

ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
1 АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД МОЖЛИВИХ РІШЕНЬ.....	7
1.1 Властивості аероіонів в повітрі.....	7
1.2 Принцип дії іонізаторів.....	9
1.3 Типи іонізаторів.....	10
1.4 Аналіз схем іонізаторів повітря.....	11
1.5 Висновки.....	13
2 РОЗРОБКА ІОНІЗАТОРА ПОВІТРЯ НА БАЗІ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОГО ТРАНСФОРМАТОРА.....	14
2.1 Розробка структурної схеми.....	14
2.2 Розробка електричної схеми.....	15
2.2.1 Обґрунтування вибору елементів схеми іонізатора повітря....	15
2.2.2 Розробка та обґрунтування електричної схеми іонізатора повітря на базі електромагнітного трансформатора.....	15
2.3 Розробка конструкції іонізатора повітря на базі електромагнітного трансформатора	17
2.3.1 Визначення вимог по стійкості до механічних і кліматичних впливів пристрою.....	17
2.3.2 Вибір елементної бази та попередня компоновка конструкції електронного пристрою.....	18
2.3.3 Вибір елементної бази іонізатора повітря на базі електромагнітного трансформатора.....	18
2.4 Висновки.....	32
3 МОДЕЛЮВАННЯ ІОНІЗАТОРА ПОВІТРЯ НА БАЗІ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОГО ТРАНСФОРМАТОРА.....	34
3.1 Моделювання сигналу генератора.....	34
3.2 Моделювання роботи підсилювача сигналу.....	36
3.3 Моделювання роботи схеми іонізатора повітря на базі електромагнітного трансформатора.....	39
3.4 Висновки.....	41

4 РОЗРОБКА КОНСТРУКЦІЇ ДРУКОВАНОЇ ПЛАТИ.....	43
4.1 Розробка конструкції друкованої плати.....	43
4.2 Розробка конструкції друкованого вузла.....	50
4.3 Висновки.....	52
5 ВИБІР УМОВ ОХОЛОДЖЕННЯ ТА РОЗРАХУНОК ТЕПЛОВОГО РЕЖИМУ	53
6 РОЗРАХУНОК НАДІЙНОСТІ ПРИСТРОЮ.....	64
7 ОХОРОНА ПРАЦІ.....	68
7.1 Аналіз небезпечних та шкідливих чинників.....	68
7.2 Інструкція з охорони праці для монтажника радіоапаратури і приладів.....	74
7.3 Заходи пожежної безпеки.....	79
7.4 Висновки.....	80
ВИСНОВОК.....	81
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	83

ВСТУП

В повітрі природної атмосфери концентрація легких негативних аероіонів залежить від конкретних природних умов місцевості і знаходиться в межах від 600 до 50000 іонів в см³ повітря. Найбільш багате негативними іонами кисню повітря гірських курортів, морських узбережь, хвойних борів, що здавна використовується для оздоровлення людей.

У повітрі закритих приміщень кількість легких негативних іонів кисню завжди в 10-15 разів менше санітарних норм. Це обумовлює аероіонну недостатність, яка призводить до розвитку у людей серйозних хронічних захворювань всіх життєво важливих систем організму, зниження імунітету, передчасного старіння і смерті.

Застосування аероіонізаторів в житлових, адміністративних, виробничих, дитячих установах дозволяє істотно поліпшити якість повітря, знизити шкідливі фактори навколишнього середовища, тим самим знизити поширення вірусних інфекцій, покращити здатність організму до дії несприятливих чинників.

При використанні іонізатора пил, який знаходиться в повітрі, «заряджається» негативно і осідає на підлозі і стінах (оскільки вони мають позитивну полярність), невблаганно наближаючи час ремонту. Звичайно це так, але у відсутності іонізатора цей пил висить в повітрі і осідає в наших легенях, а не на підлозі і стінах. До того ж використання іонізатора послужить додатковим стимулом, щоб протирати підлогу і стіни в кімнаті частіше, а не від ремонту до ремонту.

Іонізатор значно знижує електростатичну напругу від працюючих телевізорів і комп'ютерних моніторів, а також значно знижує ризик захворювання «дисплейної хворобою».

Іонізатор дає оздоровчий вплив при захворюванні органів дихання, гострих і хронічних захворювань ЛОР органів (вухо, горло, ніс), при алергії. При цьому істотно зменшується ризик гострого респіраторного захворювання та інших вірусних інфекцій, підвищується імунітет.

1 АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД МОЖЛИВИХ РІШЕНЬ

Багато людей мріють завжди дихати тільки свіжим, чистим повітрям. Для цих цілей існують іонізатори повітря. Ці прилади чудово очищають повітря, зберігають його свіжим і чистим, змінюють структуру повітря, збільшують кількість легких іонів, насичують його.

Основним принципом роботи будь-яких типів іонізаторів є іонізація повітряних мас під дією електричних зарядів високої напруженості. Спостереження і вивчення фізичних, природних процесів дозволило зробити висновок, що кількість негативних і позитивних іонів в атмосфері не є постійною величиною і може змінюватися під зовнішнім впливом.

Найбільш наочно це відбувається під час грози. Під дією електричного коронного розряду відбувається зіткнення нейтральних молекул кисню з вільними електронами, які мають негативний заряд. В результаті утворюється іон кисню (аероіонів) з негативною напруженістю за рахунок приєднання додаткового електрона.

1.1 Властивості аероіонів в повітрі

Більшості жителів великих міст знайомі проблеми, які викликають недостатню іонізацію повітря в приміщенні. Погіршення самопочуття і підвищена стомлюваність, зниження працездатності та концентрація уваги, ослаблення імунітету, загострення і розвиток хронічних захворювань - всі ці симптоми для більшості сучасних людей стають настільки звичними, що їх практично перестають помічати. Але ж ослаблений організм – благодатний ґрунт для розвитку багатьох серйозних захворювань. Багатьом сучасним людям знайомі алергічні реакції у літній час, респіраторні і вірусні захворювання восени і взимку, наслідки авітамінозу та хронічна втома на початку весни.

Вихід із ситуації в сучасному світі досить простий – це придбати іонізатор повітря для будинку або офісу. Ці апарати сьогодні активно використовують в житлових, офісних і виробничих приміщеннях. Для того, щоб організм повноцінно засвоював такий необхідний йому кисень, повітря повинне бути іонізованим – в іншому випадку може наступити кисневе голодування зі всіма витікаючими наслідками. Очисник, іонізатор повітря для будинку іонізує і очищає повітря в приміщенні, відрізняється низьким енергоспоживанням і може працювати цілодобово. Завдяки цьому пристосуванню підвищується активність і працездатність, знижується стомлюваність. Крім того, численні медичні дослідження показують: у людей, які купили іонізатор повітря для будинку, легше протікають і швидше виліковуються деякі види захворювань (неврастенія, безсоння, гіпертонія, вірусні інфекції та інші), а також вони легше переносять загострення хронічних недуг, пов'язані зі зміною сезонів.

Іонізація – перетворення електрично нейтральних частинок середовища на заряджені іони газів – відщеплення від атомів (молекул) газу одного або кількох електронів, а також приєднання вільних електронів до деяких нейтральних атомів (молекул), завдяки чому виникають позитивні й негативні іони та вільні електрони і газ стає провідником електричного струму. Цей процес відбувається під дією ультрафіолету, рентгенів. й гамма-випромінювання внаслідок ударів прискорених електронів та іонів, при високій температурі та іншій іонізації атмосфери, що відбувається під впливом зовнішніх факторів, призводить до утворення іоносфери. У повітрі під впливом електричних полів можуть утворюватися легкі, середні й важкі іони. До легких належать іони кисню, яким властива висока швидкість (1–2 см/с за напруженості електричного поля 1 В/см).

Важкі іони – це наелектризовані мікрочастинки пилу, диму тощо. Швидкість їхнього руху становить близько 0,001 см/с. Джерелами природних іонізацій повітря (аероіонізації) є ультрафіолетове випромінювання Сонця, космічне проміння, електричні розряди в атмосфері, радіоактивні

випромінювання та ін. За нормальних умов атоми, молекули газів, вологи та інших частинок електрично нейтральні; під впливом зовнішніх фізичних чинників, від молекул відриваються електрони і рівновага порушується: утворюється нестабільний позитивний легкий іон та вільний електрон, які у свою чергу взаємодіють з молекулами повітря, утворюючи стабільні легкі іони. Процесами іонізації повітря можна пояснити запах моря, гірського повітря, хвойного лісу, грозового розряду.

Звичайна концентрація негативних аероіонів у повітрі становить 1000–10 000 іонів/см³, у кімнаті – 400–1000. Іони, утворені в повітрі, потрапляють до живого організму через дихання, осідаючи на частинках водяної пари. Вони (вже у вигляді важких іонів) заряджають стінки трахеї, бронхів та бронхіол. Біологічну й фізіологічну дію аероіонів на здоров'я людини відкрив біофізик О. Чижевський, який встановив, що для оптимального обміну речовин у повітрі має бути певна кількість від'ємних іонів кисню, та з'ясував, що від'ємні аероіони сприятливо впливають на всі функції, тоді як позитивні – негативно. Розроблена ним методика генерації зазначених іонів за допомогою іонізаторів набула практики застосування у медицині та у сільському господарстві.

Процеси іонізації застосовують у детекторах іонізуючого випромінювання, під час контролю забруднення повітря та води, оцінювання якості й безпеки харчових та сільськогосподарських продуктів.

1.2 Принцип дії іонізаторів

Принцип роботи будь-яких типів іонізаторів заснований на можливості створення потоку негативно заряджених частинок між різнополярними електродами під впливом зовнішніх джерел енергії. Матеріал для електродів може бути самим різним. Форма електродів також може відрізнятися, в залежності від конструктивного виконання.

Потік заряджених частинок (електронів), утворений на електродах негативної полярності, при зіткненні з молекулами повітря, утворює певну кількість негативних іонів кисню. Якщо швидкість електронів достатньо велика, то вони отримують можливість вибивати з нейтральних молекул повітря додаткові електрони, збільшуючи загальну величину потоку, що рухається у напрямку до електродів з позитивним зарядом. У свою чергу, потік позитивно заряджених частинок притягається до негативного електроду і при взаємодії з ним сприяє збільшенню кількості електронів, що випускаються. Створені потоки заряджених частинок утворюють електричний розряд в повітрі, який сприяє безперервному утворенню позитивних і негативних іонів кисню.

Конструкції іонізаторів можуть розрізнятися між собою. У побутових умовах, найчастіше використовується конструкція, розроблена Чижевським (люстра Чижевського). Негативний електрод являє собою один або кілька, об'єднаних в єдину конструкцію тонких, гостроспрямованих електродів. В якості позитивного електрода можуть бути використані різні предмети (труби опалення, водопровід, арматура стін). В принципі позитивний електрод просто підключений на «масу». В сучасних іонізаторів, в якості позитивного електрода використовується сітка з окремих провідників. В залежності від конструкції, іонізатори розрізняються по потужності, радіусу дії та призначенням. В якості додаткових функцій можуть бути використані можливості зволоження повітря у приміщенні, створення спрямованого потоку повітря (вентилятори), таймери режимів роботи.

1.3 Типи іонізаторів

Залежно від способу іонізації молекул кисню іонізатори діляться на такі типи:

- плазмові іонізатори;
- ультрафіолетові іонізатори;

- термічні іонізатори;
- коронні іонізатори;
- радієві іонізатори;
- водяні іонізатори;
- електроєффлювіальні іонізатори.

Плазмовий іонізатор – це високовольтний іонізатор повітря, що працює замість вугільного фільтру і звільняє повітря від запахів.

Ультрафіолетовий іонізатор повітря є іонізатором із ультрафіолетовою лампою. Він нейтралізує неприємні запахи, очищає та іонізує повітря в приміщенні, і, що головне, – повністю знищує за допомогою ультрафіолетової лампи усі бактерії та віруси всередині приладу.

Електроєффлювіальний іонізатор – метод іонізації повітря заснований на штучному формуванні в повітрі потоку легких негативних аероіонів кисню за допомогою «тихого» електричного розряду. Аероіонний потік швидко очищає повітря приміщення від пилу, аерозольних часток, радіонуклідів, мікроорганізмів та алергенів. Це найефективніший тип іонізатора.

Іонізатори повітря, які сьогодні існують можна поділити на 2 типи:

- люстра Чижевського. Це пристрій дуже великий і він не підходить для установки в житловій квартирі. Його використовують стаціонарно на великих площах. Якщо встановити такий прилад у будинку, то позитивного ефекту від його роботи не буде. Ефект може бути негативним, все це залежить від радіуса дії приладу.

- компактні пристрої, які генерують не дуже багато частинок. Вони мають локальну дію, крім того, вони абсолютно безпечні для людей, так як кількість виділених у приміщенні іонів рівне нормі.

1.4 Аналіз схем іонізаторів повітря

Для того щоб вплив іонізатора повітря був корисним для організму, необхідно правильно підібрати пристрій, який планується використовувати в приміщенні. У нормальному середовищі, кількість аероіонів в повітрі повинно знаходитися в межах від 600 до 50000 одиниць на 1 см³. Зазвичай, в квартирах цей показник занижений приблизно в 15 разів.

Щоб нормалізувати цей показник використовують іонізатори повітря, які також можуть виконувати ряд додаткових функцій. Наприклад, існують пристрої, які крім збагачення іонами, ще й зволожують і очищають повітря.

Очисні прилади дозволяють нейтралізувати бактерії, що знаходяться в повітрі, а також усувають пил і дим. Прилади з функцією зволоження повітря допомагають підтримувати вологість в приміщенні на належному рівні. Найбільш сучасні пристрої поєднують в собі всі ці можливості і називаються очисно-зволожуючими іонізаторами повітря.

Найпростішими приладами, які рекомендуються для іонізації повітря є соляні лампи. Вони виробляють іони за рахунок нагріву солі на поверхні лампи.

Існують уніполярні прилади, які виробляють тільки частинки з негативними зарядами і біполярні, які здатні збагачувати повітря як позитивними, так і негативними іонами. При цьому другий тип іонізатора варто помітно дорожче.

Також є прилади які працюють за принципом коронного розряду. Такий розряд виникає при подачі високої різнополярної напруги на коронний і осаджуваний електроди. Під дією неоднорідного електричного поля, що виникає між коронуючими і осаджуваних електродами, повітря рухається через прилад. Це явище отримало назву «іонний вітер». При цьому аерозольні частинки розміром від 0,01 до 100 мкм (домашній пил, пилинки рослин, продукти життєдіяльності домашніх тварин і кліщів) отримують заряд і осідають на протилежно заряджених пластинах. Під дією коронного розряду повітря збагачується легкими аероіонами і озоном.

Необхідно правильно підбирати прилади, відповідно до типу і розміру приміщення, в якому планується використання. Для офісних або житлових приміщень потрібні різні пристрої, так само, як і для автомобілів.

1.5 Висновки

У сучасному житті, особливо в великих містах і метрополісів, дійсно існує проблема з недостатньою іонізацією повітря, через яку люди відчувають себе не дуже добре і стають більш вразливими до різноманітної хвороби через ослаблення імунітету. Тож щоб поліпшити свій стан здоров'я, та очистити повітря в приміщенні, необхідно використовувати іонізатор повітря.

Як відомо іонізатори бувають різними за принципом дії і після порівняння всіх способів іонізації молекул кисню, я зупинився на електронному приладі, який працює за принципом дії коронного розряду, тому що він має декілька переваг, а саме: можливість виконання приладу невеликих розмірів, які сприяють зручності при переносі; також доступність елементів у продажу і можливість зробити схему самому, при наявності паяльника.

Пристрій можна використовувати у невеликому приміщенні або в автомобілі.

2 РОЗРОБКА ІОНІЗАТОРА ПОВІТРЯ НА БАЗІ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОГО ТРАНСФОРМАТОРА

2.1 Розробка структурної схеми

Для розробки іонізатору повітря необхідно зробити структурну схему компонентів пристрою.

Структурна схема іонізатору повітря на базі електромагнітного трансформатора представлена на рисунку 2.1 і складається з таких блоків: живлення, генератор, підсилювач, електромагнітний трансформатор, випрямляч, електрод.

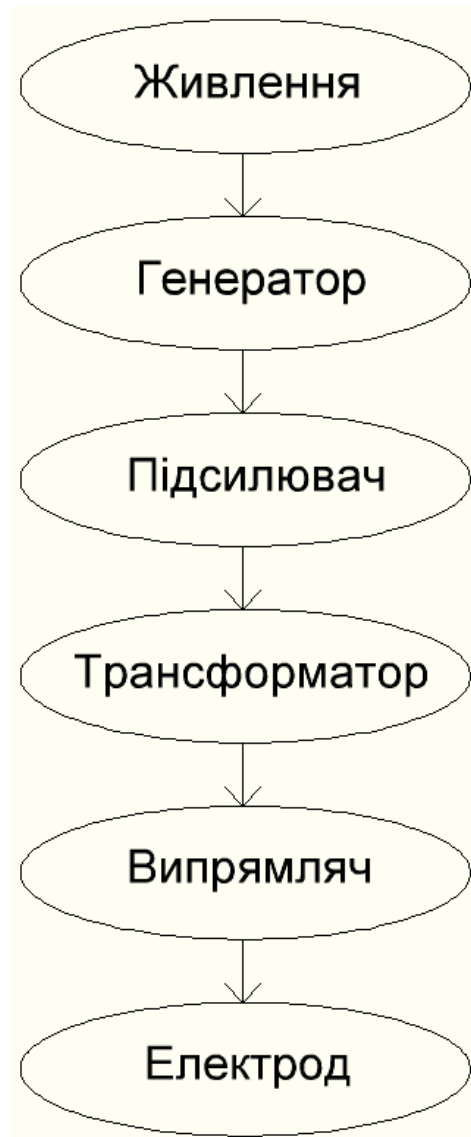


Рисунок 2.1 – Структурна схема іонізатора повітря

Джерело живлення подається до генератору, який у свою чергу видає сигнал певної частоти, який через підсилювач подається до електромагнітного трансформатора. Трансформатор підсилює напругу і через випрямляч високовольтний імпульс потрапляє у навколишню середу за допомогою електрода.

2.2 Розробка електричної схеми

2.2.1 Обґрунтування вибору елементів схеми іонізатора повітря

Розробку принципової схеми і її розрахунок необхідно розпочати зі з'ясування того, за допомогою яких елементів можна розробити іонізатор повітря. Перш за все, варто звернути увагу на специфікацію кожного елемента і обрати тільки ті, які необхідні для роботи пристрою. Треба звертати увагу на їх якість і надійність. Але чим більше надійність елемента, тим більше і його ціна, тож потрібно дотримуватися балансу при виборі елементної бази. Також слід звертати увагу на доступність у продажу цих елементів.

Оптимальним варіантом, буде комбіноване застосування компонентів вітчизняної і зарубіжної промисловості.

2.2.2 Розробка та обґрунтування електричної принципової схеми іонізатора повітря на базі електромагнітного трансформатора

Електрична принципова схема іонізатора повітря приведена на рис. 2.2.

Схема іонізатора повітря на базі електромагнітного трансформатора працює при подачі напруги живлення 12 В. Напруга згладжується керамічним конденсатором (C1), далі йде через діод Шоттки (D1), проходить через електролітичний конденсатор (C2) і запитує мікроконтролер NE555 через виводи 1 (GND) і 8 (V_{cc}). Мікроконтролер подає сигнал з третього

виводу (OUT) через резистор (R4) на транзистор (VT1), який в свою чергу посилює напругу і подає її на первинну обмотку електромагнітного трансформатора (TR1). Вторинна обмотка трансформатора видає, через високовольтний керамічний конденсатор (C7) і потужний випрямний діод (D3), високу напругу на електрод.

