СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

імені ВОЛОДИМИРА ДАЛЯ

(м. Сєвєродонецьк)

Факультет Інформаційних технологій та електроніки .

(повне найменування факультету)

Кафедра Електронних апаратів .

(повна назва кафедри)

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до дипломної роботи

освітньо-кваліфікаційного рівня магістр .

(бакалавр, спеціаліст, магістр)

спеціальності 171 – Електроніка .

(шифр і назва спеціальності)

на тему Іонізатор повітря на базі п’єзоелектричного трансформатора

Виконав: студент групи Ел-20дм .

Камінський О.В. .

(прізвище, та ініціали) (підпис)

Керівник Паеранд Ю.Е. . .

(прізвище та ініціали) (підпис)

Завідувач кафедри Паеранд Ю.Е. . .

(прізвище та ініціали) (підпис)

Рецензент . ..

(прізвище та ініціали) (підпис)

Сєвєродонецьк - 2021

СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

імені ВОЛОДИМИРА ДАЛЯ

(м. Сєвєродонецьк)

Факультет Інформаційних технологій та електроніки .

Кафедра Електронних апаратів .

Освітньо-кваліфікаційний рівень магістр .

(бакалавр, спеціаліст, магістр)

Спеціальність 171 – Електроніка .

. (шифр і назва)

|  |
| --- |
| ЗАТВЕРДЖУЮ  Завідувач кафедри ЕА  \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ Ю.Е. Паеранд “\_\_\_\_” \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ 2020 року |

З А В Д А Н Н Я

НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Камінського Олександра Володимировича .

(прізвище, ім’я, по батькові)

1. Тема роботи Іонізатор повітря на базі п’єзоелектричного трансформатора.

керівник проекту (роботи) Паеранд Юрій Едуардович, к.т.н., професор .

(прізвище, ім’я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від “22” 10.2021 року №160/15.14.

2. Строк подання студентом проекту (роботи) 15.12.2021 .

3. Вихідні дані до роботи Матеріали науково-дослідної практики .

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

1) Аналітичний огляд

2) Особливості використання п’єзотрансформаторів

3) Розробка та обгрунтування електричних схем іонізатора

4) Розробка конструкції іонізатора

5) Охорона праці

5. Дата видачі завдання 01.09.2021 .

**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| №  з/п | Назва етапів дипломної роботи | Строк виконання етапів роботи | Примітка |
| 1 | Загальний розгляд питань і завдань | 01.09.21 - 19.09.21 |  |
| 2 | Аналітичний огляд | 20.09.21 - 30.09.21 |  |
| 3 | Особливості використання п’єзотрансформаторів | 01.10.21 - 10.10.21 |  |
| 4 | Обґрунтування і опис схеми | 15.10.21 - 31.10.21 |  |
| 5 | Розробка і розрахунок електричної схеми іонізатора | 01.11.21- 09.11.21 |  |
| 6 | Тепловий розрахунок і розрахунок надійності | 10.11.21- 19.11.21 |  |
| 7 | Розробка конструкції іонізатора | 20.11.21 - 30.11.21 |  |
| 8 | Охорона праці | 01.12.21 - 07.12.21 |  |
| 9 | Оформлення пояснювальної записки | 08.12.21 - 14.12.21 |  |
| 10 | Передача роботи на перевірку та рецензування | 15.12.21 - 19.12.21 |  |

Студент Камінський О.В. .

(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник проекту (роботи) Паеранд Ю.Е. .

(підпис) (прізвище та ініціали)

ЗМІСТ

|  |  |
| --- | --- |
| Вступ…………………………………………………………………...…….. | 6 |
| Розділ 1. Аналітичний огляд………………………....................... | 7 |
| 1.1 Актуальність іонізації……………………………………........…....... | 7 |
| 1.2 Прилади для штучної іонізації повітря……………..……................. | 10 |
| 1.3 Принцип дії електроеффлювіального іонізатора…………………... | 17 |
| 1.4 Висновки за розділом………………………………………………… | 21 |
| РОЗДІЛ 2. Особливості використання п’єзотрансформаторів……………………………………………… | 23 |
| 2.1 П’єзотрансформатори. Особливості конструкції ………………….. | 23 |
| 2.2 Використання п’єзотрансформаторів в електронних схемах…......... | 27 |
| 2.3 Висновки за розділом………………………………………………… | 35 |
| РОЗДІЛ 3. РОЗРОБКА ТА ОБГРУНТУВАННЯ ЕЛЕКТРИЧНИХ СХЕМ ІОНІЗАТОРА………………………………………………………. | 36 |
| 3.1 Розробка та обґрунтування електричної структурної схеми іонізатора повітря…………………………………………………………… | 36 |
| 3.2 Розробка та обґрунтування електричної принципової схеми іонізатора повітря…………………………………………………………… | 37 |
| 3.2.1 Блок живлення………………………………………………….. | 39 |
| 3.2.2 П’єзотрансформатор……………………………………………. | 43 |
| 3.2.3 Генератори……………………………………………………… | 45 |
| 3.2.4 Підсилювальний каскад………………………………………... | 47 |
| 3.2.5 Діодний помножувач…………………………………………… | 53 |
| 3.2.6 Зворотний зв’язок………………………………………………. | 54 |
| 3.3 Розрахунок вузлів принципової схеми іонізатора повітря…………. | 55 |
| 3.3.1 Розрахунок блока живлення…………………………………… | 55 |
| 3.4 Висновки за розділом………………………………………………… | 64 |
| РОЗДІЛ 4. РОЗРОБКА КОНСТРУКЦІЇ ІОНІЗАТОРА…………………... | 66 |
| 4.1 Визначення вимог по стійкості до механічних і кліматичних впливів пристрою…………………………………………………………… | 66 |
| 4.2 Вибір елементної бази та попередня компоновка конструкції електронного пристрою…………………………………………………….. | 66 |
| 4.2.1 Елементна база………………………………………………….. | 67 |
| 4.3 Розробка конструкції друкованої плати……………………………... | 86 |
| 4.4 Розробка конструкції друкованого вузла………………………........ | 93 |
| 4.5 Вибір умов охолодження та розрахунок теплового режиму пристрою…………………………………………………………………...... | 94 |
| 4.6 Розрахунок надійності пристрою……………………………………. | 104 |
| 4.7 Висновки за розділом………………………………………………… | 106 |
| РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ……………………………………………... | 108 |
| 5.1 Виявлення і аналіз шкідливих і небезпечних чинників……………. | 108 |
| 5.2 Захист від шкідливих чинників………………………………………. | 109 |
| 5.3 Забезпечення виробничої безпеки………………………………….... | 118 |
| СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ…………………………………... | 123 |

**ВСТУП**

Все життя людини нерозривно пов'язана c атмосферним повітрям. Причому для нормальної життєдіяльності він повинен задовольняти багатьом параметрам. Температура, вологість, тиск, процентний вміст вуглекислого газу, ступінь забрудненості лише мала частина параметрів, від яких залежить життєдіяльність. При їх відхиленні від норми у людини може погіршитися працездатність, самопочуття і здоров'я в цілому.

Найчастіше на робочих місцях, де людина проводить більшу частину часу неможливо підтримувати нормальну атмосферу. Закриті вікна, велика кількість людей в приміщенні, різна електрична техніка, все це викликає негативний вплив на навколишнє атмосферу. У такі моменти згадується чисте заміське повітря, який особливо після грози стає, як здається, дуже легким і чистим. Чому ж це відбувається і чи можна це штучно влаштувати в приміщенні.

Радянський біофізик А.Л. Чижевський експериментально встановив факт протилежної фізіологічної дії позитивних і негативних іонів в повітрі на живі організми, застосував штучну аероіоніфікацію. Згодом Чижевським був створений електронний прилад - аероіоніфікатор, що підвищує концентрацію негативних аероіонів кисню в повітрі. Цей прилад отримав назву «люстра Чижевського», завдяки якому з часом з’явилося багато приладів з різними методами іонізації повітря.

**РОЗДІЛ 1**

**Аналітичний огляд**

* 1. **Актуальність іонізації повітря**

На людину повсякденно впливає одночасно складний комплекс багатьох факторів навколишнього середовища. Причому одні з них впливають постійно, інші періодично і практично ніколи не діють ні один з них ізольовано. За останнє століття було висунуто припущення, що якість повітря в значній мірі пов'язано з рівнем його іонізації, яка відіграє суттєву роль при гігієнічній оцінці повітряного середовища як в приміщеннях, так і в природних умовах.

Атмосферне повітря, яким ми дихаємо, завжди несе на частини своїх молекул електричні заряди. Процес виникнення заряду на молекулі називається іонізацією, а заряджена молекула - легким іоном або аероіоном. Якщо іонізована молекула осіла на частці рідини або порошині, то такий іон називається важким. Іони повітря бувають двох зарядів - позитивним і негативним.

У повітрі завжди є різні включення у вигляді дрібних пилинок - аерозолів, водяної пари та інших сторонніх домішок. Зустрічаючи на шляху руху ці зважені в повітрі частки, легкі іони з'єднуються з ними, і передають їм свій заряд. В результаті таких з'єднань частинок утворюються єдині заряджені частинки, які отримали назву важких іонів.

Проблема недостатньої іонізації повітря має велике значення на здоров'я і самопочуття людини, вважаючи аероіонний режим важливим критерієм якості атмосферного повітря і повітря закритих приміщень, що підтверджується великим числом спостережень, які свідчать про певну залежність між рівнями іонізації повітря і функціональним станом організму людини; тим більше що концентрації іонів у вдихуваному повітрі нижче мінімально необхідних і вище максимально допустимих рівнів створюють загрозу здоров'ю людини [1].

Ступінь і характер іонізації повітря можуть бути непрямим показником гігієнічного стану повітря. Це і визначило актуальність проведення поглиблених гігієнічних досліджень рівнів іонізації повітряного середовища атмосферного повітря і повітря закритих приміщень з метою виявлення факторів, що впливають на зменшення концентрації легких іонів і розробкою надалі заходів з охорони навколишнього середовища і здоров'я населення.

В повітрі міст число легких іонів може впасти до 50-100, а важких - зрости до десятків тисяч в 1 куб. см. Важкі іони шкідливі для здоров'я людини, а легкі, особливо негативні, мають благотворні і цілющі властивості.

Іони, які знаходяться у повітрі, утворюються з нейтральних молекул під впливом ультрафіолетового випромінювання. У природі утворення іонів відбувається постійно; в чистій сільській місцевості концентрація іонів зазвичай коливається між 700 і 1000 іонів / см3. У забруднених регіонах і, особливо, в приміщеннях концентрація іонів вкрай низька - 40 - 100 іонів / см3 [2].

Концентрація іонів в приміщенні визначається присутністю іонізуючого випромінювання (переважно за рахунок радону), різних заряджених поверхонь і ступенем забрудненості повітря мікрочастинками. В чистому повітрі вміст позитивних іонів не набагато перевищує кількість негативних (переважання в 1,2 рази); в забрудненому – частка позитивних іонів значно збільшується (в 10 і більше разів), що призводить до погіршення самопочуття, зниження працездатності та концентрації уваги і ослаблення імунітету людини. Вентиляція має вкрай важливе значення для підтримки оптимального співвідношення іонів в повітрі приміщення.

Іонізація повітря полягає в насиченні його електрозарядженими частинками - іонами. В основі іонізації лежать ті ж процеси, що і при впливах іонізуючих випромінювань. Зовнішня енергія, що впливає на атоми і молекули складових елементів повітря, вибиває з їх зовнішньої оболонки негативно заряджену частинку - електрон або кілька електронів, в результаті чого залишкова частина атома або молекули отримує позитивний заряд. Вільні електрони і позитивно заряджена інша частина атома або молекули не можуть тривалий час перебувати не в зв'язковому стані і незабаром, зустрічаючись на шляху свого руху з нейтральними атомами або молекулами, з'єднуються з ними, та надають їм відповідний заряд, тобто утворюють негативні і позитивні іони. Таким чином, кожен атом, що іонізується або молекула утворюють пару протилежного знаку іонів. Ці первинно заряджені атоми або молекули отримали назву легких іонів. Вони можуть складатися з одного атома, або молекули, або з декількох однойменних.

У природних умовах іонізація кисню відбувається за рахунок ультрафіолетового випромінювання сонця. Більшість людей, проводячи до 90% часу в приміщенні (офіс, квартира, транспорт) практично начисто позбавляє себе негативних іонів кисню, оскільки повітря закритого приміщення, в якому знаходиться хоча б одна людина, поступово набуває позитивний заряд.

Разом з постійною природною або штучною іонізацією повітря відбувається постійне знищення іонів. В основному цей процес відбувається в результаті з'єднань позитивних і негативних іонів, які нейтралізують один одного. Крім того, знищення іонів має місце внаслідок адсорбції їх, тобто осідання на твердих поверхнях, дифузії - самовільного пересування від місця їх утворення і інших факторів.

Пил та інші забруднення не тільки забруднюють повітря, але також і знижують концентрацію іонів кисню. Додатковими джерелами позитивних іонів є електропобутові прилади, в першу чергу екрани телевізорів і монітори комп'ютерів, велика скупченість людей та електронагрівальні прилади.

Недолік легких негативних іонів гнітюче позначається на окисно-відновних процесах в організмі людини, тварин і рослин, на підтримці процесу гомеостазу та стані імунної системи. Єдиний вихід із ситуації - використання системи штучної іонізації й очищення повітря. Аероіонізатор, збагачуючи повітря приміщень аероіонами, наближає його по своїх якостях до повітря морських і гірських курортів, хвойних борів і соляних печер, компенсує недостатність аероіонів, що має на організм людини благотворний вплив. Негативна аероіонізація може надати не тільки антиінфекційне, а й детоксикуючий вплив при ряді інфекційних процесах.

**1.2 Прилади для штучної іонізації повітря**

Для вирішення проблеми недостатньої іонізації повітря використовують прилади, за допомогою яких здійснюється штучна іонізація. Вони мають назву – іонізатори.

В сучасних іонізаторах повітря вироблення аероіонів відбувається за рахунок процесу іонізації, який здійснюється за різними наступними механізмами:

- гідроіонізація - утворення негативно зарядженого іона кисню відбувається за рахунок переходу молекул води з рідкого в газоподібний агрегатний стан, в ході якого Н2О розпадається на позитивні і негативні гідроіони;

- ударна іонізація - утворення негативно зарядженого іона кисню відбувається при зіткненні нейтральної молекули кисню з електронами, атомами і іншими іонами;

- фотоіонізація - утворення негативного іона кисню відбувається при зіткненні нейтрального атома з фотоном світла;

- термічна іонізація - утворення негативних іонів відбувається за рахунок численних зіткнень рухомих елементарних частинок, спровокованих високою температурою.

Прилади для очищення повітря поділяють на дві категорії - активні та пасивні. Перші оснащуються вентилятором, який проганяє повітря крізь корпус приладу, що дозволяє рівномірно поширюватися іонам по всьому приміщенню. Недолік подібних пристроїв в їх шумності і більш високому споживанні енергії. Іонізатор активного типу показаний на рисунку 1.1.



Рисунок 1.1 – Активний іонізатор

Пасивний іонізатор не має власного вентилятора. Він взагалі безшумний. При аналізі якості повітря найвища концентрація іонів знаходиться поблизу приладу. Чим далі від пристрою, тим негативно і позитивно заряджених частинок менше. Пасивний іонізатор показаний на рисунку 1.2.



Рисунок 1.2 – Пасивний іонізатор

Крім того, іонізатори поділяються на два наступних типу, в залежності від того, які види аероіонів вони здатні генерувати:

- уніполярні іонізатори - виробляють тільки негативно заряджені аероіони;

- біполярні іонізатори - виробляють і негативно, і позитивно заряджені аероіони.

Уніполярні і біполярні іонізатори мають різну сферу застосування. Так, в нормі в повітрі повинні бути і позитивно, і негативно заряджені іони, але в сучасних приміщеннях, як правило, спостерігається різкий надлишок позитивних і дефіцит негативних. Така ситуація складається через широкого використання електроприладів (телевізори, комп'ютери, холодильники, фени, праски, мобільні телефони), які насичують повітря позитивними іонами. Тому уніполярні іонізатори рекомендується застосовувати в приміщеннях, де працює будь-яка електротехніка, щоб наситити повітря негативними аероіонами і врівноважити тим самим вироблення позитивних іонів. А біполярні іонізатори рекомендується використовувати з спальних приміщеннях, де мало електротехніки і потрібно просто наситити повітря і негативними, і позитивними іонами.

Залежно від механізму дії, іонізатори можуть бути таких типів:

*Гідроіонізатор* - в процесі своєї роботи виділяють певну кількість озону, який при зіткненні з молекулами води сприяє появі електрично зарядженому «водяному пилу». Сфера використання гідроіонізаторов досить специфічна і обмежується виробництвом медикаментозних електроаерозолі з дрібнодисперсним розпиленням препаратів. Він показаний на рисунку 1.3.



Рисунок 1.3 – Гідроіонізатор

*Плазмовий іонізатор* - прилад забезпечує горіння спирту в металевому посуді, до якого приєднаний джерело напруги. В ході горіння утворюється кисень, а джерело напруги видає електрони, які приєднуються до молекули О2, роблячи їх негативно зарядженими аероіонами. Технологія «холодна плазма» компенсує всі мінуси звичайного іонізатора. Вона не генерує магнітні поля, не призводить до утворення щільного шару пилу, не вимагає додаткових фільтрів, видаляє неприємні запахи. Це дієвий і практично позбавлений недоліків пристрій, який втілює торжество сучасних технологій. Однак його вартість буде вище, ніж у випадку з іонізатором. Плазмовий іонізатор показаний на рисунку 1.4.



Рисунок 1.4 – Плазмовий іонізатор

*Термічний іонізатор* - починає діяти завдяки накалювання дроту, що призводить до утворення вільних електронів. Вони, в свою чергу, приєднують молекули кисню, утворюючи негативно заряджені аероіони.

*Іонізатор на радіоактивному і ультрафіолетовому випромінюванні* - прилад видає потік активних частинок, які, стикаючись з киснем повітря, віддають йому електрони і роблять молекулу негативно зарядженими аероіонами. Ультрафіолетові прилади працюють на принципі альфа-, бета-, гамма- і рентгенівського випромінювання, яке здатне генерувати іони. Такі моделі використовуються в медичних установах для антибактеріальної обробки і очищення питної води. Крім того, ультрафіолетові іонізатори сприяють швидшому затвердінню лаку, смол і полімерних субстанцій, проте даний ефект заснований не на іонізації, а на дії фотонів, що руйнують молекули речовин, що опромінюються і призводять до ефекту руйнування поверхневих шарів. Тож через утворення великої кількості озону і оксиду азоту вони призначені виключно для професійної діяльності і для побутового використання не підходять. Радіоізотопні іонізатори використовуються в пожежних датчиках, в яких завдяки іонізації відбувається розпізнавання іонів абсорбційних частинок - диму, газів і аерозолів. При їх наявності провідність повітря підвищується, і датчик подає звуковий сигнал тривоги. Такі іонізатори показані на рисунку 1.5.



Рисунок 1.5 – Ультрафіолетовий іонізатор

*Коронноразрядний іонізатор* - прилад видає потужні електричні розряди, подібні до блискавок, в результаті яких в навколишнє середовище виділяється велика кількість вільних електронів. Ці електрони з'єднуються з молекулами кисню, утворюючи негативні аероіони. У порівнянні з ультрафіолетовими приладами коронні біполярні більш кращі. Уніполярні іноді називають шкідливими, так як вони можуть сприяти виникненню побічних явищ. Коронні біполярні агрегати не займають багато місця, так як мають компактні розміри. Вони створені для вироблення іонів в маленьких приміщеннях, їх можна розташувати в будь-якому місці, вони екологічні і здатні в короткий час насичувати повітря. Коронноразрядний іонізатор показаний на рисунку 1.6.



Рисунок 1.6 – Коронноразрядний іонізатор

*Електроеффлювіальний іонізатор* (люстра Чижевського) - прилад має гострі голки, на які подається висока напруга, внаслідок чого з кінчиків голок буквально стікають вільні електрони. Ці електрони з'єднуються з молекулами кисню і утворюють негативно заряджені аероіони. На думку багатьох саме подібні пристрої найкраще підходять для домашнього застосування, так як вони виділяються безпекою, відсутністю виділення радіоактивних частинок, озону і гідроперекисів. Такі прилади поліпшують самопочуття людини, позбавляючи від хронічної втоми і слабкості а також їх радять для очищення повітря людям, що страждають від патологій дихальної системи - від бронхіту, астми, коклюшу та туберкульозу (тільки на початковому етапі розвитку). Застосування приладу актуально і при алергії, підвищеному кров'яному тиску і нестабільному емоційному тлі. Прилад очищає повітря, нівелюючи дію шкідливих бактерій, але перенасичення кисню негативно зарядженими іонами саме по собі може завдати шкоди здоров'ю людини. Тільки збалансованість всіх елементів повітря дозволить уникнути такого результату, як додаткове навантаження на організм, через що в цілому може погіршитися самопочуття, а також погіршення роботи дихальної системи і порушення роботи серця. Електроеффлювіальний іонізатор показаний на рисунку 1.7.



Рисунок 1.6 – Електроеффлювіальний іонізатор

Для штучного насичення негативними аероіонами повітря приміщень найкращим чином підходять електроеффлювіальні іонізатори, оскільки вони безпечні, не виділяють шкідливий для людини озон, гідроперекис, радіоактивні частинки, тощо. Також цілком непогані для використання в побуті і на підприємствах коронні іонізатори, але їх слід застосовувати з обережністю, так як в цих приладах може утворюватися велика кількість озону. Решта видів іонізаторів непридатні для застосування в квартирах, будинках, офісах і виробничих приміщеннях, де перебувають люди, оскільки крім корисних аероіонів виробляють велику кількість інших, вкрай шкідливих речовин. Саме тому термічні, плазмові, ультрафіолетові, радіоактивні та інші види іонізаторів знайшли застосування виключно в промисловості.

**1.3 Принцип дії електроеффлювіального іонізатора**

Оскільки електроеффлювіальний іонізатор є найбільш універсальним і популярним серед побутових пристроїв іонізації повітря, тож розглянемо принцип дії класичної люстри Чижевського. Названий такий спосіб генерування негативно заряджених іонів кисню від грецького слова еффлювій - стікати, тобто електричні заряди "стікають" з голки електрода, що має малий радіус кривизни, на який подається висока (20...30 кВ) електрична напруга негативної полярності.

При електроеффлювіальному способі іонізація відбувається під дією електричного поля високої напруженості, яке з'являється в системі з двох провідників (електродів), що мають різні розміри, близько одного електрода, з малим радіусом кривизни - вістря, голки. Другим електродом в такій системі є шнур, дріт заземлення, сама електрична мережа, радіатори і труби опалення, водопроводу, арматура стін, самі стіни, підлоги, стелі, шафи, столи і навіть сама людина. Цей ефект показаний на рисунку 1.7.

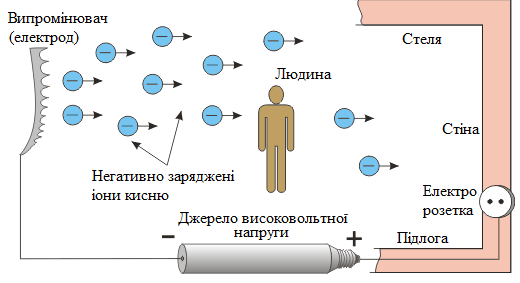


Рисунок 1.7 – Процес іонізації електроеффлювіального приладу

Для отримання електричного поля високої напруженості на вістрі потрібно подати високу напругу негативної полярності. При цьому з голки вириваються електрони, які стикаючись з молекулою кисню, утворюють негативний іон, тобто негативний іон кисню - це молекула кисню О2 з додатковим, вільним електроном. Саме цей електрон виконає згодом свою сприятливу, позитивну роль вже в крові живого організму. Ці негативні аероіони будуть розлітатися від вістря, голки до другого, позитивного електрода, у напрямку силових ліній електричного поля.

