількісним.

Якісний метод полягає у словесному обґрунтуванні позитивних сторін конструкції, а кількісний вважається точнішим оскільки під час його проведення застосовуються спеціальні формули із показниками технологічності та обчислюються математичним способом.

Потрібність проводити технологічну оцінку полягає у тому, що з її допомогою відбувається швидкий аналіз будови та його опрацювання що зменшує затрату часу на технічні підготовки, безпосереднє виготовлення виробу, обслуговування його в експлуатації та проведення ремонтних робіт. Також при такій оцінці проводяться дослідження актуальності виготовлення даного виробу на виробництві та прораховується економічні затрати на його виготовлення та експлуатацію.

2.7 Розробка технології ремонту, регулювання виробу

Налаштування схеми проводиться в наступному порядку.

Вихідні напруги регулюють змінними резисторами R10,R12,R14, що відрізняються малою дискретністю зміни опору (не гірше 0,1%). Це дозволяє встановлювати вихідні напруги з точністю до декількох мілівольт.

При перевірці виготовленого блоку не завадить виміряти температуру трансформатора TV1 після тривалої роботи під максимальним навантаженням. Її можна визначити за формулою з

$$T_{г} = T_{х} + 250 \cdot ((R_{г} - R_{х}) / R_{х}),$$

де $T_{г}$ - температура гарячого після тривалої роботи трансформатора, °С;
 $T_{х}$ - температура холодного трансформатора, що дорівнює температурі навколишнього повітря, °С; $R_{г}$ - опір первинної обмотки гарячого трансформатора, Ом; $R_{х}$ - опір первинної обмотки холодного трансформатора, Ом.

Опір первинної обмотки вимірюють мультиметром в режимі омметра, повністю відключивши її від мережі, причому "гаряче" опір - якомога швидше після відключення. При вимірі слід дотримуватися обережності, так як в момент відключення омметра від обмотки на ній виникає високовольтний імпульс напруги самоіндукції.

Допустимим можна вважати нагрів трансформатора на відкритому повітрі до 50 °С. Врахуйте, що в закритому корпусі, особливо при наявності в ньому інших джерел тепла, температура трансформатора буде вище.

3 СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА

3.1 Розрахунок надійності та споживаної потужності проектного пристрою

Надійність виступає ключовим параметром у роботі кожного приладу. Одним з основних критерій, що використовуються під час розрахунку надійності – це інтенсивність відмов. Під словом відмова розуміється подія, котра відбулася у даний момент в приладі та вплинула на його працездатність. Виріб також має час (t), який називається безвідмовністю, адже протягом нього не відбувається жодних відмов. Дана властивість записується як $r(t)$ – ймовірність безвідмовної роботи. Розрахунок надійності проектного виробу проводимо за допомогою спеціальної програми NAD_Release:

Таблиця 3.1 - Вихідні дані для розрахунку надійності

п/п	Назва групи елементів	К-сть шт.	$K_{нотр}$	$I_{відм} * 1e-06$	К-сть * $K_{нав}$ від * $1e-06$
1	Мікросхеми	6	1	0,03	0,18
2	Діоди	4	0,35	0,7	0,98
3	Конденсатори електролітичні	7	0,4	2,4	6,72
4	Конденсатори керамічні	1	0,1	1,4	0,14
5	Резистори постійні	19	0,42	0,8	6,384
6	Резистори змінні	3	0,1	3,2	0,96
7	Трансформатор	1	0,1	2,1	0,21
8	Друкована плата	1	1	0,1	0,1
9	Пайки	137	1	0,02	2,74
10	Запобіжник	1	1	0,5	0,5
11	Перемикач	3	1	0,5	1,5
12	Світлодіоди	3	1	4	12
13	Гніздо	3	1	0,5	1,5
14	Транзистори	3	0,35	4	4,2
15	Амперметр	1	1	7,3	7,3

В даному розрахунку коефіцієнт атмосферного впливу, впливу вологості та температури та механічних впливів приймається за одиницю. Згідно розрахунків програми отримано інтенсивність відмови, що буде дорівнювати

4.2064e-005.1 у відношенні до години. Знаючи інтенсивність відмов середнє напрацювання на відмову складе 22694.3 години.

Таблиця 3.2 Ймовірність безвідмовної роботи

t/год	P(t)
10	0.999559
100	0.995603
1 000	0.956893
10 000	0.643624
100 000	0.012199

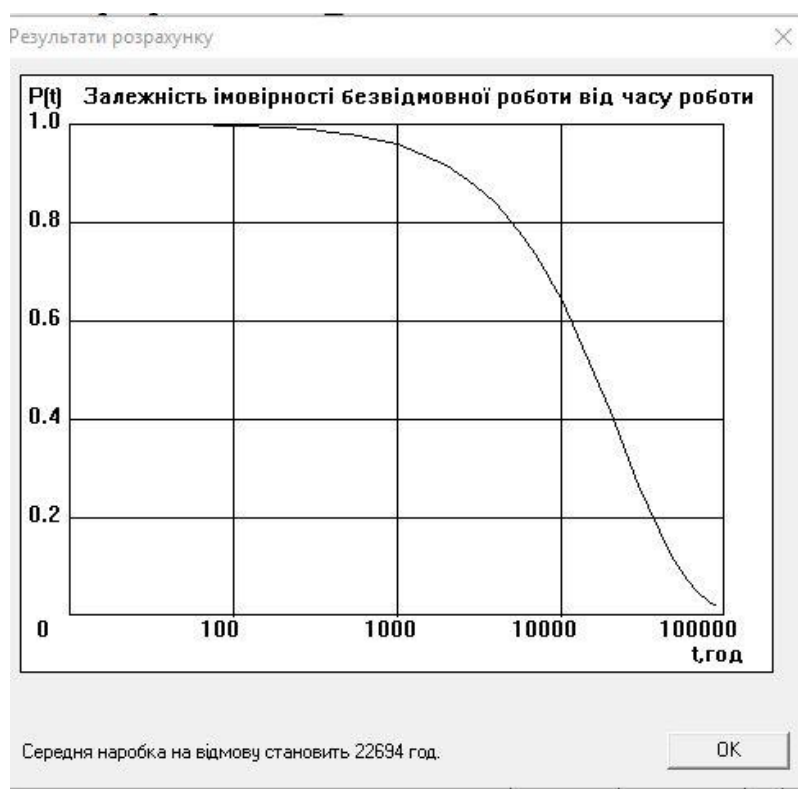


Рисунок 3.1 – Графік залежності імовірності безвідмовної роботи від часу

Зважаючи на вихідні данні розрахунків NAD_Release, можна судити про достатньо високу надійність спроектованого виробу, що у свою чергу каже нам про якісну то довготривалу роботу виробу.

Пристроєм, яким характерна реактивна потужність, і у яких не стоять фільтри і вузли компенсації цієї реактивної складової, властиві, як мінімум невідповідність зазначеної номінальної електричної потужності і реально

робочої, а як максимум, вони здатні вносити в електричну мережу перешкоди і перевантажувати окремі ділянки електричної системи електропостачання (до тих місць, де може стояти ємність або індуктивність, яка гаситиме реактивну складову).

Даний пристрій відноситься до вимірювальних приладів. Його напруга живлення становить $\sim 220\text{В}$, а струм споживання 3А . Тому потужність розраховується за наступною формулою:

$$P=I*U=3*220=660 \text{ (Вт)} \quad (3.1)$$

3.2 Дослідження процесу температурної стабілізації електронного обладнання за різних режимів охолодження

В процесі проходження струму компоненти схеми нагріваються, що може спричинити небажані ефекти аж до руйнування їх фізичних властивостей. Тому важливо контролювати температуру електронного обладнання і забезпечувати механізми її регулювання в допустимих межах. Окрім електронних засобів захисту від зміщення робочих характеристик від перегрівання компонентів схеми доцільно оцінити вплив природнього охолодження апаратури в результаті конвективного теплообміну а також результат застосування засобів примусового охолодження.

3.2.1 Моделювання процесу охолодження окремих фрагментів електричної схеми шляхом конвекції

Кількість теплоти, що виділяється нагрітим об'єктом в результаті конвекції:

$$Q_{\text{конв}} = h_{\text{конв}} S(T_S - T); \quad (3.2)$$

де S – площа поверхні об'єкта, яка приймає участь у теплообміні;

T_S - температура об'єкта;

T – температура середовища;

$h_{\text{конв}}$ – коефіцієнт конвекції – характеристика, яка залежить як від зовнішніх умов (різниці температур середовища і об'єкта що охолоджується) так і від структурних особливостей самого об'єкта [5].

Так за нормального атмосферного тиску для малих компонент (опору, транзистора, тощо) у відкритому просторі:

$$h_{\text{конв}} = 3.53 \left(\frac{T_S - T}{L} \right)^{0.25}; \quad (3.3)$$

де L – лінійні розміри об'єкта що охолоджується в результаті конвекції.

Для компонент, розміщених на друкованій платі:

$$h_{\text{конв}} = 2.44 \left(\frac{T_S - T}{L} \right)^{0.25}. \quad (3.4)$$

Для компактно розміщених фрагментів в однорідному температурному полі (наприклад в боксі де температура середовища вже досягнула певного значення):

$$h_{\text{конв}} = 1.42 \left(\frac{T_S - T}{L} \right)^{0.25}. \quad (3.5)$$

Вирази для коефіцієнтів конвекції приведені для рівня атмосферного тиску в оточуючому середовищі в 1 атм. При відхиленні від цього рівня зазначення коефіцієнти слід домножувати на $\sqrt{\frac{1_{\text{атм}}}{P}}$, де P – робочий тиск середовища.