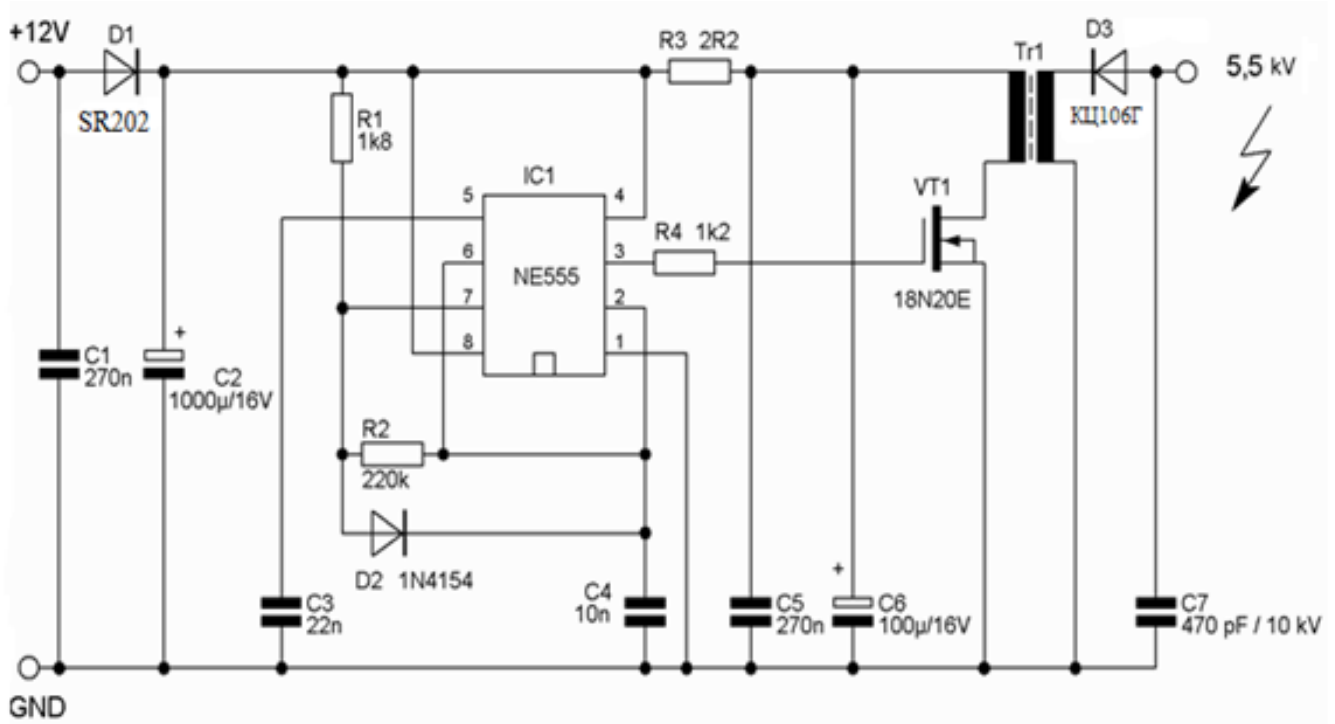


Рисунок 2.2 – Електрична принципова схема іонізатора повітря

Лічильник NE555 має три режими роботи: одновібратор, мультивібратор і прецизійний тригер Шмітта з RS-тригером. Для використання цієї мікросхеми в іонізаторі її використовуємо в якості мультивібратора, який являє собою генератор періодичних імпульсів прямокутної форми із заданою амплітудою, тривалістю або частотою, залежно від поставленого завдання. Для коректної роботи приладу, потрібно розрахувати частоту імпульсів мультивібратора. За формування потрібної частоти, відповідають наступні елементи і їх номінали: резистор (R1), який підключається між сьомим (DISCH) і четвертим (RESET) виводами мікроконтролера; резистор (R2), який ставиться між сьомим (DISCH) і

другим (TRIG) виводами; і керамічний конденсатор (C3) підключається до п'ятого виводу (CONT).

Під впливом високої напруги на кінчиках голок утворюється розряд і з них починають «стікати» електрони. При взаємодії електронів з атомами і молекулами кисню в безпосередній близькості від електрода утворюються легкі негативні іони кисню, які дедалі широким конусом рухаються від голок іонізатора на відстань 3-4 метри.

2.3 Розробка конструкції іонізатора повітря на базі електромагнітного трансформатора

2.3.1 Визначення вимог по стійкості до механічних і кліматичних впливів пристрою

Умови розміщення електронного пристрою визначають рівень впливу на нього механічних і кліматичних факторів. Тому на стадії конструювання необхідно визначити характер і рівень цих впливів. До таких дій відносять дію механічної вібрації та ударів, температурні впливи, дії підвищених і знижених вологості і тиску.

Визначення вимог до механічних і кліматичних впливів здійснюється відповідно до ГОСТ 15150-69 [1].

Цей пристрій передбачається розміщуватися в країнах Європи. Для країн Європи кліматичне виконання пристрою відноситься до категорії – У. В категорії «У» передбачається, що пристрій призначений для роботи в районах з помірним кліматом, де зміна температури від -45°C до $+40^{\circ}\text{C}$, зміна вологості до 80% при температурі 20°C .

Так як даний пристрій розміщується в закритих приміщеннях (об'ємах), де температура і вологість повітря істотно менше, ніж на відкритому повітрі, то для пристрою обрана категорія розміщення – 3, а саме – експлуатація в закритих приміщеннях з природною вентиляцією без

штучно регульованих кліматичних умов, де коливання температури і вологості повітря і вплив піску та пилу істотно менше, ніж на відкритому повітрі. Для даної категорії розміщення робоча температура становить -45...+40 °С, максимальні робочі температури -50...+45 °С, відносна вологість -75% при 15 °С .

2.3.2 Вибір елементної бази та попередня компоновка конструкції електронного пристрою

Під час вибору елементної бази враховуємо умови експлуатації пристрою, а саме рівень механічних і теплових впливів.

Попередню компоновку конструкції електронного пристрою починаємо з визначення місця розташування елементів електричної системи - на друкованій платі. Визначаємося також з розташуванням вузлів і модулів пристрою.

У процесі попередньої компоновки враховуємо можливості впливу на компоненти схеми: теплові, електричні, електромеханічні та механічні, а також оцінюємо їх рівень і зменшуємо їх вплив.

2.3.3 Вибір елементної бази іонізатора повітря на базі електромагнітного трансформатора

Мікроконтролер NE555

Мікросхема NE555 являє собою аналогову інтегральну схему, яка є універсальним таймером, тобто пристроєм, призначеним для формування (генерування) одиночних або повторюваних імпульсів зі стабільними характеристиками в часі. Найбільше застосування 555 таймер знайшов в побудові схем генераторів і реле часу з можливістю затримки від мікросекунд до декількох годин. У більш складних пристроях він виконує

функції по виключенню брязкоту контактів, ШІМ, відновленню цифрового сигналу і так далі.

Таймер NE555 один з найбільш популярних інтегральних мікросхем свого часу. Але, незважаючи на те, що він був розроблений у 1972 році, мікроконтролер і досі випускається багатьма виробниками.

Мікроконтролер NE555 розроблявся у якості лічильника і містить у собі комбінацію аналогових і цифрових елементів в одному кристалі.

Особливістю таймера є внутрішній дільник напруги, який задає фіксований верхній і нижній поріг спрацьовування для двох компараторів. З огляду на те що дільник напруги не можна виключити, а пороговим напругою не можна управляти, область застосування NE555 звужується.

Таймер на біполярних транзисторах має один істотний недолік, пов'язаний з переходом вихідного каскаду з одного стану в протилежне. Кожне перемикання супроводжується паразитним наскрізним струмом, який в піку може досягати 400 мА, збільшуючи теплові втрати. Рішення проблеми полягає в установці полярного конденсатора ємністю до 0,1 мкФ між виводом управління (5) і загальним проводом. Завдяки йому, підвищується стабільність при запуску і надійність всього пристрою. Крім того, для підвищення заводостійкості ланцюг живлення доповнюють неполярним конденсатором 1 мкФ.

Таймер 555 серії працює в одному з трьох режимів:

- одновібратор - для формування одиночних імпульсів;
- мультівібратор являє собою генератор періодичних імпульсів прямокутної форми із заданою амплітудою, тривалістю або частотою, залежно від поставленого завдання;
- прецизійний тригер Шмітта з RS-тригером - можливість застосування NE555 як прецизійного тригера, яке затребувано в побудові систем автоматичного регулювання.

На рис. 2.3 представлений мікроконтролер NE555. Позначення виводів мікросхеми описана на рис. 2.4. Структурна схема мікроконтролера наведена на рис. 2.5. Основні параметри мікросхеми наведені в табл. 2.1.

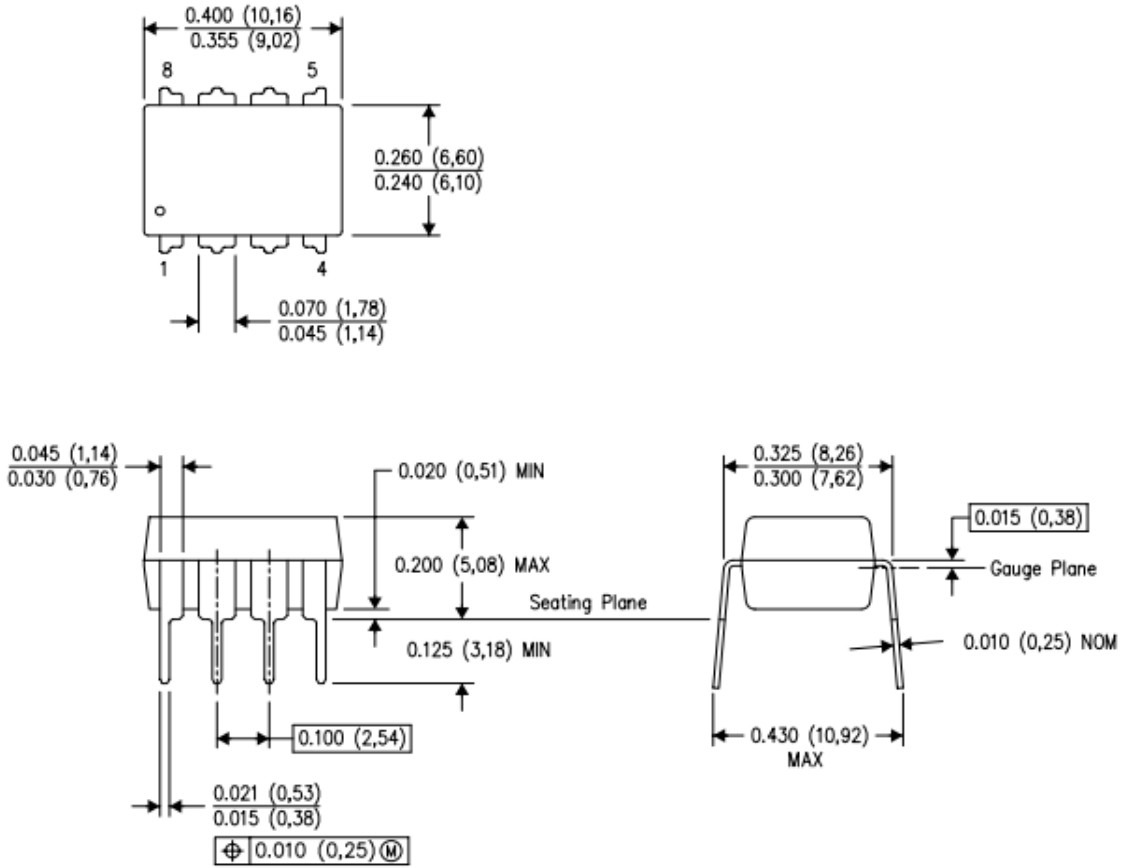


Рисунок 2.3 – Мікроконтролер NE555

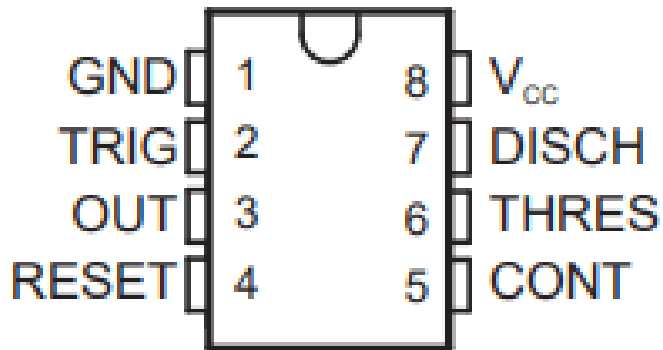


Рисунок 2.4 – Загальний вид виводів NE555

Призначення виводів мікросхеми NE555

1. Загальний (GND). Перший вивід відносно ключа. Підключається до мінуса живлення пристрою.

2. Запуск (TRIG). подача імпульсу низького рівня на вхід другого компаратора призводить до запуску і появи на виході сигналу високого рівня, тривалість якого залежить від номіналу зовнішніх елементів R і C.

3. Вихід (OUT). Високий рівень вихідного сигналу дорівнює ($U_{жив}-1,5$ В), а найнижчий – близько 0,25 В. Перемикає займає близько 0,1 мкс.

4. Скидання (RESET). Даний вхід має найвищий пріоритет і здатний керувати роботою таймера незалежно від напруги на інших висновках. Щоб дозволити запуск мікросхеми необхідно, щоб на ньому був присутній потенціал більше 0,7 вольт. З цієї причини його через резистор з'єднують з живленням схеми. Поява імпульсу менше 0,7 вольт забороняє роботу NE555.

5. Контроль (CTRL). Як видно, з внутрішнього устрою ІМС він безпосередньо з'єднаний з дільником напруги і під час відсутності зовнішнього впливу видає $2/3 U_{жив}$. Подаючи на CTRL керуючий сигнал, можна отримати на виході модульований сигнал. У простих схемах він підключається до зовнішнього конденсатора.

6. Зупинка (THR). Є входом першого компаратора, поява на якому напруги більше $2/3 U_{жив}$ зупиняє роботу тригера і переводить вихід таймера в низький рівень. При цьому на виводі 2 повинен бути відсутнім сигнал, що запускає, так як TRIG має пріоритет перед THR.

7. Розряд (DIS). З'єднаний безпосередньо з внутрішнім транзистором, який включений по схемі із загальним колектором. Зазвичай до переходу колектор-емітер підключають конденсатор, що задає час, який розряджається, поки транзистор знаходиться у відкритому стані. Рідше використовується для нарощування здатності навантаження таймера.

8. Живлення (V_{CC}). Підключається до плюса джерела живлення 4,5 - 16 В.

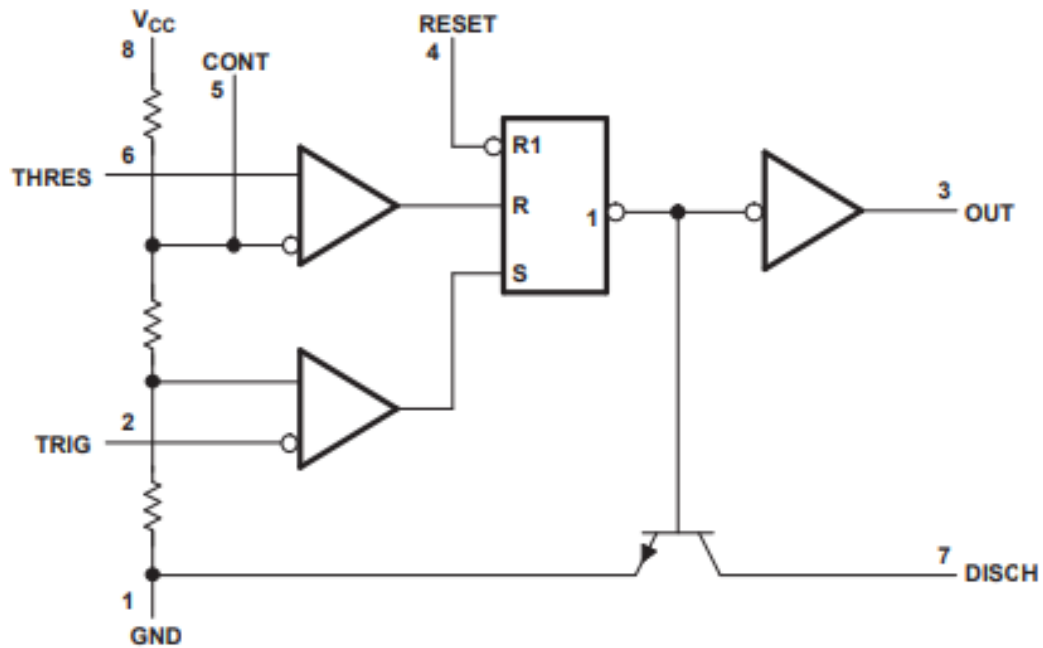


Рисунок 2.5 – Структурна схема мікроконтролера NE555

Внутрішній устрій NE555 включає в себе п'ять функціональних вузлів. На вході розташований резистивний дільник напруги, який формує дві опорні напруги для прецизійних компараторів. Вихідні контакти компараторів надходять на наступний блок – RS-тригер з зовнішнім виводом для скидання, а потім на підсилювач потужності. Останнім вузлом є транзистор з відкритим колектором, який може виконувати кілька функцій, в залежності від поставленого завдання.

Таблиця 2.1 – Основні параметри мікросхеми

Параметр	Умова	Мін.	Тип.	Макс.	Од.
1	2	3	4	5	6
Напруга живлення		4,5		16	В
Струм споживання	V _{cc} =5В V _{cc} =15В		3 10	5 12	мА
Керуючий рівень (вив. 6)	V _{cc} =5В V _{cc} =15В	2,4 8,8	3,33 10	4,2 11,2	В
Струм (вив. 6)			0,1	0,25	мкА
Напруга скидання (вив. 4)	V _{cc} =15	0,3		1	В
Струм скидання (вив. 4)				1,5	мА

Продовження таблиці 2.1

1	2	3	4	5	6
Вихідна напруга (низький рівень)	$V_{CC}=5В$ $I=5mA$ $I=8mA$ $V_{CC}=15В$ $I=10mA$ $I=100mA$ $I=200mA$		0,25 0,3 0,1 2,0 2,5	0,35 0,4 0,25 2,5	В
Вихідна напруга (високий рівень)	$V_{CC}=5В$ $I=100mA$ $V_{CC}=15В$ $I=100mA$ $I=200mA$	2,75 12,75		3,3 13,3 12,5	В
Задній фронт на виході			100	300	нс
Передній фронт на виході			100	300	нс
Діапазон температур		0		+70	С

Транзистор 18N20Е

Транзистор 18N20Е наведений на рис. 2.6, та його характеристики описані у табл. 2.2.