Електрон, який залишив метал вістря, може розігнатися електричним полем до такої швидкості, що, зіткнувшись з молекулою кисню, він вибиває з неї ще один електрон, який, в свою чергу, теж може розігнатися, і вибити ще один і так далі. Таким чином може утворитися потік, лавина електронів, що летить від вістря до позитивного електрода.

Позитивні іони, які втратили свої електрони кисню притягуються до негативного електроду - голці, розганяються полем і стикаючись з металом вістря, можуть вибивати додаткові електрони. Таким чином, виникають два протилежних лавиноподібних процесів, які взаємодіючі один на одного утворюють електричний розряд в повітрі, який отримав назву тихий. Цей розряд супроводжується слабким світінням поблизу вістря. Виникає цей фотоелектричний ефект через те, що деякі атоми отримують від зіткнень з електронами енергію, недостатню для іонізації, але переводить електрони цих атомів на більш високі орбіти. Повертаючись у стан рівноваги, атом викидає надлишок енергії у вигляді кванта електромагнітного випромінювання - тепла, світла, ультрафіолетового випромінювання. Таким чином, на кінчиках голок утворюється світіння, яке можна спостерігати в повній темряві. Світіння посилюється, зі збільшенням потоків електронів та іонів, наприклад, коли ви піднесете руку до кінчиків голок на невелику відстань 1-3 см. При цьому ви ще можете відчути цей потік - іонний вітер, у вигляді ледь відчутного холодку, вітерцю.

Конструкція електроеффлювіальних іонізаторів зазвичай складається з таких компонентів, як: блок живлення, генератор, джерело високої напруги, випрямляч і розрядник. Його структурна схема представлена на рисунку 1.8.

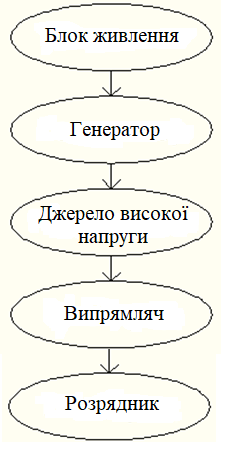


Рисунок 1.8 – Структурна схема електроеффлювіального іонізатора повітря

Задачу підсилення напруги зазвичай виконує електромагнітні трансформатори. Вони мають ряд недоліків:

- невисоку точність;

- невисоку чутливість;

- велике власне споживання електроенергії (0,5... 15 Вт);

- обмежений частотний діапазон вимірювальних величин;

- нерівномірність шкали;

- чутливість до впливу зовнішніх магнітних полів.

Також вони мають великий розмір, за сучасними мірками, та вагу, тож у конструкції, в схемі якої є електромагнітний трансформатор, має завжди кілька недоліків:

- знижений коефіцієнт корисної дії (ККД);

- висока потужність, яка розсіюється;

- вага, яка визначається за габаритними розмірами трансформатора.

Але можна удосконалити пристрій використовуючи п'єзотрансформатор замість важкого та габаритного електромагнітного трансформатора. Цим можна добитися не тільки зменшення розмірів пристрою, але і збільшити ККД. Зображення п’єзотрансформатора показано на рисунку 1.9.



Рисунок 1.9 – П'єзотрансформатор

У порівнянні зі звичайним магнітним трансформатором, з одного боку, п’єзотрансформатори мають багато переваг, таких як:

- мінімізація конструктивних рішень;

- малі шуми;

- забезпечення високої гальванічної ізоляції;

- хороша ізоляція і незаймистість;

- можливість роботи на високих частотах понад 500 кГц;

- нечутливість до магнітних полів.

З іншого боку, п’єзоелектричні трансформатори все ще мають деякі недоліки, які перелічені нижче:

- працюють тільки на резонансній частоті;

- функціонують при низькому діапазоні потужності;

- мають високу ціну.

**1.4 Висновки за розділом**

Атмосферне повітря, яким ми дихаємо, завжди несе на частини своїх молекул електричні заряди. Процес виникнення заряду на молекулі називається іонізацією, а заряджена молекула - легким іоном або аероіоном, та важким іоном, якщо заряджена молекула осяде на частці рідини або порошині. Іони повітря бувають двох зарядів - позитивним і негативним. Нестача аероіонів в організмі людини призводить до погіршення самопочуття, зниження працездатності та концентрації уваги і ослаблення імунітету.

Для вирішення проблеми недостатньої іонізації повітря, використовуються прилади штучної іонізації повітря. В сучасних іонізаторах повітря вироблення аероіонів відбувається за рахунок процесу іонізації, який здійснюється за різними наступними механізмами: гідроіонізація, ударна іонізація, фотоіонізація та термічна іонізація. Також залежно від механізму дії, їх поділяють на такі типи: гідроіонізатор, плазмовий іонізатор, термічний іонізатор, іонізатор на радіоактивному і ультрафіолетовому випромінюванні, коронноразрядний іонізатор та електроеффлювіальний іонізатор.

Електроеффлювіальні іонізатори є найбільш універсальними і популярними серед побутових пристроїв оскільки вони безпечні, не виділяють шкідливий для людини озон, гідроперекис, радіоактивні частинки, тощо. Вони мають гострі голки, на які подається висока напруга, внаслідок чого з кінчиків голок буквально стікають вільні електрони. Ці електрони з'єднуються з молекулами кисню і утворюють негативно заряджені аероіони.

Одним з найважливіших компонентів електроеффлювіального іонізатора є електромагнітний трансформатор, який видає високу напругу на електрод. Але він має декілька недоліків, а саме: великі габаритні розміри та вага, невеликий коефіцієнт корисної дії та висока потужність, яка розсіюється. Тож його можна замінити на більш сучасний п’єзотрансформатор, який має такі переваги: мінімізація конструктивних рішень, малі шуми, забезпечення високої гальванічної ізоляції, хороша ізоляція і незаймистість, можливість роботи на високих частотах понад 500 кГц, нечутливість до магнітних полів.

**РОЗДІЛ 2**

**Особливості використання п’єзотрансформаторів**

**2.1 П’єзотрансформатори. Особливості конструкції**

П'єзотрансформатор являє собою монолітну конструкцію різної форми (прямокутної, квадратної, кільцевої, циліндричної), виготовлену з п’єзокерамічного матеріалу. На частину зовнішніх поверхонь наносяться срібні електроди. Для отримання п'єзоелектричних властивостей п'єзотрансформатор поляризується при його розміщенні в сильному електричному полі.

Принцип його дії заснований на подвійному перетворенні енергії: у вхідній секції (секції збудження) електрична енергія перетворюється в механічну, а у вихідний секції механічна енергія перетворюється в електричну. Вибираючи розмір електродів і їх положення, можна отримати різні значення коефіцієнта трансформації.

Від електромагнітних трансформаторів їх відрізняє шлях перетворення енергії: електрична - акустична - електрична, що призводить до суттєвого спрощення конструкції п'єзотрансформатора, в якому відсутні будь-які проводи або обмотки. П'єзоелектрична пластинка в найпростішому випадку має дві пари електродів, що утворюють збудник і генератор.

Основною особливістю роботи п'єзотрансформатора є резонансний характер перетворення енергії в порівняно вузькій смузі частоти. Максимальні значення основних параметрів п'єзотрансформатора - коефіцієнта трансформації, ККД, вихідної потужності – досягаються при його роботі на резонансній частоті.

При підключенні до п'єзотрансформатора на вихід активного опору в його механічну систему вноситься додаткове загасання, що призводить до зміни значень основних параметрів, тобто можлива оптимізація одного з основних параметрів шляхом зміни величини навантаження.

В основному застосовуються два типи п'єзотрансформаторів:

- п'єзотрансформатор Розена з поздовжньо-поперечного поляризацією;

- п'єзотрансформатор з поперечно-поперечного поляризацією (квадрат- кільце).

Конструкція п'єзотрансформатора Розена, через високий внутрішній імпеданс, не придатна для передачі великої потужності на вихідне навантаження, але забезпечує високий коефіцієнт трансформації від 100 до 10000 при вихідний потужності не вище 5-10 Вт.

П'єзотрансформатори з поперечною поляризацією мають коефіцієнт трансформації 10 і менше, але забезпечують на низькоомному навантаженні вихідну потужність до 50 Вт.

Також можуть бути одношарові та багатошарові п’єзотрансформатори. У випадку багатошарових п’єзотрансформаторів багатошаровим виготовляється збудник, а генератор залишається одношаровим. Коефіцієнт трансформації такого п`єзотрансформатора значно перевищує коефіцієнт трансформації одношарового при можливому зменшенні його розмірів. Зображення одношарового та багатошарового п’єзотрансформатора показано на рисунку 2.1 і 2.2.

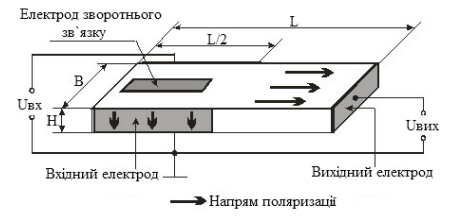


Рисунок 2.1 - Схема одношарового п`єзотрансформатора.

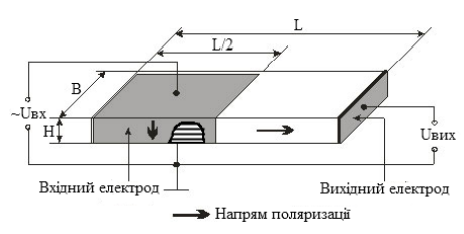


Рисунок 2.2 - Конструкція багатошарового п`єзотрансформатора

В якості робочого матеріалу для п'єзотрансформатора використовують різні види п'єзоелектричної кераміки, оскільки саме п'єзокераміка дозволяє конструктивно об'єднувати в одній пластині (диску, стрижні) обидва елементи п'єзотрансформатор - збудник і генератор. П’єзокераміка має властивість п’єзоелектричного ефекту, тобто виникнення поляризації під дією механічної напруги. П`єзокерамічні матеріали мають всі властивості сегнетоелектриків. За фізичними властивостями п’єзокераміка являє собою хімічну сполуку або твердий розчин зерен кристалітів. Це твердий, хімічно інертний матеріал, який зовсім не чутливий до вологи та інших атмосферних впливів і має полікристалічну структуру. Хімічний склад являє собою складний оксид, що містить двовалентні іони свинцю або барію і четвертинні іони титану або цирконію. Шляхом зміни основного співвідношення сировини і введення добавок синтезуються п'єзокераміки різного складу, які мають певні електрофізичні і п'єзоелектричні властивості. Найбільш широко використовується група п'єзокерамічних матеріалів типу ЦТС (цирконат-титанат свинцю).

Це обумовлено технологічною можливістю диференційованого завдання орієнтації вектора п'єзоелектричної поляризації в процесі виготовлення відповідних моноблочних керамічних п'єзоелементів. Використання сучасних п’езокерамічних матеріалів дозволяє домогтися коефіцієнта трансформації по напрузі понад 1000, що забезпечує отримання вихідних напруг до 10 кВ. Крім режиму трансформатора напруги ці пристрої успішно застосовуються і як трансформатори струму.

Прийнята така класифікація п'єзотрансформаторів по робочій частоті:

- низькочастотні - на резонансну частоту *f*p < 10 кГц, в тому числі на промислові частоті 1000, 400 і 50 Гц. У них використовуються низькочастотні п'єзоелементи, що працюють на коливаннях вигину, біморфний або багатошарові, вільні або механічно навантажені для зменшення робочої частоти;

- середньочастотні - на діапазон *f*p = 10 - 500 кГц, з одношаровими або багатошаровими п'єзоелементами, що працюють на поздовжніх акустичних коливаннях основний або вищих мод;

- високочастотні - на *f*p > 500 кГц. У них використовуються тонкі п'єзопластини на вищих модах поздовжніх акустичних коливань по ширині або багатошарові конструкції, що працюють на коливаннях уздовж товщини п'єзоелемента.

За потужністю, що передається на навантаження, розрізняють такі конструкції п'єзотрансформатори:

- малопотужні (до 1 Вт) - в них використовуються одношарові п'єзоелементи з власною масою менше 1 г;

- середньої потужності (від 1 до 50 Вт) - це однокасетні п'єзотрансформатори, що містять 1 - 6 п'єзоелементів;

- великої потужності (більше 50 Вт) - являють собою складові багатокасетні п'єзотрансформатори.

Питома потужність п'єзотрансформатора становить 1-10 Вт / г або 15-75 Вт / см2 при ККД, що досягає 90 - 98%. П'єзотрансформатори в основному використовують у вторинних джерелах живлення радіоелектронних пристроїв.

**2.2 Використання п’єзотрансформаторів в електронних схемах**

П’єзотрансформатори використовують у різноманітних електричних приладах, де потрібно створити високу напругу. Тож, для прикладу роботи на практиці, розглянемо декілька схем існуючих електронних пристроїв [3], в яких знайшли своє використання п’єзотрансформатори, а саме:

- перетворювач DC / DC високої вихідної напруги;

- електронний баласт для світлодіодних ламп;

- автономний іонізатор для харчових стерилізаторів.

**Перетворювач DC / DC високої вихідної напруги**

На практиці деякі конкретні задачі вимагають високої вихідної постійної напруги, наприклад в кишенькових ліхтариках, електрошокерах або в інших ручних пристроїв. Зазвичай ці пристрої живляться від джерела низької напруги постійного струму, таких як акумулятор або батарейки, тому напругу треба підвищити до високого рівня за допомогою магнітного трансформатора з високим коефіцієнтом. Для ілюстрації інтеграції п’єзотрансформатора на рисунку 2.3 зображено дуже просте джерело живлення високої напруги постійного струму.

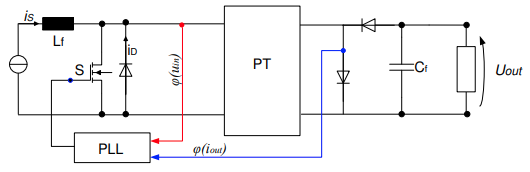


Рисунок 2.3 - Джерело живлення високої постійної напруги

Це джерело живлення на основі п’єзоелектричного трансформатора використовує топологію класу Е з частотно-замкнутим контуром із використанням ФАПЧ (фазове автопідлаштування частоти) для відстеження оптимальної частоти. Фазу п’єзотрансформатора вхідної напруги ϕ (Uin) вимірюється за допомогою дільника напруги та фазового резонансного струму ϕ (IrL). У стійкому стані різниця між ϕ (Uin) та ϕ (IrL) ​​повинна бути настільки малою, теоретично вона дорівнює нулю, щоб п’єзотрансформатор завжди працював на оптимальній частоті.

Прототип джерела живлення високої вихідної напруги показаний на рисунку 2.4 де п’єзотрансформатор і вихідний випрямляч були розміщені на нижньому шарі.

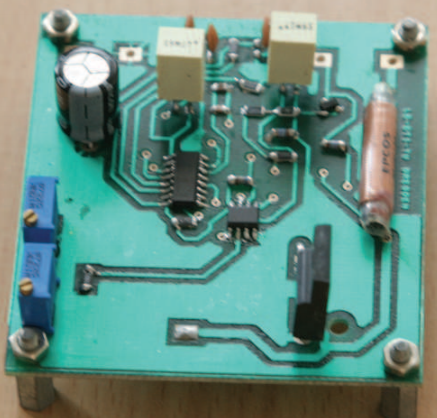
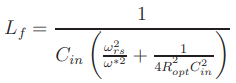


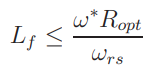
Рисунок 2.4 - Прототип джерела живлення високої постійної напруги

Важливим елементом є вхідний індуктор, який розрахований для забезпечення перемикання нульової напруги роботи вимикача. За інформацією з джерела [4] Lf визначається за формулою:

 (2.1)

Де вхідний конденсатор Cin = 96 нФ; послідовна резонансна частота frs = 105 кГц; оптимальне навантаження Ropt - навантаження вибирається згідно рівняння «досяжне співвідношення напруги п'єзоелектричного трансформатора», і нормована частота ω∗ = 1 /√ 2.

Рівняння 2.1 можна переписати як нерівність 2.2:

 (2.2)

Експлуатаційні характеристики високовольтного перетворювача постійної напруги представлені на рисунку 2.5 та 2.6.



Рисунок 2.5 - Результати вимірювання джерела живлення високої вихідної напруги

На рисунку 2.5 червона лінія - сигнал затвора MOSFET, синя лінія - це вхідна хвильова форма п’єзотрансформатора, а зелена лінія - напруга на навантаженні.

Рисунок 2.6 демонструє сигнали управління на шляху зворотного зв'язку. Синя та червона лінія являє собою вхідну напругу п’єзотрансформатора та порівняльне значення зміщення. Вхідна напруга п’єзотрансформатора подається безпосередньо через дільник напруги, потім порівнюється зі значенням зміщення. Це потрібно щоб запобігти компенсації компаратора через зміни шини постійної напруги. Зелена та жовта лінія - це зображення фази вхідної напруги та фази струму. Результати вимірів показали, що перетворювач працював у стані перемикання при нульовій напрузі.

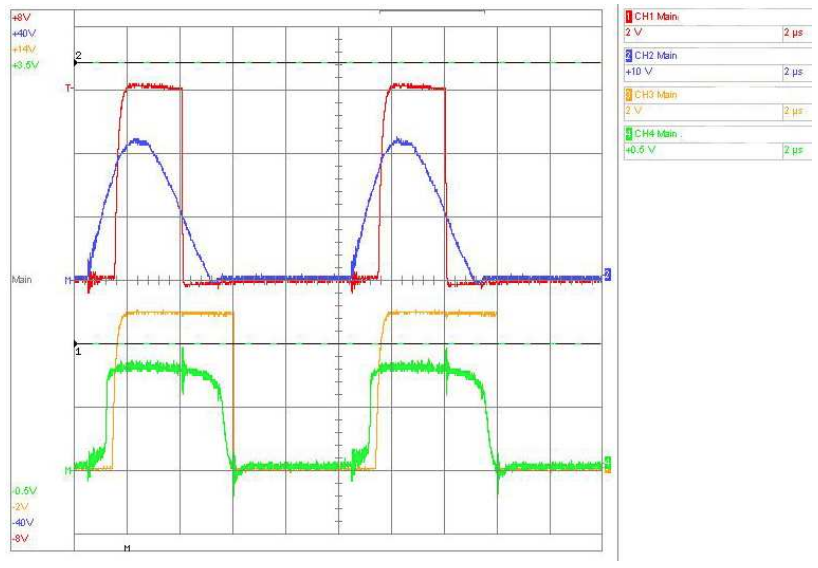


Рисунок 2.6 - Сигнали зворотного зв’язку: фаза напруги та струму

**Електронний баласт для світлодіодних ламп**

**на п’єзотрансформаторі**

В якості можливості використання п’єзотрансформатора наведений простий електронний баласт для світлодіодів. Концепція баласту показана на рисунку 2.7, де п’єзотрансформатор керується квазіквадратним хвильовим імпульсом від підсилювача потужності класу D. Вихідним етапом є, комбінація випрямляча потужності та LC-фільтра, який використовується для того, щоб гарантувати роботу світлодіодів з джерелом постійного струму. У контрольній частині він містить дві замкнуті петлі: внутрішня - це контур регулювання частоти для забезпечення того, щоб п’єзотрансформатор завжди знаходився у своєму оптимальному режимі; та зовнішня - це контур управління струмом, що працює як захист від перенапруги та світлорегулятор.

Для перевірки підходу, згаданого вище, на рисунку 2.8 наведений дуже простий зразок електронного баласту для світлодіодів з використанням п’єзотрансформатора для живлення масиву від 4 до 6 світлодіодів послідовно із загальним енергоспоживанням близько 12-15 Вт. Тому що провідний опір кожного світлодіоду незмінний під час роботи, це означає, що п’єзотрансформатор працює на фіксованому рівні. Для спрощення баласту, контур регулювання частоти (внутрішній контур на рис 2.7) ігнорується.

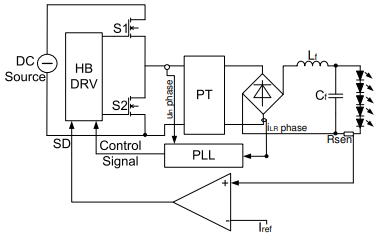


Рисунок 2.7 – Схема баласту для світлодів з використанням п’єзотрансформатора

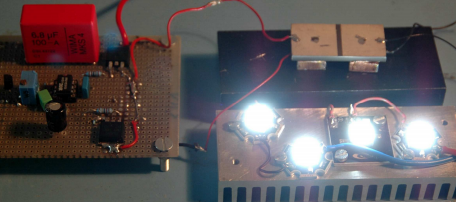
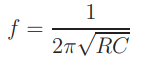


Рисунок 2.8 – Прототип баласту для світлодіодів з використанням п’єзотрансформатора

Прототип електронного баласту для світлодіодів, що використовує п’єзотрансформатор з використанням підсилювача класу D, створеного двома силовими транзисторами MOSFET (IRF640) і керується автоколивальним напівмостовим драйвером IC, який живиться зовнішнім генератором R-C мережи. Робоча частота збудження п’єзотрансформатора визначається за формулою:

 (2.3)

Де R і C вибираються відповідно до експлуатаційних характеристик напівмостового драйвера IC. У схемі прототипу резистор R був замінений змінним резистором частоти, тож частоту баласту можна змінити вручну.

Прототип баласту світлодіодів з використанням п’єзотрансформатора тестували з чотирма послідовно підключеними світлодіодами (рисунок 2.8), їх номінальний струм становить 350 мА. Функціональна хвильова форма баласту для світлодіодів показана на рисунку 2.9, де синя лінія є вхідним збудженням п’єзотрансформатора, червона лінія - сигнал затвору транзистора MOSFET з низьким рівнем потужності, а жовта лінія - це струм світлодіодів.

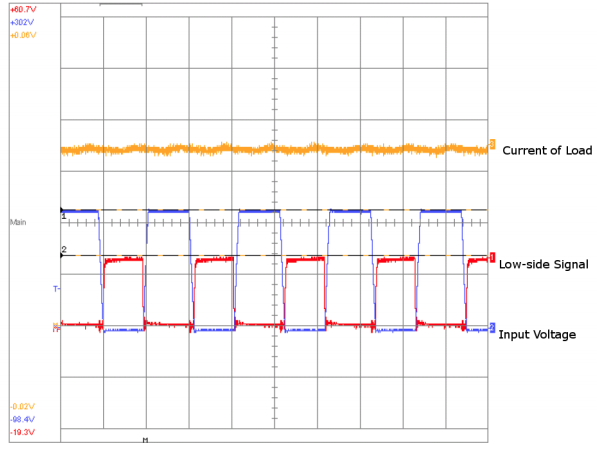


Рисунок 2.9 - Сигнали зворотного зв’язку баласту для світлодіодів

**Автономний іонізатор для харчового стерилізатора**

Основною частиною стерилізатора є іонізатор з високою напругою. Імпульсне джерело живлення формує імпульсне поле високої напруги [5]. Імпульси високої напруги можуть генеруватися через трансформатор високої напруги та амплітуда вихідного імпульсу становить від декількох до десятків кіловольт, залежно від конкретної задачі. За допомогою переваги високого коефіцієнта підвищення напруги, п’єзотрансформатор типу Розена може замінити магнітний трансформатор у домашньому стерилізаторі. Іонізатор з використанням п’єзотрансформатора в режимі безперервної роботи, показано на рисунку 2.10, де навантаження (озонова мембрана) послідовно підключена до іскрового розрядника, що гарантує необхідні імпульси високої напруги, що передаються на навантаження. Для домашнього стерилізатора, необхідна напруга в діапазоні від 6 кВ до 10 кВ.