Отже для плати розмірами $l1 \times l2$ при охолодження від конвективного теплообміну втрачена кількість теплоти становитиме

$$Q_{\text{конв}} = h_{\text{конв}} S (T_S - T) = 1.42 \left(\frac{T_S - T}{L} \right)^{1.25} 1112 (T_S - T) \cong 1.42 \frac{(T_S - T)^{1.25}}{L^{0.25}}. \quad (3.6)$$

Тоді, якщо поверхнева температура досягає T_S , а загальна, виділена на нагрівання плати W , то в результаті конвективного теплообміну знайдемо робочу температуру T елементів плати із співвідношення:

$$W = 1.42 \frac{(T_S - T)^{1.25}}{L^{0.25}}; \quad (3.7)$$

$$T = T_S - \left(\frac{WL^{0.25}}{1.42l_1l_2} \right)^{-1.25}. \quad (3.8)$$

На рис. 3.2 показано оцінки темпу охолодження (відбору кількості теплоти) для резисторів різних розмірів в залежності від температури повітря.

$$Q = 2.24 * S * (T_S - T_{fe})^{1.25} / (D^{0.25}). \quad (3.9)$$

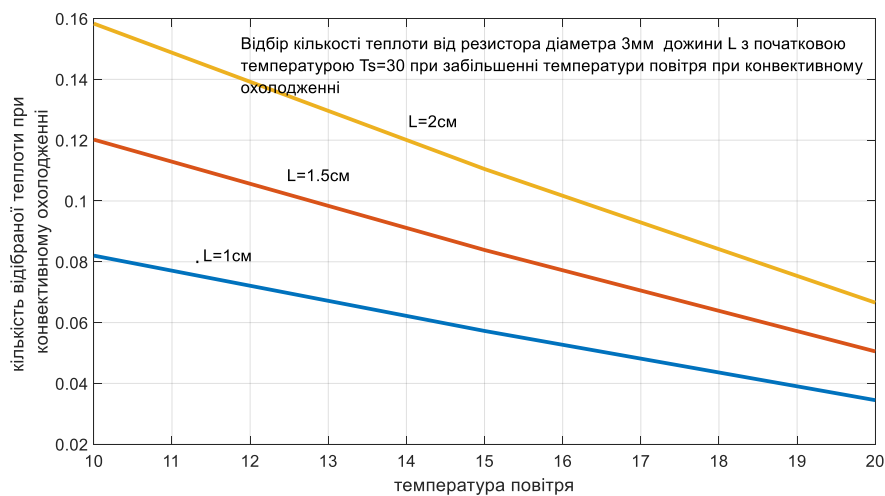


Рисунок 3.2 – Охолодження резистора від конвективного теплообміну

3.2.2 Моделювання процесу охолодження окремих фрагментів плати з використанням вентилятора

Як і в попередньому випадку для оцінки теплообміну у встановленому режимі виходимо з того, що охолодження відбувається за аналогічних умов, однак коефіцієнт теплообміну тут повинен враховувати температуру повітряного потоку та особливості обтікання ним форми заданої геометрії (циліндра).

Нехай закріплений на платі транзистор циліндричної форми (розмірами висота $l=0.53$ см, діаметр $D=0.44$ см) в робочому режимі охолоджується повітряним потоком від вентилятора (швидкість повітряного потоку $v=90$ м/хв).

Температура довколишнього середовища 50 град., а допустима температура для адекватного функціонування транзистора не перевищує 80град. Для підтримки робочого режиму здійснюється охолодження поверхні елемента вентилятором. Оцінимо потужність процесу примусового охолодження.

Такі умови передбачають дотримання фізичних параметрів середовища в межах:

- густина повітря - 9994 кг/м^3 ;
- питома теплоємність – $C_p = 1008 \text{ Дж/кг} \cdot \text{град}$;
- число Прандтля – $Pr = 0.7154$;
- коефіцієнт теплопровідності – $k = 0.02953 \text{ Вт/м} \cdot \text{град}$;
- кінематична в'язкість – $\mu = 2.097 \cdot 10^{-5} \text{ м}^2/\text{сек}$.

Для таких параметрів і при обтіканні повітряним потоком бічної поверхні число Рейнольдса [5] :

$$Re = \frac{vD}{\mu} + 315; \quad (3.10)$$

І, відповідно, число Населта [1]:

$$Nu = 0.683 Re^{0.466} Pr^{1/3}; \quad (3.11)$$

тобто

$$Nu = 0.683 \cdot (315)^{0.466} \cdot (0.7154)^{1/3} = 8.91. \quad (3.12)$$

Отже, коефіцієнт теплообміну:

$$h = \frac{k}{D} Nu = 59.8 \text{ Вт. град/м}^2. \quad (3.13)$$

Площа бічної поверхні обдування

$$\pi D l = 0.7326 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2; \quad (3.14)$$

$$Q_{\text{біч}} = h S (T_s - T) = 59.8 \cdot 0.7326 \cdot 10^{-4} \cdot (80 - 50) = 0.131 \text{ Вт}. \quad (3.15)$$

При обчисленні тепловтрати на торцевих поверхнях врахуємо, що площа двох основ:

$$\frac{\pi D^2}{2}; \quad (3.16)$$

де D – діаметр транзистора ;

Емпіричний коефіцієнт, що враховує особливості форми обтікання(з табличних даних:

$$k = 0.02953 \text{вт. град/м} . \quad (3.17)$$

Для торцевих поверхонь приймемо розміри транзистора: висота $l=0.53\text{см}$, діаметр $D=0.44\text{см}$ (при обчисленні беремо в одиницях SI - метрах).

Швидкість повітряного потоку як і в попередніх обчисленнях $v=90\text{м/хв}$ (при обчисленні беремо в м/сек)

$$Nu = 0.664Re^{1/2}Pr^{1/3} = 10.5 \text{вт. град/м}^2; \quad (3.18)$$

$$h = \frac{k}{D} Nu = 70 \text{вт/м}^2 * \text{град}; \quad (3.19)$$

$$Q_{\text{тор}} = hS(T_s - T); \quad (3.20)$$

$$= 70.7 * 0.3041 * 10^{-4} * (80 - 50) = 0.065 \text{вт.}$$

І, таким чином, загальна віддача тепла при обдуванні вентилятором оцінюється як:

$$Q = Q_{\text{біч}} + Q_{\text{тор}} = (0.131 + 0.065) \text{вт} = 0.196 \text{вт.} \quad (3.21)$$

Така потужність відбирається від транзистора в процесі обдування вентилятором, зменшуючи ресурси перегріву елемента в процесі роботи блоку. Отримана оцінка може бути дещо заниженою оскільки не враховувався вплив сусідніх елементів плати, які також нагріваються в процесі роботи.

3.2.3 Моделювання процесу охолодження окремих фрагментів плати з використанням холодоагента

Для плати розміром 15x20см що знаходиться у вертикальному положенні за робочої температури T_s кількість відібраної теплоти зменшується із підвищенням температури теплоагента, що свідчить про потребу примусового охолодження агента.

$$Q=1.42*.15*.20*(T_s-T_f)^{1.25}/.15^{.25}. \quad (3.22)$$

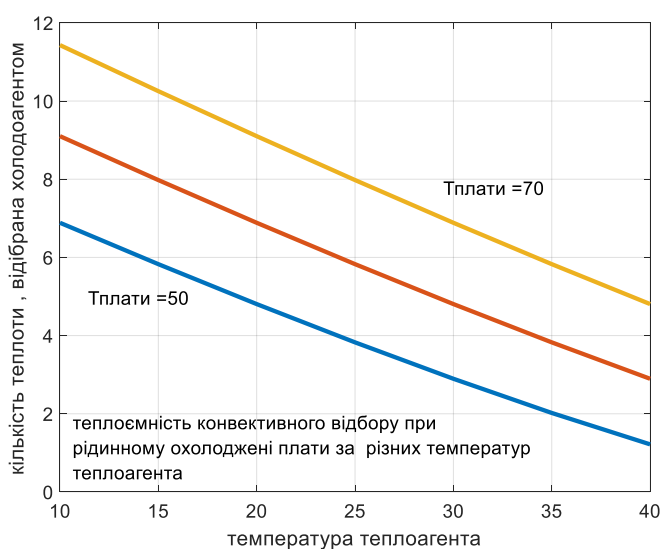


Рисунок 3.3 – Охолодження плати з використанням примусового охолодження рідинним холодоагентом

3.3 Автоматизація конструкторського – технологічного проектування

3.3.1 Вибір і обґрунтування задачі автоматизованого проектування

Система САПР використовується для виконання конструкторської роботи, яка потрібна для оформлення комплексного дипломного проекту, і яка служить для полегшення роботи та зменшення часу на роботу із кресленнями та іншими конструктивами.

Система САПР дозволяє виконувати багато задач по різних вимогах та стандартах. З допомогою автоматизованого проектування можна розробляти друковані плати, з автоматичним трасуванням друкованих провідників,

оформляти графічну, текстової та 3D документацію, креслити різні схеми, друковані вузли, корпуси до пристроїв. Система САПР дозволяє виконувати конструкторську документацію. Для того, щоб розробити друковану плату з автоматичним трасуванням друкованих провідників використано систему автоматизованого проектування Altium Designer, а для розробки графічної, текстової та 3D документації–програму КОМПАС-3D.