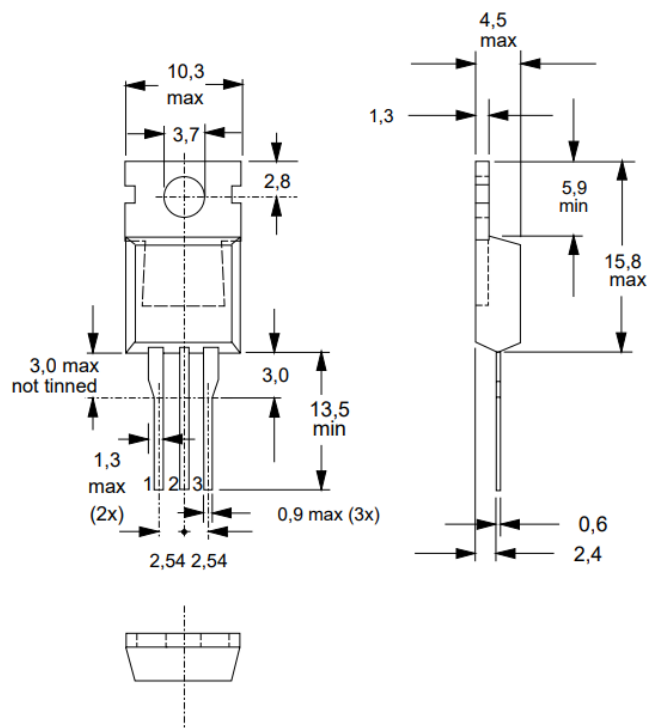


Рисунок 2.6 – Транзистор 18N20Е

Таблиця 2.2 – Основні параметри транзистора

Параметр	Значення
Безперервний струм стоку $T_{mb} = 25\text{ }^{\circ}\text{C}; V_{зв} = 10\text{ В} - 18\text{ А}$ $T_{mb} = 100\text{ }^{\circ}\text{C}; V_{зв} = 10\text{ В}$	18 А 12,5 А
Імпульсний струм стоку, $T_{mb} = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$	72 А
Загальне розсіювання $T_{mb} = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$	150 Вт
Напруга стік-затвору	30 В
Енергія одиночного імпульсу $V_{вит} \leq 50\text{ В};$ починаючи з $T_j = 25\text{ }^{\circ}\text{C}; R_{зв} = 50\ \Omega;$ $V_{зв} = 10\text{ В}$	150 мДж
Пік лавинного струму $V_{вит} \leq 50\text{ В};$ починаючи з $T_j = 25\text{ }^{\circ}\text{C}; R_{зв} = 50\ \Omega;$ $V_{зв} = 10\text{ В}$	18 А
Діапазон робочої температури	-55 – 175 С

Стрічний трансформатор РЕТ-22-15В

Трансформатор РЕТ-22-15В представлений на рис. 2.7, його структурна схема наведена на рис. 2.8. Основні характеристики трансформатора наведені в табл. 2.3.



Рисунок 2.7 – Трансформатор РЕТ-22-15В

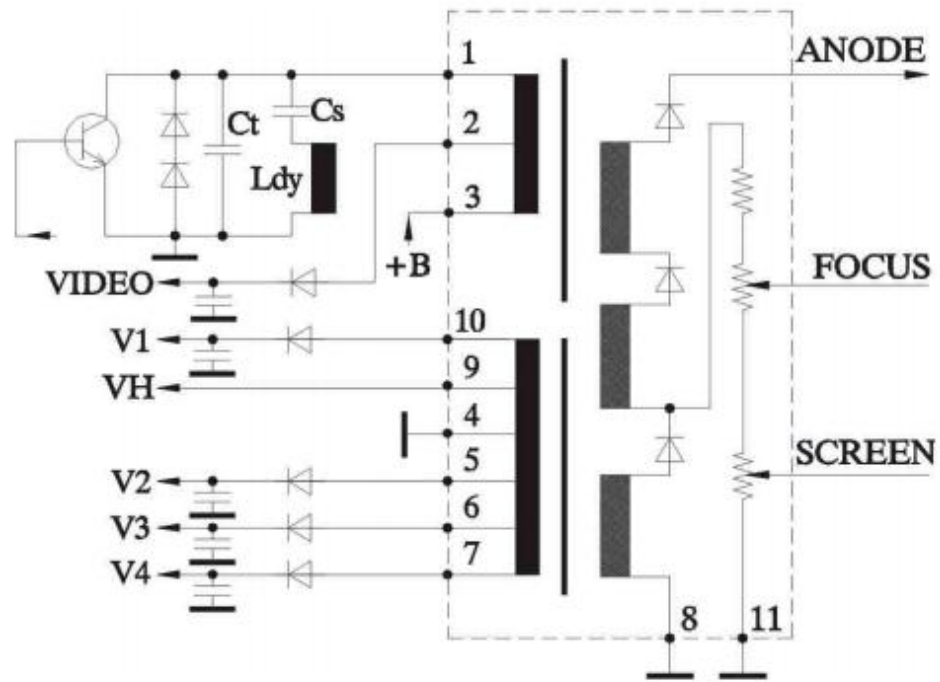


Рисунок 2.8 – Структурна схема РЕТ-22-15В

Таблиця 2.3 – Основні характеристики трансформатора

Індуктивність первинної обмотки	3,42 мГн (1-10)
Постійна напруга живлення ланцюгів рядкової розгортки	125 В (dc)
Висока напруга живлення другого анода кінескопа	24,4 кВ
Струм променю (Beam)	1,0 мА
Напруга живлення електрода, що фокусує (Focus)	5,5 – 8,8 кВ
Напруга живлення електрода, що прискорює (Screen)	0,2 – 1,3 кВ
Постійна напруга живлення відеопідсилювача (Video) з 10 кОм	222 В
Напруга напруження (VH) з 10 Ом	7,2 В
Постійна напруга різних схем телевізора V1 з 120 Ом V2 з 4 кОм V3 V4	29,8 В 38,6 В
Номера виводів землі	5,8,11
Індуктивність рядкових котушок ОС	2,2 мГн
Ємність ланцюгів зворотного ходу	7,5 нФ

Керамічний конденсатор С330 (С1, С3, С4, С5)

Керамічний конденсатор С330 наведений на рис. 2.9, та його характеристики описані у табл. 2.4.

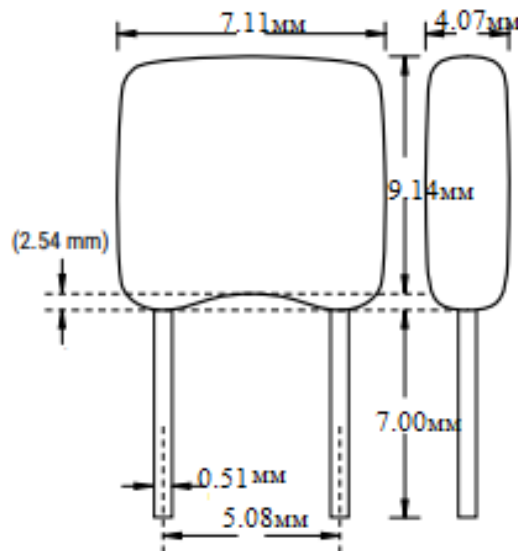


Рисунок 2.9 – Керамічний конденсатор С330

Таблиця 2.4 – Основні параметри керамічного конденсатору

Параметр	Значення
Напруга	50 В
Ємність	
С1, С5 – 274	270 нФ
С3 – 223	22 нФ
С4 - 103	10 нФ
Діапазон робочої температури	-55°C до +125°C
Допуск	±10%

Керамічний конденсатор DHR

Керамічний конденсатор DHR наведений на рис. 2.10, та його характеристики описані у табл. 4.5.

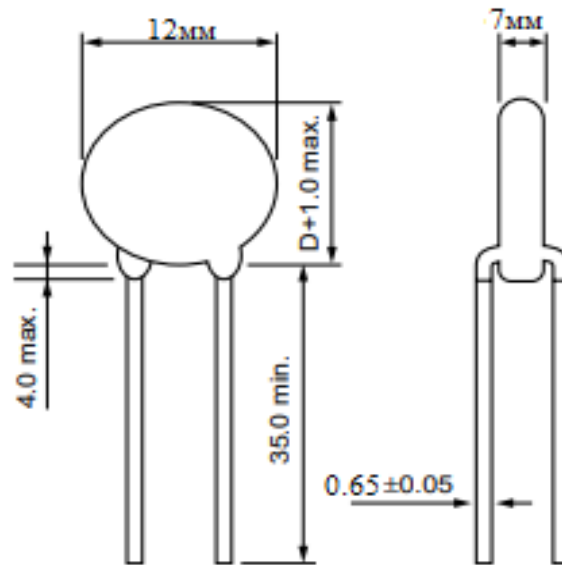


Рисунок 2.10 – Керамічний конденсатор DHR

Таблиця 2.5 – Основні параметри керамічного конденсатору

Параметр	Значення
Напруга	10 кВ
Ємність	470 пФ
Діапазон робочої температури	-25°C до +100°C
Допуск	±10%

Електролітичний конденсатор ZLN

Електролітичний конденсатор ZLN наведений на рис. 2.11, його розміри вказані у табл. 2.6, і характеристики описані у табл. 4.7.

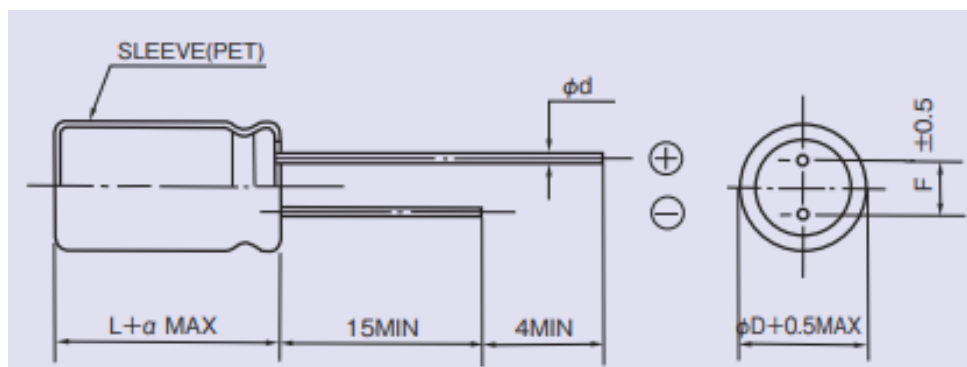


Рисунок 2.11 - Електролітичний конденсатор ZLN

Таблиця 2.6 – Габаритні розміри електролітичних конденсаторів

Типорозмір	D, мм	L, мм	F, мм	d, мм
C2	10	16	5,0	0,6
C6	5	11	2,0	0,5

Таблиця 2.7 – Основні параметри електролітичний конденсатору

Параметр	Значення
Напруга	16 В
Ємність	
C2	1000 мкФ
C6	100 мкФ
Діапазон робочої температури	-40°C до +105°C
Допуск	±20%

Резистори CF14, CF12

Резистори CF14, CF12 наведенні на рис. 2.12, їх розміри вказані у табл. 2.8, і характеристики описані у табл. 2.9.

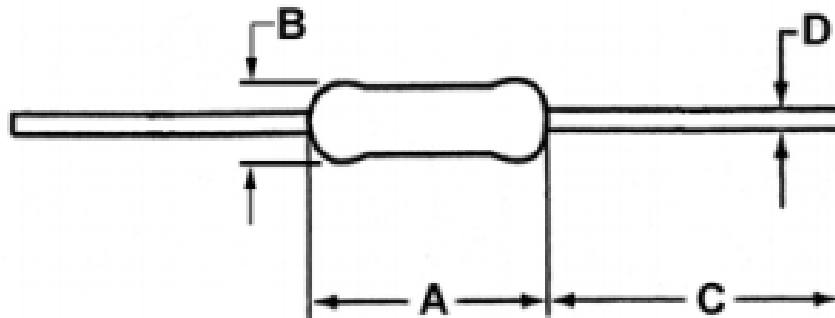


Рисунок 2.12 - Резистор CF

Таблиця 2.8 – Габаритні розміри резисторів

Типорозмір	A, мм	B, мм	C, мм	D, мм
CF14	6,30	2,00	28,00	0,6
CF12	9,50	3,20	28,00	0,6

Таблиця 2.9 – Основні параметри резисторів

Параметр	Значення
Потужність при 70°C	
CF14	0,25 Вт
CF12	0,5 Вт
Максимальна робоча напруга	
CF14	350 В
CF12	350 В
Опір	
CF14 (R1)	1,8 кОм
CF14 (R4)	1,2 кОм
CF12 (R2)	220 кОм
Напруга, що витримує діелектрик	
CF14	350 В
CF12	600 В
Діапазон робочої температури	-55°C до +155°C

Резистор PR01

Резистор PR01 наведений на рис. 2.13, та його характеристики описані у табл. 2.10.

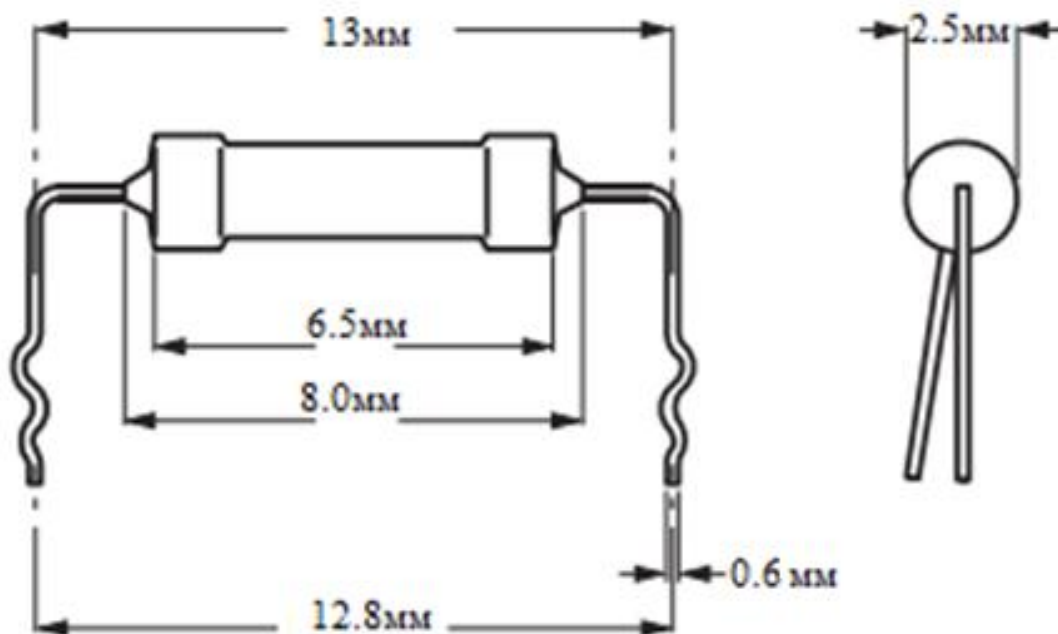


Рисунок 2.13 – Резистор PR01

Таблиця 2.10 – Основні параметри резистору

Параметр	Значення
Потужність $1 \text{ Ом} < R$ $R < 1 \text{ Ом}$	1 Вт 0,6 Вт
Максимальна робоча напруга	350В
Опір	2,2 кОм
Термостійкість	135 К/Вт
Допуск	5%
Діапазон робочої температури	-55°C до +155°C

Діод SR202

Діод SR202 представлений на рис. 2.14. Основні параметри елемента наведені в табл. 2.11.

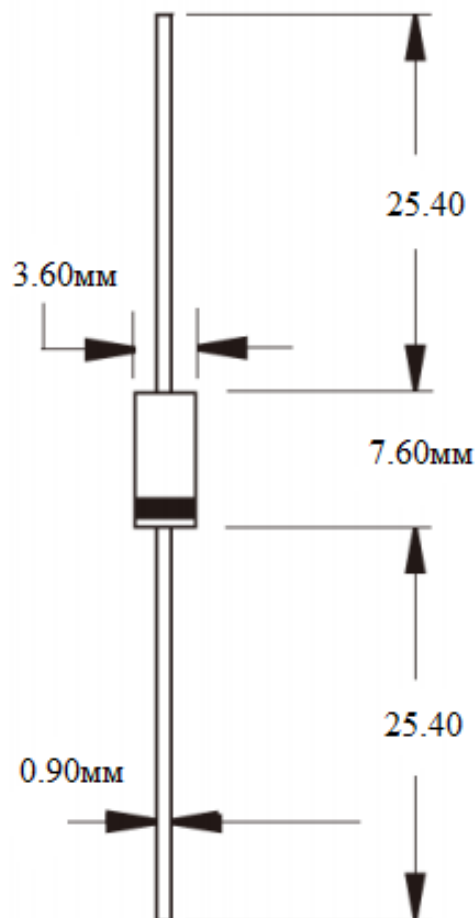


Рисунок 4.14 - Діод SR202

Таблиця 2.11 - Основні параметри діода

Максимальний довготривалий прямий струм	2 А
Максимальний імпульсний струм при тривалості імпульсу 8.3 мс	50 А
Максимальний зворотній струм при $T = 25\text{ C}$ при $T = 100\text{ C}$	0,5 мА 10 мА
Падіння напруги на діоді при струмі 2 А	0,55 В
Максимальна зворотна напруга	20 В
Діапазон робочої температури	-55...+125°C

Діод 1N4154

Діод 1N4154 представлений на рис. 2.15. Основні параметри елемента наведені в табл. 4.12.

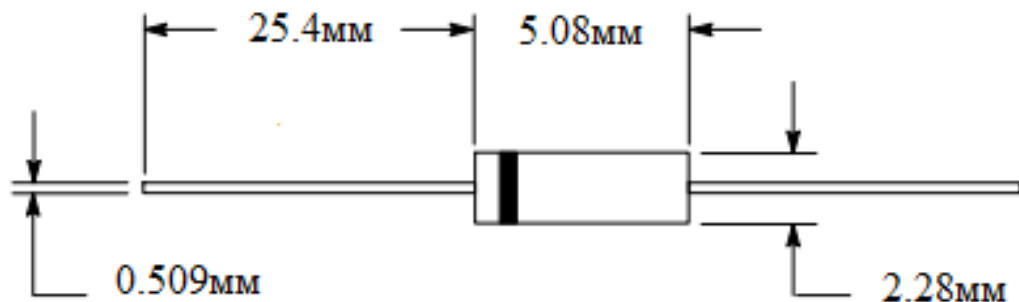


Рисунок 2.15 - Діод 1N4154

Таблиця 2.12 - Основні параметри діода

Максимальний довготривалий прямий струм	2 А
Максимальний імпульсний струм	500 мА
Пробивна напруга	35 В
Максимальна зворотна напруга	25 В
Діапазон робочої температури	-65...+175°C

Діод КЦ106Г

Діод КЦ106Г представлений на рис. 2.16. Основні параметри елемента наведені в табл. 2.13.

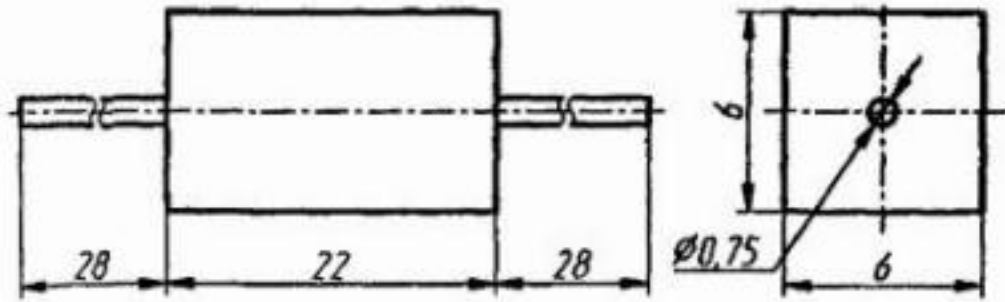


Рисунок 2.16 - . Діод КЦ106Г

Максимальний прямий струм при $I_{пр} = 10$ мА, не більш: $T \geq +25$ С $T = T_{мін}$	25 В 35 В
Максимальний постійний прямий струм при $T \leq 85$ С	10 мА
Максимальна імпульсна зворотна напруга $T \leq 80$ С	10000 В
Максимальний зворотній струм	30 мкА
Діапазон робочої температури	-60... +125°С

Таблиця 2.13 - Основні параметри діода

2.4 Висновки

Кліматичне виконання пристрою відноситься до категорії – У, в якому передбачається, що пристрій призначений для роботи в районах з помірним кліматом.