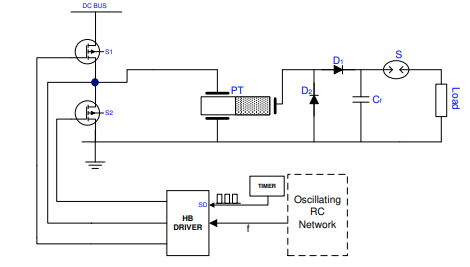
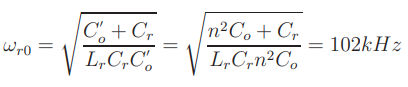


Рисунок 2.10 - Принципова схема автономного іонізатора для стерилізатора харчових продуктів

У цьому випадку п’єзотрансформатор буде працювати в режимі розриву розімкнутого ланцюга, з підключеним підсилювачем класу D, який керується напівмостовим драйвером автоколивання IC. Тривалість роботи іонізатора визначається додатковим таймером. Прототип іонізатора представлений на рисунку 2.11. Робочі параметри іонізатора визначаються таким чином:

* робоча частота підсилювача класу D повинна бути:

 (2.4);

* вимоги до іонізованої напруги становлять від 6 до 10 кВ після збільшення через подвоювач напруги;

- коефіцієнт посилення вихідної напруги до вхідної напруги n21 ≃ 200 коли RL → ∞. Тож шину постійного струму можна встановити на діапазон Vbus = 15В ÷ 20В.

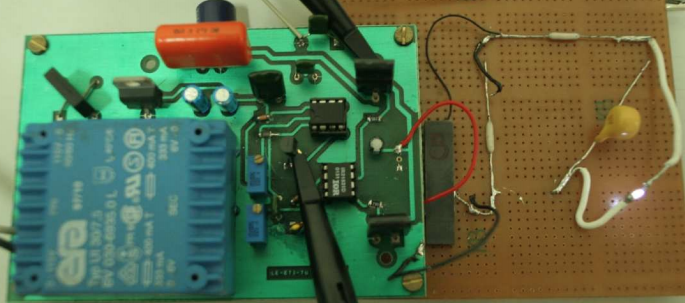


Рисунок 2.11 - Автономний іонізатор на п’єзотрансформаторі

**2.3 Висновки за розділом**

П’єзотрансформатори, завдяки своєї спрощеної конструкції, все частіше замінюють собою електромагнітні трансформатори у невеликих, за розміром, пристроїв. Завдяки цьому п’єзотрансформатори набули поширення у різних приладах. Найбільшої переваги використання п’єзотрансформатор набуває в тих випадках, коли потребується досягти великого коефіцієнту трансформації при невеликій потужності. Розглянуті приклади використання цього елемента наочно це підтверджують. Досить вдалим є можливість використання п’єзотрансформатора для досягнення великої напруги для реалізації його в електроеффлювіальному іонізаторі. Реалізації цієї задачі і будуть присвячені наступні розділи.

**РОЗДІЛ 3**

**РОЗРОБКА ТА ОБГРУНТУВАННЯ ЕЛЕКТРИЧНИХ СХЕМ ІОНІЗАТОРА**

**3.1 Розробка та обґрунтування електричної структурної схеми іонізатора повітря**

На основі аналітичного огляду розробляємо структурну схему іонізатора повітря, яка повинна включати такі основні блоки: блок живлення, генератор, джерело високої напруги, випрямляч і розрядник.

Схема електрична структурна показана на рисунку 3.1

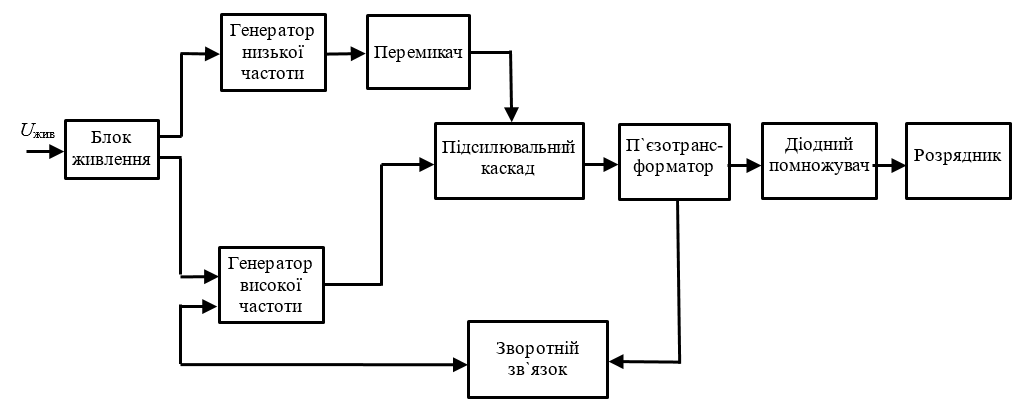


Рисунок 3.1 – Схема електрична структурна іонізатора повітря на базі п’єзотрансформатора

Блок живлення необхідний для перетворення змінної напруги мережі в зменшену постійну стабілізовану напругу, необхідну для живлення генераторів.

Для реалізації двох типів режиму роботи іонізатора використовуємо два генератора: генератор низької частоти та генератор високої частоти, охоплений ланцюгом зворотного зв’язку.

З метою підсилення струму та напруги на вході п’єзотрансформатора використовуємо каскад із двох транзисторів, включених за схемою із загальним емітером.

В якості джерела високої напруги використовуємо п’єзотрансформатор, що має таки переваги: відсутність обмоток, незаймистість, стійкість до радіації, високу надійність, простоту конструкції, малі габарити та масу, невелике енергоспоживання. П’єзотрансформатор необхідний для підвищення в декілька сотень разів змінної напруги.

В якості випрямляча використовуємо діодний помножувач, напруга на виході якого не тільки випрямляється, а ще й помножується.

Іонізатор повітря складається з таких блоків: блоку живлення, генератора низької частоти, генератора високої частоти із зворотнім зв’язком, перемикача, п'єзотрансформатора і діодного помножувача, напруга з якого подається на розрядні електроди.

Іонізатор повітря, що розробляється, працює в двох режимах: режимі зниженої інтенсивності іонізації (коли перемикач находиться у верхньому положенні) та режимі підвищеної інтенсивності іонізації (коли перемикач находиться у нижньому положенні).

**3.2 Розробка та обґрунтування електричної принципової схеми іонізатора повітря**

Електрична схема іонізатора повітря на базі п'езотрансформатора представлена на рисунку 3.2.



16

Рисунок 3.2 – Електрична схема іонізатора повітря

на базі п'єзотрансформатора

Узагальнено пристрій працює в такий спосіб: напруга Uжив від джерела живлення надходить на блок живлення, з якого знижена і випрямлена напруга подається на генератори. Коли перемикач у нижньому положенні, працює тільки генератор високої частоти, а генератор низької частоти - відключений. Генератор високої частоти без навантаження генерує коливання весь період часу та створює змінну напругу з частотою близько 150 кГц. При включенні навантаження, частота змінної напруги зменшується за рахунок зворотного зв’язку з самого п’єзотрансформатора, стає близькою до резонансної для п'єзотрансформатора. Змінна напруга надходить на вхідну секцію підвищувального п'єзоелектричного трансформатора де підвищується в сотні разів.

З вихідної секції п'езотрансформатора висока змінна напруга надходить на діодний помножувач, де випрямляється та помножується і подається на розрядні електроди. Далі під дією імпульсів високої напруги виникає коронний розряд, що і є джерелом негативних іонів у повітрі. Таким чином іонізатор працює в режимі підвищеної іонізації.

Коли перемикач SB2 у верхньому положенні, генератор високої частоти продовжує створювати змінну напругу з резонансною частотою п'езотрансформатора, а генератор низької частоти створює прямокутні імпульси з частотою близько 50 Гц. В результаті спільної роботи генераторів на вхідну секцію п'єзотрансформатора надходять «пачки» змінної напруги високої частоти. Тривалість «пачки» змінної напруги високої частоти дорівнює тривалості імпульсу генератора низької частоти, а час між «пачками» дорівнює тривалості паузи генератора низької частоти. В п’єзотрансформаторі напруга підвищується в сотні разів, яка надходить на діодний помножувач, де випрямляється і помножується. Потім «пачки» випрямленої високої напруги подаються на розрядні електроди, де періодично виникає коронний розряд, який є джерелом негативних іонів у повітрі, що виникають з тією ж періодичністю. Таким чином іонізатор працює в режимі зниженої іонізації.

**3.2.1 Блок живлення**

Для іонізатора повітря виникає потреба в розробці простої, малогабаритної схеми блоку живлення, в якій наявність гальванічної розв'язки навіть збільшує ефективність його роботи. І тому використовуємо просту конденсаторну схему живлення. Принцип її роботи полягає в "поглинанні зайвої напруги" на конденсаторі.

Для виключення небезпеки ураження електричним струмом від накопиченої напруги «поглинаючого» конденсатора після зняття напруги живлення, паралельно «поглинаючому» конденсатору в схему вводиться резистор, який шунтує конденсатор своїм опором. При роботі схеми він своїм великим опором не заважає, а після відключення схеми від мережі, протягом часу, що визначається секундами, через резистор відбувається розряд конденсатора. Схема підключення двох паралельно з’єднаних «поглинаючих» конденсаторів з резистором, що шунтує, зображена на рисунку 3.3.



Рисунок 3.3 - Схема підключення двох паралельно з’єднаних

«поглинаючих» конденсаторів з резистором, що шунтує

Задача перетворення змінної напруги в постійну вирішується за допомогою однофазної мостової схеми. Перевагою мостової схеми є підвищена частота пульсацій, низька зворотна напруга на діодах, можливість роботи без трансформатора [6]. Схема випрямлення показана на рисунку 3.4.



Рисунок 3.4 – Однофазна мостова схема випрямлення

Послідовно схемі випрямлення підключається оригінальний регулюючий вузол, який містить симистор з керуючим ланцюгом, що включає стабілітрон і резистор. Паралельно для безпеки схеми підключається резистор. Якщо симистор виходить з ладу, струм йде через резистор. Він починає нагріватися, але схема продовжує працювати і інші елементи не виходять з ладу. Схема регулюючого вузла наведена на рисунку 3.5.



Рисунок 3.5 - Схема регулюючого вузла

Для зменшення пульсацій випрямленої напруги включаємо до схеми блоку живлення фільтр, що згладжує. Принцип роботи згладжувальних фільтрів простий - під час дії напівхвилі напруги відбувається заряд реактивних елементів (в залежності від типу фільтра) від джерела - діодного випрямляча, і їх розряд на навантаження під час відсутності, або малої по амплітуді напруги.

У блоці живлення, що розробляється, застосовується фільтр у вигляді конденсатора досить великої ємності, який шунтує навантаження (опір навантаження). Цей метод є найпростішим і найпоширенішим методом згладжування пульсацій. Простий ємнісний фільтр показаний на рисунку 3.6.



Рисунок 3.6 – Простий ємнісний фільтр

Конденсатор добре згладжує пульсації, якщо його ємність така, що виконується умовам:

Під час дії синусоїдального сигналу, коли напруга на діоді випрямляча включена у прямому напрямі, через діод проходить струм, що заряджає конденсатор до напруги, близької до максимальної. Коли напруга на виході діодного випрямляча виявляється менше напруги заряду конденсатора, конденсатор розряджається через навантаження і створює на ній напругу, яка поступово знижується в міру розряду конденсатора через навантаження. У кожен наступний напівперіод конденсатор заряджається і його напруга знову зростає.

Чим більше ємність С і опір навантаження , тим повільніше розряджається конденсатор, тим менше пульсації і тим ближче середнє значення вихідної напруги до максимального значення синусоїди Umax. Якщо навантаження взагалі відключити, то в режимі холостого ходу на конденсаторі вийде постійна напруга, що дорівнює Umax, без всяких пульсацій.

З метою захисту від струмових перевантажень на вході блоку живлення використовується запобіжник.

Для стабілізації вихідної напруги застосовується стабілізатор та стабілізуючий елемент, що обмежує вхідну напругу стабілізатора на необхідному рівні. В якості стабілізуючого елемента при малих токах звичайно використовується стабілітрон, включений паралельно навантаженню.

З метою зменшення нестабільності та струму на виході блока живлення використовуємо компенсаційний стабілізатор, що є пристроєм автоматичного регулювання вихідної величини. Стабілізатор напруги підтримує напругу на навантаженні в заданих межах при зміні вхідної напруги та вихідного струму. Перед стабілізатором напруги використовуємо струмозахистний запобіжник.

Для індикації включення живлення використовується червоний світлодіод. Для індикації роботи пристрою в залежності від режиму включення використовується два зелених світлодіода. При режимі зниженої інтенсивності іонізації світиться один зелений світлодіод, а в режимі підвищеної інтенсивності іонізації світяться обидва зелених світлодіода. Типова схема підключення світлодіода через струмообмежуючий резистор показана на рисунку 3.7.



Рисунок 3.7 – Схема підключення світлодіода

через струмообмежуючий резистор

**3.2.2 П’єзотрансформатор**

В якості високовольтного джерела з вихідною напругою в декілька тисяч вольт використовується новий прилад п’єзоелектроніки – п’єзоелектричний трансформатор. П’єзоелектричні трансформатори мають ряд суттєвих переваг порівняно з електромагнітними трансформаторами: великі коефіцієнти трансформації та корисної дії, глибоку гальванічну розв’язку, високі надійність та зносостійкість, відсутність проблеми нагрівання та незаймистість, вони не створюють жодних електромагнітних перешкод та зовсім нечутливі до будь – яких електромагнітних полів [7]. Але на сучасному етапі розвитку електронних пристроїв та систем п’єзокерамічні трансформатори привертають увагу насамперед тим, що мають невеликі масу та розміри, що дозволяє створювати малогабаритні пристрої на їх основі.

В іонізаторі повітря, що розробляється, використовується одношаровий п’єзокерамічний трансформатор однієї з першої та найвідомішої конструкції - конструкції Розена [8]. Вона представляє собою п’єзотрансформатор поперечно – подовжнього типу (рисунок 3.8).

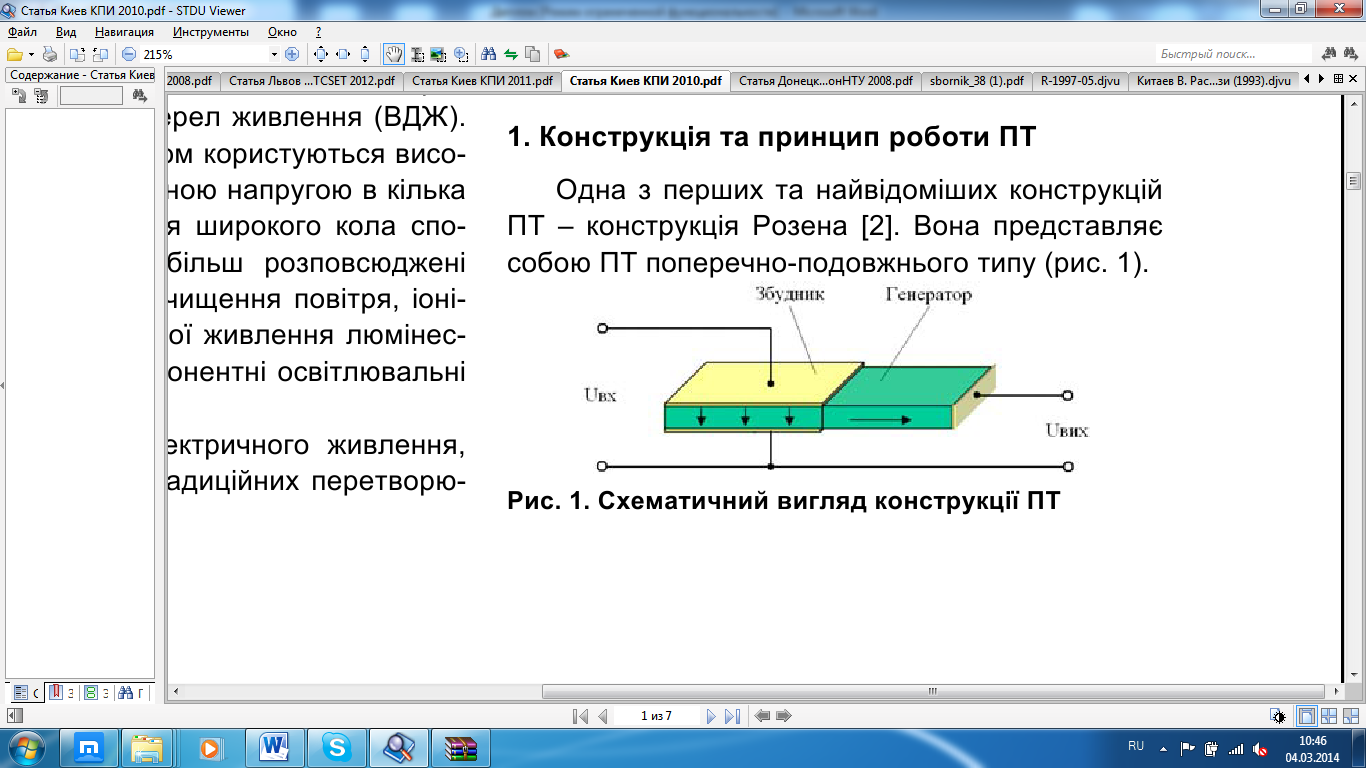


Рисунок 3.8 – Схематичний вигляд конструкції

п’єзоелектричного трансформатора конструкції Розена

Принцип роботи п’єзоелектричного трансформатора полягає у використанні явища зворотного п’єзоефекту в секції збудника та прямого п’єзоефекту в секції генератора [9].

Особливістю п’єзоелектричного трансформатора є резонансний характер перетворення енергії у порівняно вузькій смузі частот, коли амплітуда внутрішньої механічної напруги досягає максимального значення. Найбільший коефіцієнт трансформації досягається на частоті резонансу другої моди, значення якої для кожного п’єзотрансформатора різне, що обумовлено фізичними властивостями п’єзокераміки та конструктивними особливостями приладів. Ще однією особливістю п’єзокерамічного трансформатора є висока добротність. Для всіх п’єзокерамічних трансформаторів коефіцієнт трансформації на третій та наступних модах суттєво менший у порівнянні з першою та другою модами. Тобто використання п’єзотрансформатора у таких режимах є зовсім недоцільним. У зв’язку з вищевикладеним п’єзокерамічний трансформатор використовується на частоті резонансу другої моди.

**3.2.3 Генератори**

Для побудови генераторів низької та високої частоти використовуємо схему генератора прямокутних імпульсів на двох інверторах мікросхеми

К561ЛН2. Перевагами цієї схеми є простота побудови, використання незначної кількості елементів та використання мікросхеми серії К561 КМОН – технології.

Особливістю КМОН мікросхем є те, що напруга перемикання мікросхем дорівнює половині напруги живлення. Тобто при будь-якій напрузі живлення мікросхем від 3 до 15 В мікросхеми перемикаються при напрузі на вході, приблизно рівній половині напруги живлення.

Іншою особливістю таких мікросхем є те, що у режимі спокою струм, споживаний від джерела живлення, дорівнює нулю. Мікросхеми споживають струм від джерела живлення тільки в момент перемикання (рисунок 3.7). І, отже, чим більше частота перемикання мікросхем, тим більший середній струм вони споживають від джерела живлення.

Ще однією особливістю є те, що вхідний струм мікросхем дорівнює нулю. Відповідно, якщо до виходу мікросхеми підключити кілька входів інших мікросхем, то і вихідний струм мікросхеми також буде дорівнювати нулю.

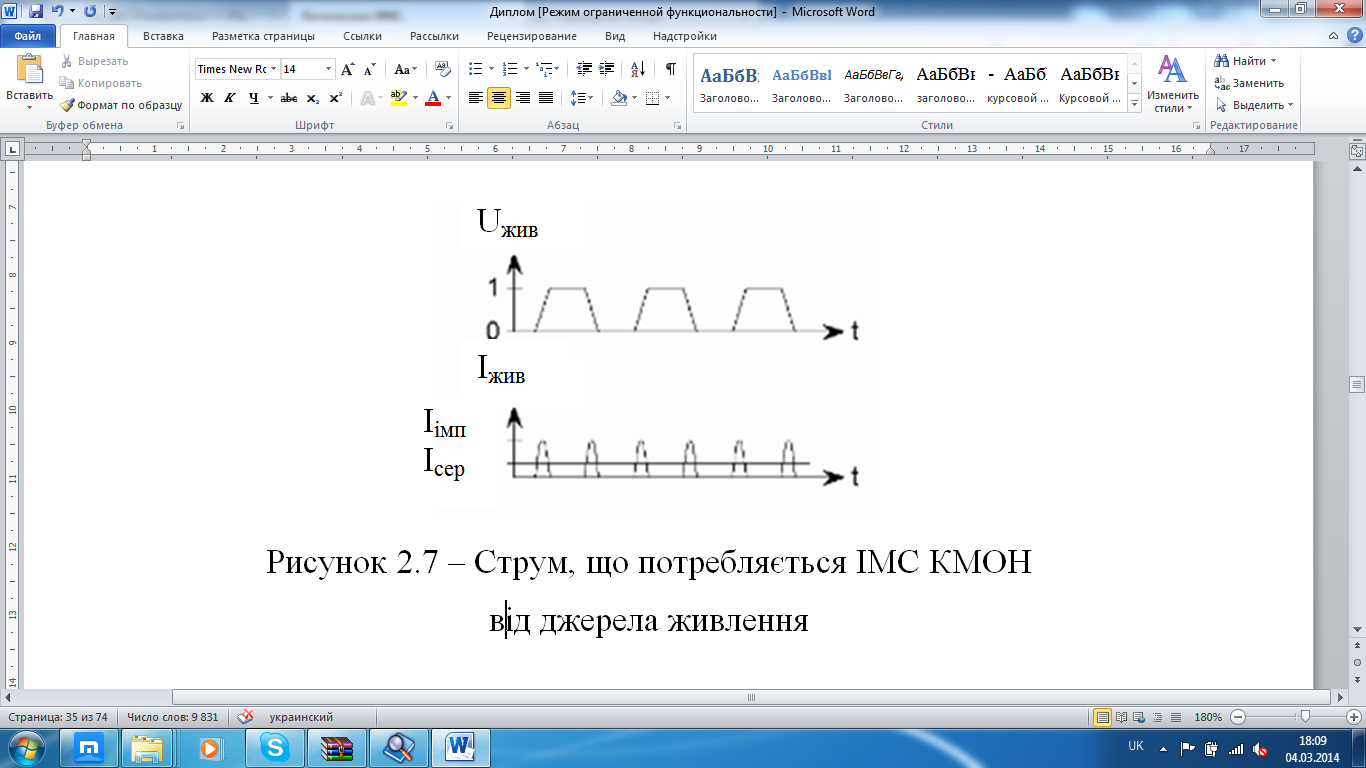


Рисунок 3.9 – Струм, що потребляється інтегральною мікросхемою

КМОН – технології від джерела живлення

Спрощена схема інвертора, застосовуваного в мікросхемах КМОН, наведена на рисунку 3.10. Даний інвертор складається з двох польових транзисторів з ізольованим затвором з індукованим каналом протилежної структури: з каналом P-типу і з каналом N-типу. Тому мікросхеми називаються комплементарними, тобто що складаються з транзисторів протилежної структури, що доповнюють один одного.