Altium Designer – програма електронних САПР, щоб вирішувати велику кількість задач для автоматизованої роботи.

Дана програма має велику бібліотеку елементів, майстрів по створенню посадочних місць для елементів, можливість створення багатошарової плати, автоматизованого трасування доріжок плати.

Перевагою Altium Designer є вирішення задач, починаючи з розробки схеми і закінчуючи виходом пакету конструкторської документації;

Основне, що можна вирішити за системою КОМПАС-3D – створення конструкторської документації на виробі. Наявність різноманітних інструментів для побудови векторних примітивів, використання бібліотек стандартних виробів.

Переваги програми КОМПАС-3D:

- 1) Швидке отримання креслень схем, складальних креслень, специфікацій, креслень деталей;
- 2) Дозволяє створювати позначення, розміри, елементи згідно ЄСКД та ДСТУ.
- 3) Можна перевести креслення певного типу з Altium Designer у КОМПАС-3D.
- 4) Дана САПР дозволяє виконувати 3D оформлення пристрою.
- 5) Російськомовний інтерфейс дозволяє простіше освоїти програму.

3.2.2 Вибір і обґрунтування методу реалізації даної задачі в системі автоматизованого проектування

Згідно завдання необхідно описати створення електричної схеми в Altium Designer.

Створення електричної принципової схеми в Altium Designer будем здійснювати згідно алгоритму на рисунку 3.4.

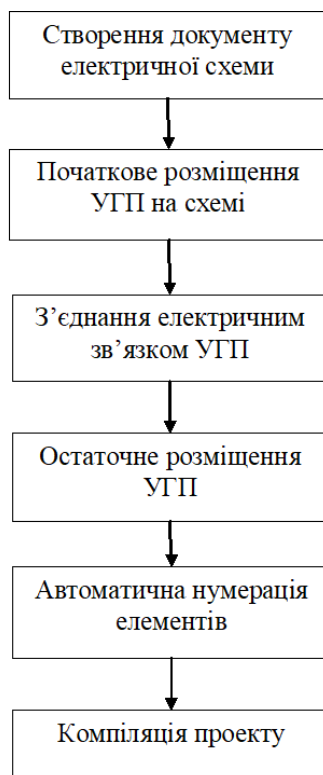


Рисунок 3.4 – Алгоритм створення електричної принципової схеми в Altium Designer

Для того, щоб використовувати бібліотеки, що не входять в стандартний комплект Altium Designer, їх необхідно інстальовати або додати до проекту. Для інсталяції бібліотеки необхідно:

- 1) вибрати вкладу Libraries в правій частині вікна програми.
- 2) У вікні Libraries що з'явиться, натиснути кнопку Libraries..
- 3) Відкриється вікно Available Libraries, в якому треба вибрати вкладу Installed із списком встановлених бібліотек. Натиснути кнопку Install
- 4) З'явиться стандартне вікно відкриття файлу; знайти необхідний файл, вибрати його і натиснути Open.

Після цього вибраний файл бібліотеки повинен з'явитись в списку встановлених бібліотек. Якщо бібліотеку планується використовувати

тільки в одному проекті, можна не інсталиювати її, а додати до проекту. Для цього треба натиснути ПКМ на назві проекту у вікні Projects, в контекстному меню вибрати пункт Add Existing To Project, і вибрати потрібну бібліотеку у вікні відкриття файлів.

Також це можна зробити через вкладку Project у вище згаданому вікні Available Libraries, натиснувши кнопку Add Library.

Розміщення елементів на схемі. Вибираючи необхідні компоненти із списку у вікні Libraries і утримуючи натиснутою ліву кнопку миші, пересунути УГП компонентів на робоче поле документа електричної принципової схеми. Розміщення УГП відбувається з прив'язкою до координатної сітки.

Крок координатної сітки вибирається послідовним натисканням клавіші G на клавіатурі, при цьому встановлене на даний момент значення кроку сітки та координати курсору відображаються в лівому нижньому куті вікна програми. Розмістити компоненти в межах робочої області документу згідно схеми електричної принципової.

Переміщення компонентів на схемі: натиснути на зображенні компоненту лівою кнопкою миші і утримуючи її натиснутою, перемістити компонент.

Поворот компонентів: виділити компонент лівою кнопкою миші, після чого відпустити її, при цьому навколо компоненту повинна з'явитись зелена рамка із зеленими маркерами по кутах. Після цього натиснути клавішу "Пробіл" на клавіатурі один або кілька разів, після кожного натискання компонент

повертається на кут 90 град.

Дзеркальне відображення компонента: натиснути на зображенні компоненту лівою кнопкою миші і утримуючи її натиснути на клавіатурі клавішу X або Y для відображення в горизонтальній чи вертикальній площині відповідно.

Навігація:

Вгору-вниз: коліщатко миші.

Вправо-вліво: Shift + коліщатко миші .

Масштаб: Ctrl + коліщатко миші або клавіші PgUp, PgDn .

Проведення електричних зв'язків на схемі. Провести електричні зв'язки між елементами інструментом Place Wire, який можна вибрати кількома способами. 1-й спосіб: натиснути відповідну кнопку на панелі інструментів Wiring (при наведенні вказівника миші на кнопки через деякий час з'являється підказка); 2-й спосіб: натиснути праву кнопку на вільному місці робочої області і в контекстному меню вибрати пункт Place→Wire; 3-й спосіб: скористатись клавіатурним скороченням, послідовно натиснувши клавіші P та W.

Для позначення спільного провідника необхідно користуватись відповідним символом, що знаходиться на панелі інструментів Wiring.

Проведення електричних зв'язків на схемі.

Провести електричні зв'язки між елементами інструментом Place Wire, який можна вибрати кількома способами. 1-й спосіб: натиснути відповідну кнопку на панелі інструментів Wiring (при наведенні вказівника миші на кнопки через деякий час з'являється підказка); 2-й спосіб: натиснути праву кнопку на вільному місці робочої області і в контекстному меню вибрати пункт Place→Wire; 3-й спосіб: скористатись клавіатурним скороченням, послідовно натиснувши клавіші P та W.

Для позначення спільного провідника необхідно користуватись відповідним символом, що знаходиться на панелі інструментів Wiring.

Автоматична нумерація елементів схеми. Виконати автоматичну нумерацію елементів, для чого відкрити меню Tools→Annotate Schematics та послідовно натиснути кнопки Update Changes List (Оновити список змін) та Accept Changes (Застосувати зміни).

Далі з'явиться вікно запиту на виконання змін, в якому необхідно послідовно натиснути кнопки Validate Changes (перевірити зміни) та Execute Changes (виконати зміни), після чого закрити обидва вікна кнопками Close.

При відсутності необхідних у бібліотеці елементів їх можна створювати самостійно, таким чином наповнювати власну бібліотеку елементів.

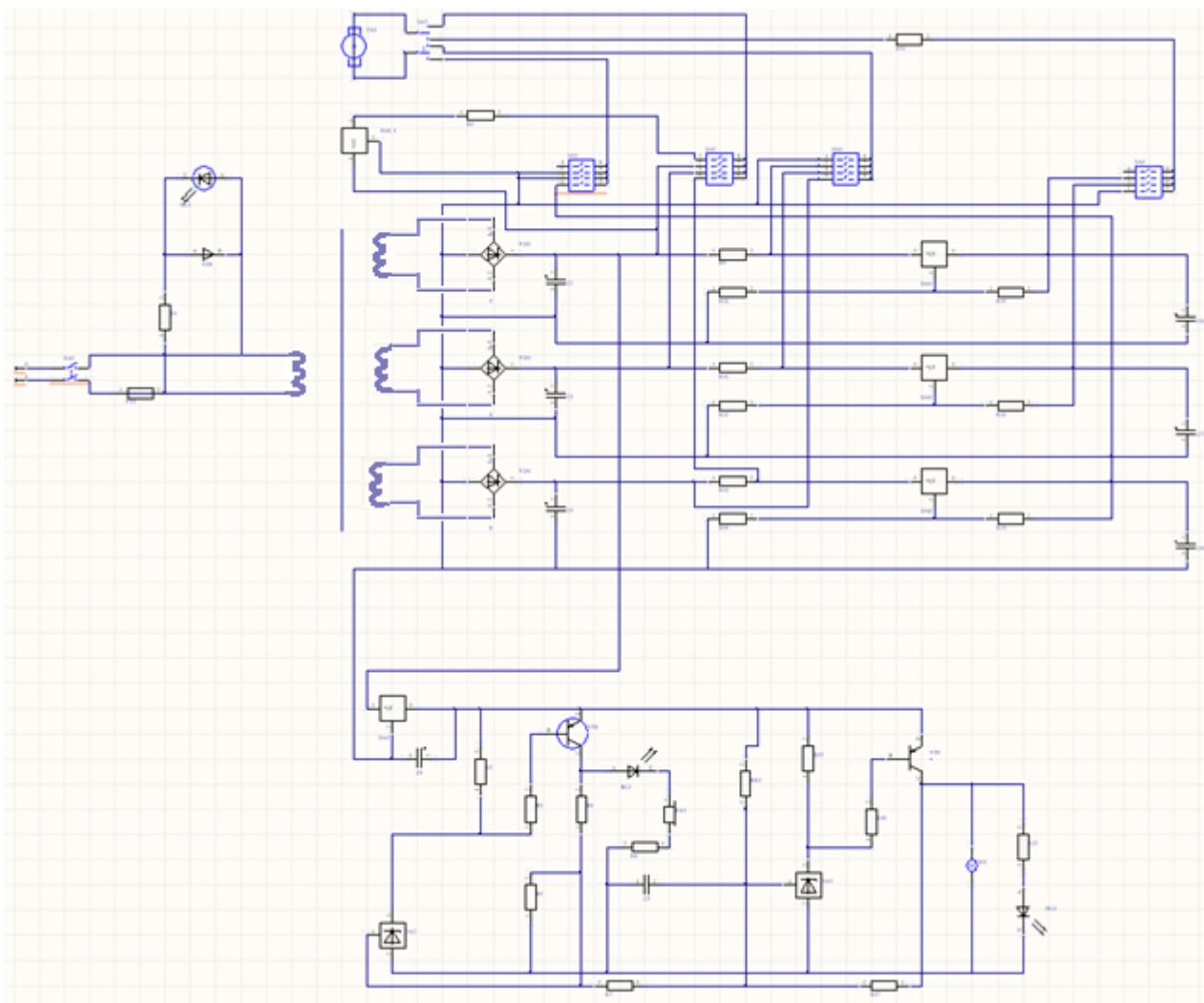


Рисунок 3.5 – Схема електрична принципова лабораторного блока живлення з захистом від перегріву

3.4 Розробка розводки для плати блоку живлення та блоку індикації.