Для іонізатора повітря обрана категорія розміщення – 3, а саме – експлуатація в закритих приміщеннях з природною вентиляцією без штучно регульованих кліматичних умов.

Для розробки іонізатора повітря, на базі електромагнітного трансформатора були розроблені структурна і електрична схеми.

Структурна схема складається з таких блоків: живлення, генератор, підсилювач, електромагнітний трансформатор, випрямляч, електрод.

Електрична схема демонструє як підключаються компоненти пристрою, а саме при подачі напруги 12 В, що проходить через керамічний і

електролітичний конденсатор та діод Шотткі, потрапляє і запитує мікроконтролер NE555, який працює у мультівібраторному режимі і виступає в ролі генератора. Генератор подає сигнал, через резистор, на польовий транзистор, який посилює напругу і подає її на електромагнітний трансформатор. Трансформатор видає, через високовольтний керамічний конденсатор і потужний випрямний діод, високу напругу на електрод. Схема складається з сімнадцяти елементів, а саме: мікроконтролер NE555; транзистор (VT1); трансформатор (Tr1); керамічні конденсатори (C1,C3-C5,C7); електролітичні конденсатори (C2,C6); резистори (R1-R4); діоди (VD1-VD3).

Також вибрана елементна база дотримується балансу між ціною, якістю і надійністю, тобто пристрій в міру надійний, виконує свою роботу (іонізацію повітря), та не дуже дорогий по собівартості. Тому було обрано комбіноване застосування компонентів вітчизняної і зарубіжної промисловості.

3 МОДЕЛЮВАННЯ ІОНІЗАТОРА ПОВІТРЯ НА БАЗІ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОГО ТРАНСФОРМАТОРА

Схема іонізатора повітря на базі електромагнітного трансформатора змодельована в пакеті віртуального проектування схем Multisim.

Multisim - це один з інтерактивних емуляторів схем, який дозволяє створювати кращі продукти за мінімальний час. Multisim включає в себе версію Multicap, що робить його ідеальним засобом для програмного опису і подальшого тестування схем.

3.1 Моделювання сигналу генератора

Для роботи пристрою потрібно подати напругу певної частоти сигналу і для цієї задачі ідеально підходить генератор електричного сигналу.

Генератор виконано на базі таймера NE555, який працює у мультівібраторному режимі і видає періодичні імпульси прямокутної форми із заданою амплітудою, тривалістю та частотою, залежно від поставленого завдання.

У формуванні повторюваних імпульсів беруть участь резистори R1, R2 і конденсатор C1. Розрахувати частоту можна за формулою 3.1

$$f = \frac{1}{\ln 2 \cdot (R1 + 2 \cdot R2) \cdot C} = \frac{1}{0,693 \cdot (1800 + 2 \cdot 220000) \cdot 10 \cdot 10^{-9}} = \frac{10^8}{0,693 \cdot 441800} = 326 \text{ Гц} \quad (3.1)$$

Після отримання напруги вказаної вище частоти була змодельована віртуальна модель генератора сигналу, яка зображена на рис. 3.1.

Для ілюстрації роботи мікросхеми до її виводів підключені кожен з чотирьох каналів осцилографа.

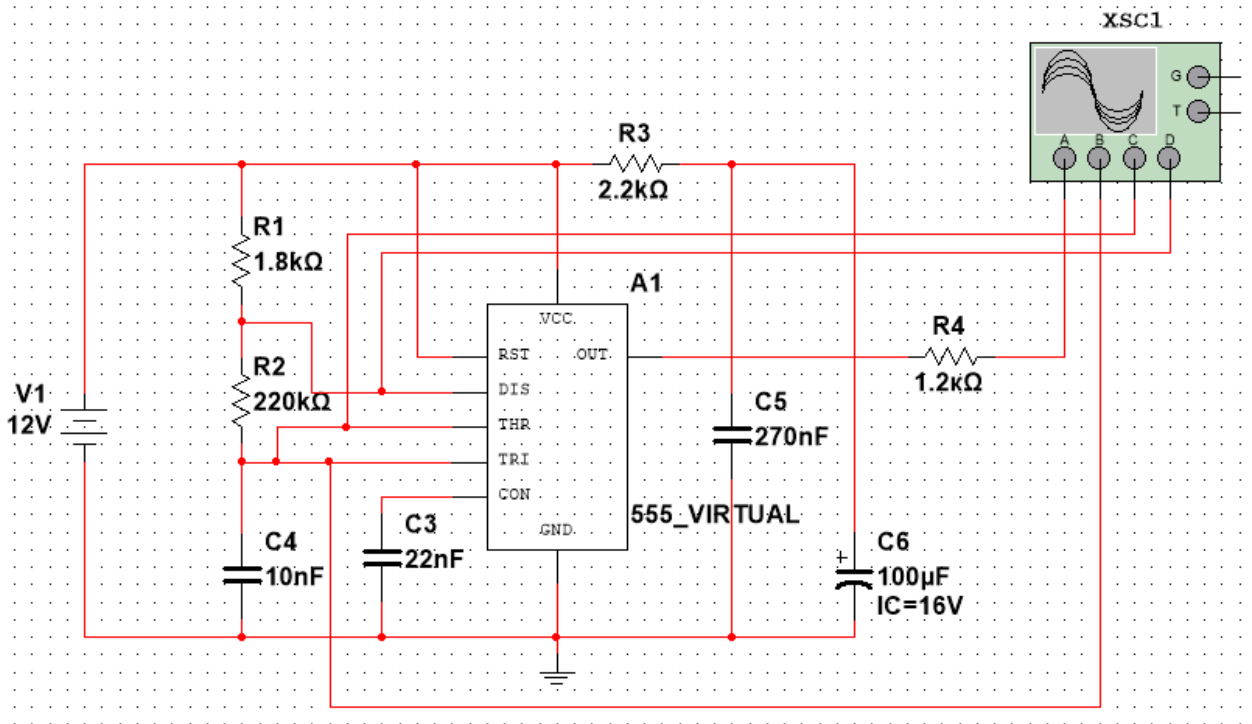


Рисунок 3.1 - Схема для вивчення роботи генератора сигналу

Перший канал (A) осцилографа підключений до третього виводу OUT (рис. 2.5) мікроконтролера NE555.

Другий канал (B) осцилографа підключений до другого виводу TRI (рис. 2.5) мікроконтролера, на який подається імпульс, що приводить до запуску і появи на виході сигналу високого рівня, тривалість якого залежить від номіналу зовнішніх елементів R і C.

Третій канал (C) осцилографа підключений до шостого виводу THR (рис 2.5), який зупиняє роботу тригера і переводить вихід таймера в низький рівень, якщо на другому виводі не буде сигналу, так як TRIG має пріоритет перед THR.

Четвертий канал (D) осцилографа підключений до сьомого виводу DIS (рис. 2.5), який з'єднаний безпосередньо з внутрішнім транзистором, що включений по схемі із загальним колектором. До переходу колектор-емітер підключений конденсатор, який розряджається, поки транзистор знаходиться у відкритому стані.

На рис. 3.2 показано осцилограми сигналів отриманих на екрані осцилографа після підключення до мікросхеми джерела постійної напруги 12 В.

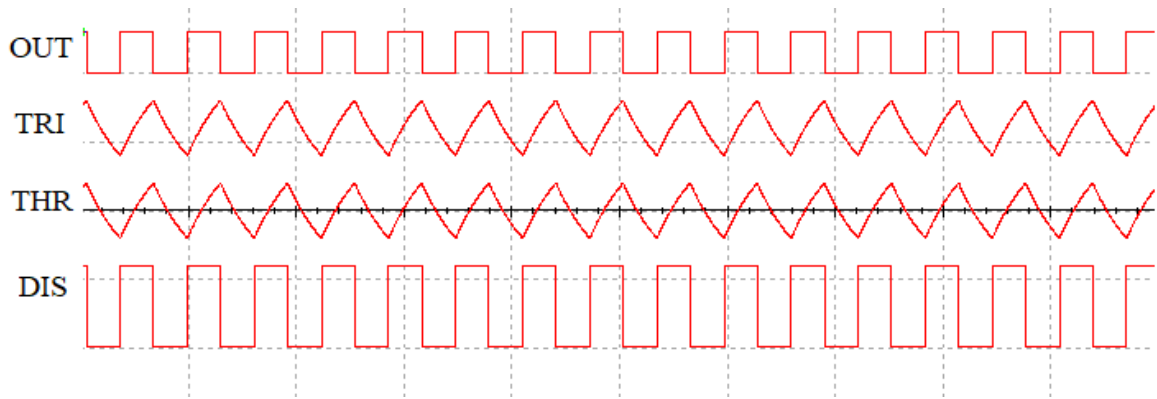


Рисунок 3.2 – Результати, які ілюструють роботу генератора напруги на мікросхемі NE555

(масштаб OUT – 20 V/Div; TRI і THR – 5 V/Div; DIS – 10 V/Div при 5 ms/Div)

На виході генератора (вивід 3) отримано імпульси напруги амплітудою 12 В з періодом тривалістю 1,5 мс при періоді 3 мс.

На виводі TRI (канал B) присутній сигнал трикутної форми амплітудою сигналу 8 В і періодом 3 мс зміщений відносно нуля напруги на 6 В.

На виводі THR (канал C) присутній подібний тому, що і на виводі TRI, але симетричний відносно нуля напруги.

На четвертому каналі (канал D) показано сигнал, що підключений до колектора внутрішнього транзистора і являє собою прямокутні імпульси амплітудою 12 В при періоді 3 мс.

В результаті віртуального моделювання у програмі Multisim, була досягнута працездатність генератора сигналів на базі таймера NE555.

3.2 Моделювання роботи підсилювача сигналу

Наступним етапом моделювання потрібно розробити схему підсилювання сигналу генератора за допомогою польового транзистора.

При моделюванні підсилювача сигналу в бібліотеці програми Multisim не знайшлося польового транзистора 18N20E та його аналогів. Тому було прийняте рішення провести моделювання на транзисторі 2N6659, який був присутній у бібліотеці.

Польовий транзистор 2N6659 відрізняється характеристиками від 18N20E, який бере участь у схемі іонізатора повітря. Тому потрібно визначити параметри сигналів для його підключення.

Модель для дослідження параметрів схеми включення транзистору зображена на рис. 3.3.

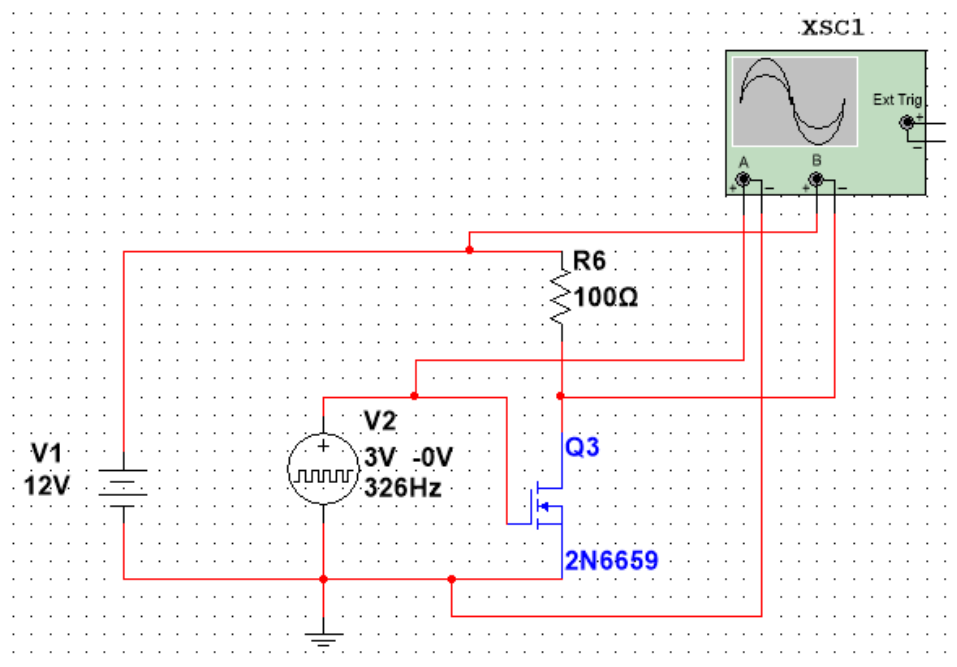


Рисунок 3.3 - Модель для дослідження параметрів схеми включення транзистору

В результаті дослідження було встановлено, що польовий транзистор 2N6659 починає підсилювати напругу, коли до затвор подається напруга 2,8 В. Результати моделювання показали, що при подачі на вхід 2,8 В, на виході отримуємо 11,4 В, тобто досягнуто підсилення напруги близько чотирьох разів.

На рис. 3.4 показані результати отримані в процесі моделювання по схемі на рис. 3.3.

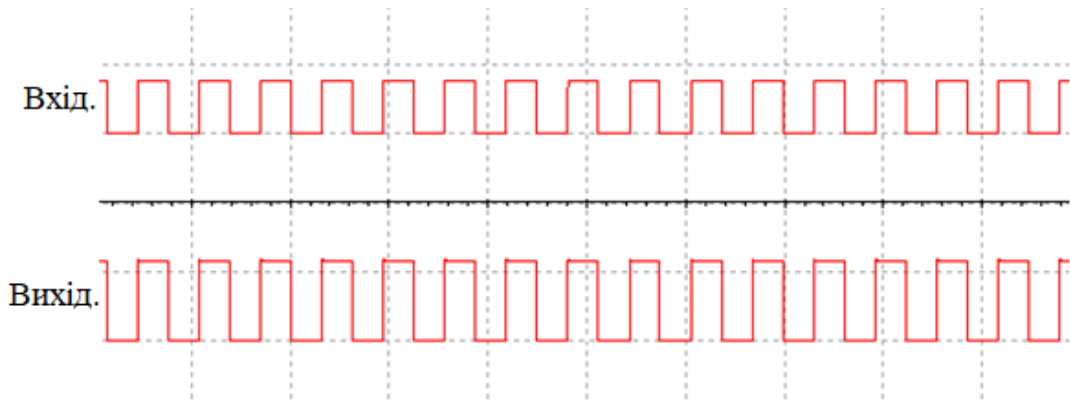


Рисунок 3.4 - Результати моделювання процесу підсилення транзистором 2N6659 по схемі на рис. 3.3

(масштаб Вхід. – 5 V/Div, Вихід. - 10 V/Div при 5 ms/Div)

Тож для коректної схеми іонізатора сигнал з виходу генератора, побудованого на базі мікросхеми NE 555, треба зменшити до рівня не багато вище 2,8 В, наприклад 3,8 В, у той час як генератор побудований на базі таймера NE555 видає 12 В. Для цього використовувався дільник напруги з двох резисторів, які підключені послідовно з опором 390 Ом і 180 Ом.

Віртуальна схема генератора сигналу з транзистором, що підсилює зображена на рис. 3.5 а результати моделювання на рис. 3.6.

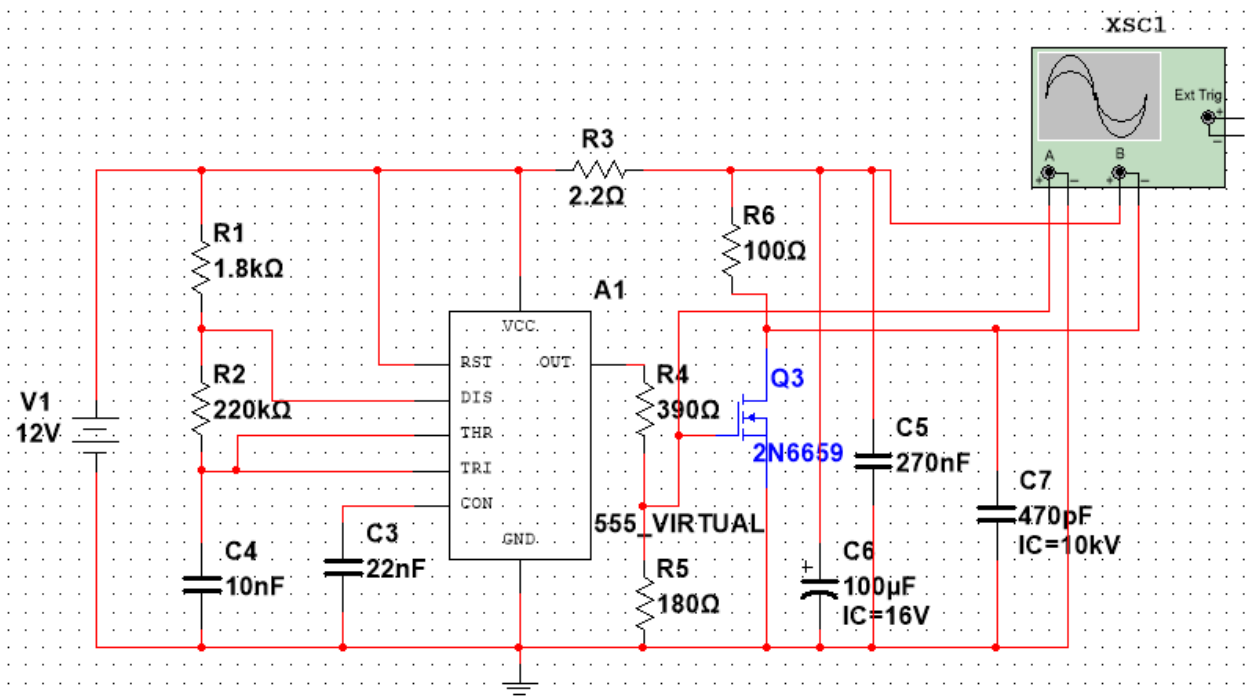


Рисунок 3.5 - Віртуальна схема генератора сигналу з транзистором, що підсилює

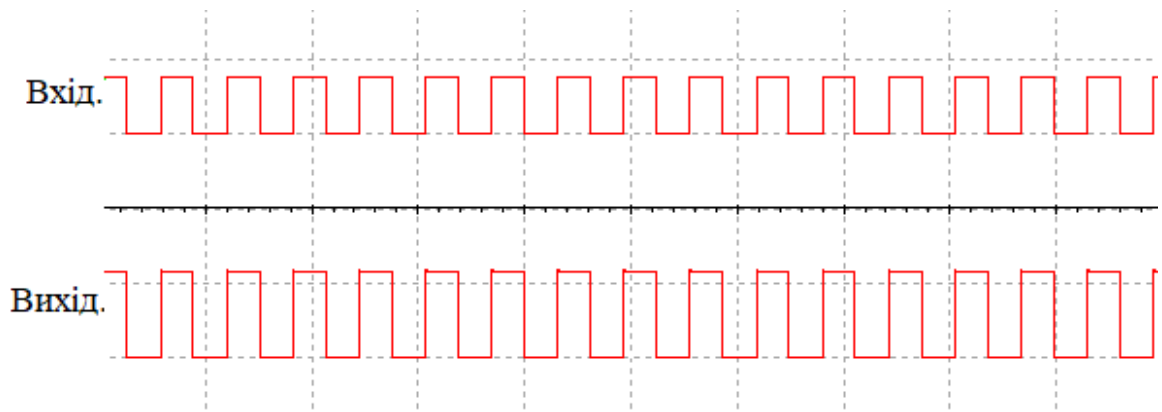


Рисунок 3.6 - Результати моделювання процесу підсилення транзистором 2N6659 по схемі на рис. 3.5 (масштаб Вхід. – 5 V/Div, Вихід. - 10 V/Div при 5 ms/Div).