При наявності на вході інвертора логічного нуля відкритий верхній транзистор з каналом P-типу, нижній транзистор з каналом N-типу закритий. Відповідно вихідна напруга дорівнює логічній одиниці.

При наявності на вході інвертора логічної одиниці транзистор з каналом P-типу закритий, транзистор з каналом N-типу відкритий. Відповідно вихідна напруга дорівнює логічному нулю.

У кожному з розглянутих станів струм, споживаний інвертором від джерела живлення, дорівнює нулю, так як один з транзисторів закритий. У момент перемикання, коли один транзистор закривається, а другий відкривається, протікає наскрізний струм від напруги джерела живлення через обидва транзистора на загальний провід.



Рисунок 3.10 – Схема електрична принципова інвертора КМОН

До складу інвертора входять два діоди: один діод включений між затворами транзисторів і напругою джерела живлення, інший - між затворами і загальним проводом. Діоди призначені для захисту затворів транзисторів від неприпустимих величин вхідних напруг. Затвори транзисторів ізольовані від решти частини мікросхеми дуже тонкою плівкою окису кремнію, яка може бути пробита при подачі на вхід інвертора напруги, більшої напруги джерела живлення або меншої нуля [10].

**3.2.4 Підсилювальний каскад**

На виході генератора використовуємо підсилювальний каскад із двох транзисторів, включений по схемі з загальним емітером (рисунок 3.11).

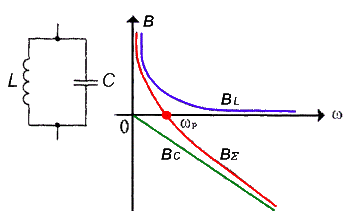


Рисунок 3.11 – Схема двохтранзисторного каскаду, включеного

по схемі із загальним емітером

При схемі включення біполярного транзистора із загальним емітером вхідний сигнал подається на базу, а знімається з колектора. При цьому вихідний сигнал інвертується щодо вхідного (для гармонійного сигналу фаза вихідного сигналу відрізняється від вхідного на 180°). Каскад підсилює струм і напругу. Дане включення транзисторів дозволяє отримати найбільше посилення по потужності. На вихідному транзисторі замість опору колектора використовується паралельний коливальний LC - контур з метою згладжування фронтів імпульсів.

Коливальний контур - найпростіша система, в якій можуть відбуватися вільні електромагнітні коливання. На рисунку 3.12а приведена принципова схема паралельного коливального контуру. Тут паралельно включені два реактивні елемента з різним характером реактивності. При розрахунку опору паралельного контуру зручно виходити з величин провідності, так як в цьому випадку завдання зводитися до складання цих величин. На рисунку 3.12б наведено графічні залежності реактивних провідностей котушки індуктивності та конденсатора , а також сумарної провідності , цих двох елементів, що є реактивною провідністю паралельного коливального контуру. Для паралельного коливального контуру, є деяка частота, звана резонансною, на якій реактивні опори (а значить і провідності) котушки і конденсатора однакові. На цій частоті сумарна провідність паралельного коливального контуру без втрат звертається в нуль. Це означає, що на цій частоті коливальний контур володіє нескінченно великим опором змінному струму.



а б

Рисунок 3.12 – а) паралельний коливальний контур; б) графічні

залежності реактивних провідностей

Резонансна частота може бути обчислена за допомогою формули Томсона, яку ми можемо вивести з формул реактивних опорів котушки індуктивності і конденсатора, прирівнявши їх реактивні опору один до одного:

де – величина індуктивності котушки, Гн;

– величина ємності конденсатора, Ф.

Провідність котушки індуктивності розраховується за формулою:

де – реактивний опір котушки індуктивності, Ом;

– частота, Гц;

– кругова частота, .

Провідність ємності розраховується за формулою:

де – реактивний опір ємності, Ом.

Якщо побудувати залежність реактивного опору контуру від частоти XΣ = 1/BΣ, ця крива, зображена на рисунку 3.13, в точці ω = ωр матиме розрив другого роду. Опір реального паралельного коливального контуру (тобто з втратами), зрозуміло, не дорівнює нескінченності - воно тим менше, чим більше омічний опір втрат в контурі, тобто зменшується прямо пропорційно зменшенню добротності контура Q.

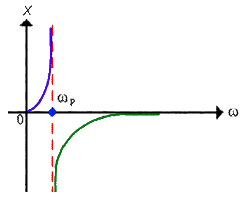


Рисунок 3.13 - Залежність реактивного опору паралельного

контуру від частоти

Добротністю Q контуру називається відношення енергії, запасеної реактивними елементами контуру, до енергії омічних втрат за період.

Добротність контуру в буквальному перекладі з англійської мови означає "якість". Добротність коливального контуру - характеристика, що визначає амплітуду і ширину АЧХ резонансу і показує, у скільки разів запаси енергії в контурі більше, ніж втрати енергії за один період коливань. Добротність враховує наявність активного опору навантаження R. Для паралельного коливального контуру, в якому індуктивність, ємність і опір включені паралельно, добротність обчислюється за формулою:

де R, L і C - опір, індуктивність і ємність резонансного ланцюга відповідно.

Ще одним з найбільш важливих параметрів коливального контуру є його характеристичний (або хвильовий) опір ρ. Характеристичним (хвильовим) опором контуру ρ називається величина реактивного опору ємності й індуктивності контуру на резонансній частоті: ρ = ХL = ХC при ω = ωр. Характеристичний опір може бути обчислено таким чином:

Характеристичний опір ρ є кількісною мірою оцінки енергії, запасеної реактивними елементами контуру - котушкою (енергія магнітного поля) WL = (LI2)/2 і конденсатором (енергія електричного поля) WC = (CU2)/2.

Розглянемо ланцюг, що складається з генератора гармонійних коливань і паралельного коливального контуру. У разі, коли частота коливань генератора збігається з резонансною частотою контуру його індуктивна і ємнісна гілки надають рівний опір змінному струму, в наслідок чого струми в гілках контуру будуть однаковими. У цьому випадку говорять, що в ланцюзі має місце резонанс струмів. Як і у випадку послідовного коливального контуру, реактивності котушки і конденсатора компенсують один одного, і опір контуру струму, що протікає через нього, стає чисто активним (резистивним). Величина цього опору, часто званого в техніці еквівалентним, визначається добутком добротності контуру на його характеристичний опір:

Rекв = Q·ρ, Ом (3.7)

На частотах, відмінних від резонансної, опір контуру зменшується і набуває реактивний характер на більш низьких частотах - індуктивний (оскільки реактивний опір індуктивності падає при зменшенні частоти), а на вищих - навпаки, ємнісний (оскільки реактивний опір ємності падає з ростом частоти).

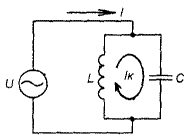
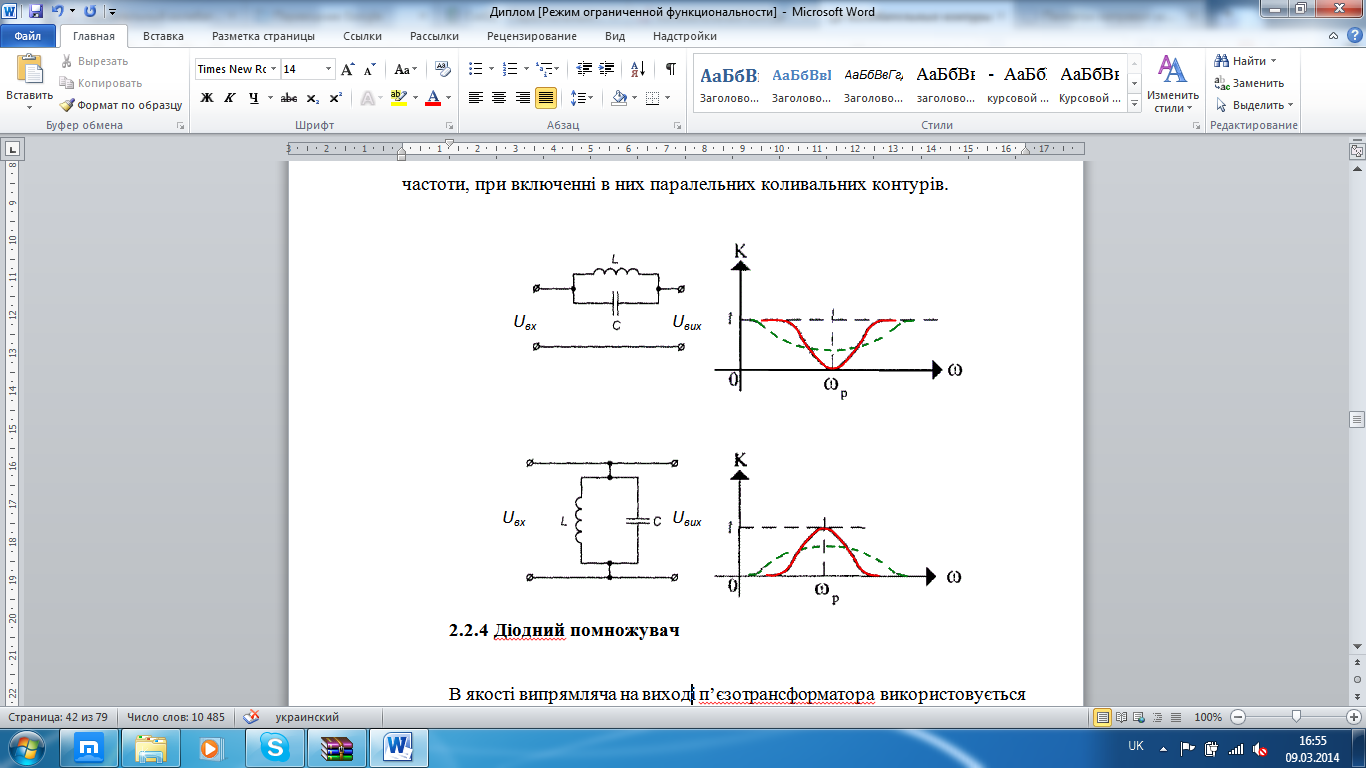


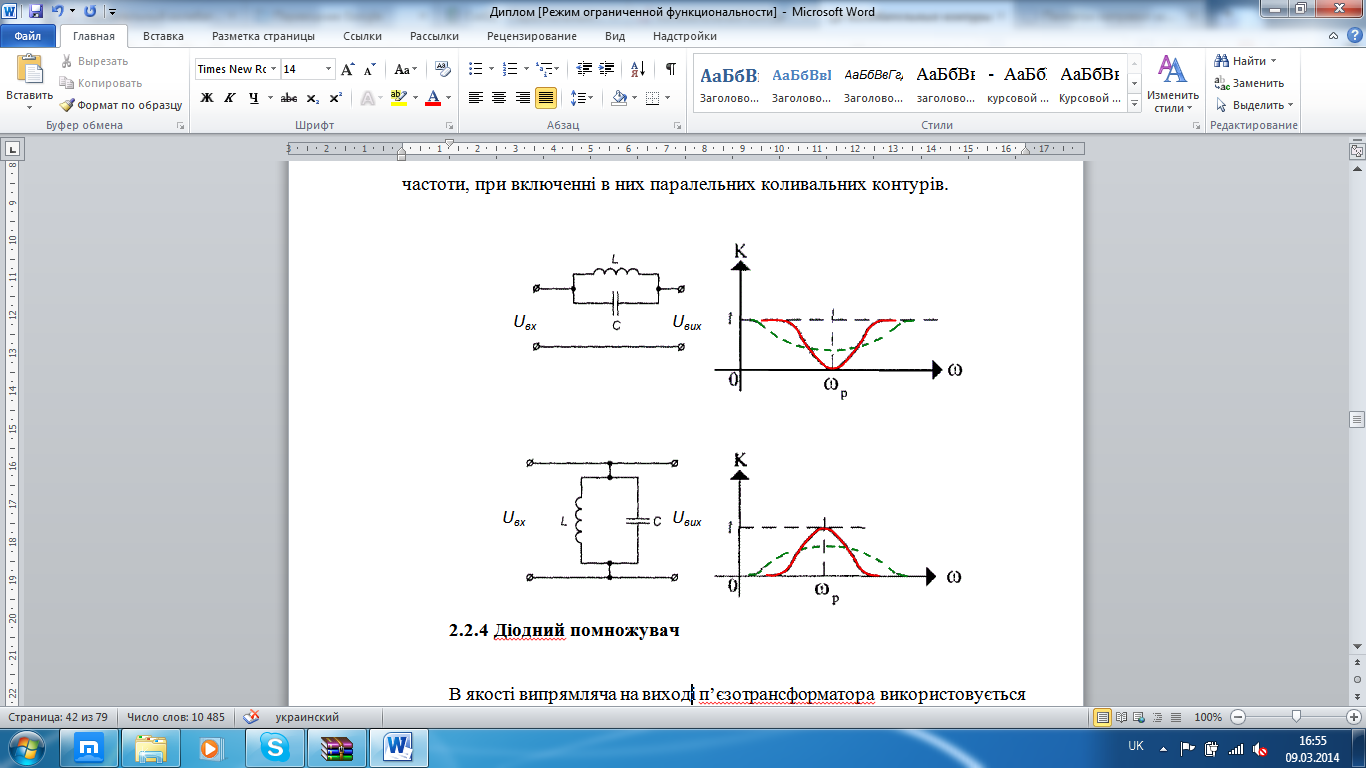
Рисунок 3.14 - Ланцюг, що складається з генератора гармонійних коливань і паралельного коливального контуру

Розглянемо як залежать коефіцієнти передачі чотириполюсників від частоти, при включенні в них паралельних коливальних контурів.

Чотириполюсник, зображений на рисунку 3.15а, на резонансній частоті контуру являє собою величезний опір току, тому при ω = ωр його коефіцієнт передачі буде близький до нуля (з урахуванням омічних втрат). На частотах, відмінних від резонансної, опір контуру буде зменшуватися, а коефіцієнт передачі чотириполюсника - зростати.



а



б

Рисунок 3.15 - Залежність коефіцієнта передачі чотириполюсників від частоти, при включенні в них паралельних коливальних контурів

Для чотириполюсника, наведеного на рисунку 3.15б, ситуація буде протилежною - на резонансній частоті контур буде являти собою дуже великий опір і практично вся вхідна напруга надійде на вихідні клеми (тобто коефіцієнт передачі буде максимальний і близький до одиниці). При значній відмінності частоти вхідного впливу від резонансної частоти контуру, джерело сигналу, що підключається до вхідних клем чотириполюсника, виявиться практично закороченим накоротко, а коефіцієнт передачі буде близький до нуля [11].

**3.2.5 Діодний помножувач**

В якості діодного помножувача на виході п’єзотрансформатора використовується схема подвоєння напруги, яка зображена на рисунку 3.16. Ця схема є найпростішим подвоювачем напруги з вихідним ємнісним фільтром, і створюється поєднанням двох діодів і одного високовольтного конденсатора.



Рисунок 3.16 – Схема подвоєння напруги

Дія схеми зводиться до наступного. Протягом частини позитивного напівперіоду струму, що випрямляється, вихідна ємність п’єзокерамічного трансформатора заряджається через діод VD1 до напруги Uмакс. У напівперіод, коли діод VD1 не проводить струму внаслідок негативної полярності напруги, прикладеної до його анода, струм протікає через діод VD2 і конденсатор С1, причому в цьому ланцюзі діють дві послідовно включені напруги: напруга на вході випрямляча і напруга на вихідній ємності п’єзотрансформатора. У результаті в граничному випадку конденсатор С1 може зарядитися до напруги 2Uмакс. При заряді конденсатора С1 відбувається розряд вихідної ємності п’єзокерамічного трансформатора. Якщо ці процеси закінчяться до моменту, коли настане наступний позитивний напівперіод струму, що випрямляється, то діод VD1 відкриється і вихідна ємність п’єзотрансформатора знову зарядиться, тобто описаний процес повториться. Таким чином, напруга на конденсаторі С1 буде кожен період підвищуватися при його заряді і знижуватися при розряді на опір навантаження. Отже, частота пульсацій випрямленої напруги дорівнює частоті струму, що випрямляється. Описаний процес випрямлення з подвоєнням напруги вірний тільки з якісної сторони, так як кількісні співвідношення напруг на конденсаторах залежать від їх ємності і постійних часу заряду і розряду, а також від співвідношення цих часів з періодом випрямляється струму.

З метою отримання негативної напруги на виході подвоювача змінюємо полярності включення діодів [12].

**3.2.6 Зворотний зв’язок**

У зв’язку з тим, що п’єзокерамічний трансформатор використовується на частоті резонансу другої моди, виникає необхідність пригнічення нижчої (першої) моди коливань. Пригнічення нижчої моди коливань здійснюється використанням секції зворотного зв’язку. При чому кількість таких секцій дорівнює кількості нижчих мод, які треба подавити. Таким чином у схемі автогенератора з п’єзотрансформаторним елементом виникає необхідність зворотного зв’язку с самого п’єзотрансформатора. У цьому випадку п’єзокерамічний трансформатор повинен мати одну додаткову обкладку зворотного зв’язку.

При використанні зворотного зв’язку необхідно збалансувати фази на резонансній частоті п’єзотрансформатора, що досягається вибором моди коливань, напрямом поляризації секції зворотного зв’язку та включенням обкладки зворотного зв’язку. При цьому площа обкладки повинна бути підібрана такою, щоб вихідний опір підсилювача наближав режим зворотного зв’язку до короткого замикання. Останнє виконується, якщо площина обкладки збудника більш ніж у 10 разів перевищує площину обкладки зворотного зв’язку.

Баланс амплітуд легко виконати, коли генератор працює в режимі, близькому до холостого ходу. В режимі максимального к. к. д. самозбудження генератора вже є непростою задачею, що вирішується в залежності від конструкції п’єзотрансформатора [13].

**3.3 Розрахунок вузлів принципової схеми іонізатора повітря**

**3.3.1 Розрахунок блока живлення**

Розглянемо процеси, що протікають в джерелі з конденсатором, що згладжує, ємністю, достатньою для того, щоб вважати пульсації вихідної напруги зневажливо малими [14].

Для «поглинаючого» конденсатора діодний мост (разом з та ) в сталому режимі являє собою якийсь еквівалент симетричного стабілітрона. При напрузі на цьому еквіваленті, меншої деякого значення (воно практично дорівнює напрузі на конденцаторі ), міст закритий і струму не проводить, при більшому - через відкритий міст тече струм, не даючи збільшуватися напрузі на вході мосту.

Розгляд почнемо з моменту t1, коли напруга мережі максимальна (рисунок 3.17). Конденсатор заряджається до амплітудного напруги мережі , за вирахуванням напруги на діодному мості приблизно равної . Струм через конденсатор і закритий міст дорівнює нулю. Напруга мережі зменшується по косинусоїдальному закону (графік 1), на мості також зменшується (графік 2), а напруга на конденцаторі не змінюється.

Струм конденсатора залишається нульовим доти, поки напруга на діодному мосту, змінивши знак на протилежний, не досягне значення (момент t2). У цей момент з'явиться стрибком струм через конденсатор і міст. Починаючи з моменту t2, напруга на мості не змінюється, а струм визначається швидкістю зміни напруги мережі і, отже, буде точно таким же, як якби до мережі був підключений тільки конденсатор (графік 3).

Коли напруга мережі досягає негативного амплітудного значення (момент t3), струм через конденсатор знову стане рівним нулю. Далі процес триває кожен напівперіод.

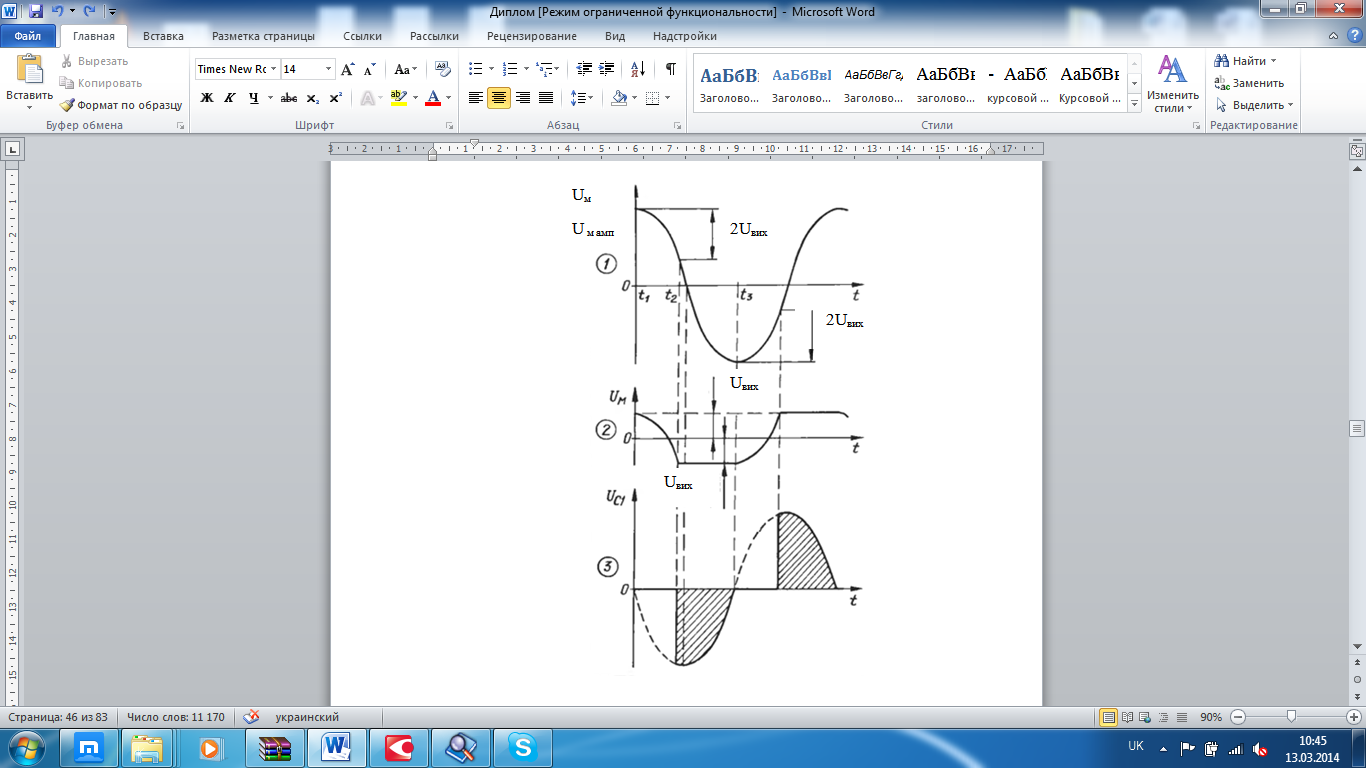


Рисунок 3.17 - Діаграми напруги

Струм через міст протікає лише в інтервалі часу від t2 до t3, його середнє значення може бути розраховане як площа заштрихованої частини синусоїди на графіку 3.

Нескладні розрахунки, однак, вимагають знання диференціального й інтегрального числень, дають таку формулу для середнього струму через навантаження :

, А; (3.8)

де f – частота мережі, Гц;

– ємність «поглинаючого» конденсатору, мкФ;

– амплітудне значення напруги мережі, В;

- вихідна напруга, В;

- напруга мережі, В.