Altium Designer використовує термін уніфікований для опису того, як дизайн стоїть – як єдине ціле, в центрі процесу проектування. Саме цей уніфікований, орієнтований на дизайн підхід дає можливість ефективно працювати між схемою та платою. Середовище також уніфіковане, і всі редактори та технології проектування працюють в рамках однієї програмної програми.

Перехресний вибір подібний до перехресного зондування, використовуємо його для вибору компонента, який можете побачити в іншому дизайнерському інтерфейсі. Що пропонує перехресний вибір, це можливість вибору кількох компонентів. Він працює в обох напрямках між схемою та друкованою платою і є ідеальним інструментом для побудови набору вибраних об'єктів, готових до дії проекту.

У міру нарощування конструкції вона швидко стає щільною та детальною – схема зайнята електропроводкою, а плата – лабіринтом з'єднувальних ліній та прокладених мереж.

Розумне розміщення компонентів дозволяє здійснювати динамічне вирівнювання компонентів при їх переміщенні. При вирівнюванні компонента по межах сусідніх компонентів або їх контактних площадок з'являються зелені лінії вирівнювання.

Максимальний струм що може проходити доріжкою на платі буде залежати від її ширини, то за допомогою двох наступних формул ширину доріжки, температуру та її спротив.

$$W = \frac{S}{1.378T} ; \quad (3.23)$$

де S – площа січення доріжки мм^2 ;

T – товщина доріжки в унціях;

1,378 мм/унція .

$$S = \left(\frac{I}{k\Delta t^b}\right)^{\frac{1}{c}} ; \quad (3.24)$$

де Δt – зміна температури у градусах;

k, b, c – константи з стандарту IPC-2221:

- для внутрішніх слоїв $k=0.048, b=0.44, c=0.725$;

- для зовнішніх слоїв $k=0.024, b=0.44, c=0.725$.

Таблиця 3.3 Результати розрахунку

Типи	Для внутрішніх слоїв	Для зовнішніх слоїв	Одиниці вимірювання
Ширина доріжки	2,047	5,326	мм
Температура доріжки	75	75	°C
Опір	0,1016	0,0390	Ом
Падіння напруги	0,2032	0,0781	В
Розсіювання потужності	0,4063	0,1562	Вт

Було проведено розрахунок ширини провідника для текстоліту FR4, з умови максимального струму 2А та дані налаштування ширини провідника було вказано у Rules.. (Правилах трасування) у середовищі Altium Designer дані налаштування зображені на рис. 3.6.

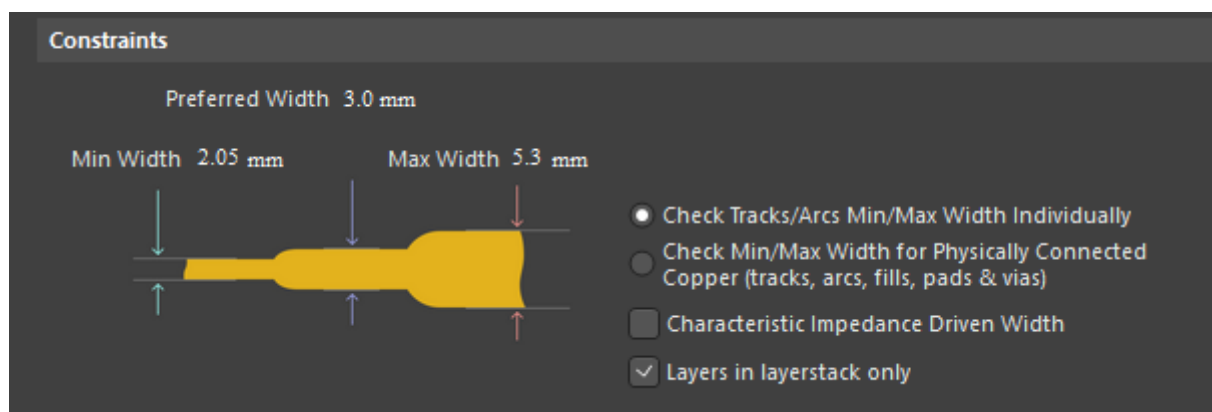


Рисунок 3.6 – Зображення заданої ширини траси

Проведення трасування здійснювалося в ручну для підбору найкращих позицій для розташування елементів та мінімальної відстані між провідниками. У ході трасування застосовувалася РСВ панель завдяки якій маскувалися елементи які не були задіяні на початку розташування елементі. При проведенні

передачі даних з проекту на друковану плату здійснювалось налаштування кольорів слоїв. Остаточний результат проведеного трасування для верхнього та нижнього шару плати представлений на рисунках 3.7, 3.8.

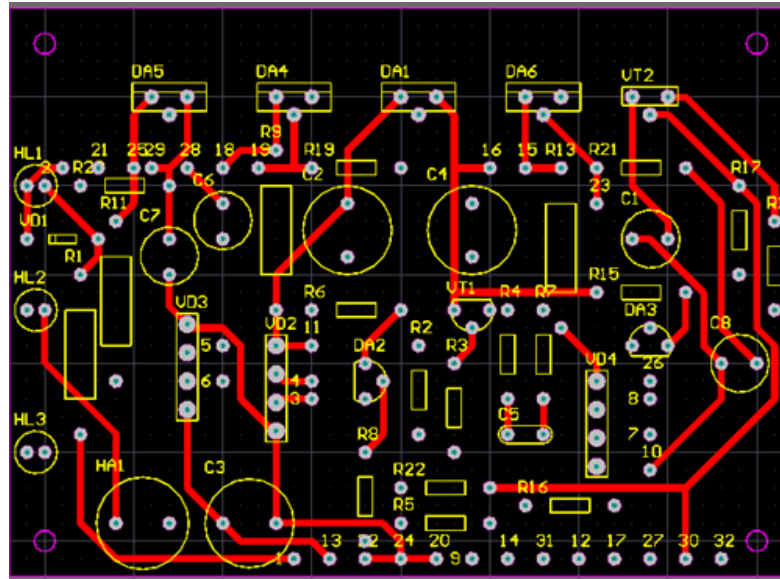


Рисунок 3.7– Розводка верхнього шару плати друкованої блоку живлення

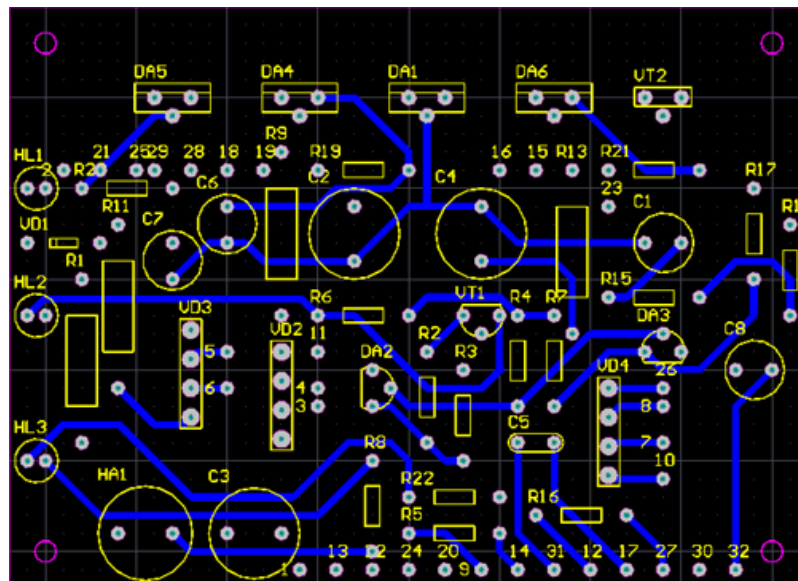


Рисунок 3.8 – Розводка нижнього шару плати друкованої блоку живлення

В конструюванні 3Д-візуалізація використовується для проектування технічних виробів. Сучасні технології дають змогу створити візуалізацію проєктованого проєкту максимально приближену до реального приладу, здійснити наглядну перевірку. В даному випадку на рисунку 3.16 зображена

візуалізація друкованої плати, котра в подальшому застосовується для аксонометрії корпусу проектованого БЖ.