Таким чином за допомогою моделювання підтверджена можливість підсилення сигналу за допомогою польового транзистора як по напрузі, так і по струму, що дозволяє використати його для подальшої реалізації в схемі іонізатора.

3.3 Моделювання роботи схеми іонізатора повітря на базі електромагнітного трансформатора.

На рис. 3.6 показана віртуальна модель схеми іонізатора повітря, з використанням усіх елементів схеми, а саме: генератора, який створений на базі мікросхеми NE555; підсилювача сигналу на польовому транзисторі; електромагнітного трансформатора та випрямного діода.

В якості навантаження використовується резистор з опором 100 МОм і керамічний конденсатор ємністю 470 пФ.

Для отримання результатів роботи схеми до вторинної обмотці трансформатора підключено осцилограф.

На рис. 3.7 показані результати отримані в процесі моделювання по схемі на рис. 3.6.

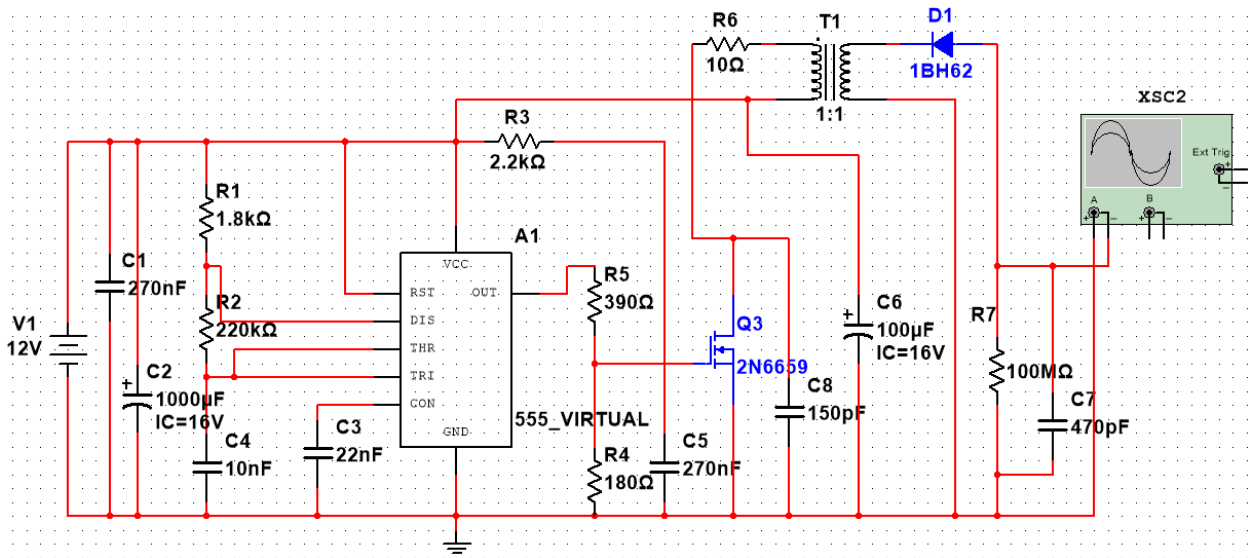


Рисунок 3.6 – Віртуальна модель іонізатора повітря на базі електромагнітного трансформатора

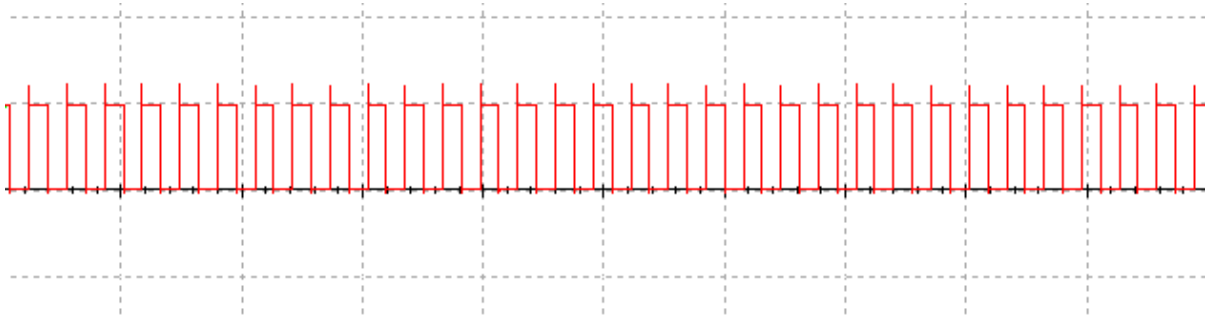


Рисунок 3.7 - Результати моделювання схеми іонізатора повітря, яка зображена на рис. 3.6 (масштаб 10 V/Div при 10 ms/Div).

Отримана осцилограма демонструє, що схема працює і трансформатор дає вихідний сигнал. Але через недосконалість процесу моделювання не вдається збільшити коефіцієнт трансформації на віртуальному трансформаторі до тих значень, на які розрахована реальна схема іонізатора повітря. Внаслідок чого не вдалося отримати остаточний посилений сигнал трансформатора.

Робота трансформатора досліджувалась окремо від основної схеми та її модель зображена на рис. 3.8 і на рис. 3.9 показані результати осцилографа.

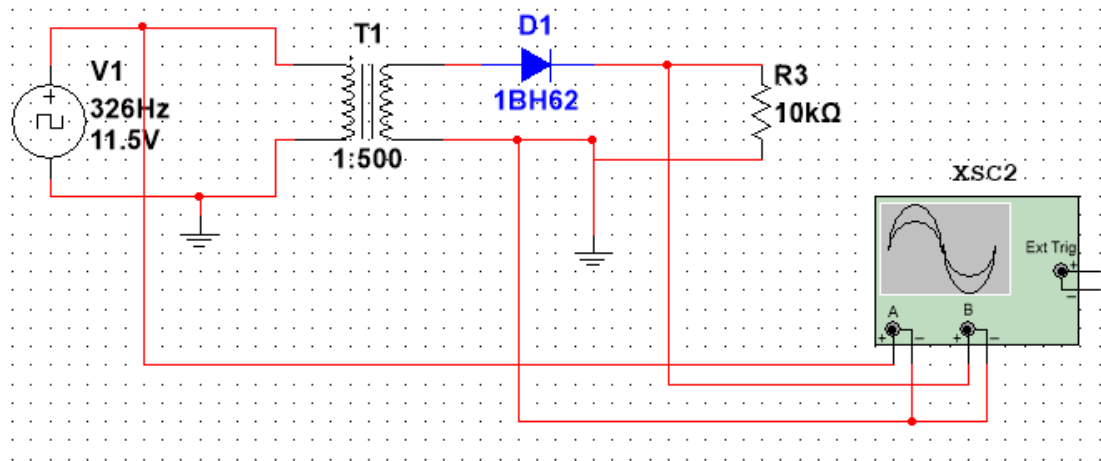


Рисунок 3.8 – Модель для дослідження роботи трансформатора

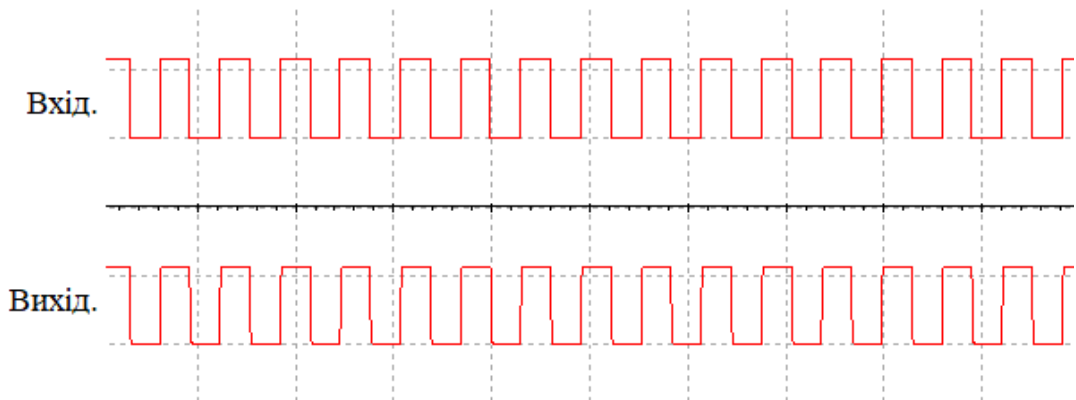


Рисунок 3.9 - Результати моделювання схеми для дослідження роботи трансформатора, яка зображена на рис. 3.8 (масштаб Вхід. – 10 V/Div, Вихід. – 5 kV/Div при 5 ms/Div)

В результаті дослідження було встановлено, що для отримання потрібної напруги, а саме близько 5,5 кВ на виході трансформатора, при подачі генератором на первинну обмотку 11,5 В, треба встановити коефіцієнт трансформації трансформатора на 1:500.

3.4 Висновки

В результаті моделювання вдалося відтворити роботу генератора сингалу на базі мікроконтролера NE555 і розрахувати потрібну частоту, яка складає 326 Гц з напругою 12 В.

Також вдалося змоделювати підсилювач сигналу, який базується на польовому транзисторі. Внаслідок відсутності у бібліотеці програми Multisim потрібного транзистора 18N20E був підібраний найбільш близький аналог 2N6659 та була адаптована схема під його характеристики. В результаті дослідження параметрів транзистора було визначено рівень сигналу, який потрібно подавати для того, щоб він почав посилювати напругу, а саме не менш 2,8 В. Тож в результаті моделювання було показано, що за допомогою цього транзистору вихідний сигнал збільшувався як по напрузі так і по потужності, а саме, при подачі с генератора до затвору транзистора через дільник напруги, 3,8 В на виході отримуємо 11,5 В.

При моделюванні основної схеми іонізатора повітря була показана можливість підключення до схеми електромагнітного трансформатора, але через недосконалість процесу моделювання не вдається збільшити коефіцієнт трансформації на віртуальному трансформаторі до тих значень, на які розрахована реальна схема іонізатора повітря, а саме 1:500, що не дозволило отримати потрібну напругу. Але, у той же час, окреме моделювання транзистора демонструє посилювання сигналу, а саме, при подачі на первинну обмотку трансформатора 11,5 В, отримуємо 5,5 кВ.

4 РОЗРОБКА КОНСТРУКЦІЇ ДРУКОВАНОГО ВУЗЛА

4.1 Розробка конструкції друкованої плати

Розробка конструкції друкованої плати має такі основні стадії:

- вибір і обґрунтування типу друкованої плати;
- вибір і обґрунтування класу точності друкованої плати;
- вибір матеріалу, габаритних розмірів і конфігурації друкованої плати;
- попереднє розміщення навісних елементів;
- трасування провідників і розміщення елементів;
- розробка конструкторської документації друкованої плати.

По конструкції друковані плати діляться на однобічні, двобічні і багатошарові. При виборі друкованої плати враховуємо, що трудомісткість виготовлення друкованої плати із збільшенням числа шарів збільшується, а збільшення площі розташування елементів може привести до перегріву елементів і появи паразитних зв'язків.

У даному пристрої використовується однобічна друкована плата.

Відповідно до ГОСТ 23751-86 [2] друковані плати за точністю виконання елементів діляться на п'ять класів точності. Клас точності визначає граничні розміри і відхилення елементів конструкції друкованих плат.

Літерні позначення розмірів елементів конструкції односторонньої друкованої плати наведено на рис. 4.1.

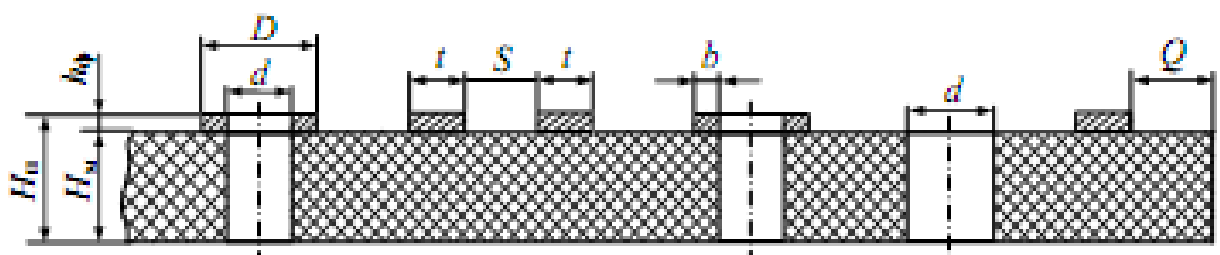


Рис. 4.1 - Однобічна друкована плата

H_p – товщина друкованої плати; H_m – товщина матеріалу основи друкованої плати; h_f – товщина фольги; b - гарантійний пасок; D – діаметр контактної площадки; d – діаметр отвору; S – відстань між краями сусідніх елементів провідного рисунка; t – ширина друкованого провідника; Q – відстань від краю друкованої плати, вирізу, паза до елементів провідного рисунка.

В даному курсовому проекті обраний другий клас точності, так як плати другого класу точності більш надійні і мають меншу вартість, ніж класи вищих рівнів. Плати другого класу точності мають наступні конструктивні параметри:

- мінімальне значення ширини провідника $t = 0,45$ мм;
- мінімальне значення відстані між провідниками $S = 0,45$ мм;
- гарантований поясок $b = 0,2$ мм;
- граничне відхилення діаметра отвору $\Delta d = \pm 0,15$ мм;
- граничне відхилення ширини друкованого провідника $\Delta t = \pm 0,1$ мм;
- допуск на розташування осей отворів $T_d = 0,15$ мм;
- допуск на розташування центрів контактних площадок $T_D = 0,25$ мм.

В якості матеріалу для виготовлення друкованої плати використовується склотекстоліт, облицьований мідної оксидованою фольгою (СФ-1-35). Товщина фольги - 35 мкм. Товщина плати - 1 мм. Робочий діапазон температур: від -60 ° С до $+85$ ° С. Габаритні розміри друкованої плати – 60,96 мм на 55,88 мм.

За ГОСТ 23751 - 86 [2] раціональним розміщенням вважається таке, при якому розподілені рівномірно з урахуванням електричних зв'язків і теплових режимів та забезпеченням мінімальних значень довжин зв'язків, кількості переходів друкованих провідників із шару на шар, а також з

відсутністю або мінімальним рівнем паразитних зв'язків між елементами друкованого вузла.

Правила виконання креслень друкованої плати як деталі встановлені ГОСТ 2.417-91 [3]. Розміри на кресленні друкованої плати вказані за допомогою координатної сітки в прямокутній системі координат. Крок сітки 2,54 мм. Координатна сітка нанесена на частину поверхні друкованої плати. За початок відліку прийнятий лівий нижній кут друкованої плати. Згідно [3] діаметри монтажних отворів повинні вибиратися з ряду значень від 0,4 до 3,0 мм через 0,1 мм виключаючи значення 1,4; 1,9; 2,3; 2,9 мм.

Діаметр отвору під вивід вибирають з умови отримання зазору між виводом і стінкою отвору, що забезпечує капілярне проникнення припою в процесі пайки. Для забезпечення цієї умови різниця між мінімальним значенням діаметра монтажного отвору і максимальним значенням діаметра виводу повинна знаходитися в межах 0,1 ... 0,4 мм. Не рекомендується використовувати більше трьох різних діаметрів монтажних отворів.

Виходячи з перерахованих вище вимог зробимо вибір діаметрів монтажних отворів.

Для елементів з діаметром виводів 0,9 мм, 0,65 мм і 0,75 мм вибираємо діаметр монтажних отворів рівний 1 мм; для елементів з діаметром висновків 0,53 мм, 0,51 мм, 0,5 мм, 0,6 мм, 0,59 мм вибираємо діаметр монтажних отворів рівний 0,7 мм.

Таблиця 4.1 - Вибір діаметрів монтажних отворів.

Елемент	Кількість елементів	Діаметр виводів елемента	Кількість виводів	Кількість монтажних отворів	Діаметр монтажних отворів
1	2	3	4	5	6
Мікроконтролер NE555	1	0,7	8	8	1
Транзистор 18N20E	1	0,9	3	3	1

Продовження таблиці 4.1

1	2	3	4	5	6
Конденсатори					
С330					
270n	2	0,51	2	4	0,7
22n	1	0,51	2	2	0,7
10n	1	0,51	2	2	0,7
DHR					
470пФ	1	0,6	2	2	1
ZLH					
1000мкФ	1	0,6	2	2	0,7
100мкФ	1	0,5	2	2	0,7
Резистори					
CF14	1	0,6	2	2	0,7
CF12	1	0,6	2	2	0,7
PR01	1	0,6	2	2	0,7
Діоди					
SR202	1	0,9	2	2	1
1N4154	1	0,59	2	2	0,7
КЦ106Г	1	0,75	2	2	1

Розміри і конфігурацію кріпильних і інших конструктивних отворів, наприклад, для корпусу навісних елементів, вибирають по [4] у залежності від вимог до конструкції встановленого елемента.

Мінімальний діаметр контактної площадки D навколо монтажного отвору з відомим діаметром d визначається за формулою:

$$D = (d + \Delta d_{B.O}) + 2b_H + \Delta t_{po} + 2\Delta d_{tp} + \sqrt{T_d^2 + T_D^2 + \Delta t_{H.O}^2} \quad (4.1)$$

де $\Delta d_{B.O}$ - верхнє граничне відхилення діаметра отвору (при $d \leq 1$ мм дорівнює $\pm 0,10$ мм, а при $d > 1$ мм дорівнює $\pm 0,15$ мм);

b_H – гарантійний пасок на зовнішньому шарі (0, 20 мм);

$\Delta t_{B.O}$ и $\Delta t_{H.O}$ - верхнє і нижнє граничні відхилення ширини провідника відповідно (0,10 мм);

$\Delta d_{тр}$ – значення підтравлювання діелектрика (для однобічних плат дорівнює нулю);

T_d – допуск на розташування осей отворів для відповідного класу точності і розмірів плати - (для 2 класу точності при розмірі плати по більшій стороні до 180 мм дорівнює 0,15 мм);

T_D – допуск на розташування контактних площадок для відповідного класу точності і розмірів плати (для 2 класу точності при розмірі плати по більшій стороні до 180 мм дорівнює 0,25 мм).

$$D_1 = 0,7 + 0,1 + 2 \cdot 0,2 + 0,1 + 2 \cdot 0 + \sqrt{0,15^2 + 0,25^2 + 0,1^2} = 1,6 \text{ (мм)},$$

$$D_2 = 1 + 0,15 + 2 \cdot 0,2 + 0,1 + 2 \cdot 0 + \sqrt{0,15^2 + 0,25^2 + 0,1^2} = 1,95 \text{ (мм)}.$$

Мінімальне значення номінальної ширини провідника розраховуємо виходячи з допустимої щільності струму (для гальванічної міді 20 А/мм²)

Значення ширини провідника залежить від:

- класу точності друкованої плати;
- від струму, який проходить через друкований провідник.

$$t = \frac{S}{h_{\phi}}, \quad (4.2)$$

де t - ширина провідника, мм;

S - площа друкованого провідника, мм²;

h_{ϕ} - товщина друкованого провідника, мм ($h_{\phi} = 0,05$ мм, так як товщина фольги дорівнює 50 мкм).

Площу друкованого провідника знаходимо за формулою:

$$S = \frac{I}{j}, \quad (4.3)$$

де I - максимальний струм, що протікає через провідник, А;

j - щільність струму, А, мм².

$$S1 = \frac{3}{20} = 0,15 \text{ (мм}^2\text{)};$$

$$S2 = \frac{0,1}{20} = 0,005 \text{ (мм}^2\text{)};$$

$$t1 = \frac{0,15}{0,05} = 3 \text{ (мм)};$$

$$t2 = \frac{0,005}{0,05} = 0,1 \text{ (мм)}.$$

Вибираємо два значення ширини провідника:

- $t1 = 3$ мм;
- $t2 = 1$ мм.