При малих значеннях вихідної напруги можна використовувати для знаходження середнього струму формулу:

(3.9)

Якщо в (3.8) вихідний струм прирівняти до нуля отримаємо , тобто при струмі завантаження, що дорівнює нулю (при випадковому відключення навантаження), вихідна напруга джерела стає рівною вихідній напрузі мережі. Це означає, що всі елементи джерела повинні витримувати таку напругу. При зменшенні струму навантаження, вихідна напруга збільшитися. Тому, щоб стабілізувати вихідну напругу на необхідному рівні, включення стабілітрона паралельно навантаженню є обов'язковим.

Розрахуємо блок живлення, з такими параметрами:

- вихідна напруга 12 В;

- мінімальний струм навантаження ;

- максимальний струм навантаження ;

- мінімальна напруга мережі 200 В;

- максимальна напруга мережі 240 В.

Для забезпечення вихідної напруги 12 В напруга на вході стабілізатора повинна бути не менше 18 В. Струм, споживаний стабілізатором будемо вважати 10 мА.

Визначаємо ємність «поглинаючого» конденсатора для двухполуперіодного випрямляча:

де - струм, споживаний стабілізатором, мА;

- максимальний струм навантаження, мА;

- мінімальна напруга мережі, В;

– вхідна напруга стабілізатора, В.

В якості «поглинаючого» конденсатора вибираємо паралельне з'єднання конденсаторів К73 - 17 - 250 В - 1 мкФ. При паралельному з'єднанні загальна ємність конденсаторів дорівнює сумі ємностей цих конденсаторів (тобто 2 мкФ), а допустима напруга всього набору буде дорівнює напрузі конденсатора, що має найнижче значення допустимої напруги з усього набору (250 В).

Опір резистора, який шунтує поглинаючий конденсатор зазвичай дорівнює 500 кОм…1 МОм потужністю не менш 0,5 Вт.

Обираємо в якості шунтуючого резистора резистор типу С2 – 23 – 0,5 – 1 МОм.

Розрахуємо час , за який через резистор відбувається розряд «поглинаючих» конденсаторів:

(3.11)

де – опір резистора, що шунтує поглинаючий конденсатор, Ом;

– ємність поглинаючого конденсатора, мкФ.

Розрахуємо максимальний струм, що тече через стабілітрон при максимальній напрузі мережі та мінімальному струмі, що потребляється від джерела:

де - ємність «поглинаючого» конденсатора, мкФ;

– максимальна напруга мережі, В;

– вихідна напруга, В;

– мінімальний струм навантаження, мкА.

В якості стабілітрона VD2 обираємо стабілітрон 1N4746A, номінальна напруга стабілізації якого 18 В, номінальний струм стабілізації 14 мА, максимальний струм стабілізації – 50 мА.

Розрахуємо середній струм, що протікає через діодний міст, використовуючи формулу (2):

Розрахуємо зворотний струм діодів випрямного моста:

В якості діодного моста DA1 обираємо діодний міст BD107, що найчастіше використовуються у блоках живлення для побутової техніки і в цілому задовольняють розраховані вимоги (максимальний середній струм 1А, максимальна зворотна напруга 1000 В).

Для оцінки ємності згладжуючого конденсатора , який забезпечує задану амплітуду пульсацій вихідної напруги, будемо вважати, що для джерела зарядка цього конденсатора триває чверть періоду напруги мережі, і стільки ж - розрядка. При такому наближенні подвійна напруга пульсацій (розмах) дорівнює:

(3.14)

Для вихідної напруги менше 100 В реально зарядка триває більше, розрядка - менше, і вираз (3.14) дає помітно завищений результат, тому розрахунок ємності згладжуючого конденсатора за отриманою формулою забезпечує деякий запас:

=, (3.15)

де струм в міліамперах, ємність в мікрофарадах, напруга - у вольтах.

Хоча стабілітрон і зменшує напругу пульсацій, використовувати згладжуючий конденсатор ємністю менш розрахованої не рекомендується. При розмаху пульсацій 0,6 В ємність згладжуючого конденсатора:

= 833 (мкФ).

Напруга конденсатора повинна бути не менше максимальної напруги стабілізації стабілітрона, тобто більше за 20 В.

В якості згладжуючого конденсатора вибираємо електролітичний конденсатор К50 – 35 – 25В – 1000 мкФ.

У зв’язку с тим, що генератори побудовані з використанням мікросхеми серії К561, що потребує стабілізованої напруги живлення на виході блоку живлення використовуємо компенсаційний стабілізатор позитивної напруги.

Розрахуємо максимальну вхідну напругу стабілізатора:

, (3.16)

де - максимальна напруга стабілізації стабілітрона.

Для стабілітрона 1N4746A максимальна напруга стабілізації дорівнює приблизно 20 В. Тоді максимальна вхідна напруга для стабілізатора буде:

В якості лінійного стабілізатора позитивної напруги обираємо мікросхему GL7812: максимальна вхідна напруга 35 В, номінальний вихідний струм 1 А; вихідна напруга 12 В.

На виході лінійного стабілізатора позитивної напруги GL7812 встановлюємо широкосмуговий фільтр, що включає в себе керамічний та електролітичний конденсатори. Керамічний конденсатор необхідний для фільтрації високочастотних коливань, а електролітичний конденсатор використовується для фільтрації коливань низької частоти.

В якості керамічного конденсатора обираємо конденсатор К10-17 – 1б Н90 – 0,22 мкФ; в якості електролітичного конденсатора обираємо конденсатор К50 – 35 – 25В – 220 мкФ. Ємність конденсаторів обрана відповідно типовій схемі включення мікросхеми GL7812.

Для створення додаткового падіння напруги і зменшення навантаження на стабілізаторі напруги DD1 використовується діод VD2 – 1N4003.

В якості світлодіодів обираємо мініатюрні світлодіоди серії L – 383 прямокутної форми: зелені - L383GDT-2шт, червоний - L383IDT. Світлодіоди серії L383 характеризуються низьким енергоспоживанням, високою надійністю і міцністю, відмінною рівномірністю світлового потоку, тривалим терміном служби.

Щоб правильно підключити світлодіод, необхідно підключити його через струмообмежуючий резистор.

Опір струмообмежуючого резистора розраховується за формулою:

де напруга, яку треба погасити резистором, В;

**–** мінімальнийробочий (прямий) струм світло діода, А.

Напруга, яку треба погасити резистором визначається за формулою:

де – напруга живлення, В;

– робоча (пряма) напруга світлодіода, В.

Іпр, мА

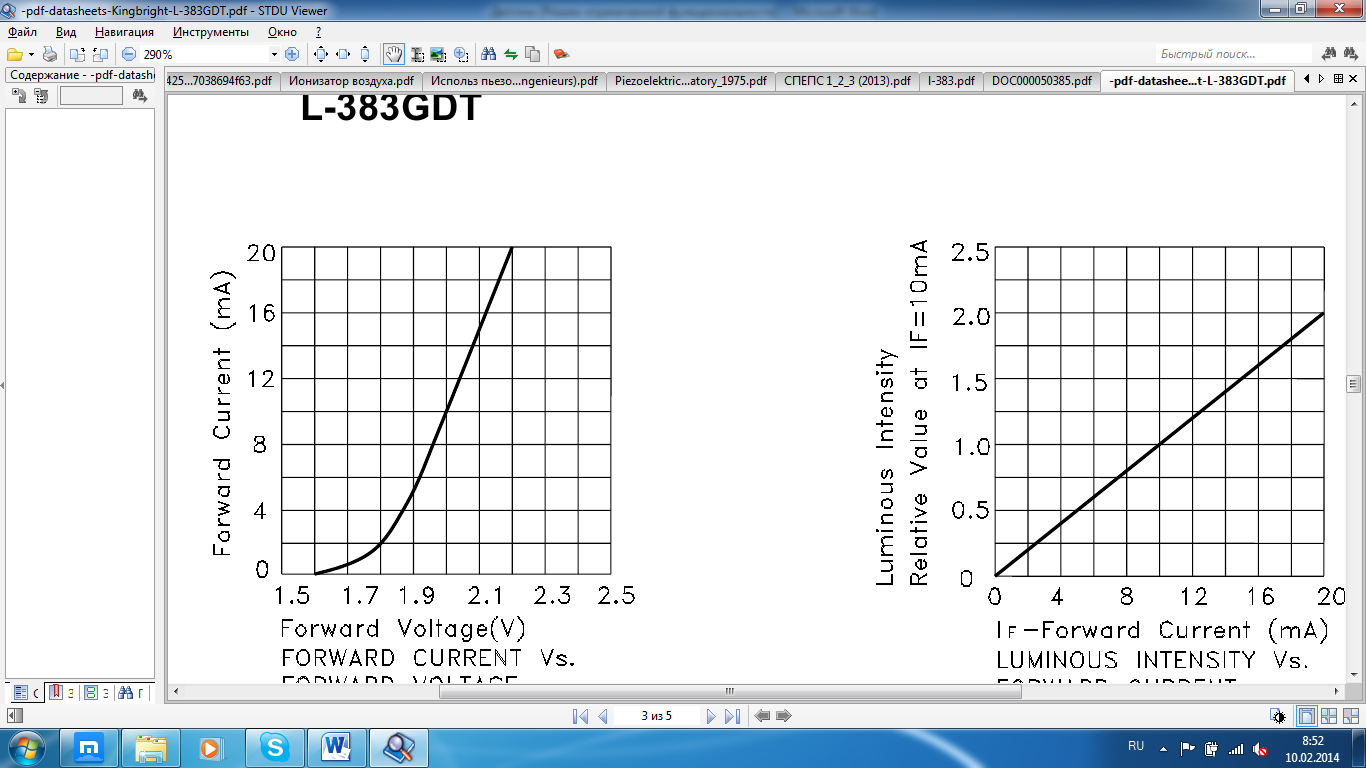
 Uпр, В

Рисунок 3.18 - Вольт – амперна характеристика світлодіодів L383

За вольт – амперною характеристикою видно, що при падінні напруги на світлодіоді близько 2 вольт величина струму, що протікає через діод дорівнює 7 – 10 мА.

Тому напруга, що треба погасити дорівнює:

Опір струмообмежуючого резистора:

Розрахуємо потужність струмообмежуючих резисторів за формулою:

де – номінальний струм світлодіода, А.

Для світлодіодів - L383GDT та L383IDT номінальний робочий струм дорівнює 10 мА.

Потужність струмообмежуючих резисторів:

В якості струмообмежуючих резисторів обираємо резистори С2 – 23 – 0,25 – 1,5 кОм.

**3.4 Висновки за розділом**

На основі аналітичного огляду була розроблена структурна і електрична схема іонізатора повітря.

Структурна схема іонізатора повітря на базі п'езотрансформатора складається з таких основних блоків: блок живлення, генератор, джерело високої напруги, випрямляч і розрядник.

Електрична схема іонізатора повітря на базі п'езотрансформатора демонструє його роботу: напруга Uжив від джерела живлення надходить на блок живлення, з якого знижена і випрямлена напруга подається на генератори. Коли перемикач у нижньому положенні, працює тільки генератор високої частоти, а генератор низької частоти - відключений. Генератор високої частоти без навантаження генерує коливання весь період часу та створює змінну напругу з частотою близько 150 кГц. При включенні навантаження, частота змінної напруги зменшується за рахунок зворотного зв’язку з самого п’єзотрансформатора, стає близькою до резонансної для п'єзотрансформатора. Змінна напруга надходить на вхідну секцію підвищувального п'єзоелектричного трансформатора де підвищується в сотні разів. З вихідної секції п'езотрансформатора висока змінна напруга надходить на діодний помножувач, де випрямляється та помножується і подається на розрядні електроди. Далі під дією імпульсів високої напруги виникає коронний розряд, що і є джерелом негативних іонів у повітрі. Таким чином іонізатор працює в режимі підвищеної іонізації. Коли перемикач SB2 у верхньому положенні, генератор високої частоти продовжує створювати змінну напругу з резонансною частотою п'езотрансформатора, а генератор низької частоти створює прямокутні імпульси з частотою близько 50 Гц. В результаті спільної роботи генераторів на вхідну секцію п'єзотрансформатора надходять «пачки» змінної напруги високої частоти. Тривалість «пачки» змінної напруги високої частоти дорівнює тривалості імпульсу генератора низької частоти, а час між «пачками» дорівнює тривалості паузи генератора низької частоти. В п’єзотрансформаторі напруга підвищується в сотні разів, яка надходить на діодний помножувач, де випрямляється і помножується. Потім «пачки» випрямленої високої напруги подаються на розрядні електроди, де періодично виникає коронний розряд, який є джерелом негативних іонів у повітрі, що виникають з тією ж періодичністю.

Також були виконані розрахунки блока живлення, з такими параметрами: вихідна напруга Uвих - 12 В, мінімальний струм навантаження Iн мін – 90 мА, максимальний струм навантаження Iн макс = 100 мА, мінімальна напруга мережі Uм мін = 200В, максимальна напруга мережі Uм макс = 240В.

**РОЗДІЛ 4**

**РОЗРОБКА КОНСТРУКЦІЇ ІОНІЗАТОРА**

**4.1 Визначення вимог по стійкості до механічних і кліматичних впливів пристрою**

Електронний прилад весь час піддається впливу механічних і кліматичних факторів, тому на стадії конструювання потрібно встановити умови його розміщення, та необхідно визначити характер і рівень цих впливів. До таких впливів відносять дію механічної вібрації та ударів, температурні дії, дії підвищених і знижених вологості та тиску.

Згідно з ГОСТ 15150-69 [15] здійснюється визначення вимог до механічних і кліматичних впливів.

Кліматичне виконання пристрою - У. Пристрій призначений для роботи в районах з помірним кліматом, де зміна температури від -45 °С до +40 °С, зміна вологості до 80% при температурі 20 °С.

Категорія розміщення пристрою - 3 [16], тобто даний пристрій для експлуатації в закритих приміщеннях з природною вентиляцією без кондиціонування.

**4.2 Вибір елементної бази та попередня компоновка конструкції електронного пристрою**

Для того щоб вибрати елементну базу, слід враховувати умови експлуатації іонізатора, а саме рівень механічних і теплових впливів.

Розташування елементів електричної системи іонізатора повітря знаходяться на друкованій платі. Треба визначитись з розташуванням вузлів і модулів пристрою**.**

Також необхідно врахувати можливості впливу на компоненти схеми, а саме: теплові, електричні, електромеханічні та механічні. Оцінюємо їх рівень і зменшуємо їх вплив.

**4.2.1 Елементна база**

**Конденсатори К73-17**

Конденсатори захищені металоплівкові К73-17 призначені для роботи в колах постійної, змінної та пульсуючої напруги і в імпульсних режимах (для низькочастотних ланцюгів). Можуть використовуватися в імпульсних і фільтрових режимах, в потужній перетворювальній техніці.

Технічні параметри:

- робоча напруга змінна 250 В;

- робоча напруга постійна 250 В;

- номінальна ємність 1 мкФ;

- допуск номінальної ємності 5%;

- робоча температура -60 ... 125.

Габаритні розміри та параметри конденсаторів К73-17 наведені на рисунку 4.1 і в таблиці 4.1.



Рисунок 4.1 - Габаритні розміри конденсаторів К73-17

Таблиця 4.1 - Параметри і габаритні розміри конденсаторів К73-17

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Номінальна ємність,мкФ | Номінальна напруга, В | L,  мм | В,  мм | Н,  мм | А,  мм | D,  мм | Кількість, шт |
| 1 | 250 | 23 | 10,5 | 21 | 20 | 0,8 | 2 |

**Конденсатори К50-35**

К50-35 - Конденсатор електролітичний алюмінієвий.

Габаритні розміри та параметри конденсаторів К50-35 представлені на рисунку 4.2 і в таблиці 4.2

Технічні характеристики:

- номінальна напруга 25 В;

- діапазон робочих температур -40 ... +85 ℃;

- тангенс кута втрат, 120 Гц, 20 ℃ 0,12 ... 0,25.



Рисунок 4.2 - Габаритні розміри конденсаторів К50-16

Таблиця 4.2 - Електричні параметри і габаритні розміри К50-35

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Номінальна ємність, мкФ | D, мм | L, мм | F, мм | d, мм | Кількість,шт |
| 220 | 8 | 12 | 3,5 | 0,5 | 1 |
| 1000 | 10 | 21 | 5 | 0,6 | 1 |

**Конденсатори К10-17**

Конденсатори К10-17 керамічні монолітні, призначені для роботи в колах постійного та змінного струмів і в імпульсних режимах. Конденсатори допускають роботу в середовищі, що містить водень.

Габаритні розміри та параметри конденсаторів К10-17 наведені на рисунку 4.3 і в таблиці 4.3.



Рисунок 4.3 - Габаритні розміри конденсаторів К10-17б

Таблиця 4.3 - Електричні параметри і габаритні розміри керамічних конденсаторів К10-17 (Н90)

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Номінальна ємність, нФ | Номінальна напруга,  В | А,  мм | L,  мм | В,  мм | Н,  мм | Кількість,  шт |
| 220 | 40 | 2,5 | 5,6 | 4,0 | 3,0 | 3 |
| 0,1 | 2 |
| 15 | 1 |
| 10 | 1 |

**Конденсатори КВІ-2**

КВІ – 2 - конденсатори високовольтні імпульсні, з керамічним діелектриком, неізольовані, постійної ємності. Виготовляються у виконанні для всекліматичного виконанні (В). Габаритні розміри конденсатора КВІ – 2 – 47пФ10кВ представлені на рисунку 4.4.



Рисунок 4.4 – Габаритні розміри конденсаторів

КВІ – 2 – 47пФ×10кВ

Основні параметри конденсаторів КВІ – 2:

- номінальна напруга: 10 кВ;

- номінальна ємність 47 пФ;

- допустимі відхилення ємності : ± 20 %

- інтервал робочих температур: -60 ... +125 °С;

- напрацювання: 25000 годин;

- термін зберігання: не менше 12 років;

- технічні умови: ОЖО.460.129 ТУ.

**Запобіжник керамічний ВП1-1-0,5А**

Запобіжники (вставки плавкі) призначені для розриву електричного ланцюга в разі, якщо струм в ланцюзі перевищує заданий.

Габарити запобіжника керамічного ВП1-1-0,5А представлені на рисунку 4.5



Рисунок 4.5 - Запобіжник керамічний ВП1-1-0,5А

Технічні параметри запобіжника ВП1-1-0,5А:

- матеріал: кераміка;

- номінальна напруга 250 В;

- номінальний робочий струм 0,5А;

- контакти циліндричні;

- робоча температура -60 ... 100.

**Стабілітрон BZX55C5V6**

BZX55C5V6 – стабілітрон малої потужності, що використовується для отримання стабільної напруги. Стабілітрон BZX55C5V6 виконаний у корпусі DO – 35. Габаритні розміри стабілітрона BZX55C5V6 представлені на рисунку 4.6



Рисунок 4.6 – Габаритні розміри стабілітрона BZX55C5V6,

діодів 1N4148

Характеристики стабілітрона BZX55C5V6:

* номінальна напруга стабілізації - 5,6 В;
* мінімальна напруга стабілізації – 5,2 В;
* максимальна напруга стабілізації – 6,0 В;
* номінальний струм стабілізації - 5 мА;
* мінімальний струм стабілізації 1мА;
* максимальний струм стабілізації 200 мА;
* температурний коефіцієнт напруги стабілізації - ± 0,06% / ;
* постійна пряма напруга 1 В;
* диференційний опір стабілітрона 15 Ом;
* потужність 0,5 Вт;
* робочий діапазон температури -55 ... + 200 ;
* аналог: BZX79C5V6.

**Стабілітрон 1N4746A**

Стабілітрон 1N4746A кремнієвий, виконується в корпусі DO – 41. Габаритні розміри стабілітрона 1N4746A приведені на рисунку 4.7



Рисунок 4.7 – Габаритні розміри стабілітрона 1N4746A,

діода 1N4003

Характеристики стабілітрона 1N4746A:

* номінальна напруга стабілізації 18 В;
* мінімальна напруга стабілізації 17,1 В;
* максимальна напруга стабілізації - 16,9 В;
* номінальний струм стабілізації стабілітрона - 14 мА;
* статичний опір стабілітрона 20 Ом;
* максимально допустимий струм стабілізації стабілітрона 50 мА;
* пряма розсіюючи потужність 1 Вт;
* робочий діапазон температури -60 ... + 200 .

**Cвітлодіоди L383IDT, L383GDT - 2шт**

Світлодіоди серії L - 383 випускаються в корпусі прямокутного перерізу. З метою виключити неправильне включення анод має виведення більшої довжини. Корпус світлодіода пофарбований у колір, відповідний кольору випромінювання. Прямокутний корпус забезпечує кут розсіювання в 110 градусів. Діапазон робочих температур знаходиться в межах від -40 до +85 градусів. Габаритні розміри корпусу світлодіодів серії L - 383 показані на рисунку 4.8, а технічні параметри наведені в таблиці 4.5.



Рисунок 4.8 - Габаритні розміри корпусу світлодіодів

серії L - 383

Таблиця 4.5 - Технічні параметри світлодіодів серії L- 383

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Технічні параметри** | **L383IDT** | **L383GDT** |
| Матеріал | GaAsP | GaP |
| Колір світіння | червоний | зелений |
| Довжина хвилі, нм | 625 | 568 |
| Мінімальна сила світла, мКд | 3 | 1 |
| Максимальна сила світла, мКд | 5 | 4 |
| Номінальний прямий струм, мА | 10 | 10 |
| Максимальний імпульсний прямий струм, мА | 30 | 30 |
| Номінальна пряма напруга, В | 2 | 2 |
| Максимальна пряма напруга, В | 2,5 | 2,5 |
| Максимальна зворотна напруга, В | 5 | 5 |
| Колір лінзи | Красний матовий | Зелений матовий |

**Діодний міст BD107**

DB107 - діодний міст в пластиковому корпусі типу DIP для монтажу в отвори друкованої плати. Міст DB107 застосовується для випрямлення струмів промислової частоти 50/60Гц.

Габаритні розміри діодного моста BD107 представлені на рисунку 4.9



Рисунок 4.9 - Габаритні розміри діодного моста BD107

Характеристики діодного моста BD107:

- максимальна постійна зворотна напруга 1000 В;

- максимальний прямий (випрямлений за напівперіод) струм 1 А;

- максимальна імпульсна зворотна напруга 1200 В;

- максимальний допустимий прямий імпульсний струм 50 А;

- максимальний зворотний струм 10 мкА;

- максимальна пряма напруга (на кожний діод при Іпр., А 1) 1.1 В;

- робоча температура -55 ... 125 .

**Діод 1N4148**

1N4148 – кремнієвий високошвидкісний випрямний діод, виконаний у корпусі DO – 35. Габаритні розміри корпуса діода 1N4148 представлені на рисунку 4.6

Характеристики діоду 1N4148:

* максимальна постійна зворотна напруга 75 В;
* максимальна імпульсна зворотна напруга 120 В;
* максимальний прямий (випрямлений за напівперіод) струм 0,2 А;
* максимально допустимий прямий імпульсний струм 0,45 А;
* максимальний зворотний струм (при 25) 5 мкА;
* максимальна пряма напруга 1 В;
* при прямому струмі 0,01 А;
* максимальний час зворотного відновлення 0.004 мкс;
* загальна ємність Сд дорівнює 4 пФ;
* робоча температура -65 ... 150 .

**Діод 1N4003**

1N4003 **-** кремнієвий універсальний випрямний діод. Габаритні розміри діоду представлені на рисунку 4.7

Характеристики діоду 1N4003:

* максимальна постійна зворотна напруга 200 В;
* максимальний постійний прямий струм (випрямлений за напівперіод) 1А;
* постійна пряма напруга (при прямому струмі 1 А) 1,1 В;
* максимальна імпульсна зворотна напруга 240 В;
* максимально допустимий прямий імпульсний струм 30 А;
* максимальний зворотний струм (при 25) 5 мкА;
* робоча температура -65 ... 150
* аналог: SDR6003.