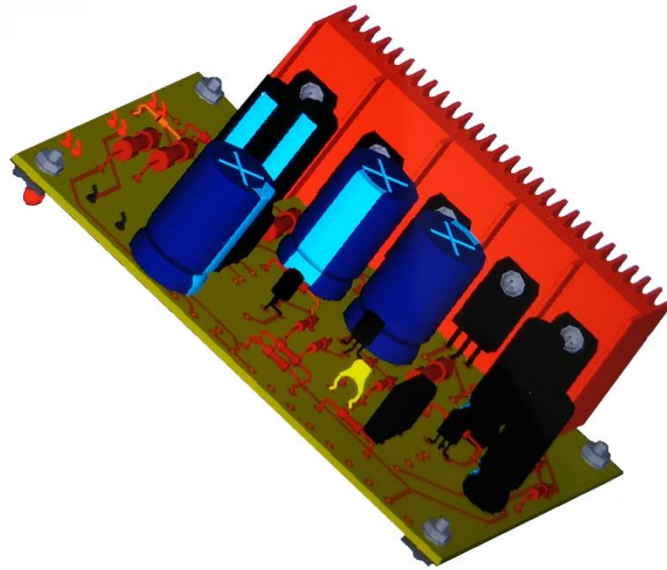


Рисунок 3.9 – 3Д вигляд друкованої плати

3.5 Математичне моделювання

Здійснення проектування електричних ланцюгів у радіоелектроніці досить складно. Було використано Multisim – це одна з програм для проведення тестування електричних схем. Вона дозволяє перетворювати складену електричну схему в досить простий процес, зберігаючи можливість додавання електричних елементів у схему, для чого у ньому створена бібліотека з кількістю елементів понад 4000, а також тестувальна система. Її перевагою являється простота інтерфейсу та швидкодія відтворення складеної схеми.

Крім традиційного аналізу SPICE, Multisim дозволять користувачам підключати до схеми віртуальні прилади. Концепція віртуальних інструментів - це просто і швидкий спосіб побачити результат за допомогою імітації реальних подій.

Для здійснення моделювання було обрано другий канал блоку. Застосовані елементи обиралися з бібліотеки даної програми відповідно до їх номіналів на

кресленнях. В якості регулятора напруги було обрано Potenciometr R3. Здійснення регулювання відбувається за допомогою перенесення повзунка з лівої частини (значення 0 %) до правої (значення 100 %). У ході здійснення модуляції було обрано середнє значення 50 %. Для перевірки вихідної напруги було підключено мультиметр. Результату вихідної напруги на мультиметрі у розмірі 8.38 В, доказує що канал працює правильно.

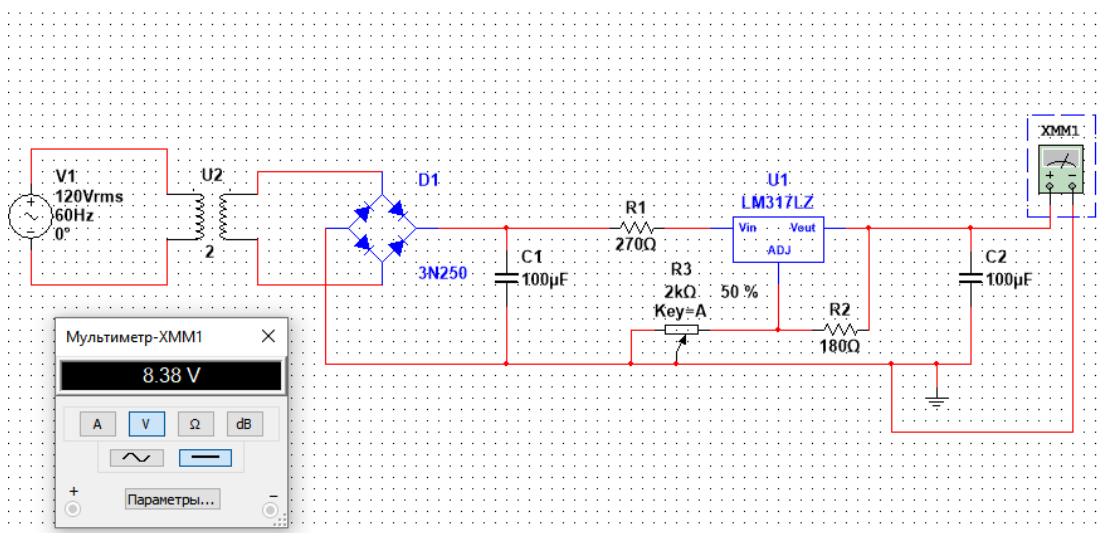


Рисунок 3.10 – Моделювання каналу блоку живлення

Для спостереження та запису електричних сигналів до даної схеми каналу блоку живлення було додано 2-х каналний осцилограф на рисунку 3.19. Канал А підключено до конденсатора C1, а канал В до конденсатора C2. Вони застосовуються для згладження спаду напруги, що зображено на рисунку 3.12.

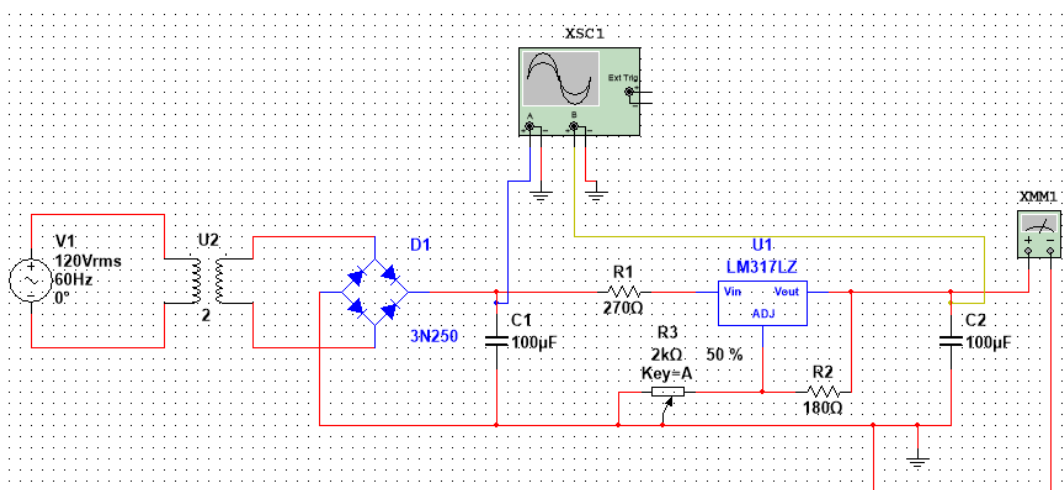


Рисунок 3.11 – Схема підключення осцилографа до конденсаторів

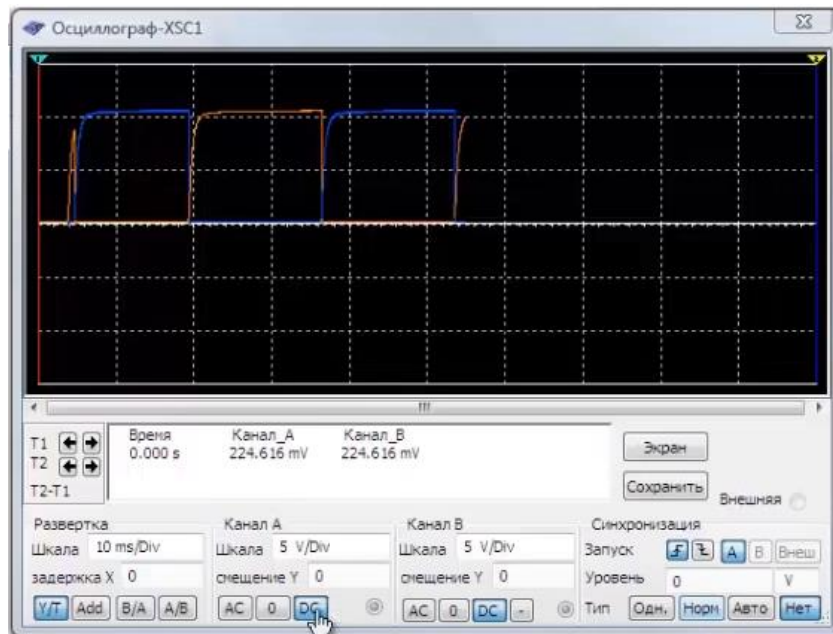


Рисунок 3.12 – Зображення роботи конденсатора

Для запобігання короткого замикання до схеми каналу підключено блок захисту рисунок 3.13. Коротке замикання здійснюється замиканням ключа S1. У ході роботи Q2 транзистор буде проводити струм через канал стік-витік. Для спрацювання транзистора Q1 достатньо спаду напруги на транзисторі Q2 та шунті R4. Спрацювання транзистора Q1 приводить до замикання контакту Q2 на корпус, через що він закривається та відбувається відключення каналу від навантаження. Відкритим переходом транзистора Q1 поступає живлення на LED1, що його засвічує. Транзистор Q2 буде відкрито при умові усунення короткого замикання.