Правила виконання креслень друкованої плати як деталі встановлені ГОСТ 2.417-91 [3].

Розміри і конфігурацію кріпильних, конструктивних технологічних отворів вибираємо по ГОСТ 11284-75 [4].

Діаметр отвору, його умовний знак, діаметр контактної площадки, наявність металізації, кількість отворів об'єднані в табл. 4.2.

Плати друковані представлені в графічній частині проекту.

Таблиця 4.2 - Параметри монтажних отворів і контактних площадок.

Умовне позначення контактних площадок	Діаметр отворів, мм	Наявність металізації в отворі	Кількість отворів	Мінімальний діаметр контактної площадки, мм
	1	Металізація	16	2
	0,7	Металізація	30	1,7
	5	Без металізації	4	-

Перша сторона друкованої плати показана на рис. 4.2 і на рис. 4.3
показана друга сторона друкованої плати.

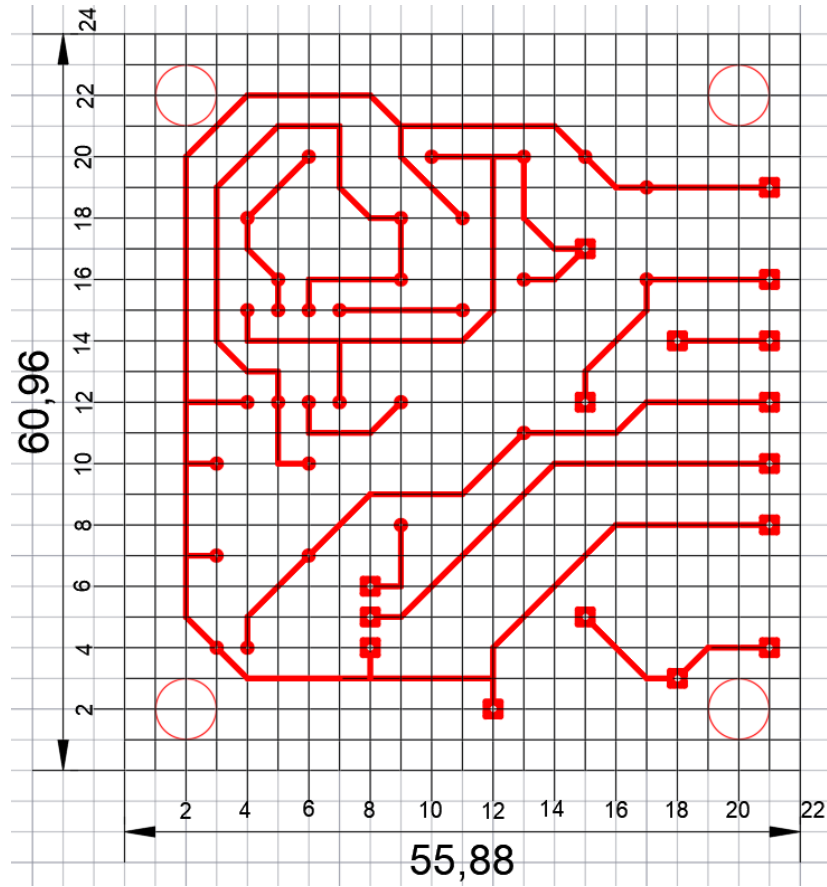


Рисунок 4.2 – Друкована плата (сторона 1)

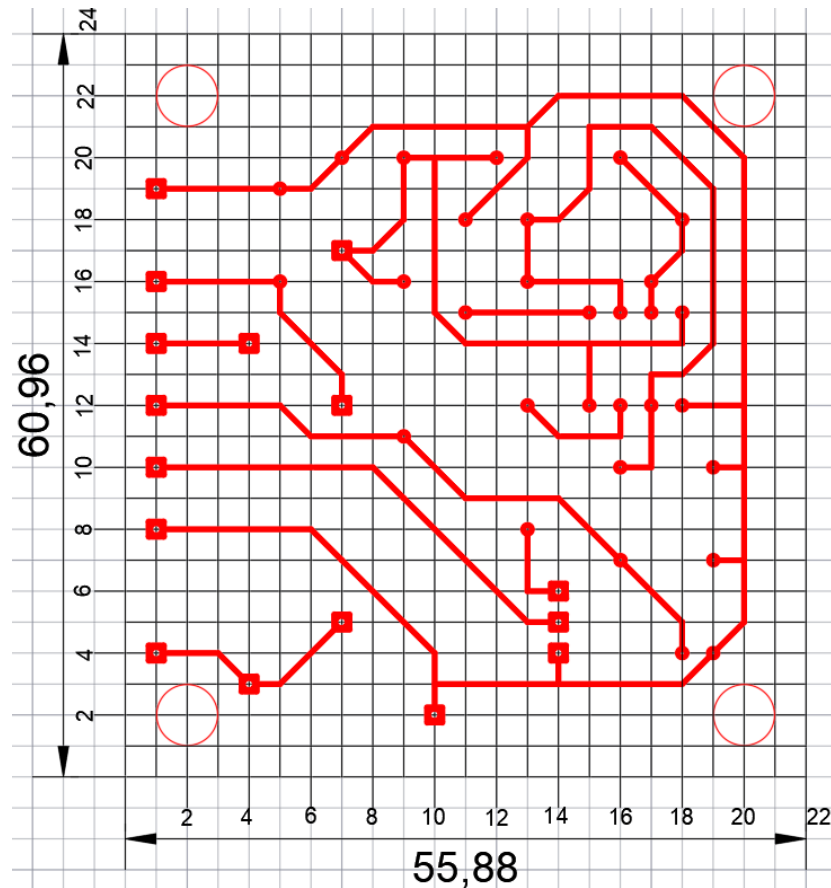


Рисунок 4.3 – Друкована плата (сторона 2)

4.2 Розробка конструкції друкованого вузла

Основними складовими друкованого вузла є друкована плата, навісні й настановні елементи. При необхідності встановлюються додаткові елементи кріплення, охолоджувачі.

Складальне креслення друкованого вузла і специфікацію виконуємо відповідно до ГОСТ 2.413-72 [5].

На складальному кресленні вузла електрорадіоелементи допускається зображати спрощено зовнішніми обрисами.

При нанесенні позиційних позначень на кресленні для складових частин, які є елементом принципової електричної схеми, наноситься позиційне позначення, присвоєної цьому елементу в схемі. Елементом, не зазначених на принциповій електричній схемі, але беруть участь в електричних з'єднаннях для вказівки адрес приєднання провідників

присвоюють чергові позиційні позначення після елементів того ж функціонального призначення, зображених на схемі.

Варіанти установки навісних виробів:

- мінімальний розмір від корпусу елемента до центру кола вигину при формуванні виводів для резисторів і конденсаторів, мікросхем - 1 мм; для транзисторів – 2 мм;

- мінімальний радіус вигину виводів для виводів діаметром від 0,5 до 1 мм включно - 1 мм; для виводів діаметром більше 1 мм - 1,5 мм;

- постійна уніфікована довжина відформованої частині виводу для виводів діаметром понад 0,5 мм до 1,0 мм включно - $4,2 \text{ мм} \pm 0,1$, для виводів діаметром понад 1 мм - $5,7 \pm 0,1$ мм;

- мінімальна довжина ділянки виводу, яка контактує з контактною площадкою - 1 мм;

- глибина формовки 2,5 мм.

При розміщенні елементів на друкованій платі слід дотримуватися таких правил:

- кожен вивід елемента слід встановлювати в окремий монтажний отвір;

- елементи, що встановлюються в монтажні отвори, переважно розташовувати з одного боку друкованої плати.

Складальне креслення пристрою розташовується в графічній частині проекту.

Складальне креслення пристрою показаний на рис. 4.2

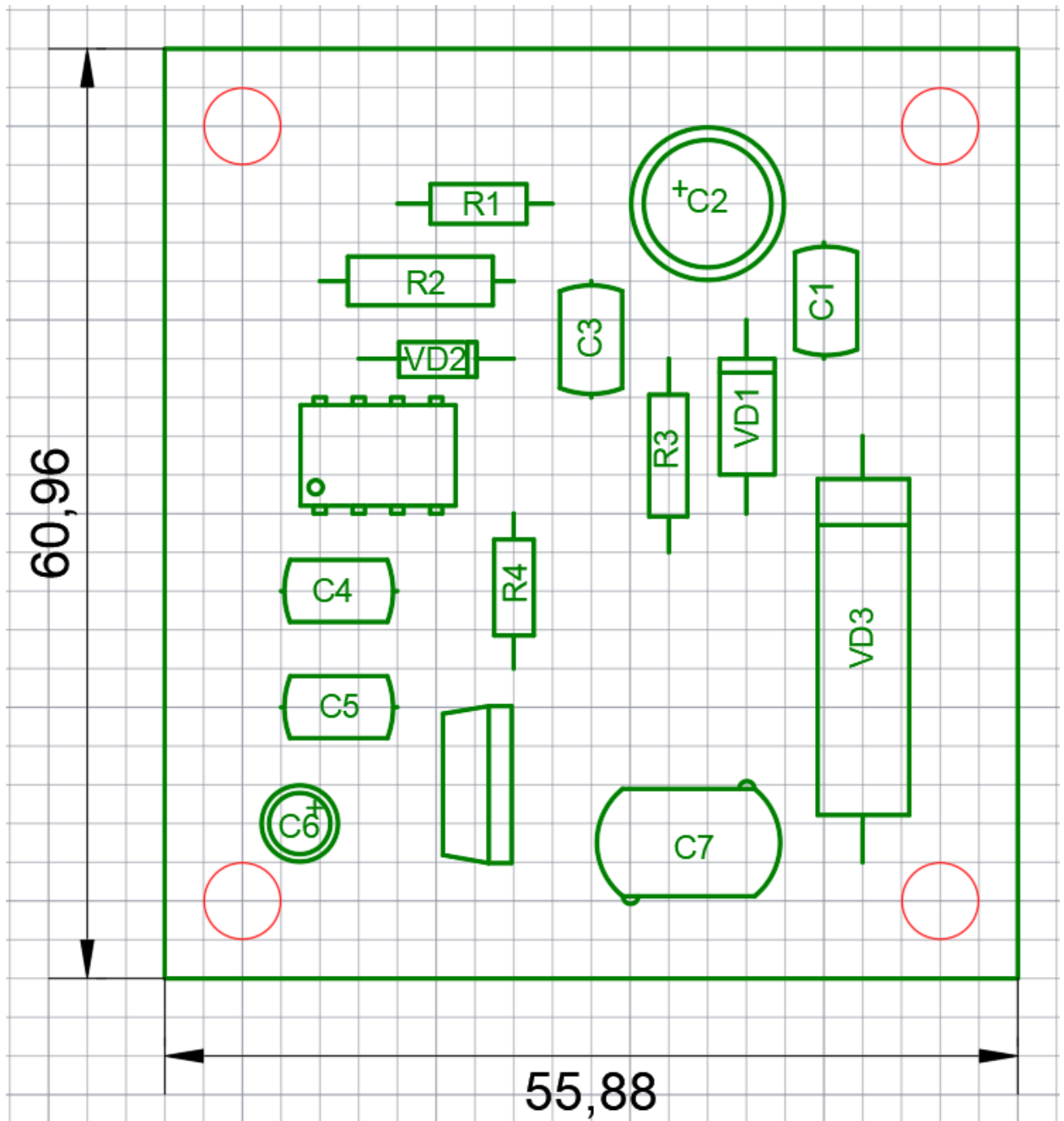


Рисунок 4.2 - Складальне креслення пристрою

4.3 Висновки

Розроблена однобічна друкована плата з другим класом точності.

В якості матеріалу для виготовлення друкованої плати використовується склотекстоліт, облицьований мідної оксидованою фольгою, товщиною 35 мкм.

Габаритні розміри друкованої плати – 60,96 мм на 55,88 мм з товщиною в 1 мм. Розміри друкованої плати вказані за допомогою координатної сітки в прямокутній системі координат. Крок сітки 2,54 мм. Монтажні отвори зроблені з діаметром в 0,7 мм і їх кількість складає 30 отворів, 1 мм – 16 отворів і 5 мм з 4 монтажними отворами.

5 ВИБІР УМОВ ОХОЛОДЖЕННЯ ТА РОЗРАХУНОК ТЕПЛОВОГО РЕЖИМУ

В процесі роботи електронного пристрою температура нагріву його елементів не повинна перевищувати допустимих технічними умовами значень. При конструюванні необхідні температурні умови досягаються застосуванням відповідних умов охолодження і раціональною компоновкою при конструюванні.

Попередній вибір системи охолодження проводиться за допомогою графіків, що характеризують область доцільного застосування різних способів охолодження.

Оцінка проводиться на підставі попередніх даних по величині теплового потоку, що приходить на одиницю площі теплообміну згідно з формулою (5.1).

$$p = \frac{P \cdot k_p}{S_n} \quad (5.1)$$

де P – сумарна розсіювальна потужність електронного пристрою;

k_p – коефіцієнт, що враховує тиск повітря ($k_p = 1$);

S_n – поверхня теплообміну, що визначається геометричними розмірами корпусу електронного пристрою.

$$P = \sum p_i, \quad (5.2)$$

де p_i – потужність кожного елементу окремо.

$$P = 0,06 + 0,1 + 0,25 + 0,25 + 0,5 + 0,275 = 1,435 \text{ Вт.}$$

Корпус проєктованого пристрою прямокутної форми з розмірами: $60,96 \times 55,88 \times 20$ мм.

Коефіцієнт заповнення обсягу $k_3 = 0,8$.

Поверхня теплообміну

$$S_{II} = 2 \cdot [l_1 \cdot l_2 + (l_1 + l_2) \cdot l_3 \cdot k_1] = 2 \cdot [61 \cdot 56 + (61 + 56) \cdot 20 \cdot 0.8] = 0,011 \text{ м}^2 \quad (5.3)$$

Величина теплового потоку на одиницю площі

$$p = \frac{1,435 \cdot 1}{0,011} = 130,$$

$$\lg p = 2,11.$$

Другим параметром оцінки є величина мінімально допустимого перегріву елементів пристрою

$$T_{ПЕР} = T_{MIN} - T_C \quad (5.4)$$

де T_{min} – допустима температура корпусу найменш теплостійкого елемента. $T_{min} = 70 \text{ }^\circ\text{C}$ (NE555);

T_C – температура навколишнього середовища. $T_c = 45 \text{ }^\circ\text{C}$.

$$T_{ПЕР} = 70 - 45 = 25 \text{ }^\circ\text{C}$$

З графіків, розташованих в методичних вказівках до курсового проекту випливає, що найбільш доцільно застосовувати природне повітряне охолодження.

Площа поверхні корпусу пристрою визначається за формулою (6.5).

$$S_k = 2 \cdot [l_1 \cdot l_2 + (l_1 + l_2) \cdot l_3] \quad (5.5)$$

$$S_k = 2 \cdot [l_1 \cdot l_2 + (l_1 + l_2) \cdot l_3] = 2 \cdot [61 \cdot 56 + (61 + 56) \cdot 20] = 0,012 \text{ м}^2$$

Питома потужність розсіювання блоку пристрою

$$P_k = \frac{P}{S_k} = \frac{1,435}{0,012} = 120 \text{ Bm} / \text{m}^2 \quad (5.6)$$

Питома потужність розсіювання блоку пристрою

$$P_s = \frac{P}{S_n} = \frac{1,435}{0,011} = 130 \text{ Bm} / \text{m}^2 \quad (5.7)$$

Перегрів корпусу електронного пристрою, що працює в нормальних кліматичних умовах, щодо навколишнього середовища визначається залежністю (6.8).

$$\Theta_1 = 0,1472 \cdot p_k - 0,2962 \cdot 10^{-3} \cdot p_k^2 + 0,3127 \cdot 10^{-6} \cdot p_k^3, \quad (5.8)$$

$$\Theta_1 = 0,1472 \cdot 120 - 0,2962 \cdot 10^{-3} \cdot 120^2 + 0,3127 \cdot 10^{-6} \cdot 120^3 = 17,66^\circ \text{C}.$$

Перегрів нагрітої зони визначається аналогічною залежністю.

$$\Theta_2 = 0,1390 \cdot p_s - 0,1223 \cdot 10^{-3} \cdot p_s^2 + 0,0698 \cdot 10^{-6} \cdot p_s^3, \quad (5.9)$$

$$\Theta_2 = 0,1390 \cdot 130 - 0,1223 \cdot 10^{-3} \cdot 130^2 + 0,0698 \cdot 10^{-6} \cdot 130^3 = 18,1^\circ \text{C}.$$

Перегрів повітря в пристрої визначається за формулою (5.10).

$$\Theta_g = 0,6 \cdot \Theta_s, \quad (5.10)$$

$$\Theta_g = 0,6 \cdot \Theta_s = 0,6 \cdot 18,1 = 10,86^\circ \text{C}.$$

Температурний режим окремих теплонавантажених елементів залежить від питомої потужності елемента і питомої потужності нагрітої зони.

Мікропроцесор NE555

Потужність елемента $P_{эл} = 0,06$ Вт.

Площа поверхні елемента $S_{эл} = 0,003$ м².

Питома розсіювальна потужність

$$p_{эл} = \frac{P_{эл}}{S_{эл}} = \frac{0,06}{0,003} = 20 \text{ Вт/м}^2.$$

Перегрів поверхні елемента визначається залежністю

$$\Theta_{эл} = \Theta_3 \cdot (0,75 + 0,25 \cdot \frac{p_{эл}}{p_3}) = 18,1 \cdot (0,75 + 0,25 \cdot \frac{20}{130}) = 14,3^\circ\text{C}.$$

Перегрів навколишнього середовища елемента визначається залежністю

$$\Theta_{сп} = \Theta_8 \cdot (0,75 + 0,25 \cdot \frac{p_{эл}}{p_3}) = 10,86 \cdot (0,75 + 0,25 \cdot \frac{20}{130}) = 8,6^\circ\text{C}.$$

Перегрів поверхні елемента визначається залежністю

$$T_{эл} = \Theta_{эл} + T_c = 14,3 + 45 = 59,3^\circ\text{C}.$$

Температура навколишнього середовища елемента

$$T_{сп} = \Theta_{сп} + T_c = 8,6 + 45 = 53,6^\circ\text{C}.$$

Так як температура поверхні елемента менше максимальної робочої

температури, то елемент не перегрівается і працює нормально.

Транзистор 18N20E

Потужність елемента $P_{эл} = 0,1$ Вт.

Площа поверхні елемента $S_{эл} = 0,006$ м².

Питома розсіювальна потужність

$$p_{эл} = \frac{P_{эл}}{S_{эл}} = \frac{0,1}{0,006} = 17 \text{ Вт/м}^2.$$

Перегрів поверхні елемента визначається залежністю

$$\Theta_{эл} = \Theta_з \cdot (0,75 + 0,25 \cdot \frac{p_{эл}}{p_з}) = 18,1 \cdot (0,75 + 0,25 \cdot \frac{17}{130}) = 14,2^\circ\text{C}.$$

Перегрів навколишнього середовища елемента визначається залежністю

$$\Theta_{сп} = \Theta_с \cdot (0,75 + 0,25 \cdot \frac{p_{эл}}{p_с}) = 10,86 \cdot (0,75 + 0,25 \cdot \frac{17}{130}) = 8,5^\circ\text{C}.$$

Перегрів поверхні елемента визначається залежністю

$$T_{эл} = \Theta_{эл} + T_c = 14,2 + 45 = 59,2^\circ\text{C}.$$

Температура навколишнього середовища елемента

$$T_{сп} = \Theta_{сп} + T_c = 8,5 + 45 = 53,5^\circ\text{C}.$$

Так як температура поверхні елемента менше максимальної робочої температури, то елемент не перегрівається і працює нормально.