**Діод 2CL72**

2CL72 – діод кремнієвий випрямній високовольтний. Габаритні розміри діоду 2CL72 представлені на рисунку 4.10



Рисунок 4.10 - Габаритні розміри діода 2CL72

Характеристики діоду 2CL72:

* максимальна постійна зворотна напруга 10000 В;
* максимальний постійний прямий струм 5 мА;
* робоча частота 1 МГц;
* постійна пряма напруга (при прямому струмі 10 мА) 30 В;
* максимальний зворотний струм (при температурі 25 ) 2 мкА;
* максимальний зворотний струм (при температурі 100 ) 5 мкА;
* максимальний струм перевантаження 0,5 А;
* час зворотного відновлення 0,1 мкс;
* максимальна ємність переходу 1 пФ;
* аналог діода 2CL72: ESJA54-10.

**Симистор ВТ131**

Габаритні розміри симистору ВТ131 приведені на рисунку 4.11



Рисунок 4.11 – Габаритні розміри симистору ВТ131

Технічні параметри симистору ВТ131:

* максимальна зворотна напруга: 600 В;
* максимальна повторювальна імпульсна напруга в закритому стані: 600 В;
* середнє за період значення струму у відкритому стані: 1 А;
* максимальний імпульсний струм у відкритому стані: 16А;
* напруга утримання: 1,2 В;
* струм включення керуючого електроду: 3 мА;
* найменший постійний струм управління, необхідний для включення симистора 0,045 А;
* час включення: 2 мкс;
* відмикаюча напруга управління, відповідна мінімальному постійному відмикаючому струму: 1,2 В;
* робоча температура -40 ... 125;
* особливості: з чутливим затвором;
* корпус TO92.

**Резистори С2-23**

С2-23 - постійні недротяні загального застосування неізольовані резистори призначені для роботи в колах постійного, змінного і імпульсного струму. Резистори С2-23 виготовляють в кліматичному виконанні В2 за ГОСТ 15150-69. Резистори С2-23 виготовляються в пожежобезпечному виконанні. Габаритні розміри резисторів С2-23 приведені на рисунку 4.12 та таблиці 4.6.



Рисунок 4.12 - Габаритні розміри резисторів С2-23

Таблиця 4.6 - Електричні параметри і габаритні розміри постійних недротяних резисторів С2-23

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Номінальна потужність, Вт | Опір,  Ом | D,  мм | L,  мм | l,  мм | d,  мм | Кількість,  шт |
| 0,25 | 270 | 3 | 7 | 20 | 0,6 | 1 |
| 2,2к | 3 |
| 270к | 1 |
| 3,6к | 3 |
| 110к | 1 |
| 330к | 2 |
| 22к | 1 |
|  | 3,6М | 1 |
|  | 1,5к | 3 |
| 1,0 | 150 | 6,6 | 13 | 25 | 1 |
| 0,5 | 1М | 4,2 | 10,8 | 1 |

**Мікросхема К561ЛН2**

Логічні ІМС серії К561 виконані на польових транзисторах за технологією КМОН (комплементарні транзистори структури метал - окисел - напівпровідник). Комплементарні - доповнюють один одного, тобто, P-типу та N-типу. Структура МОН - на напівпровідникову структуру наноситься шар двоокису кремнію SiO2, який є ізолятором, а на нього - шар металу (алюмінію), який є затвором транзистора. Виходить польовий транзистор з ізольованим затвором структури МОН - метал-окисел-напівпровідник.

Мікросхема К561ЛН2 містить шість буферних інверторів. Цокольовка мікросхеми наведена на рисунку 4.13. Мікросхема виконана в стандартному корпусі з 14 виводами (DIP-14). 12 виводів - інформаційні (логічні), показані на рисунку 4.14. На виводи 7 і 14, подається напруга живлення для всіх 6 інверторів: вивід 7 - загальний, вивід 14 - + Uжив. Для мікросхеми необхідна лише одна напруга живлення (на вивід 14), тому вона зручна як транслятор логічних рівнів.



Рисунок 4.13 – Цокольовка мікросхеми К561ЛН2



Рисунок 4.14 – Габаритні розміри мікросхеми К561ЛН2

Технічні параметри мікросхеми К561ЛН2:

- час затримки 50 нс (типовий);

- потужність споживання 0,4 мкВт/вентиль;

- напруга живлення 3-15 В;

- корпус 201.14-1 (DIP14).

**Стабілізатор GL7812**

GL7812 – інтегральний лінійний стабілізатор напруги позитивної полярності. Габаритні розміри корпусу мікросхеми GL7812 представлені на рисунку 4.15



Рисунок 4.15 - Габаритні розміри корпусу мікросхеми L7812

Технічні параметри GL7812:

* корпус TO220;
* номінальний вихідний струм 1.5 А;
* максимальна вхідна напруга 35 В;
* вихідна напруга 12 В;
* нестабільність по напрузі не більше 0,05 ;
* нестабільність по струму не більше 0,67 ;
* діапазон робочої температури 0…150 ;
* потужність, що розсіюється 0,7 Вт;
* аналог: AN7812.

**Транзистор КТ317Г**

Транзистор КТ315Г - кремнієвий епітаксійно – планарний, структури NPN, підсилювальний.

Характеристики транзистора КТ315Г:

* максимально допустима (імпульсна) напруга колектор - база 35 В;
* максимально допустима (імпульсна) напруга колектор - емітер 35 В;
* максимально допустимий постійний (імпульсний) струм колектора 100 мА;
* максимально допустима постійна потужність колектора, що розсіюється 0.15 Вт;
* статичний коефіцієнт передачі струму біполярного транзистора в схемі з загальним емітером 50-350;
* зворотний струм колектора 0.5 мкА;
* гранична частота коефіцієнта передачі струму в схемі з загальним емітером 250 МГц;
* аналоги транзистора КТ315Г: 2SC634, 2SC641, BFP722.

Габаритні розміри транзистора КТ315Г представлені на рисунку 4.16.

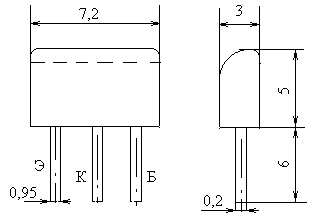


Рисунок 4.16 – Габаритні розміри транзистора КТ315Г

**Транзистор КТ817Г**

КТ817 - кремнієвий біполярний NPN транзистор низькочастотний середньої потужності, в пластмасовому корпусі TO-126. Габаритні розміри транзистора КТ817Г представлені на рисунку 4.17.

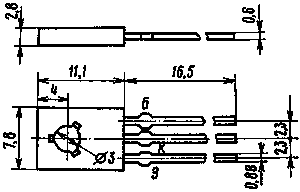


Рисунок 4.17 - Габаритні розміри транзистора КТ817Г

Характеристика транзистора КТ817Г**:**

* максимально допустима (імпульсний) напруга колектор - база 100 В;
* максимально допустима (імпульсна) напруга колектор - емітер 90 В;
* максимальний допустимий постійний (імпульсний) струм колектора 3000 (6000) мА;
* максимально допустима постійна потужність колектора, що розсіюється 1 (25) Вт;
* статичний коефіцієнт передачі струму біполярного транзистора в схемі з загальним емітером 25-275;
* зворотний струм колектора 100 мкА;
* гранична частота коефіцієнта передачі струму в схемі з загальним емітером 3 МГц;
* коефіцієнт шуму біполярного транзистора < 0,6 дБ;
* аналоги транзистора КТ817Г: 2N5192, 2SD1356, 2SD1408, 2SD526, 2SD1356, 2SD1408, BD937, TIP31C, 2N6123, 2SC1826, 2SC1827, BD179, BD220, BD222, BD237, BD239B, BD441, BD619.

**Одношаровий п’єзотрансформатор ТП – Р1 800603**

ТП – Р1 800603 – п’єзоелектричний трансформатор конструкції Розена, габаритні розміри якого представлені на рисунку 4.18.

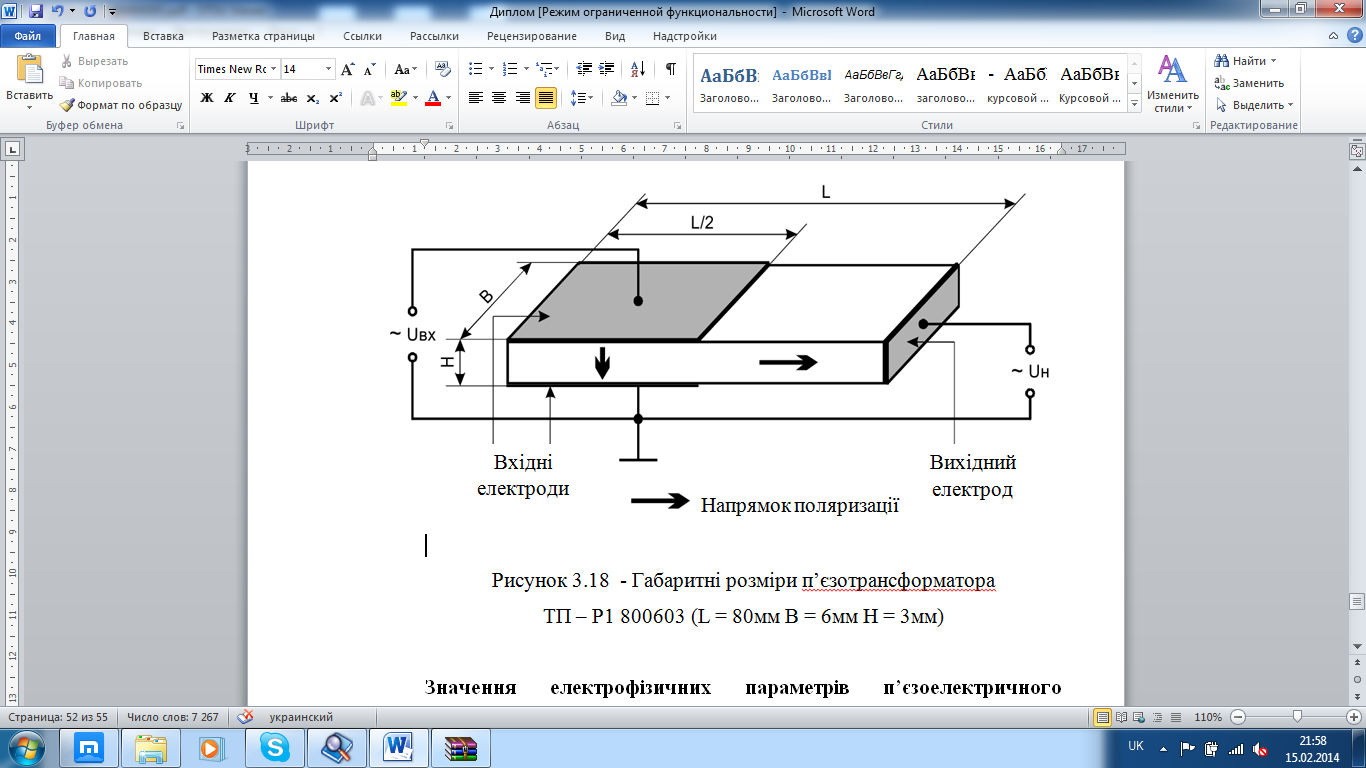


Рисунок 4.18 - Габаритні розміри п’єзотрансформатора

ТП – Р1 800603 (L = 80мм B = 6мм H = 3мм)

Значення електрофізичних параметрів ТП – Р1 800603:

* частота основного резонансу 19 – 22 кГц;
* електрична ємність вхідної секції 1000 – 1200 пФ;
* електрична ємність вихідної секції 5 – 7 пФ;
* тангенс кута діелектричних втрат вхідної секції - не більше 0,01;
* вхідна напруга 20 Веф;
* вхідний струм при навантаженні 100 МОм – не більше 20 мА;
* вихідна напруга при навантаженні 100 МОм – не менше 3 кВ;
* коефіцієнт корисної дії при навантаженні 30 МОм – не менше 0,5;
* максимальна вхідна напруга - не більше 60 Веф;
* матеріал виготовлення ЦТС-24.

**Дросель ДМ - 0.1 - 470 мкГн**

Високочастотні дроселі постійної індуктивності типу ДМ призначені для роботи в апаратурі спеціального призначення, побутової техніки, а також у складі протизавадних фільтрів.

Габаритні розміри дроселя ДМ – 0,1 – 470 мкГн представлені на рисунку 4.19.



Рисунок 4.19 - Габаритні розміри дроселя

ДМ – 0,1 – 470 мкГн

Технічні характеристики дроселя ДМ – 0,1 – 470 мкГн:

- номінальна індуктивність - 470 мкГн;

- максимальна сила струму – 0,1 А;

- опір постійного струму – 15 Ом;

- добротність – 60 одиниць;

- максимальна робоча частота 35 МГц;

- діапазон робочих температур: від -60 °С до +100 °С;

- відносна вологість - 93-98 % при температурі 40 °С;

- мінімальне напрацювання - 10000 годин;

- кліматичне виконання – усе кліматичне.

**Перемикач П2К-Н-1-15-2-б**

Модульний перемикач, призначений для комутації електричних кіл постійного та змінного струму частотою до 20 МГц у радіоелектронній апаратурі.

П2К-Н-1-15-2-б - перемикач кнопковий з незалежною фіксацією, кнопка одномодульна, крок між осями модулів 15 мм, дві групи комутації, колір-білий.

Технічні характеристики П2К-Н-1-15-2-б:

* опір ізоляції - не менше 1000 МОм;
* опір електричного контакту: не більше 0,025 Ом;
* електрична міцність ізоляції – 750 В;
* температура навколишнього середовища: від -40 до +55 .

Габаритні розміри модульного перемикача П2К-Н-1-15-2-б приведені на рисунку 4.20.

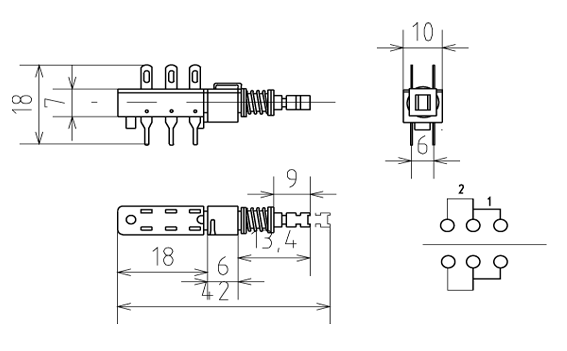


Рисунок 4.20 - Габаритні розміри модульного перемикача

П2К-Н-1-15-2-б

**4.3 Розробка конструкції друкованої плати**

При розробці конструкції друкованої плати електронного пристрою слід дотримуватися наступних стадій: вибір класу точності друкованої плати; вибір матеріалу, габаритних розмірів і конфігурації друкованої плати; вибір типу друкованої плати; трасування провідників і розміщення елементів провідного рисунку; попереднє розміщення навісних елементів; розробка конструкторської документації друкованої плати.

Елементна база іонізатора повітря розташовується на однобічній друкованій платі, що в свою чергу, не буде призводити до перегріву і появи паразитних зв'язків.

Позначення розмірів конструкції односторонньої друкованої плати наведені на рисунку 4.21.

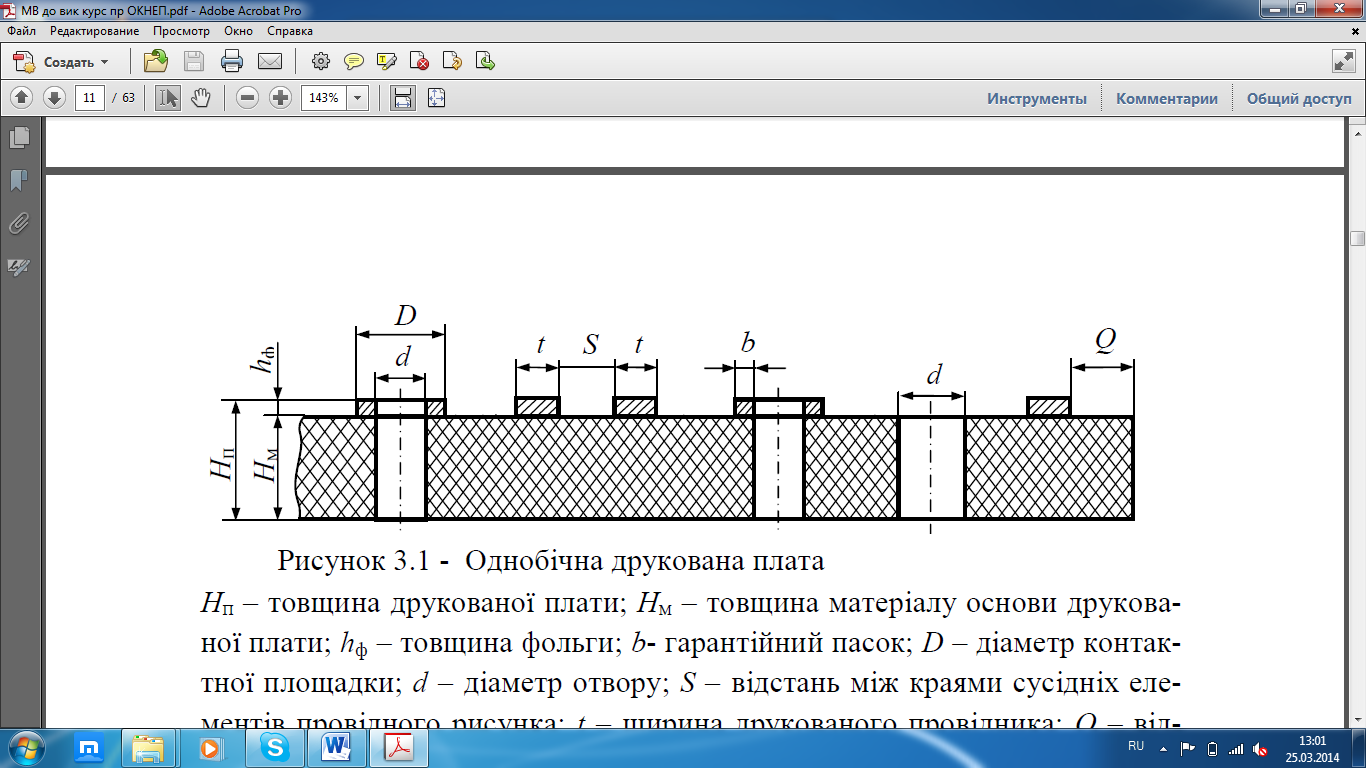


Рисунок 4.21 - Однобічна друкована плата

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

Відповідно до ГОСТ 23751-86 [17] друковані плати діляться на п'ять класів точності. Вони визначають граничні розміри і відхилення елементів конструкції друкованих плат.

Друкована плата іонізатора повітря має другий клас точності, тому що він простий у виготовленні, надійний та має мінімальну вартість, у порівнянні з іншими класами точності.

Плати другого класу точності мають такі конструктивні параметри:

- мінімальне значення номінальної ширини провідника t = 0,45 мм;

- мінімальне значення відстані між провідниками S = 0,45 мм;

- гарантований пасок b = 0,2 мм;

- граничне відхилення діаметра отвору Δd:

- без металізації при d ≤ 1 мм Δd = ± 0,10 мм;

- без металізації при d> 1 мм Δd = ± 0,15 мм;

- граничне відхилення ширини друкованого провідника (контактної площадки) без покриття Δt = ± 0,10 мм;

- допуск на розташування осей отворів при розмірі плати на великій стороні:

- до 180 мм включно Td = 0,15 мм;

- понад 180 до 360 мм Td = 0,20 мм;

      - понад 360 мм Td = 0,25 мм;

- допуск на розташування центрів контактних майданчиків при розмірі плати на великій стороні:

- до 180 мм включно TD = 0,25 мм;

- понад 180 мм до 360 мм TD = 0,30 мм;

- понад 360 мм TD = 0,35 мм.

Як матеріал для виготовлення друкованої плати використовується склотекстоліт, який облицьований з одного боку мідною оксидованою фольгою (СФ-1-50): товщина фольги - 50 мкм; товщина плати - 2,0 мм; робочий діапазон температур: від -60 ° С до +85 ° С.

За ГОСТ 23751 - 86 [17] розміщення елементів повинно розподілятися рівномірно, з урахуванням електричних зв'язків і теплових режимів та з відсутнім або мінімальним рівнем паразитних зв'язків між елементами друкованого вузла.

Згідно з ГОСТ 10317 – 79 [18] основний крок координатної сітки дорівнює 1,25 мм. Центри монтажних отворів і контактних майданчиків під виводи навісних елементів розташовуємо в вузлах координатної сітки. Діаметри монтажних отворів обираються в діапазоні значень від 0,4 до 3,0 мм через 0,1 мм, за винятком значення 1,4; 1,9; 2,3; 2,9 мм.

Діаметр отвору під вивід обирається в залежності від діаметра виводу елемента та зазором в межах 0,1…0,4 мм до стінки отвору, що забезпечує капілярне проникнення припою в процесі пайки.

Враховуючи приведені вище вимоги, обираємо діаметри монтажних отворів.

Для елементів з діаметром виводів 0,8 мм, 0,88 мм, 0,9 мм, 0,93 мм, 0,95 мм і 1 мм вибираємо діаметр монтажних отворів рівний 1,1 мм; для елементів з діаметром висновків 0,5 мм, 0,52 мм, 0,6 мм вибираємо діаметр монтажних отворів рівний 0,7 мм; для елементів з діаметром висновків 1,2 мм вибираємо діаметр монтажних отворів рівний 1,6 мм.

Діаметри монтажних отворів для кожного елементу іонізатора повітря наведені в таблиці 4.7.

Таблиця 4.7 - Вибір діаметрів монтажних отворів.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Елемент | Кількість елементів | Діаметр виводів елемента | Кіль-кість виводів | Кількість монтажних отворів | Діаметр монтажних отворів |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| Конденсатори | | | | | |
| К10-17-0,22 мкФ | 3 | 0,6 | 2 | 14 | 0,7 |
| К10-17-100 пФ | 2 |
| К10-17-0,015мкФ | 1 |
| К10-17 -0,01 мкФ | 1 |
| КВІ-2-47пФ10кВ | 1 | 1,0 | 2 | 1,1 |
| К73-17-1мкФ 250В | 2 | 0,8 | 4 | 1,1 |
| К50-35-220мкФ 25В | 1 | 0,5 | 2 | 0,7 |
| К50-35-1000мкФ  25В | 1 | 0,6 | 2 |
| Діодний мост BD107 | 1 | 0,5 | 4 | 4 |
| Мікросхеми | | | | | |
| К561ЛН2 | 1 | 0,5 | 14 | 14 | 0,7 |
| Стабілізатор напруги GL7812 | 1 | 0,93 | 3 | 3 | 1,1 |
| Запобіжник  ВП1-1-0.5А | 2 | 1 | 2 | 4 | 1,1 |
| Дросель  ДМ-0.1-470 мкГн | 1 | 0,8 | 2 | 2 | 1,1 |
| Резистори | | | | | |
| C2-23-0.25-2,2 кОм | 3 | 0,6 | 2 | 24 | 0,7 |
| C2-23-0.25-270 кОм | 1 |
| C2-23-0.25-1,5 кОм | 3 |
| C2-23-0.5-1 МОм | 1 |
| C2-23-0.25-3,6 кОм | 3 |
| C2-23-0.25-110 кОм | 1 |

продовження таблиці 4.7

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | | 6 |
| Резистори | | | | | | |
| C2-23-1,0-150 Ом | 1 | 0,6 | 2 | | 12 | 0,7 |
| C2-23-0.25-330 кОм | 2 |
| C2-23-0.25-270 Ом | 1 |
| C2-23-0.25-22 кОм | 1 |
| C2-23-0.25-3,6 МОм | 1 |
| Перемикач  П2К-Н-1-15-2-б | 2 | 1,2 | 6 | | 12 | 1,6 |
| Стабілітрони | | | | | | |
| BZX55C5V6 | 2 | 0,52 | 2 | | 4 | 0,7 |
| 1N4746А | 1 | 0,9 | 2 | | 2 | 1,1 |
| Діоди | | | | | | |
| 1N4003 | 1 | 0,9 | 2 | | 2 | 1,1 |
| 1N4148 | 4 | 0,52 | 2 | | 8 | 0,7 |
| 2CL72 | 2 | 0,6 | 2 | | 4 | 0,7 |
| Світлодіоди | | | | | | |
| L383IDT | 1 | 0,5 | 2 | | 6 | 0,7 |
| L383GDT | 2 |
| Симистор ВТ131 | 1 | 0,5 | 3 | | 3 |
| Транзистори | | | | | | |
| КТ315Г | 1 | 0,95 | 3 | | 3 | 1,1 |
| КТ817Г | 1 | 0,88 | 3 | | 3 |

Розміри і конфігурацію кріпильних і інших конструктивних отворів, наприклад, для корпуса та навісних елементів, вибираємо по [16].