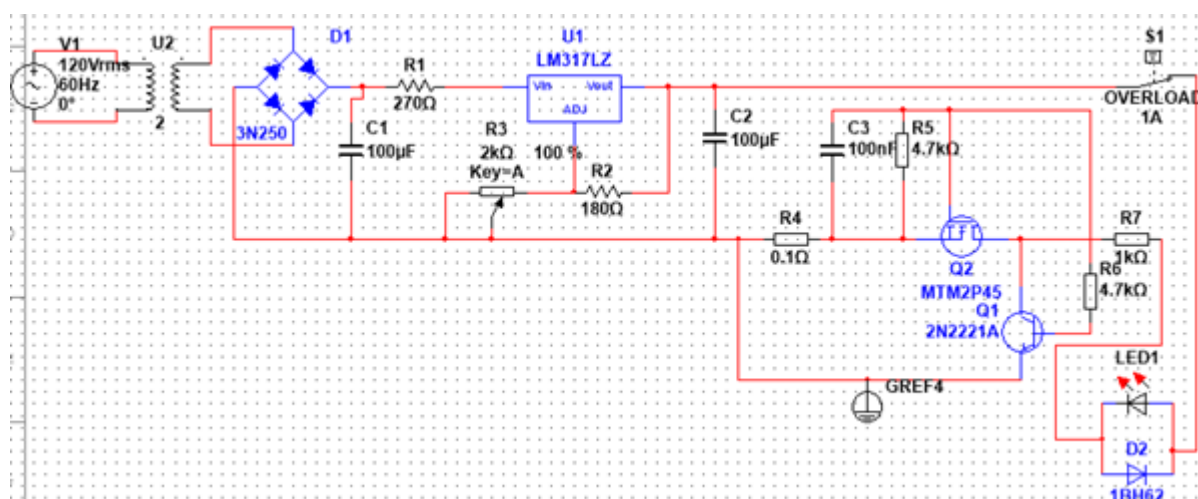


Рисунок 3.13 – Моделювання короткого замикання

Для проведення моделювання з навантаженням рисунок 3.14, здійснено підключення до каналу потенціометра R4 опір якого прийняли 7.5 кОм що дорівнює максимальному навантаженню на виході. Мультиметр XMM1 підключено в якості вольт метра, а XMM2 в якості амперметра та осцилограф XSC1 для контролю вихідного сигналу.

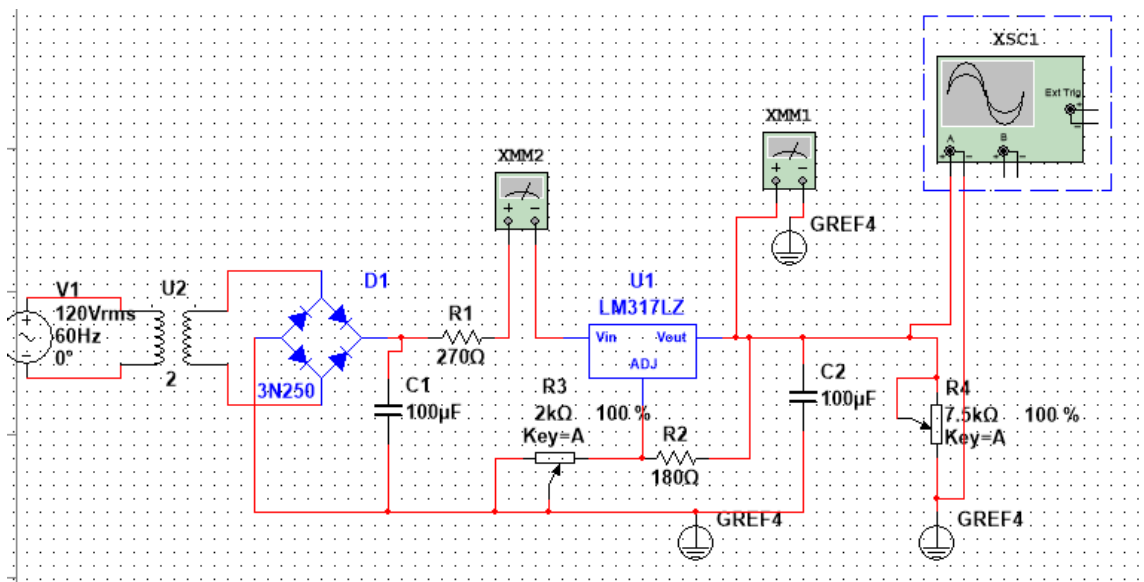


Рисунок 3.14 – Моделювання каналу з навантаженням

У ході регулювання потенціометра R3 змінюється опір XMM2 від 7,2 – 14,4 мілі А, відповідно до цього змінюється напруга на XMM1 від 1,2 – 15,48. Вихідна напруга являється стабільною крім моменту включення каналу на всю потужність спостерігається збільшення напруги на рисунку 3.23 між точкою T1 у якій напруга сягає 18,3 В після чого протягом 10 секунд відбувається нормалізація її значення у точні T2 до 15,48 В.

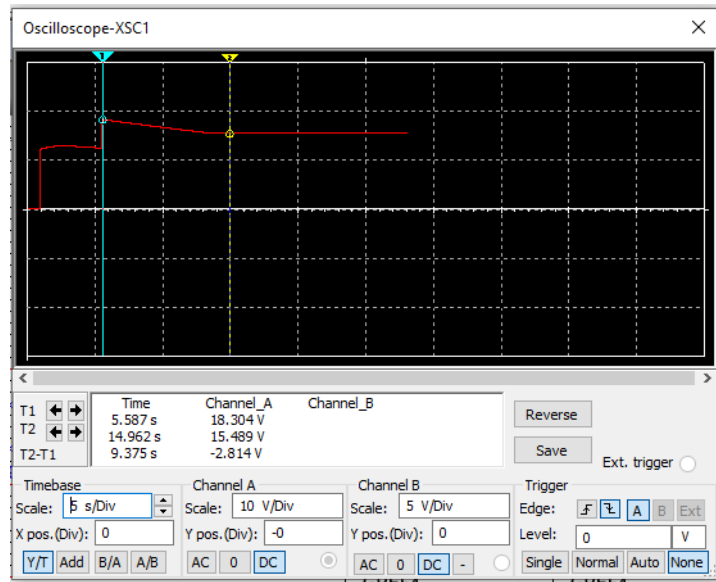


Рисунок 3.15 – Вихідний сигнал на осцилографі

В якості програми САПР для прошивки блоку індикації використовувався Proteus. Програма у своєму складі має інструменти USBCONN та COMPIM, що дозволяють виконувати підключення віртуального пристрою до USB порту комп'ютера. Використовувався ISIS модуль – редактор електричної схеми з імітацією її роботи. Ключовим фактором для вибору цієї програми являється можливість використання власного програмного коду у мікроконтролері Atmega8.

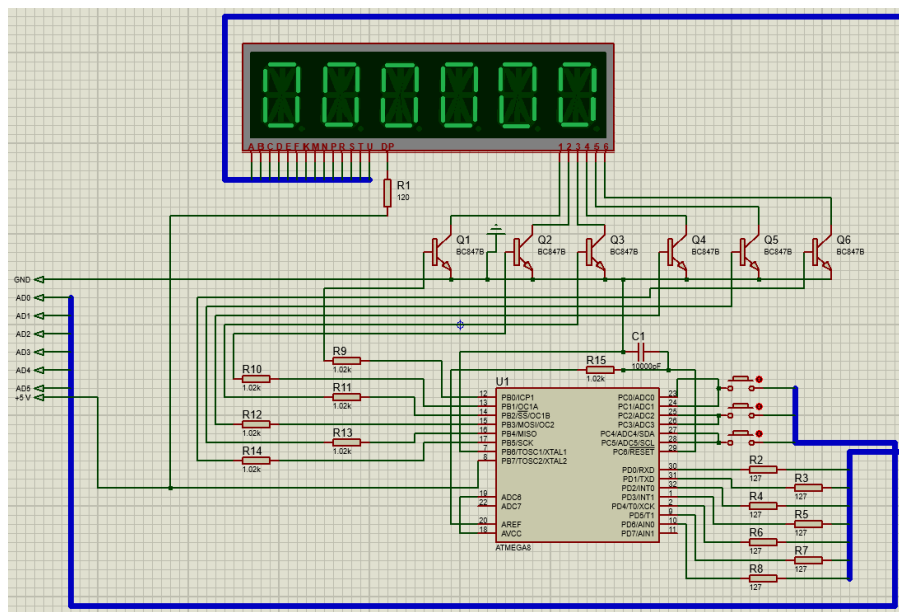


Рисунок 3.16 – Схема роботи блоку індикації

4 ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1 Державний нагляд і громадський контроль за охороною праці

Державна політика в галузі охорони праці визначається відповідно до Конституції України Верховною Радою України. Згідно із ч. 4 ст. 43 Конституції України [6] кожен має право на належні, безпечні і здорові умови праці. Принцип державної політики - пріоритет життя і здоров'я працівників, адаптація трудових процесів до можливостей працівників, підвищення рівня промислової безпеки шляхом забезпечення суцільного технічного контролю за станом виробництва, технологій та продукції, а також сприяння підприємствам у створенні безпечних та нешкідливих умов праці.

Відповідно до Закону України "Про охорону праці" [7] державне управління охороною праці в Україні здійснюють:

- Кабінет Міністрів України;
- Центральний орган виконавчої влади, що реалізує державну політику у сфері охорони праці;
- міністерства та інші центральні органи виконавчої влади;
- Рада міністрів Автономної Республіки Крим, місцеві державні адміністрації та органи місцевого самоврядування.

Закон містить норми прямої дії, що визначають обов'язки, права та повноваження кожного з цих органів.