Резистори CF14

Потужність елемента $P_{эл} = 0,25 \text{ Вт}$

Площа поверхні елемента $S_{эл} = 0,001 \text{ м}^2$

Питома розсіювальна потужність

$$p_{эл} = \frac{P_{эл}}{S_{эл}} = \frac{0,25}{0,001} = 250 \text{ Вт/м}^2$$

Перегрів поверхні елемента визначається залежністю

$$\Theta_{эл} = \Theta_3 \cdot (0,75 + 0,25 \cdot \frac{p_{эл}}{p_3}) = 18,1 \cdot (0,75 + 0,25 \cdot \frac{250}{130}) = 22,3^\circ\text{C} .$$

Перегрів навколишнього середовища елемента визначається залежністю

$$\Theta_{cp} = \Theta_6 \cdot (0,75 + 0,25 \cdot \frac{p_{эл}}{p_3}) = 10,86 \cdot (0,75 + 0,25 \cdot \frac{250}{130}) = 13,4^\circ\text{C} .$$

Перегрів поверхні елемента визначається залежністю

$$T_{эл} = \Theta_{эл} + T_c = 22,3 + 45 = 67,3^\circ\text{C} .$$

Температура навколишнього середовища елемента

$$T_{cp} = \Theta_{cp} + T_c = 13,4 + 45 = 58,4^\circ\text{C} .$$

Так як температура поверхні елемента менше максимальної робочої температури, то елемент не перегрівається і працює нормально.

Резистор CF12

Потужність елемента $P_{эл} = 0,5$ Вт.

Площа поверхні елемента $S_{эл} = 0,003$ м².

Питома розсіювальна потужність

$$p_{эл} = \frac{P_{эл}}{S_{эл}} = \frac{0,5}{0,003} = 167 \text{ Вт/м}^2.$$

Перегрів поверхні елемента визначається залежністю

$$\Theta_{эл} = \Theta_з \cdot (0,75 + 0,25 \cdot \frac{p_{эл}}{p_з}) = 18,1 \cdot (0,75 + 0,25 \cdot \frac{167}{130}) = 19,4^\circ\text{C}.$$

Перегрів навколишнього середовища елемента визначається залежністю

$$\Theta_{сп} = \Theta_с \cdot (0,75 + 0,25 \cdot \frac{p_{эл}}{p_з}) = 10,86 \cdot (0,75 + 0,25 \cdot \frac{167}{130}) = 11,6^\circ\text{C}.$$

Перегрів поверхні елемента визначається залежністю

$$T_{эл} = \Theta_{эл} + T_с = 19,4 + 45 = 64,4^\circ\text{C}.$$

Температура навколишнього середовища елемента

$$T_{cp} = \Theta_{cp} + T_c = 11,6 + 45 = 56,6^\circ C .$$

Так як температура поверхні елемента менше максимальної робочої температури, то елемент не перегрівається і працює нормально.

Діод SR202

Потужність елемента $P_{эл} = 0,03$ Вт.

Площа поверхні елемента $S_{эл} = 0,001$ м².

Питома розсіювальна потужність

$$p_{эл} = \frac{P_{эл}}{S_{эл}} = \frac{0,03}{0,001} = 30 \text{ Вт/м}^2 .$$

Перегрів поверхні елемента визначається залежністю

$$\Theta_{эл} = \Theta_3 \cdot (0,75 + 0,25 \cdot \frac{p_{эл}}{p_3}) = 18,1 \cdot (0,75 + 0,25 \cdot \frac{30}{130}) = 14,66^\circ C .$$

Перегрів навколишнього середовища елемента визначається залежністю

$$\Theta_{cp} = \Theta_в \cdot (0,75 + 0,25 \cdot \frac{p_{эл}}{p_3}) = 10,86 \cdot (0,75 + 0,25 \cdot \frac{30}{130}) = 8,8^\circ C .$$

Перегрів поверхні елемента визначається залежністю

$$T_{эл} = \Theta_{эл} + T_c = 14,66 + 45 = 59,66^\circ C .$$

Температура навколишнього середовища елемента

$$T_{cp} = \Theta_{cp} + T_c = 8,8 + 45 = 53,8^\circ C.$$

Так як температура поверхні елемента менше максимальної робочої температури, то елемент не перегрівається і працює нормально.

Діод 1N4154

Потужність елемента $P_{эл} = 0,175$ Вт.

Площа поверхні елемента $S_{эл} = 0,001$ м².

Питома розсіювальна потужність

$$p_{эл} = \frac{P_{эл}}{S_{эл}} = \frac{0,175}{0,001} = 175 \text{ Вт/м}^2.$$

Перегрів поверхні елемента визначається залежністю

$$\Theta_{эл} = \Theta_3 \cdot (0,75 + 0,25 \cdot \frac{p_{эл}}{p_3}) = 18,1 \cdot (0,75 + 0,25 \cdot \frac{175}{130}) = 19,7^\circ C.$$

Перегрів навколишнього середовища елемента визначається залежністю

$$\Theta_{cp} = \Theta_6 \cdot (0,75 + 0,25 \cdot \frac{p_{эл}}{p_3}) = 10,86 \cdot (0,75 + 0,25 \cdot \frac{167}{130}) = 11,8^\circ C.$$

Перегрів поверхні елемента визначається залежністю

$$T_{эл} = \Theta_{эл} + T_c = 19,7 + 45 = 64,7^\circ C.$$

Температура навколишнього середовища елемента

$$T_{cp} = \Theta_{cp} + T_c = 11,8 + 45 = 56,8^\circ C .$$

Так як температура поверхні елемента менше максимальної робочої температури, то елемент не перегрівається і працює нормально.

Діод КЦ106Г

Потужність елемента $P_{эл} = 0,275$ Вт.

Площа поверхні елемента $S_{эл} = 0,006$ м².

Питома розсіювальна потужність

$$p_{эл} = \frac{P_{эл}}{S_{эл}} = \frac{0,275}{0,006} = 46 \text{ Вт/м}^2 .$$

Перегрів поверхні елемента визначається залежністю

$$\Theta_{эл} = \Theta_з \cdot (0,75 + 0,25 \cdot \frac{p_{эл}}{p_з}) = 18,1 \cdot (0,75 + 0,25 \cdot \frac{46}{130}) = 15,2^\circ C .$$

Перегрів навколишнього середовища елемента визначається залежністю

$$\Theta_{cp} = \Theta_г \cdot (0,75 + 0,25 \cdot \frac{p_{эл}}{p_з}) = 10,86 \cdot (0,75 + 0,25 \cdot \frac{46}{130}) = 9,1^\circ C .$$

Перегрів поверхні елемента визначається залежністю

$$T_{эл} = \Theta_{эл} + T_c = 15,2 + 45 = 60,2^\circ C .$$

Температура навколишнього середовища елемента

$$T_{cp} = \Theta_{cp} + T_c = 9,1 + 45 = 54,1^\circ\text{C}.$$

Так як температура поверхні елемента менше максимальної робочої температури, то елемент не перегрівається і працює нормально.

Таким чином, проведений тепловий розрахунок компонентів демонструє, що найбільш нагрітим елементом схеми є резистори CF14, з температурою в навантаженні $58,4^\circ\text{C}$ та їх температура перегріву поверхні становить $67,3^\circ\text{C}$.

Температура усіх елементів іонізатора повітря не перевищує допустиму, для даного класу пристроїв тому не потребує додаткового охолодження.

6 РОЗРАХУНОК НАДІЙНОСТІ ПРИСТРОЮ

Визначення надійності пристрою здійснюється за методикою розрахунку за раптовими експлуатаційними відмовами по відомим показникам надійності елементів пристрою з урахуванням наступних припущень: відмови елементів статистично незалежні і відмова будь-якого елемента призводить до відмови всього пристрою.

Інтенсивність відмов пристрою визначиться за формулою (6.1).

$$\lambda_c = k_\lambda \cdot \sum_{i=1}^n \alpha_i \cdot \lambda_{0i}, \quad (6.1)$$

де λ_{0i} - інтенсивність відмови i -го елемента;

α_i - поправочний коефіцієнт, що враховує вплив температури навколишнього середовища і електричне навантаження приладу;

$k_\lambda = k_{\lambda 1} \cdot k_{\lambda 2} \cdot k_{\lambda 3}$ - поправочний коефіцієнт, що враховує умови експлуатації пристрою;

$k_{\lambda 1}$ - вплив механічних чинників ($k_{\lambda 1} = 1,07$);

$k_{\lambda 2}$ - вплив кліматичних факторів ($k_{\lambda 2} = 1$);

$k_{\lambda 3}$ - умови роботи при зниженому атмосферному тиску. ($k_{\lambda 3} = 1$).

Мікросхема NE555.

Інтенсивність відмов $\lambda_0 = 1,5 \cdot 10^{-6} \frac{1}{ч}$.

Кількість елементів – 1.

Транзистор 18N20E

Інтенсивність відмов $\lambda_0 = 0,5 \cdot 10^{-6} \frac{1}{ч}$.

Коефіцієнт навантаження $k_H = 0,8$.

Поправочний коефіцієнт $\alpha = 0,72$.

Кількість елементів – 1.

Трансформатор РЕТ-22-15В

Інтенсивність відмов $\lambda_0 = 52 \cdot 10^{-6} \frac{1}{ч}$.

Коефіцієнт навантаження $k_H = 0,7$.

Поправочний коефіцієнт $\alpha = 1,20$.

Кількість елементів – 1.

Керамічні конденсатори

Інтенсивність відмов $\lambda_0 = 0,7 \cdot 10^{-6} \frac{1}{ч}$.

Коефіцієнт навантаження $k_H = 0,7$.

Кількість елементів – 5.

Електролітичний конденсатор ZLN

Інтенсивність відмов $\lambda_0 = 0,9 \cdot 10^{-6} \frac{1}{ч}$.

Коефіцієнт навантаження $k_H = 0,7$.

Поправочний коефіцієнт $\alpha = 1,24$.

Кількість елементів – 2.

Резистори СФ.

Інтенсивність відмов $\lambda_0 = 0,4 \cdot 10^{-6} \frac{1}{ч}$.

Коефіцієнт навантаження $k_H = 0,6$.

Поправочний коефіцієнт $\alpha = 0,32$.

Кількість елементів – 3.

Резистор PR01

Інтенсивність відмов $\lambda_0 = 0,4 \cdot 10^{-6} \frac{1}{ч}$.

Коефіцієнт навантаження $k_H = 0,6$.

Поправочний коефіцієнт $\alpha = 0,32$.

Кількість елементів – 1.

Діод шотткі

Інтенсивність відмов $\lambda_0 = 0,9 \cdot 10^{-6} \frac{1}{ч}$.

Коефіцієнт навантаження $k_H = 0,5$.

Поправочний коефіцієнт $\alpha = 0,97$.

Кількість елементів – 1.

Випрямні діоди

Інтенсивність відмов $\lambda_0 = 0,9 \cdot 10^{-6} \frac{1}{ч}$.

Коефіцієнт навантаження $k_H = 0,7$.

Поправочний коефіцієнт $\alpha = 1,05$.

Кількість елементів – 2.

Плата друкована.

Інтенсивність відмов $\lambda_0 = 0,1 \cdot 10^{-6} \frac{1}{ч}$.

Кількість елементів – 1.

Отже, визначимо інтенсивність відмови пристрою:

$$\lambda_c = 1,07 + 1 + 1 + 10^{-6} \cdot (1,5 \cdot 1 + 0,5 \cdot 0,72 \cdot 1 + 52 \cdot 1,20 \cdot 1 + 0,7 \cdot 0,7 \cdot 5 + 0,9 \cdot 1,24 \cdot 2 + 0,4 \cdot 0,32 \cdot 3 + 0,4 \cdot 0,32 \cdot 1 + 0,9 \cdot 0,97 \cdot 1 + 0,9 \cdot 1,05 \cdot 2 + 0,1 \cdot 1) = 77,379 \cdot 10^{-6}$$

Середнє напрацювання на відмову всього пристрою розраховуємо за формулою (7.2).

$$T_c = \frac{1}{\lambda_c} = \frac{1}{77,379 \cdot 10^{-6}} = 12923 \text{ г} = 4,4 \text{ років} \quad (6.2)$$

Таким чином, проведений розрахунок надійності пристрою показав, що середнє напрацювання на відмову іонізатора повітря складає 12923 годин, тобто 4,4 роки, при восьми годинах роботи за добу.

7 ОХОРОНА ПРАЦІ

Охорона праці - система законодавчих актів, соціально-економічних, організаційних, технічних, гігієнічних і лікувально-профілактичних заходів та засобів, що забезпечують безпеку, збереження здоров'я і працездатності людини в процесі праці.

Повністю безпечних і нешкідливих виробництв немає. Звести до мінімуму ймовірність ураження або захворювання працюючого з одночасним забезпеченням комфорту при максимальній продуктивності праці - це завдання охорони праці.

7.1 Аналіз небезпечних та шкідливих чинників

Реально виробничі умови характеризуються, як правило, наявністю деяких небезпечних і шкідливих чинників. Небезпечні і шкідливі виробничі чинники, що впливають на людину, відповідно до класифікації, приведені в [6].

Небезпечним виробничим чинником називається такий, вплив якого на працюючу в певних умовах людину призводить до травми або до іншого раптового, різкого погіршення здоров'я.

Шкідливим виробничим фактором називається такий, вплив якого на працюючу в певних умовах людину призводить до захворювання або зниження працездатності.

Між небезпечними і шкідливими факторами часто не можна провести чіткої межі. Один і інший фактор може призвести до нещасного випадку.

Виконуючи монтажні та регулювальні роботи при виготовленні підсилювача виникає небезпека ураження електричним струмом. Можливість ураження електричним струмом обумовлена тим, що використане обладнання живиться від мережі змінного струму напругою 220В.

Електричний струм при дії на організм людини може викликати важкі наслідки, аж до смертельних. Дія струму на організм залежить від сили струму, напруги, частоти, тривалості впливу, шляху проходження струму, а також індивідуальних особливостей конкретного організму.

Всі випадки травмування людини струмом зазвичай ділять на дві основні групи: ураження внутрішнього характеру, так звані «електричні удари», і зовнішні місцеві травми-опіки, металізація шкіри, електричні мітки. Можливо і комплексне дію струму, наприклад електричний удар і опік. Найбільшу небезпеку для життя і здоров'я людини представляють внутрішні поразки - електричні удари.

Чим вище напруга, тим менше опір шкіри і більше небезпека ураження. Безпечним для життя людини є напруга не більше 42 В. Напруга 220 В може викликати смертельний результат. Токи високої частоти викликають тільки опіки.

Для запобігання можливості ураження електричним струмом необхідно застосовувати напругу не більше 42 В. Для пониження мережевої напруги 220 до 42 В слід застосовувати понижуючий трансформатор. При підключенні апаратури до цехової мережі слід застосовувати штепсельні роз'єми. У випадку несправності в мережевій проводці необхідно викликати електрика.

Електромонтаж плат підсилювача звукової частоти ведеться за допомогою пайки. До шкідливих і небезпечних факторів у паяльному виробництві відносяться: ультрафіолетове видиме і інфрачервоне випромінювання джерел нагріву і нагрітих деталей.

Захист від ультрафіолетових випромінювань здійснюється дуже просто - їх не пропускає тканина звичайного одягу і окуляри з простим склом. Захист від прямої дії теплових випромінювань здійснюється шляхом екранування - установки термічного опору на шляху теплового потоку.

При пайці високочастотним нагрівом оператор піддається впливу

електромагнітних полів. При роботі електронно-променевих установок, проведенні гамма- та рентгенівського просвічування можлива дія на працівника іонізуючого випромінювання. Джерелами підвищеного шуму є пневмоприводи, генератори, робочі частини вакуумних та інших установок.

До небезпечних виробничих факторів належать викиди розплавленого металу і флюсу, стиснуті гази, рухомі механізми та вироби.

При пайці, напилюванні, виплавці припоїв і флюсів в навколишнє середовище поступають шкідливі аерозолі, що містять у складі твердої фази оксиди металів (марганцю, хрому, нікелю, заліза, міді, титану, алюмінію), а також токсичні гази (окис вуглецю, фтористі, хлористі, бромисті з'єднання, окисли азоту). У складі аерозолів можуть бути складові флюси та припої, що містять свинець, кадмій, цинк, олово, вуглеводні, каніфоль. Пари припою, флюсу викликають алергічні реакції, подразнення сечовивідних шляхів та нирок, збуджує ЦНС.

При травленні, лакуванні, знежирюванні і пайці використовують спирт етиловий УФ 231, клей БФ-4, бензин. Пари цих речовин роблять на організм людини токсичну дію, яка проявляється у вигляді захворювань шкіри, подразнення, всілякої хвороби верхніх дихальних шляхів. Робітники скаржаться на головний біль, нудоту, поганий апетит, набряк повік.

Для поліпшення діелектричних властивостей основи плати, на неї методом розпилення наносять 5-6 шарів епоксидної смоли з сушкою кожного шару. При полімеризації смол в повітря виділяються пари епітхлоргідріда, тому епоксидна смола викликає зміни в легенях, печінці та нирках, легко проникає через неушкоджену шкіру і викликає гостре і хронічне отруєння. У 20% виявлено ознаки ураження бронхіальної-легеневої системи, виявлені ураження серцевого м'яза. Робочі страждають також порушеннями з боку шлунково-кишкового тракту і печінки.

Перед гальванічним мідненням провідники деколірують в 5-10% розчині соляної кислоти. Слід побоюватися попадання кислоти на шкіру рук, тому

що це може призвести до опіків, розвитку наривів і виразок, важким дерматитом. Деколіровання проводиться за допомогою пристосування. У разі потрапляння кислоти на руки, слід рясно (не менше 10 хвилин), промити місце попадання проточною водою, потім помити руки з милом.

За ступенем впливу на організм людини шкідливі речовини підрозділяються на чотири класи небезпеки:

- речовини надзвичайно небезпечні (I клас небезпеки);
- речовини високо небезпечні (II клас небезпеки);
- речовини помірно небезпечні (III клас небезпеки);
- речовини мало небезпечні (IV клас небезпеки).

Клас небезпеки шкідливих речовин встановлюють залежно від норм і показників, наведених у таблиці 7.1. Віднесення шкідливої речовини до класу небезпеки виробляють за показником, значення якого відповідає найбільш високому класу небезпеки.

Таблиця 7.1 – Норми і показники шкідливих речовин

Найменування показника	Норма для класу небезпеки			
	I	II	III	IV
ПДК шкідливих речовин у повітрі робочої зони, мг/м ³	< 0,1	0,1 – 1,0	1,0 - 10	> 10
Середня смертельна концентрація в повітрі, мг/м ³	< 500	500-5000	5000-50000	> 50000

Захист робітників від впливу шкідливих речовин здійснюється за допомогою заходів, які в ряді випадків слід застосовувати комплексно.

Основні з них: автоматизація і механізація процесів, що супроводжуються виділенням шкідливостей; вдосконалення технологічних процесів та їх раціоналізація; вдосконалення конструкцій обладнання, при яких виключається або різко зменшується шкідливі виділення.

Гранично допустима концентрація (ГДК) шкідливих речовин наведені в таблиці 7.2.