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

де ΔdВ.О - верхнє граничне відхилення діаметра отвору (при значенні d;

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

ΔtВ.О и ΔtН.О - верхнє і нижнє граничні відхилення ширини провідника відповідно (0,10 мм);

Δdтр – значення підтравлювання діелектрика (для однобічних плат дорівнює нулю);

Td – 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);

TD – 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).

;

.

Мінімальне значення номінальної ширини провідника розраховуємо виходячи з допустимої щільності струму (для гальванічної міді складає від 60 до100 А/мм2).

Значення ширини провідника залежить від:

- класу точності друкованої плати;

- від струму, який проходить через друкований провідник.

, мм; (4.2)

де t - ширина провідника, мм;

S - площа друкованого провідника, мм2;

hф - товщина друкованого провідника, мм (hф = 0.05 мм, так як товщина фольги дорівнює 50 мкм).

Площу друкованого провідника знаходимо за формулою:

(4.3)

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

  j - щільність струму, А, мм2.

Правила до креслення друкованої плати встановлені у ГОСТ 2.417-91 [19].

Креслення виконані в масштабі 2:1. Розміри на кресленні друкованої плати вказані нанесенням координатної сітки в прямокутній системі координат. Крок сітки 1,25 мм.

Згідно з ГОСТ 11284-75 [20] вибираємо розміри і конфігурації кріпильних та конструктивних технологічних отворів.

Діаметр отворів, їх умовний знак, діаметр контактної площадки,  
наявність металізації, кількість отворів приведені в таблиці 4.8

Таблиця 4.8 - Параметри монтажних отворів і контактних площадок.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Позначення отвору | Діаметр отворів, мм | Діаметр контактної площадки, мм | Наявність металізації | Кількість, шт |
|  | 0,7 | 1,6 | Без металізації | 25 |
|  | 1,1 | 2,0 | Без металізації | 119 |
|  | 1,6 | 2,5 | Без металізації | 12 |
|  | 3 | - | Без металізації | 3 |
|  | 10 | - | Без металізації | 4 |

**4.4 Розробка конструкції друкованого вузла**

Друкований вузол складається з таких основних елементів, як: друкована плата, навісні та настановні елементи. Також, за необхідністю, додаються додаткові елементи кріплення і охолоджувачі.

Відповідно з ГОСТ 2.413-72 [21] виконується складальне креслення друкованого вузла та специфікація.

На складальному кресленні вузла наноситься позиційне позначення до кожного елемента, які вказані на принциповій електричній схемі. Вони можуть бути зображеними як спрощенні зовнішні обриси елементів.

На друкованій платі, при розміщенні елементів, слід дотримуватися таких правил:

- встановлення елементів має бути з одного боку друкованої плати;

- в кожен монтажний отвір встановлюється не більш одного виводу елементів.

**4.5 Вибір умов охолодження та розрахунок теплового режиму пристрою**

Під час роботи елементна база не повинна перевищувати допустимих технічними умовами температур, які приведуть до перегріву електронного пристрою. Щоб отримати необхідні температурні умови передбачаються засоби охолодження та раціонально компонують елементи при конструюванні.

За допомогою графіків, що характеризують область доцільного застосування різних способів охолодження, проводиться попередній вибір системи охолодження.

На підставі попередніх даних за величиною теплового потоку, що приходить на одиницю площі теплообміну, проводиться оцінка згідно з формулою (4.4):

де – сумарна потужність пристрою, що розсіюється, Вт;

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

– поверхня теплообміну, обумовлена ​​геометричними розмірами корпусу електронного пристрою l1,l2, l3 і коефіцієнтом заповнення з.

Сумарна потужність електронного пристрою, що розсіюється:

P = Σpi ,Вт; (4.5)

де pi –потужність, що розсіюється кожного елементу окремо.

Розрахунок сумарної потужності іонізатора повітря, що розсіюється наведений в таблиці 4.9.

Таблиця 4.9 - Сумарна потужність пристрою, що розсіюється

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Назва елементу | Потужність елементу, Вт | Коефіцієнт навантаження | Кількість, шт | Сумарна потужність, Вт |
| Стабілітрон BZX55C5V6 | 0,2 | 0,5 | 2 | 0,2 |
| Стабілітрон 1N4746A | 0,05 | 0,5 | 1 | 0,025 |
| Cвітлодіоди L383IDT, L383GDT | 0,02 | 0,5 | 3 | 0,03 |
| Діодний міст BD107 | 0,1375 | 0,5 | 1 | 0,06875 |
| Діод 1N4148 | 0,01 | 0,5 | 4 | 0,02 |
| Діод 1N4003 | 0,11 | 0,5 | 1 | 0,055 |
| Діод 2CL72 | 0,135 | 0,5 | 2 | 0,135 |
| Симистор ВТ131 | 0,12 | 0,5 | 1 | 0,06 |
| Резистори С2-23 | 0,25 | 0,5 | 16 | 2 |
| 0,5 | 0,5 | 1 | 0,25 |
| 1 | 0,5 | 1 | 0,5 |
| Мікросхема К561ЛН2 | 0,000005 | 1 | 1 | 0,000005 |
| Стабілізатор GL7812 | 0,7 | 1 | 1 | 0,7 |
| Транзистор КТ317Г | 0,15 | 0,5 | 1 | 0,075 |
| Транзистор КТ817Г | 1 | 0,5 | 1 | 0,5 |
| ТП-Р1 800603 | 4 | 0,7 | 1 | 2,8 |
| Сумарна потужність пристрою, що розсіюється: | | | | 7,42 |

Поверхню теплообміну визначаємо за формулою (4.6):

, (4.6)

Коефіцієнт заповнення визначаємо за формулою (4.7):

(4.7)

Знаходимо об'єм корпусу проектованого пристрою. Корпус прямокутної форми з розмірами: 150 мм × 112 мм × 56 мм (0,150 м × 0,112 м × 0,056 м):

Аналогічним способом знаходимо об'єм всіх елементів іонізатора повітря і зводимо в таблицю 4.10.

За формулою 4.7 знаходимо коефіцієнт заповнення:

За формулою 4.6 визначаємо поверхню теплообміну:

.

За формулою 4.4 розраховуємо величину теплового потоку, що приходить на одиницю площі теплообміну:

Таблиця 4.10 – Об’єм елементів іонізатора повітря

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Назва елементу | Об'єм елементу, | Кількість, шт | Загальний об'єм, |
| Стабілітрон BZX55C5V6 | 50 | 2 | 100 |
| Стабілітрон 1N4746A | 70 | 1 | 70 |
| Cвітлодіоди L383IDT, L383GDT | 140 | 3 | 420 |
| Діодний міст BD107 | 300 | 1 | 300 |
| Діод 1N4148 | 50 | 4 | 200 |
| Діод 1N4003 | 70 | 1 | 70 |
| Діод 2CL72 | 90 | 2 | 180 |
| Симистор ВТ131 | 150 | 1 | 150 |
| Резистори С2-23 0,25 Вт | 65 | 16 | 1040 |
| Резистори С2-23 0,5 Вт | 170 | 1 | 170 |
| Резистори С2-23 1Вт | 460 | 1 | 460 |
| Мікросхема К561ЛН2 | 700 | 1 | 700 |
| Стабілізатор GL7812 | 540 | 1 | 540 |
| Транзистор КТ317Г | 115 | 1 | 115 |
| Транзистор КТ817Г | 300 | 1 | 300 |
| ТП – Р1 800603 | 1440 | 1 | 1440 |
| Перемикач П2К-Н-1-15-2-б | 4200 | 2 | 8400 |
| Дросель ДМ – 0.1 – 470 мкГн | 230 | 1 | 230 |
| Конденсатори К73-17 | 5090 | 2 | 10180 |
| Конденсатори К50-35-220мкФ | 610 | 1 | 610 |
| Конденсатори К50-35-1000мкФ | 1700 | 1 | 1700 |
| Конденсатори К10-17 | 80 | 7 | 560 |
| Конденсатор КВІ -2 | 850 | 1 | 850 |
| Плата друкована | 22400 | 1 | 22400 |
| Допоміжні матеріали | 8815 | 1 | 8815 |
| Розрядник | 6000 | 1 | 6000 |
| Об’єм елементів іонізатора повітря: | | | 66000 |

За формулою 4.8 оцінюємо величину мінімально допустимого перегріву елементів іонізатора:

TПЕР= TMIN – Tc , (4.8)

де Тmin – допустима температура корпусу найменш теплостійкого елементу (Тmin = 85 °C);

ТС – температура навколишнього середовища (ТС = 40 °С).

ТПЕР= 85 – 40 = 45°С.

З графіків, розташованих в [20] випливає, що найбільш доцільно застосовувати природне повітряне охолодження і корпус пристрою з перфорованими отворами, розташування друкованої плати - горизонтальне.

Сумарна площа перфорованих отворів: SПЕРФ = 0,0069 м2.

Наявність перфорованих отворів враховується коефіцієнтом, що залежить від відносної площі перфорованих отворів:

, (4.9)

де – сумарна площа перфорованих отворів.

Розрахуємо коефіцієнт, що враховує наявність перфорованих отворів:

Коефіцієнт, що враховує вплив відносної площі перфорованих отворів на перегрів елементів і ділянок пристрою, визначається за формулою (4.10):

, (4.10)

яка справедлива в діапазоні значень для 0 .

Площа поверхні корпусу приладу визначається за формулою (4.11):

,

де відповідно довжина, ширина та висота корпусу пристрою.

Питома потужність розсіювання блоку пристрою:

Питома потужність розсіювання нагрітої зони:

За залежністю (4.14) визначається перегрів корпусу іонізатора повітря, який працює в нормальних кліматичних умовах, щодо навколишнього середовища.

, (4.14)

*.*

За залежністю (4.15) визначається перегрів нагрітої зони.

(4.15)

*.*

Коефіцієнти, які залежать від тиску повітря зовні і всередині корпусу відповідно:

, (4.16)

, (4.17)

де Н1 и Н2 – атмосферний тиск, МПа, зовні і всередині корпусу.

Перегрів корпусу з перфорованими отворами:

(4.18)

.

Перегрів нагрітої зони з перфорованим корпусом:

; (4.19)

Перегрів повітря в пристрою:

Θв= 0,6 Θз , °С; (4.20)

Θв= 0,6= 13 (°С).

Середня температура повітря в пристрою:

Тп= Θв + Тс , ; (4.21)

Тп= 13 + 40 = 53 (°С).

Температура нагрітої зони:

Тз= Θз + Тс,  ; (4.22)

Тз= 22+40=62 (°С).

Від питомої потужності, що розсіюється нагрітої зони рз та питомої потужності елемента, що розсіюється, залежить температурний режим окремих теплонавантажених елементів:

(4.23)

де – потужність елементу, Вт;

– площа елементу, .

Виходячи з цього, перегрів поверхні елемента визначається залежністю:

, (4.24)

а перегрів середовища, що навколо елемента визначається залежністю:

(4.25)

З використанням результатів (4.24) і (4.25) температура поверхні елемента і температура середовища, що навколо елемента:

Тел=+ Тс, (4.26)

Тсер=+ Тс . (4.27)

Розрахунок теплових параметрів елементів іонізатора повітря зводимо в таблиці 4.11 і 4.12.

Таблиця 4.11 – Розрахунок питомої потужності, що розсіюється для елементів іонізатора повітря.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Назва елементу | Максимальна робоча температура, | Потужність елементу, Вт | Площа елементу, мм2 | Питома потужність, що розсіюється, |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Стабілітрон BZX55C5V6 | 200 | 0,1 | 0,00012 | 833 |
| Стабілітрон 1N4746A | 200 | 0,025 | 0,000204 | 123 |
| Cвітлодіоди L383IDT, L383GDT | 85 | 0,01 | 0,000327 | 31 |
| Діодний міст BD107 | 125 | 0,06875 | 0,00025 | 275 |
| Діод 1N4148 | 150 | 0,005 | 0,00012 | 42 |
| Діод 1N4003 | 150 | 0,055 | 0,000204 | 270 |
| Діод 2CL72 | 100 | 0,0675 | 0,00021 | 321 |

продовження таблиці 4.11

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Симистор ВТ131 | 125 | 0,06 | 0,0002 | 300 |
| Резистори  С2-23-0,25 Вт | 95 | 0,125 | 0,0002 | 625 |
| Резистор  С2-23-0,5 Вт | 95 | 0,25 | 0,00027 | 926 |
| Резистор  С2-23-1 Вт | 95 | 0,5 | 0,00044 | 1136 |
| Мікросхема К561ЛН2 | 85 | 0,000005 | 0,0005 | 0,01 |
| Мікросхема К561ЛН2 | 85 | 0,000005 | 0,0005 | 0,01 |
| Стабілізатор GL7812 | 150 | 0,7 | 0,0006 | 1167 |
| Транзистор КТ317Г | 120 | 0,075 | 0,00025 | 300 |
| Транзистор КТ817Г | 150 | 0,5 | 0,0004 | 1250 |
| ТП – Р1 800603 | 85 | 2,8 | 0,003 | 933 |

Таблиця 4.12 - Розрахунок теплових параметрів елементів іонізатора повітря

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Назва елементу | Перегрів поверхні елемента | Перегрів середовища, що навколо елемента | Температура поверхні елемента, | Температура середовища, що навколо елемента, |
| Стабілітрон BZX55C5V6 | 41 | 24 | 81 | 64 |
| Стабілітрон 1N4746A | 20 | 12 | 60 | 52 |
| Cвітлодіоди L383IDT, L383GDT | 17 | 10 | 57 | 50 |
| Діодний міст BD107 | 25 | 15 | 65 | 55 |
| Діод 1N4148 | 18 | 11 | 58 | 50 |
| Діод 1N4003 | 24 | 15 | 64 | 54 |
| Діод 2CL72 | 26 | 15 | 66 | 55 |
| Симистор ВТ131 | 25 | 15 | 65 | 55 |
| Резистори  С2-23-0,25Вт | 35 | 21 | 75 | 61 |
| Резистор С2-23-0,5 Вт | 44 | 26 | 84 | 66 |
| Резистор С2-23-1 Вт | 50 | 30 | 90 | 70 |
| Мікросхема К561ЛН2 | 17 | 10 | 57 | 50 |
| Стабілізатор GL7812 | 51 | 30 | 91 | 70 |
| Транзистор КТ317Г | 25 | 15 | 65 | 55 |
| Транзистор КТ817Г | 53 | 32 | 93 | 72 |
| ТП – Р1 800603 | 44 | 26 | 84 | 66 |

Розрахована температура поверхні елементів іонізатора повітря не перевищує відповідних значень максимальної робочої температури цих елементів, отже елементи пристрою не перегріваються і працюють нормально.

**4.6 Розрахунок надійності пристрою**

Визначення надійності пристрою здійснюється 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.

За формулою (4.28) визначається інтенсивність відмов пристрою:

, (4.28)

де λ0i – інтенсивність відмови i-го елементу;

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

- коефіцієнт навантаження, що представляє собою відношення робочого навантаження встановленого за визначальним параметром;

- поправочний коефіцієнт, що враховує умови  
експлуатації пристрою:

- вплив механічних факторів ();

- вплив кліматичних факторів ();

- умови роботи при зниженому атмосферному тиску (=1).

Розрахуємо поправочний коефіцієнт, що враховує умови  
експлуатації пристрою:

(4.29)

Розрахуємо інтенсивність відмов пристрою за формулою 4.28 і зведемо розрахунок у таблицю 4.13.

Таблиця 4.13 – Розрахунок інтенсивності відмов пристрою

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Назва елементу | Кіль-кість, шт | Інтенсив-ність від-мовлень λ0, 10-6, 1/годину | Коефіцієнт навантаження kн | Поправочні коефіцієнти αi | Інтенси-  вність відмов  елементів,  1/годину |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| Стабілітрон BZX55C5V6 | 2 | 0,2 | 0,5 | 0,4 | 8,56 |
| Стабілітрон 1N4746A | 1 | 0,2 | 0,5 | 0,4 | 4,28 |
| Cвітлодіоди L383 | 3 | 0,05 | 0,5 | 0,4 | 3,21 |
| Діодний міст BD107 | 1 | 0,7 | 1 | 0,4 | 2,99 |
| Діод 1N4148 | 4 | 0,35 | 0,5 | 0,4 | 2,99 |
| Діод 1N4003 | 1 | 0,35 | 0,5 | 0,4 | 7,49 |
| Діод 2CL72 | 2 | 0,35 | 0,5 | 0,4 | 1,49 |
| Симистор ВТ131 | 1 | 0,1 | 0,5 | 0,4 | 2,14 |
| Резистори  С2-23 | 18 | 0,02 | 0,5 | 0,6 | 1,16 |
| Мікросхема К561ЛН2 | 1 | 0,1 | - | - | 1,07 |
| Стабілізатор GL7812 | 1 | 0,1 | - | - | 1,07 |
| Транзистор КТ317Г | 1 | 0,5 | 0,5 | 0,97 | 2,6 |
| Транзистор КТ817Г | 1 | 0,2 | 0,5 | 0,97 | 1,04 |
| ТП – Р1 800603 | 1 | 0,5 | 0,7 | 1 | 3,75 |
| Перемикач П2К | 2 | 0,05 | 0,5 | 1 | 5,35 |
| Дросель ДМ | 1 | 0,05 | 0,8 | 1,8 | 7,7 |
| Конденсатори К73-17 | 2 | 0,003 | 0,7 | 1,1 | 4,9 |
| Конденсатори К50-35 | 2 | 0,003 | 0,7 | 1,4 | 6,3 |
| Конденсатори К10-17 | 7 | 0,04 | 0,7 | 1,1 | 2,31 |

продовження таблиці 4.13

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| Конденсатор КВІ -2 | 1 | 0,04 | 0,7 | 1,1 | 3,3 |
| Елементи кріпильні | 3 | 0,02 | 1 | 1 | 6,42 |
| Плата друкована | 1 | 0,1 | - | - | 1,07 |
| Розрядник | 1 | 0,1 | - | - | 1,07 |
| Пайка | 155 | 0,0002 | - | - | 3,32 |
| Інтенсивність відмов пристрою: | | | | | 2,79 |

Інтенсивність відмов пристрою складає 2,79.

Середнє напрацювання на відмову всього пристрою визначаємо за формулою:

Середнє напрацювання на відмову всього пристрою дорівнює 358433 години, що складає приблизно 40 років.

**4.7 Висновки за розділом**

Кліматичне виконання іонізатора повітря – У та категорія його розміщення - 3, тобто даний пристрій для експлуатації в закритих приміщеннях з природною вентиляцією без кондиціонування.

Іонізатор повітря побудований на однобічній друкованій платі з другим класом точності.

Як матеріал для виготовлення друкованої плати використовується склотекстоліт, який облицьований з одного боку мідною оксидованою фольгою (СФ-1-50): товщина фольги - 50 мкм; товщина плати - 2,0 мм; робочий діапазон температур: від -60 ° С до +85 ° С.

Були виконані розрахунки теплового режиму компонентів іонізатора, які показали що температура поверхні елементів не перевищує відповідних значень максимальної робочої температури цих елементів, отже елементи пристрою не перегріваються і працюють нормально.

Також були виконані розрахунки надійності, які показали що середнє напрацювання на відмову всього пристрою дорівнює 358433 години, що складає приблизно 40 років.

**РОЗДІЛ 5**

**ОХОРОНА ПРАЦІ**

Іонізатор повітря на базі п’єзотрансформатора є стаціонарним пристроєм для штучної іонізації повітря. Пристрій, що розробляється, генерує та підтримує допустиме значення концентрації легких негативних іонів повітря. Іонізатор призначений для роботи у закритих виробничих і громадських приміщеннях, де експлуатуються електронні обчислювальні машини (ЕОМ).

Заходи охорони праці розробляються щодо застосування іонізатора повітря на базі п’єзотрансформатора у виробничому приміщенні, де працюють оператори ЕОМ.

**5.1 Виявлення і аналіз шкідливих і небезпечних чинників**

Негативні (шкідливі та небезпечні) дії на людину здійснюються в робочій зоні, яка характеризується параметрами приміщення, середовища і устаткування, а також взаємодію в техногенній системі людина – помешкання – середовище – обладнання.

Шкідливий чинник – негативна дія на людину, яка приводить до погіршення самопочуття або захворювання.

Небезпечний (травмонебезпечний) чинник – негативна дія на людину, яка приводить до травми або летального результату.

Віднесення чинника до шкідливої або небезпечної дії залежить від його значення (величини) [22]. Небезпечні і шкідливі виробничі чинники, що впливають на людину, відповідно до класифікації, приведеної в [22].

Розглянемо небезпечні чинники, що постійно або періодично діють у приміщенні, де працюють оператори ЕОМ:

- забруднення повітря позитивними аероіонами, що призводить до знищення кількості негативних аероіонів (кількість негативних іонів складає

300 в 1 см. куб. повітря, а позитивних 70000 в 1 см. куб. повітря);

- неприпустимі мікрокліматичні умови (температура повітря у холодну пору року складає 18 , а у теплу пору року складає 28 – 30 , відносна вологість повітря складає 50%, а швидкість повітря 0,1 м/с);

- недостатня освітленість робочої зони;

- підвищений рівень шуму на робочому місці (в приміщенні, де розташовується ЕОМ, при роботі принтерів, розмножувальної техніки, а також при роботі вентиляторів систем охолодження і трансформаторів самих комп'ютерів виникає акустичний шум, рівень якого може досягати 80 дБА);

- випромінювання, що генерується від монітора (потужність експозиційної дози рентгенівського випромінювання на відстані 0,05 м навколо відео монітора складає 10 мкР в годину, а поверхневий електростатичний потенціал не перевищує 300 В);

- нераціональна організація робочого місця.

**5.2 Захист від шкідливих чинників**

З метою забезпечення допустимих або комфортних умов праці розглянемо захисні дії від впливу шкідливих та небезпечних чинників.

Нормовані параметри мікроклімату виробничого приміщення підприємства представлені в таблиці 5.1.