Відповідно до ст.38 Закону України «Про охорону праці» від 14.10.1992 № 2695 (з змінами та доповненнями) [7] державний та громадський нагляд за додержанням законодавчих та інших нормативних актів про охорону праці здійснюють:

- центральний орган виконавчої влади, що реалізує державну політику у сфері охорони праці; Державна служба України з питань праці (Держпраця), діяльність якої спрямовується і координується Кабінетом Міністрів України через Міністра розвитку економіки, торгівлі та сільського господарства, і який

реалізує державну політику у сферах промислової безпеки, охорони праці, поводження з вибуховими матеріалами промислового призначення, здійснення державного гірничого нагляду, а також з питань нагляду та контролю за додержанням законодавства про працю, зайнятість населення, загальнообов'язкове державне соціальне страхування від нещасного випадку на виробництві та професійного захворювання, які спричинили втрату працездатності, у зв'язку з тимчасовою втратою працездатності, на випадок безробіття (далі - загальнообов'язкове державне соціальне страхування) в частині призначення, нарахування та виплати допомоги, компенсацій, надання соціальних послуг та інших видів матеріального забезпечення з метою дотримання прав і гарантій застрахованих осіб. Держпраці діє відповідно до Конституції України, законів України та на підставі Положення про Державну службу України з питань праці, затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 11.02.2015 № 96.1 (з змінами та доповненнями);

- центральний орган виконавчої влади, що реалізує державну політику у сфері ядерної та радіаційної безпеки; " (Державна інспекція ядерного регулювання України, діяльність якої спрямовується і координується Кабінетом Міністрів України та який забезпечує формування та реалізує державну політику у сфері безпеки використання ядерної енергії.); інспекція здійснює державний нагляд за дотриманням законодавства, умов документів дозвільного характеру, норм та правил з ядерної та радіаційної безпеки, вимог фізичного захисту, застосування санкцій;

- центральний орган виконавчої влади, що реалізує державну політику з питань нагляду та контролю за додержанням законодавства у сферах пожежної і техногенної безпеки; (Державна служба України з надзвичайних ситуацій (ДСНС), діяльність якої спрямовується і координується Кабінетом Міністрів України, забезпечує реалізацію державної політики в сферах цивільного захисту, захист населення і територій від надзвичайних ситуацій та запобігання їх виникненню, ліквідацію надзвичайних ситуацій, рятувальної справи, гасіння пожеж, пожежну та техногенну безпеку,

діяльність аварійно-рятувальних служб, профілактику травматизму не виробничого характеру, а також гідрометеорологічної діяльності. Діє на підставі Постанови Кабінету Міністрів України від 16,12,015 року № 1052 "Про затвердження Положення про Державну службу України з надзвичайних ситуацій»);

- центральний орган виконавчої влади, що реалізує державну політику у сфері санітарного та епідемічного благополуччя населення.

Кожен із перерахованих органів виконує функції в межах своїх повноважень, визначених положеннями про ці органи. Вищий нагляд за додержанням і правильним застосуванням законодавства з охорони праці здійснюється Генеральним прокурором України і підпорядкованими йому прокурорами.

Крім того, до контролюючих органів відносять галузеві міністерства та інші центральні органи виконавчої влади, структурні підрозділи з ОП, створені у складі місцевих державних адміністрацій, а також органи місцевого самоврядування.

Посадові особи центрального органу виконавчої влади, що реалізує державну політику у сфері охорони праці, мають право:

- безперешкодно відвідувати підконтрольні підприємства (об'єкти), виробництва фізичних осіб, які відповідно до законодавства використовують найману працю, та здійснювати в присутності роботодавця або його представника перевірку додержання законодавства з питань, віднесених до їх компетенції;

- одержувати від роботодавця і посадових осіб письмові чи усні пояснення, висновки експертних обстежень, аудитів, матеріали та інформацію з відповідних питань, звіти про рівень і стан профілактичної роботи, причини порушень законодавства та вжиті заходи щодо їх усунення;

- видавати в установленому порядку роботодавцям, керівникам та іншим посадовим особам юридичних та фізичних осіб, які відповідно до законодавства використовують найману працю, міністерствам та іншим

центральною владою, Раді міністрів Автономної Республіки Крим, місцевим державним адміністраціям та органам місцевого самоврядування обов'язкові для виконання приписи (розпорядження) про усунення порушень і недоліків в галузі охорони праці, охорони надр, безпечної експлуатації об'єктів підвищеної небезпеки.

Посадові особи органів державного нагляду за охороною праці несуть відповідальність за виконання покладених на них обов'язків згідно із законодавством. Відповідно до ст. 41 Закону України "Про охорону праці" [7] громадський контроль за дотриманням законодавства з охорони праці здійснюють професійні спілки, їх об'єднання в особі власних виборних органів і представників. У разі відсутності професійної спілки на підприємстві громадський контроль за дотриманням законодавства з охорони праці здійснює уповноважена найманими працівниками особа.

Охорона праці у ході експлуатації блоку живлення полягає в дотриманні працівниками вимог та чинних норм галузевих правил безпеки.

4.2 Вимоги техніки безпеки при експлуатації та обслуговуванні виробу

Пайка - нероз'ємне з'єднання деталей за допомогою припою. Найбільш часто вживані припої - олов'яно-свинцеві (ПОС-18, ПОС-30, ПОС-40, ПОС-61) і ПОСК-50, що містить 32% свинцю.

Процес пайки супроводжується забрудненням повітряного середовища, робочих поверхонь, одягу і шкіри рук працюючих свинцем, це може призвести до свинцевим отруєнням організму і викликати зміни крові, нервової системи і судин. З метою попередження отруєнь свинцем ділянки пайки обладнуються відповідно до вимог санітарних правил.

У приміщеннях, де проводиться паяння припоєм, що містить свинець, щоб уникнути попадання свинцю в організм не дозволяється зберігати особисті речі, приймати їжу і курити, а також прати робочий одяг будинку. Робоче місце пайки обладнується місцевою витяжною вентиляцією, що забезпечує

концентрацію свинцю в робочій зоні не більше гранично допустимої - 0,01 мг / м³.

Для запобігання опіків і забруднення свинцем шкіри рук працюючих повинні бути видані серветки для видалення зайвого припою з жала паяльника, а також пінцети для підтримки припаюємо дроти і для подачі припою до місця пайки, якщо відсутня автоматична подача [8]. При монтажних роботах, пов'язаних з небезпекою засмічення або опіку очей, передбачена видача працюючим захисних окулярів ЗП2-80.

Для захисту від окислення місць пайки застосовують флюси: каніфольноспиртові при пайці припоями ПОС-40, ПОС-61 і поско-50, хлористий цинк при пайці і лудінні припоями ПОС-18 і ПОС-30. Каніфоль подразнює шкіру, може викликати висипання, а хлористий цинк може викликати сильне роздратування, пропалювати шкіру і слизові оболонки.

При виготовленні багат шарових друкованих плат (МПП) проводиться механічна обробка шаруватих пластиків (різка, пробивання отворів). Працюючі на обробці шаруватих пластиків повинні дотримуватися правил техніки безпеки під час холодної обробки матеріалів. Важливим чинником, що погіршує умови праці в механічних цехах (дільницях), є шум, вироблений працюючим обладнанням. Важливе значення має правильне і достатнє освітлення ділянок і робочих місць холодної обробки матеріалів [9]. Хімічне очищення плат проводиться розчинами фосфатів (тринатрійфосфат), натрієвої соди, натрієвого лугу. При постійній роботі з розчинами часті різноманітні хронічні поразки шкіри. Дуже небезпечно влучення навіть найменших кількостей NaOH в очі. У процесі хімічного міднення застосовуються шкідливі речовини: сірчана, соляна, азотна кислоти, хлорна мідь, хлористий палладій, гідроокис натрію, сегнетова сіль, трихлоретилен. Тому необхідно дотримуватись вимог щодо правил безпеки.

Для травлення міді з пробільних ділянок плат використовується ряд травників; хлорне залізо, персульфат амонію, хлорна мідь, сплав «Розі», хромовий ангідрид із сірчаною кислотою і ряд інших є токсичними

речовинами. До роботи з цими травниками допускаються особи, навчені безпечним прийомам роботи і пройшли інструктаж на робочих місцях по роботі зі шкідливими і отруйними речовинами. Роботу з протруювачами слід проводити в спецодязі (халат, фартух поліетиленовий, бавовняні й гумові рукавички) і захисних окулярах. Робочі місця повинні бути обладнані витяжною вентиляцією

При монтажі радіоелектронного обладнання слід дотримуватися вимоги електробезпеки і працювати тільки справним електроінструментом (електродрилем, електропаяльником). При роботі з електродрилем необхідно застосовувати діелектричні гумові рукавички. Електропаяльники і лампи для місцевого освітлення необхідно застосовувати напругою не більше 42 В. Для пониження мережевої напруги 220 і 127 В до 42 В слід застосовувати понижуючий трансформатор. Один кінець вторинної (понижувальної) обмотки трансформатора і металевий кожух необхідно заземлювати (занулюють) [10]. При підключенні апаратури до цехової мережі слід застосовувати штепсельні роз'єми. У випадку несправності в мережевій проводці необхідно викликати електрика.

В розділі техніки безпеки розглядаються засоби щодо забезпечення безпечних умов праці. Освітлюються технічні засоби безпеки, що передбачені проектом. Визначаються найбільш травмонебезпечні зони устаткування, (матеріали, вироби та частини устаткування, струмопровідні неізолювані частини; хімічні речовини, розчини рідин). Дотримуватися вимог щодо правил безпеки являється обов'язковим.