Таблиця 7.2 – ГДК шкідливих речовин

Назва речовини	ПДК, мг/м ³	Клас небезпеки
Оксид марганцю	0,05	I
Оксид хлору	0,01	I
Оксид нікелю	0,05	I
Оксид заліза	6	IV
Оксид міді	0,5	II
Оксид титану	10	IV
Оксид алюмінію	6	IV
Оксид вуглецю	20	IV
Фтор	0,03	I
Хлор	1	II
Бром	0,5	II
Оксид азоту	2	III
Свинець	0,01	I
Кадмій	0,01	I
Цинк	0,2	II
Олово	0,2	II
Каніфоль	15	IV
Спирт етиловий	1000	IV
Бензин	100	IV
Епітхлоргідрит	1	II
Соляна кислота	5	III

При пайці на працюючих також впливають такі шкідливі виробничі фактори як підвищена запиленість і загазованість робочої зони і статичне навантаження на руку.

Підвищена запиленість і загазованість надає шкідливий вплив на організм людини, викликають зниження працездатності, збільшують травматизм і сприяють виникненню професійних захворювань.

Забезпечення нормативних значень параметрів повітря робочої зони (таблиці 7.3 та 7.4) досягається за допомогою застосування систем вентиляції та кондиціонування. Найбільш поширеним і ефективним способом уловлювання шкідливих речовин безпосередньо біля місць їх утворення є застосування аспіраційних пристроїв, зокрема місцевих відсмоктувачів.

Таблиця 7.3 – Оптимальні норми температури, відносної вологості і швидкості руху повітря в робочій зоні приміщення

Період року	Температура повітря, °С	Відносна вологість повітря, %	Швидкість руху повітря, м/с
Холодний та перехідний періоди	20 - 23	60 - 40	<0,2
Теплий період	22 - 25	60 - 40	<0,2

Таблиця 7.4 – Допустимі норми температури, відносної вологості і швидкості руху повітря в робочій зоні приміщення

Період року	Температура повітря, °С	Відносна вологість повітря, %	Швидкість руху повітря, м/с
Холодний та перехідний періоди	19 - 25	<75	<0,2
Теплий період	24 - 28	75 - 55	0,2 - 0,5

Значення освітлення в процесі життєдіяльності і особливо виробничої діяльності велике. При незадовільному освітленні зорова здатність очей знижується і можуть з'явитися такі захворювання як короткозорість, різь в очах, катаракта та інші.

Згідно з діючими нормами проектування виробничого освітлення СНиП П-4-79 роботи, що виконуються при виготовленні підсилювача звукової частоти на польових транзисторах, відносяться до розряду III – в роботи високої точності, пов'язані з розгляданням об'єктів найменшого розміру 3 – 5 мм на середньому фоні при середній контрастності об'єкта з фоном.

Норми освітленості в приміщенні наведені в таблиці 7.5

Таблиця 7.5 – Норми освітлення в приміщенні, де виготовляється підсилювач звукової частоти

Вид приміщення	Площина нормування освітленості	Освітленість робочих поверхонь, лк	Коефіцієнт природної освітленості $e_{н}^{пн}$, %	
			За бокового освітлення, e_{min}	За верхнього комбінованого освітлення, $e_{сер}$
Цех	$\Gamma - 0,8$	200	1,0	3

Раціональне освітлення робочих місць і приміщень створює у працівників певний психологічний тонус, попереджує зорову і загальну втому, сприяє високопродуктивній праці.

7.2 Інструкція з охорони праці для монтажника радіоапаратури і приладів

Загальні положення

- До самостійної роботи в якості монтажника радіоапаратури і приладів допускаються: особи чоловічої і жіночої статі, які досягли 18 років; пройшли медичний огляд і допущені за станом здоров'я до роботи; пройшли навчання за професією; пройшли вступний інструктаж і первинний інструктаж на робочому місці, засвоїли безпечні методи і прийоми виконання робіт; пройшли перевірку знань в обсязі I групи з електробезпеки, а монтажники, що виробляють прозвонку кабелів, схемних джгутів - не нижче II групи.

- Монтажник радіоапаратури і приладів зобов'язаний: дотримуватися правил внутрішнього трудового розпорядку; не курити, не розпивати спиртні напої на робочому місці.

- Робота повинна здійснюватися в спеціальному одязі (з використанням засобів індивідуального захисту) відповідно до встановлених норм.

- Щоб уникнути ураження електричним струмом: не торкайтеся до електророзподільних щитів, електропроводці, клем і іншої струмоведучих

частин; не відкривайте дверцята електророзподільних, приладових шаф (збірок); не знімайте огорожі та захисні кожухи з струмоведучих частин обладнання; не виконуйте самі будь - який ремонт струмоведучих або частин обладнання, що може виявитися під напругою.

- Під час роботи будьте уважні, не відволікайтеся сторонніми справами і розмовами, а також не відволікайте інших.

- Про всі виявлені несправності, припинивши роботу, повідомте майстру.

- Монтажник радіоапаратури і приладів повинен: уміти надавати першу долікарську допомогу потерпілому при нещасних випадках; знати, де знаходиться аптечка з набором медикаментів, і при необхідності забезпечити доставку (супровід) потерпілого до лікувальної установи; дотримуватися правил санітарної та особистої гігієни; не брати їжу на робочому місці.

- Працівник несе персональну відповідальність за порушення вимог інструкції відповідно до законодавства України.

Вимоги безпеки перед початком роботи

- Підготуйте засоби індивідуального захисту, перевірте їх справність. Одягніть спецодяг, застебніть його на всі гудзики.

- Переконайтеся в роботі місцевого відсмоктування.

- Переконайтеся (за маркуванням), що розетки для паяльника (електрообжигалки) мають напругу не більше 42 В.

- Перевірте освітленість робочого місця; розташуйте світильник так, щоб при виконанні роботи світло не зліпило очі.

Уважно огляньте робоче місце і приведіть його в порядок: приберіть всі зайві і заважаючи роботі предмети; необхідні інструменти, пристосування і прилади розташуйте в зручному і безпечному порядку, дотримуючись принципу: що береться лівою рукою, повинно знаходитися ліворуч, а те, що береться правою - праворуч; встановіть сидіння в зручне для роботи

положення, щоб при виконанні робочих операцій не доводилося робити зайвих рухів руками і корпусом тіла.

- Переконайтеся у справності монтажного інструменту (паяльника, бокорізів, пінцета, тощо): з'єднувальний провід паяльника не має зламів, надійно ізолюваний по всій довжині, має справну штепсельну вилку; стрижень не качається; рукоятка не має тріщини; плоскогубці і пінцет повинні бути з рискою; люфт плоскогубців не повинен перевищувати допустимої норми - 0,3 мм.

- Переконайтеся в тому, що на робочих місцях різання монтажних проводів, шнурів вручну маються екрани для захисту від відлітаючих частинок.

- Підготуйте спеціальну тару для зберігання припою, флюсу, а також знежирюючих речовин. Тара повинна бути з небиткого, стійкого до впливу хімічних речовин матеріалу, мати щільно закриваються кришки і чіткі написи про її вміст. Тара повинна бути встановлена в спеціальні металеві підставки з гніздами осторонь від паяльника. Кількість легкозаймистих рідин не повинна перевищувати змінну потребу.

- Перед лудінням кінців проводів в тиглях переконайтеся в тому, що тиглі (ванночки) встановлені в керамічних або металевих деках з бортиками і розміщені у місцях, обладнаних місцевим відсмоктуванням, або у витяжній шафі.

Вимоги безпеки під час виконання роботи

- Роботи з монтажу або демонтажу виробів, пов'язані з небезпекою засмічення очей (різання монтажних проводів, виводів радіоелементів, тощо) справляєте на обладнаних захисними екранами робочих місцях або в захисних окулярах.

- Різання проводів, перекрутки проводів на автоматі, напівавтоматі та інших верстатах робите при встановленому захисному екрані. Зміна режимів

роботи верстата, виправлення становища дроту проводите після відключення верстата і повної зупинки його рухомих частин.

- Відкушування проводів, висновків радіоелементів кусачками (бокорезами), а також зняття поліхлорвінілових трубок з роз'ємів, затяжку проводів, джгутів стрічкою і інші подібні роботи із застосуванням пінцетів, плоскогубців виробляєте рухом "від себе".

- Зачистку проводів електрообжигом робите при працюючому місцевому відсмоктувачі. Роботу проводите в напальчниках. Руки тримайте на безпечній відстані від розпеченої нитки або дротяної петлі.

- Флюс на деталі, що паяються наносите тонким шаром, щоб уникнути утворення бризок.

- Лудіння кінців проводів зануренням в тигель з розплавом справляєте на спеціальному робочому місці при працюючому місцевому відсмоктуванні або у витяжній шафі. Не допускайте попадання вологи щоб уникнути виплеску припою. Слідкуйте за тим, щоб кінці проводів перед луженням були добре просушені.

- Слідкуйте за рівнем розплаву в тиглі: він повинен бути (з урахуванням обсягу занурювального матеріалу) на 3 - 5 мм нижче верхнього зрізу тигля. Не допускається переносити тигель з розплавленим припоєм щоб уникнути отримання опіків.

- Деталі занурюйте в розплав плавно, не допускаючи утворення бризок.

- Періодично очищайте поверхню розплавленого середовища від шлаку (нагару) за допомогою спеціального інструменту (ложок, лопаток, тощо) з ручками з матеріалу, непровідного тепло. Не використовуйте для цієї мети випадкові предмети (картон, папір, гетинакс тощо). Складайте шлак у спеціально призначену для цього металеву тару.

- При роботі паяльником: роботи проводите при напрузі не вище 42 В; не визначають ступінь нагрівання жала паяльника на дотик щоб уникнути опіку; зайвий припій з жала паяльника видаляйте спеціальними серветками; провід, що припаюється або обслужується притримуйте пінцетом; за

відсутності механічної подачі припою беріть його пінцетом; паяльник, що знаходиться в робочому стані, тримаєте в зоні місцевого відсмоктування; при перервах у роботі паяльник розміщуйте на спеціальну підставку і відключайте його від мережі.

- Не розміщуйте паяльник, обжигалки поблизу флюсу, спирту та інших ЛЗР щоб уникнути загоряння.

Вимоги безпеки після закінчення роботи

- Вимкніть від електромережі пристосування для випалу (або верстат для зачистки ізоляції), паяльник та інше обладнання, на якому вироблялася робота.

- Приведіть у порядок робоче місце.

- Зніміть спецодяг. Приберіть засоби індивідуального захисту, спецодяг у встановлене місце.

- Вимийте обличчя, руки теплою водою з милом.

Вимоги безпеки в аварійних ситуаціях

- Негайно припинити роботу при виникненні ситуацій, які можуть призвести до аварії або нещасних випадків: відключити використовуване обладнання.

- При виникненні пожежі чи загоряння працівник зобов'язаний: негайно повідомити про це в міську пожежну службу за телефоном 01, вказавши адресу об'єкту і що горить, і керівнику об'єкта; вжити заходів щодо забезпечення безпеки та евакуації людей; приступити до гасіння пожежі за допомогою наявних на об'єкті первинних засобів пожежогасіння; після прибуття підрозділів пожежної служби повідомити їм необхідні відомості про вогнище пожежі та заходи, вжиті по його ліквідації; на період гасіння пожежі працівник повинен забезпечити охорону з метою виключення розкрадання матеріальних цінностей.

- Надати необхідну першу долікарську допомогу потерпілому на виробництві, звільнивши його від дій травмуючого фактору (електроструму, механізмів, тощо).

- При отриманні травми на виробництві негайно звернутися до лікувальної установи, повідомити про подію безпосередньому керівнику, зберегти робоче місце без змін на момент отримання травми, якщо це не загрожує оточуючим і не призведе до аварії.

7.3 Заходи пожежної безпеки

Згідно [7] за вибухопожежної та пожежної небезпеки виробнича ділянка монтажу та зборки печатного вузла відноситься до категорії В.

Виробництва категорії Б (пожежонебезпечні) характеризуються наявністю горючих рідин з температурою спалаху парів вище 61 °С включно, горючого пилю або волокон, нижня межа вибуховості яких понад 65 г/м³ до об'єму повітря, речовин, здатних тільки горіти при взаємодії з водою, киснем повітря або один з одним, твердих горючих речовин і матеріалів.

Згідно СНиП II-М.2-72 [8] приміщення виконані з будівельних конструкцій II та III ступенів вогнестійкості. Згідно стандарту СЕВ 382 -76 по групі займистості приміщення відносяться до важкозгораємих.

До заходів з пожежобезпеки належать: застосування засобів пожежної сигналізації та пожежогасіння, заходи щодо пожежної профілактики.

До заходів щодо пожежної профілактики відносяться: робочі місця, призначені для знежирення деталей у ЛЗР і ГР обладнані місцевими витяжними пристроями; використання бортового відсмоктувача; обробка деталей та виробів в кислотах і органічних розчинниках виробляється в різних приміщеннях, так як при їх з'єднанні утворюється вибухонебезпечна суміш; на всіх ділянках робіт, де застосовуються легкозаймисті речовини, є вивішені плакати та технологічні інструкції, складені з урахуванням пожежної безпеки; ЛЗР зберігаються в посуді з герметичними кришками

(пробками), відкривають тільки в момент користування ЛЗР; електричні паяльники та електричні обжигалки забезпечуються спеціальними термостійкими діелектричними підставками; випалювання решт контактних проводів проводиться у вогнетривкій витяжній шафі; після закінчення зміни відключається електроенергію.

Пожежна сигналізація забезпечується застосуванням оповісників АТСМ – 1(автоматичний тепловий сповіщувач максимальної дії), в яких замикання контактів відбувається в слідстві теплової деформації біметалічної пластинки. Оповісники працюють при заданих температурах – 80 °С і мають розрахункову площу обслуговування в приміщеннях 15 м².

Для розміщення первинних протипожежних засобів у приміщенні цеху на кожні 200 м² встановлюються спеціальні пожежні щити типу ЩП – В у склад яких входять: два повітряно - пінні вогнегасника типу ОВП -10; один порошковий вогнегасник типу ОП-10; лом; відро; лопата штикова; лопата совкова; один кусок щільного полотна (азбест, волок) розміром 2 на 1,5 м.

Пожежний щит розміщений на видному та легкодоступному місці, ближче до виходу з приміщення. Поряд зі щитом розміщені один ящик з піском обсягом 0,5 м³ та бочка для зберігання води обсягом 0,3 м³.

7.4 Висновки

Покращення умов праці та розробка і застосування правил щодо охорони праці дозволяє значно підвищити результативність труда, уникнути пошкодження здоров'я людей та зберегти матеріальну базу підприємства.

ВИСНОВОК

Для боротьби з проблемою забезпечення повітря негативними іонами використовуються іонізатори різних типів, серед яких найбільш популярним і універсальним виявився електроефлювіальний іонізатор з принципом дії коронного розряду.

Кліматичне виконання пристрою відноситься до категорії – У та відноситься до третьої категорії розміщення. Також вибрана елементна база дотримується балансу між ціною, якістю і надійності з комбінованим застосуванням компонентів вітчизняної і зарубіжної промисловості.

В результаті моделювання вдалося відтворити роботу генератора сингалу на базі мікроконтролера NE555 і розрахувати потрібну частоту, яка складає 326 Гц з напругою 12 В. Також вдалося провести моделювання підсилювача сигналу. Процес моделювання був показаний на найбільш близькому аналогу польового транзистора 18N20E, а саме на 2N6659 і були виявлені його параметри, при яких транзистор починав підсилювати сигнал а саме не менш 2,8 В і в результаті, при подачі с генератора до затвору транзистора через дільник напруги 3,8 В, на виході отримуємо 11,5 В. При моделюванні основної схеми іонізатора повітря була показана можливість підключення до схеми електромагнітного трансформатора, але через недосконалість процесу моделювання, отримати потрібний результат вдалося тільки на окремій схемі тестування трансформатора і його значення коефіцієнту трансформації складає 1:500. Тож при подачі 11,5 В отримуємо 5,5 кВ.

Розроблена однобічна друкована плата на склотекстоліті, облицьований мідної оксидованою фольгою, товщиною 35 мкм, з габаритними розмірами 60,96 мм на 55,88 мм і товщиною в 1 мм. Крок сітки складає 2,54 мм. Діаметри отворів розроблені трьох різновидів, а саме 0,7 мм, 1 мм і 5 мм.

Проведений тепловий розрахунок компонентів показав, що найбільш нагрітим елементом схеми є резистори CF14, з температурою в навантаженні 58,4 °C та їх температура перегріву поверхні становить 67,3 °C. Температура усіх елементів іонізатора повітря не перевищує допустиму і не потребує додаткового охолодження.

Розрахунок надійності показав, що середній наробіток на відмову пристрою складає 12923 годин, тобто 4,4 років при восьми годинах роботи за добу.

Також при виконанні дипломного проекту були розглянуті вимоги охорони праці, які дозволяють значно підвищити результативність труда, уникнути пошкодження здоров'я людей та зберегти матеріальну базу підприємства.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. ГОСТ 15150-69. Машины, прилади та інші технічні вироби. Виконання для різних районів. Категорії, умови експлуатації, зберігання і транспортування в частині впливу кліматичних факторів зовнішнього середовища. Введ. 01.01.70.
2. ГОСТ 23751-86. Плати друковані. Основні параметри конструкції. - Введ. 01.07.87.
3. ГОСТ 2.417-91. ЕСКД. Плати друковані. Правила виконання креслень. - Введ. 01.07.92.
4. ГОСТ 11284 – 75. Отвори крізні під кріпильні деталі. Розміри. –Введ. 01.01.77
5. ГОСТ 2.413-72. Правила виконання конструкторської документації виробів, виготовлених із застосуванням електричного монтажу. - Введ. 01.01.77.
6. ГОСТ 12.1.007-76 Класифікація і загальні вимоги безпеки. – Введ. 10.03.1976. УДК 351.777.5:658.382.3:006.354
7. ОНТП 24-86 «Визначення категорій приміщень і будинків по вибухопожежної і пожежної небезпеки» Введ. 1.01.87
8. СНиП II-М.2-72 “Виробничі будівлі промислових підприємств. Норми проектування”. – Введ. 01.01.1987.
9. ГОСТ 10317 – 79. Друковані плати. Основні розміри. – Введ. 01.01.80.
10. ГОСТ 10316-78. Гетинакс і фольгований склотекстоліт. Технічні умови. – Введ. 01.01.79.
11. ГОСТ 4 ГО.010.030 – 81. Установка навісних елементів на друковані плати. Конструювання.– Введ. 01.01.83.
12. ДСТУ 2779-94. Монтаж електричний радіоелектронної апаратури та приладів. Загальні технічні вимоги до формування висновків і до установки виробів електронної техніки на друковані плати. – Введ.01.01.96.

13. ГОСТ 12.0.003-74 Небезпечні і шкідливі виробничі фактори. Класифікація. – Введ. 01.01.1976. УДК.389.6.658.382.3:006.354. Група Т58
14. ГОСТ 12.1.005-88 «Повітря робочої зони. Загальні санітарно-гігієнічні вимоги». – Введ. 01.01.1989.
15. ДСН 3.3.6.042-99 Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. – Введ. 01.12.1999.
16. СНиП 2.04.0591*У Опалення, вентиляція і кондиціонування. – Введ. 01.01.1996
17. Охорона праці в електроустановках: підручник для вузів / під ред. Б. А. Князевського Изд. 3-е, перепрац. и доп. М., «Энергоатомиздат», 1983, 336 с. іл.
18. Опис мікросхеми NE555. Електроніка. URL: <https://ledjournal.info/spravochnik/ne555-datasheet.html#multivibrator> (дата звернення: 12.02.2020)