Таблиця 5.1 – Нормовані параметри мікроклімату для приміщень з ПЕОМ

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Пора року | Категорія робіт згідно з ГОСТ 12.1-005-88 | Оптимальна температура повітря, | Оптимальна відносна вологість повітря,% | Оптимальна швидкість руху повітря,  м/с |
| Холодна | Легка -1а | 22-24 | 40-60 | 0,1 |
|  | Легка-1б | 21-23 |
| Тепла | Легка-1а | 23-25 |
|  | Легка-1б | 22-24 | 0,2 |

За даними підприємства відносна вологість повітря складає 50%, а швидкість повітря 0,1 м/с, що відповідає нормованим параметрам мікроклімату, а температура у приміщенні не відповідає нормованим параметрам.

З метою досягнення оптимальної температури повітря у холодну пору року приміщення підприємства необхідно оснастити ефективною системою опалення, а за для досягнення оптимальної температури повітря у теплу пору року необхідне встановлення ефективної системи кондиціонування.

Для досягнення допустимих значень мікроклімату та концентрації позитивних і негативних іонів (таблиця 5.2) у приміщенні, де експлуатуються ЕОМ, рекомендовано використання приладів штучної іонізації, а саме іонізатора повітря на базі п’єзотрансформатора.

Таблиця 5.2 – Рівні іонізації повітря приміщень згідно з ПЕОМ

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Рівні | Кількість іонів в 1 см. куб. повітря | |
| n+ | n- |
| Мінімально - необхідні | 400 | 600 |
| Оптимальні | 1500-3000 | 3000-5000 |
| Максимально - допустимі | 50000 | 50000 |

При використанні іонізатора у приміщенні встановлено, що кількість негативних іонів складає 3000 в 1 см. куб. повітря і не перевищує оптимальне значення, а позитивних 10000 в 1 см. куб. повітря, що є максимально – допустимим.

У виробничому приміщенні підприємства використовується сполучена система освітлення: бокове природне, штучне комбіноване освітлення. Тобто до загального освітлення додатково встановлюються світильники місцевого освітлення, призначені для освітлення зони розташування документів.

Світильники місцевого освітлення встановлені з такою умовою, щоб воно не створювало відблисків на поверхні екрана й не збільшувало освітленість екрана більш ніж на 300 лк.

При правильно розрахованому і виконаному освітленні очі працюючого за комп’ютером протягом тривалого часу зберігають здатність добре розрізняти предмети не втомлюючись. Це сприяє зниженню професійного захворювання очей, підвищується працездатність.

Як джерела світла при штучному висвітленні застосовуються переважно люмінесцентні лампи типу ЛБ.

Для розрахунку штучного освітлення використовуємо метод світлового потоку. Розрахунок за даним способом зводитися до визначення необхідної кількості світильників N для установки в приміщеннях, що визначається по формулі:

де – нормативна мінімальна освітленість, лк;

– коефіцієнт запасу освітленості;

- освітлювана площа, м2;

Z – коефіцієнт для переходу від найменшої освітленості до середньої (значення приймається в межах 1,1–1,2);

– кількість світильників;

– кількість ламп у світильнику;

η – коефіцієнт використання.

Світловий потік (лм) однієї лампи або групи люмінесцентних ламп одного світильника:

Нормована мінімальна освітленість приміщення за СНіП 23-05-95 дорівнює 1000 лк; площа освітлюваного приміщення дорівнює 48 м2; =1,2 - коефіцієнт нерівномірності висвітлення; коефіцієнт запасу дорівнює 1,8; число світильників у приміщенні дорівнює 10.

Коефіцієнт використання, залежить від коефіцієнтів віддзеркалення стелі і стін , типу світильника та індексу приміщення (і):

де А=12 м- довжина приміщення в плані;

В = 4 м- ширина приміщення в плані;

=2,5 м - висота підвісу світильників над робочою поверхнею.

По отриманому в результаті розрахунку світловому потоку за ДСТУ 2239-79 і ДСТУ 6825-91 вибираємо найближчу стандартну лампу й визначаємо необхідну електричну потужність.

При виборі лампи допускається відхилення світлового потоку від розрахункового в межах 10...20 %. Тип лампи ЛБ-58-7(58Вт).

На робочих місцях у приміщеннях для розміщення гучних агрегатів обчислювальних машин (принтерів, сканерів, ксероксів) допустимий рівень шуму 75 дБА.

За даними підприємства акустичний шум досягає 80 дБА, що істотно вище нормативних значень. Шум, як відомо, негативно впливає на нервову і серцево-судинну системи, а також на органи травлення.

Розглянемо заходи, що розроблені з метою забезпечення допустимого рівня шуму. З метою забезпечення допустимих значень шуму стіни й стелі виробничих приміщень, де встановлені ЕОМ й інше устаткування, що є джерелом шумостворення, облицьовані звуковбирним матеріалом з максимальним коефіцієнтом звукопоглинання в області частот 63-8000 Гц, незалежно від кількості одиниць установленого встаткування.

Зниження шуму в джерелі випромінювання також забезпечується застосуванням пружних прокладок між підставою машини, приладу й опорною поверхнею. Як прокладки використаються гума, повсть, пробка, різної конструкції амортизатори. Під настільні шумливі апарати підкладаються м'які коврики із синтетичних матеріалів, а під ніжки столів, на яких вони встановлені, - прокладки з м'якої гуми, повсті, товщиною 6 - 8 мм. Кріплення прокладок досягається шляхом приклейки їх до опорних частин. Застосовуються також звукоізолюючі кожухи, які не заважають технологічному процесу. Не менш важливим для зниження шуму в процесі експлуатації є питання правильного й своєчасного регулювання, змазування й заміни механічних вузлів шумливого встаткування. Раціональне планування приміщення, розміщення обладнання є важливим чинником, що дозволяє знизити шум при існуючому обладнанні. Зниження рівня шуму, що проникає у виробниче приміщення ззовні, може бути досягнуто збільшенням звукоізоляції конструкцій, що обгороджують, ущільненням по периметру притворів вікон, дверей.

До шкідливих факторів, з якими стикається людина, що працює за монітором, належить рентгенівське і електромагнітне випромінювання, а також електростатичне поле. Допустимі значення цих параметрів представлені в таблиці 5.3.

Таблиця 5.3 - Допустимі значення параметрів випромінювань, що генеруються відео моніторами

|  |  |
| --- | --- |
| Параметри | Допустимі значення |
| Потужність експозиційної дози рентгенівського випромінювання на відстані 0,05 м навколо відеомонітора | 100 мкР/годин |
| Електромагнітне випромінювання на відстані 0,5 м навколо відеомонітора | |
| за електричною складовою: | |
| * в діапазоні 5 Гц-2 кГц | 25 В/м |
| * в діапазоні 2-400 кГц | 2,5 В/м |
| за магнітною складовою : | |
| * в діапазоні 5 Гц - 2 кГц | 250 нТл |
| * в діапазоні 2-400 кГц | 25 нТл |
| Поверхневий електростатичний потенціал | Не більше 500 В |

Потужність експозиційної дози рентгенівського випромінювання на відстані 0,05 м навколо відеомонітора за даними підприємства складає 10мкР на годину, що не перевищує допустиме значення.

Поверхневий електростатичний потенціал дорівнює 300 В, що задовольняє допустимим значенням.

Допустимі значення випромінювання досягаються застосовуванням моніторів із зниженим рівнем випромінювання (MPR-II, TCO-92, TCO-99, TCO-03), використанням блоків живлення, що мають корпус, виконаний зі спеціального матеріалу, що практично повністю затримує проходження електромагнітного випромінювання.

Робоче місце і взаємне розташовує всіх його елементів повинне відповідати антропометричним, фізичним і психологічним вимогам. Велике значення має також характер роботи.

При організації робочого місця оператора ЕОМ повинні бути дотримані наступні основні умови: оптимальне розміщення устаткування, що входить до складу робочого місця і достатній робочий простір, що дозволяє здійснювати всі необхідні рухи і переміщення.

Ергономічними аспектами проектування відеотермінальних робочих місць, зокрема, є: висота робочої поверхні, розміри простору для ніг, вимоги до того, що розташовує документів на робочому місці (наявність і розміри підставки для документів, можливість різного розміщення документів, відстань від очей користувача до екрану, документа, клавіатури і т.д.), характеристики робочого крісла, вимоги до поверхні робочого столу, можливість регулювання елементів робочого місця. Головними елементами робочого місця оператора є стіл і крісло. Основним робочим положенням є положення сидячи.

Робоча поза сидячи викликає мінімальне стомлення оператора. Раціональне планування робочого місця передбачає чіткий порядок і постійність розміщення предметів, засобів праці і документації. Те, що потрібне для виконання робіт частіше, розташоване в зоні легкої досяжності робочого простору.

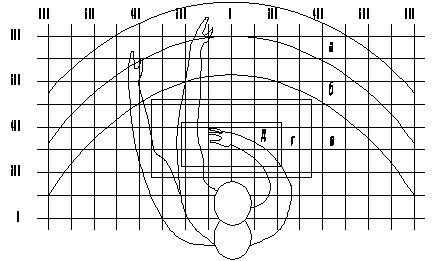


Рисунок 5.1 – Раціональне планування робочого місця оператора

Оптимальне розміщення предметів праці і документації в зонах досяжності: дисплей розміщується в зоні а (в центрі); системний блок розміщується в передбаченій ніші столу; клавіатура - в зоні г/д; «миша» - в

зоні в справа; сканер в зоні а/б (зліва); принтер знаходиться в зоні а (справа); документація: необхідна при роботі - в зоні легкої досяжності долоні – в, а у висувних ящиках столу - література, невживана постійно.

На рисунку 5.2 показаний приклад розміщення основних і периферійних складових ПК на робочому столі оператора ЕОМ.

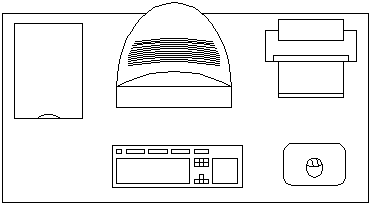


Рисунок 5.2 - Оптимальне розміщення основних і периферійних складових ПК на робочому столі оператора ЕОМ

Для комфортної роботи стіл повинен задовольняти наступним умовам: висота столу повинна бути вибрана з урахуванням можливості сидіти вільно, в зручній позі, при необхідності спираючись на підлокітники; нижня частина столу повинна бути сконструйована так, щоб програміст міг зручно сидіти, не був вимушений підтискати ноги; поверхня столу повинна володіти властивостями, що виключають появу відблисків в полі зору програміста; конструкція столу повинна передбачати наявність висувних ящиків (не менше 3 для зберігання документації, лістингів, канцелярських обладнань); висота робочої поверхні рекомендується в межах 680-760мм; висота поверхні, на яку встановлюється клавіатура, повинна бути біля 650мм.

Велике значення надається характеристикам робочого крісла. Так, висота сидіння над рівнем підлоги, що рекомендується, знаходиться в межах 420-550мм. Поверхня сидіння м'яка, передній край закруглює, а кут нахилу спинки - регульований.

Необхідно передбачати при проектуванні можливість різного розміщення документів: збоку від відеотерміналу, між монітором і клавіатурою і т.п. Крім того, у випадках, коли відеотермінал має низьку якість зображення, наприклад помітні мигтіння, відстань від очей до екрану роблять більше (біля 700мм), ніж відстань від ока до документа (300-450мм). Взагалі при високій якості зображення на відеотерміналі відстань від очей користувача до екрану, документа і клавіатури може бути рівним.

Положення екрану визначається відстанню прочитування (0,6.0,7м) та кутом прочитування, напрямом погляду на 20° нижче горизонталі до центру екрану, причому екран перпендикулярний цьому напряму.

Велике значення також надається правильній робочій позі користувача. При незручній робочій позі можуть з'явитися болі в м'язах, суглобах і сухожиллях. Вимоги до робочої пози користувача відеотерміналу наступні: голова не повинна бути нахилена більш ніж на 20°; плечі повинні бути розслаблені; лікті - під кутом 80°.100°; передпліччя і долоні рук - в горизонтальному положенні.

Істотне значення для продуктивної і якісної роботи на комп'ютері мають розміри знаків, густину їх розміщення, контраст і співвідношення яскравості символів і фону екрану. Якщо відстань від очей оператора до екрану дисплея складає 60-80 см, то висота знака повинна бути не менше 3мм, оптимальне співвідношення ширини і висоти знака складає 3:4, а відстань між знаками – 15…20% їх висоти. Співвідношення яскравості фону екрану і символів - від 1:2 до 1:1,5.

Створення сприятливих умов праці і правильне естетичне оформлення робочих місць на виробництві має велике значення як для полегшення праці, так і для підвищення його привабливості, позитивно впливаючою на продуктивність праці.

За результатами проведених розрахунків можна зробити висновок про те, що небезпечні і шкідливі виробничі чинники, діючи в робочій зоні, знаходяться в межах допустимих норм і їх вплив на організм працюючих не приносить істотної шкоди здоров’ю.

**5.3 Забезпечення виробничої безпеки**

Електробезпека виробничого обладнання - це система організаційних і технічних заходів та засобів, які забезпечують захист працівників від небезпечного впливу електричного струму, електромагнітного поля та статичної електрики.

Джерелом небезпеки поразки обслуговуючого персоналу електричним струмом є широко поширені електричні установки і мережі електропостачання. Захист від небезпечних впливів електричного струму при експлуатації обчислювальних комплексів забезпечені забезпечений застосуванням захисного заземлення. На робочих місцях заземлені всі металеві та електропровідні неметалеві обладнання.

Для усунення причин утворення статичного заряду застосовуються провідні матеріали для покриття підлоги, панелей, робочих столів, стільців. Для зниження ступеня електризації і підвищення провідності діелектричних поверхонь підтримується відносна вологість повітря на рівні максимально допустимого значення.

Для забезпечення норм заземлення зробимо розрахунок захисного заземлення методом коефіцієнтів використання електродів (грунт – суглинок; питомий опір грунту; напруга установки, що заземлюється – 220В).

Захисне заземлення - це навмисне електричне з'єднання з землею або її еквівалентом металевих неструмоведучих частин, що можуть опинитися під напругою.

Розрахунок захисного заземлення має на меті визначити основні параметри заземлення - число, розміри і порядок розміщення одиночних заземлювачів і заземлювальних провідників, при яких напруги дотику і кроку в період замикання фази на заземлений корпус не перевищують допустимих значень.

Допустимий опір заземлюючого устаткування дорівнює:

Визначаємо розрахунковий питомий опір грунту , враховуючи кліматичний коефіцієнт:

питомий опір грунту;

кліматичний коефіцієнт питомого опору грунту: - при великій вологості грунту, при середній вологості грунту, – при сухому грунті.

Обчислюємо необхідний опір штучних заземлювачів.

Природні заземлювачі не використовуються, тому необхідний опір штучних заземлювачів не повинен перевищувати допустимий опір заземлюючого пристрою:

Залежно від розташування заземлювачів стосовно заземлювального обладнання заземлення виносне (або зосереджене).

Заземлювачі виносних заземлень розташовуються зосереджено на деякій відстані від обладнання, що заземлюється. Зважаючи на значне видалення заземлювачів устаткування розташоване за межами зони розтікання струму замикання на землю.

Виносне заземлення забезпечує безпеку, коли напруга на корпусі не перевищує допустиму. Тому заземлюючі пристрої цього типу застосовуються лише при малих струмах замикання на землю, зокрема в установках до 1000В.

В якості заземлювача вибираємо сталеву трубу діаметром d =55 мм, а в якості з'єднувального елемента - сталеву смугу шириною b = 50.

Визначаємо значення електричного опору розтікання струму в землю з одиночного вертикального заземлювача:

Задамося, що глибина закладення заземлювача в грунт довжина заземлювача

Розраховуємо відстань від поверхні грунту до середини заземлювача:

Розраховуємо число заземлювачів без урахування взаємних перешкод, що надаються заземлювачами один на одного, так званого явища взаємного "екранування":

Розраховуємо число паралельно з’єднаних заземлювачів з урахуванням коефіцієнта екранування:

коефіцієнт екранування вертикального заземлювача.

Приймаємо відстань між заземлювачами

Визначаємо довжину сполучної смуги:

Визначаємо опір струму розтікання горизонтального електрода :

Розраховуємо повне значення опору системи заземлення:

коефіцієнт екранування смуги (горизонтального електрода).

Опір = 2,36 Ом менше допустимого опору, рівного 4 Ом. Отже, діаметр заземлювача d = 55 мм при числі заземлювачів n = 13 є достатнім для забезпечення захисту при виносної схемі розташування заземлювачів.

Протипожежний захист - це заходи, спрямовані на зменшення шкоди в разі виникнення пожежі.

Згідно [23] за вибухопожежної та пожежної небезпеки підприємство відноситься до категорії В. Згідно СНиП ІІ-М.2-72 [24] приміщення виконані з будівельних конструкцій ІІ та ІІІ ступенів вогнестійкості. Згідно стандарту СЕВ 382 - 76 по групі займистості приміщення відносяться до важко- згораємих.

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

Під пожежної профілактикою розуміються навчання пожежній техніці безпеки і комплекс заходів, спрямованих на попередження пожеж. Заходи з пожежної профілактики поділяються на організаційні, технічні, режимні та експлуатаційні. Організаційні заходи: передбачають правильну експлуатацію машин і транспорту, правильне утримання будівель, території, протипожежний інструктаж. Технічні заходи: дотримання протипожежних правил і норм при проектуванні будинків, при влаштуванні електропроводів і установок. Режимні заходи - заборона куріння у невстановлених місцях, заборона зварювальних та інших вогневих робіт у пожежонебезпечних приміщеннях тощо. Експлуатаційні заходи - своєчасна профілактика, огляди, ремонти і випробування технологічного обладнання.

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 ℃ і мають розрахункову площу обслуговування в приміщеннях 15 м2.

Для розміщення первинних протипожежних засобів у приміщенні підприємства 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 ящик з піском обсягом 0,5 м3 та бочка з водою обсягом 0,3 м3.

**СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ**

1.Чижевский А.Л., Аэроинизация в медицине. Труды ЦНИЛИ "Проблемы ионификации". Т. 3. Воронеж, 1934, с. 118 - 326 с.

2. Мещеряков А.Ю., Федотов Ю. А. Проблемы оценивания аэроионного состояния среды обитания. //Приборы и системы управления. 1998 № 11. С.75-79.

3. Manh Cuong Do, «Piezoelectric Transformer Integration Possibility in High Power Density Applications», 2008.

4. Chih-yi Lin. ”Design and Analysis of Piezoelectric Transformer Converters”. PhD thesis, Virginia Polytechnic University, USA, July 1997.

5. F.Espino-Cortes, A.H.El-Hag, O.Adedayo, S.Jayaram, and W.Anderson. ”Water Processing by High Intensity Pulsed Electric Fields”. 2006 Annual Report Conference on Electrical Insulation and Dielectric Phenomena (2006).

6. Бирюков С. Расчет сетевого источника питания с гасящим конденсатором. – Радио, 1997 №5 стр. 48 – 50.

7. Ерофеев А.А., Данов Г.А., Фролов В.Н. Пьезокерамические трансформаторы и их применение в радиоэлектронике. – М.: Радио и связь, 1988. – 128 с.

8. Rosen Charles Abraham. Analysis and Design of Ceramic Transformers and Filter Elements: Ph.D. Dissertation. – USA, New York, Syracuse University, Electrical Engineering Department. – Aug. 1956. – 286 p.

9. Пьезоелектрические преобразователи /В.М. Шарапов, И.Г. Минаев, Ю.Ю. Бондаренко, Т.Ю. Кисиль, М.П. Мусиенко, С.В. Ротгэ, И.Б. Чудаева; Под ред. В.М. Шарапова. – Черкассы: ЧГТУ, 2004. – 435 с.

10. Сайт Логические ИМС [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://rza-lekcii.ru/. – Назва з екрану.

11. Сайт Радиолюбителя [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://www.meanders.ru/. – Назва з екрану.

12. Сайт Электронный справочник по радиоэлектронике и электро-технике [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://www.elwiki.ru/. – Назва з екрану.

13. Лавриненко В.В. Пьезоэлектрические трансформаторы. - М.: «Энергия», 1975 – 112 с. с ил.

14. Сайт Паяльник: Генераторы импульсов [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://cxem.net/beginner/beginner100.php/. – Назва з екрану.

15. ГОСТ 15150-69. Машины, приборы и другие технические изделия. Исполнение для различных районов. Категории, условия эксплуатации, хранения и транспортировки в части воздействия климатических факторов внешней среды. Введ. 01.01.70.

16. Практическое пособие по учебному конструированию РЭА. / Под ред. К. Б. Круковского - Синевича, Ю. Л. Мазора. – К.: «Вища школа»,1992. – 494с.

17. ГОСТ 23751-86. Платы печатные. Основные параметры конструкции. – Введ. 01.07.87.

18. ГОСТ 10317 – 79. Печатные платы. Основные размеры. – Введ. 01.01.80.

19. ГОСТ 2.417-91. ЕСКД. Платы печатные. Правила выполнения чертежей. – Введ. 01.07.92.

20. Методические указания к выполнению курсового проекта по дисциплине «Основы конструирования и технологии электронных устройств» /Сост.: Ю. Э. Паэранд - Алчевск: ДГМИ, 2003. 55 - с.

21. ГОСТ 2.413-72. Правила выполнения конструкторской документации изделий, изготовляемых с применением электрического монтажа. - Введ. 01.01.77.

22. ГОСТ 12.0.003-74 Опасные и вредные производственные факторы. Классификация. – Введ. 01.01.1976. УДК.389.6.658.382.3:006.354. Группа Т58.

23. ДСТУ Б В.1.1-36:2016 Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою

24. СНиП II-М.2-72\* Производственные здания промышленных предприятий. Нормы проектирования

25. Санитарно-гигиенические нормы допустимых уровней ионизации воздуха производственных и общественных помещений. №2152 - 80 от 12.02.80.

26. Сайт Іонізація повітря у приміщенні [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://www.ion-air.chat.ru/Ion\_air.htm /. – Назва з екрану.

27. Иванов Б. Люстра Чижевского. - Радио, 1997 №1, стр. 36 – 39.

28. Коровин В.Н. Малогабаритный аєроионизатор. - Радио, 2000 №3, стр. 29 – 30.

29. Слинченков А. Ионизатор воздуха закрытого типа. – Радио, 2011 №8, стр. 38 – 40.

30. Речицкий В.И. Акустоэлектронные радиокомпоненты: элементы и устройства на поверхностных акустических волнах. – М.: Советское радио, 1980. - 264 с. с ил.

31. Manh Cuong Do. Piezoelectric Transformer Integration Possibility in High Power Density Applications. – TUD Press, 2008, 121 p.

32. Сайт Паяльник: Генераторы импульсов [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://cxem.net/beginner/beginner100.php/. – Назва з екрану.

33. Сайт Пьезокерамика Аврора – Элма [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://kmt.kiev.ua/. – Назва з екрану.

34. ГОСТ 10316-78. Гетинакс и стеклотекстолит фольгированные. Технические условия. – Введ. 01.01.79.

35.ОСТ 4 ГО.010.030 – 81. Установка навесных элементов на печатные платы. Конструирование. – Введ. 01.01.83.

36. ДСТУ 2779-94. Монтаж электрический радиоэлектронной аппаратуры и приборов. Общие технические требования к формовке выводов и к установке изделий электронной техники на печатные платы. – Введ.01.01.96.

37. ГОСТ 11284 – 75. Отверстия сквозные под крепежные детали. Размеры. –Введ. 01.01.77.

38. ГОСТ 2.307-68. Нанесение размеров и предельных отклонений. – Введ. 01.01.77.

39. Методичні вказівки до виконання розділу дипломного проекту «Охорона праці» (для студ. електротехнічних та енергетичних спец. V курсу усіх форм навч. ) / В.В. Щербак, Е.П. Левченко, О.Г. Макаревич – Алчевськ: ДонДТУ, 2012. – 41 с.