4.3 Розрахунок захисного заземлення для лабораторного кабінету

Загальні вимоги електробезпеки повинні відповідати ДСТУ-12.1.030-81. Для захисту від уражень електричним струмом використовують захисне заземлення. Воно повинно захищати людей від уражень електричним струмом у випадку дотику до металевих неструмопровідних частин, які можуть опинитись

під напругою внаслідок пошкодження ізоляції, це досягається з'єднанням металевих частин електроустановок з землею, або її еквівалентом[11]. Розрахуємо систему заземлення для лабораторії, що працює від напруги 220 В.

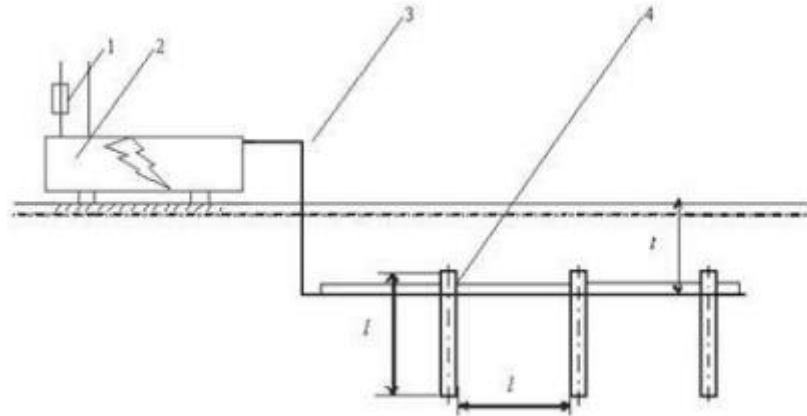


Рисунок 4.1 - Пристрій заземлення 1 – плавка вставка; 2 – блок живлення; 3 – з'єднувальна штаба; 4 – трубчатий заземлювач

Опір одиночного стержневого заземлювача розтіканню електричного струму:

$$R_{oc} = \frac{\rho_{\phi}}{2\pi l} \left(\ln \frac{2l}{d} + \ln \frac{4h^t + l}{4h^t - l} \right); \quad (4.1)$$

де h – відстань від поверхні ґрунту до заземлювача і становить 0,8 м;

l – довжина трубчастого заземлювача 3 м;

d – діаметр трубчастого заземлювача 50 мм.

$$R_{oc} = \frac{750}{2 \cdot 3 \cdot 14 \cdot 3} \left(\ln \frac{2 \cdot 3}{0.05} + \ln \frac{4 \cdot 0.8 + 3}{4 \cdot 0.8 - 3} \right) = 39.8 \cdot (0.18 + 3.43) = 143.8 \text{ Ом.} \quad (4.2)$$

Опір одиночного поперечного заземлювача:

$$R_{op} = \frac{\rho_{\phi}}{2\pi l} \ln \frac{2l^2}{bh^t}; \quad (4.3)$$

де l – довжина поперечного заземлювача 2,5 м;

b – ширина полоси заземлювача 30 мм;

ρ_{ϕ} – розрахунковий опір ґрунту: для поперечних електродів 1000 Ом·м, для стержневих електродів 750 Ом·м.

$$R_{оп} = \frac{1000}{2 \cdot 3.14 \cdot 2.5} \ln \frac{2 \cdot 2.5^2}{0.03 \cdot 0.8} = 63.7 \cdot 6.25 = 398.1 \text{ Ом.} \quad (4.4)$$

В наслідок взаємовпливу вводимо коефіцієнт використання заземлювачів:

$$\eta = \frac{R_0}{nR_d}; \quad (4.5)$$

де R_d – допустимий опір заземлення, що становить 4 Ом;

R_0 – опір одиночного заземлювача.

З цієї формули методом ітерацій підбирають n , при якому $\eta=1$:

n	R_n	R_c	R₀	η
1	398,1	143,8	105.6	26,1
5	398,1	143,8	105.6	5,2
10	398,1	143,8	105.6	2,6
15	398,1	143,8	105.6	1,7
20	398,1	143,8	105.6	1,3
25	398,1	143,8	105.6	1,1
26	398,1	143,8	105.6	1,0
27	398,1	143,8	105.6	0,9

Отже приймаємо кількість одиночних заземлюючих електродів рівною 20, відповідно до використаного методу інерцій. Для перевірки виміру опору заземлювача розтіканню струму використовується метод амперметра-вольтметра та відповідні прилади (МС-08, М416).

Така установка електродів створює додатковий захисний ефект за рахунок підвищення і вирівнювання (більш рівномірного розподілу) потенціалів землі в зоні знаходження людини.

ВИСНОВКИ

1. У ході написання дипломного проекту був розглянутий літературний огляд силових та імпульсних ЛБЖ, їх порівняння та постановка технічного завдання. Розроблено технічну документацію до проєктованого ЛБЖ. Дана технічна документація складається із структурної схеми приладу, електричної-принципової, схеми друкованої плати, друкованого вузла з його технологічним процесом виготовлення, спроектована сучасна конструкція корпусу із технологічним процесом виготовлення та для кращого сприйняття було створено 3Д візуалізацію приладу.

2. В даному дипломному проєкті використовується сучасна елементна база, що підбиралася за відношенням ціна — якість. Створення друкованої плати відбувалося з допомогою САПР програм. Проведення провідників та розташування елементів вибиралося компактним, що в кінцевому результаті зменшило габарити проєктованого ЛБЖ.

3. Моделювання ЛБЖ дало змогу розрахувати надійність, де середнє напрацювання на відмову складає 22694 годин, що є дуже високим показником. В процесі проходження струму компоненти схеми нагріваються, що може спричинити небажані ефекти аж до руйнування їх фізичних властивостей. Тому було проведено моделювання процесу охолодження окремих фрагментів електричної схеми шляхом конвекції, шляхом використання вентилятора, шляхом використання холодоагенту результати яких були позитивні та показані на рисунках 3.2 та 3.3.

4. Для симуляції роботи ЛБЖ застосовувалась програма Multisim. Для проведення моделювання використовувався другий канал напруга на виході якого повинна регулюватися в межах від 1,25 до 15,5 В. Результати показали, що напруга змінюється в даних межах при зміні опору на потенціометрі. Було спроектовано додаткову схему захисту від короткого замикання, котра була також з модульована та показала свою працездатність. Щоб здійснити перевірку найбільш схожу до реальної роботи було спроектовано схему з

навантаженням, при дослідженні якої з допомогою осцилографа рисунок 3.22, помітно вихід за межі вихідної протягом 10 секунд значення якої у піці сягало 18,3 В. Перевірка блоку індикації здійснювалося в середовищі Proteus. Для Atmega8 що застосовується в даному блоці було написано програму на мові BASIC.

5. В розділі охорони праці безпеки розглядаються засоби щодо забезпечення безпечних умов праці. Освітлюються технічні засоби безпеки, що передбачені проектом. Визначаються найбільш травмонебезпечні зони устаткування, (матеріали, вироби та частини устаткування, струмопровідні неізолювані частини; хімічні речовини, розчини рідин). Дотримуватися вимог щодо правил безпеки являється обов'язковим. Безпека життєдіяльності та охорона праці у ході експлуатації блоку живлення полягає в дотриманні працівниками вимог та чинних норм галузевих правил безпеки. Заземлення має важливе значення і для забезпечення пожежної безпеки експлуатації електроустановок об'єктів. Під час написання розділу охорони праці розраховано захисне заземлення для лабораторії де буде проводитися експлуатація ЛБЖ.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Рошман Є. М. Источники вторичного электропитания радиоэлектронной аппаратуры / Сдуард Михалович Рошман — М.: Радио и связь, 1991. — 224 ст.
2. Иванов А. И. Источники вторичного электропитания приборов СВЧ / Иванов А. И.; Хандогин В. И.— М.: Радио и связь, 1989. — 140 ст.
3. Даммер Д. В. I. Миниатюризация и микроминиатюризация радиоэлектронной аппаратуры / Даммер Д. В. I.; Джонс Г.; пер. с англ. М. Кручинская; Е. Жаров — О.: Мир, 2000. — 392 ст.
4. Браун М. Источники питания. Расчет и конструирувание / Марти Браун.; пер. с англ. С. Л. Попов — К.: МК-Прес, 207. — 288 ст.
5. Heat transfer: a practical approach / Yunus A. Gengel.— 2nd ed. ISBN 0-07-115150-8 (ISE). 2003. — 305 ст.
6. Конституція України, прийнята на п'ятій сесії Верховної Ради України 28 червня 1996 р. [Електронний ресурс] // Відомості Верховної Ради України. — Режим доступу: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/254к/96-вр>
7. Закон України „Про охорону праці” від 14.10.1992 р. № 2694-ХП, в ред. Закону № 1213-ІХ від 04.02.2021 р., ВВР, 2020, № 13, — ст.68.
8. Правила устройства электроустановок, ПУЭ-86 – М.: Энергия, 1985. — 639 ст.
9. Гандзюк М.П. Основы охраны праці / Гандзюк М.П.; Желібо Є.П.; Халімовський М.О. — К.: Каравела, 2007. — 406 ст.
10. Карякин Р. Н. Нормы устройства сетей заземления / Рудольф Николаевич Карякин — М.: Энергосервис, 2002. — 121 ст.
11. Карякин Р.Н. Заземляющие устройства электроустановок. Справочник. 2-е издание / Рудольф Николаевич Карякин — М.: Энергосервис, 2006. — 262 ст.

ДОДАТКИ