МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ
ім. Ю.М. ПОТЕБНІ

Кафедра електроніки, інформаційних систем
та програмного забезпечення
(повна назва кафедри)

Кваліфікаційна робота

перший (бакалаврський)
(рівень вищої освіти)

на тему Побутовий озонатор з USB живленням

Виконав: студент IV курсу, групи 6.1712
спеціальності 171 «Електроніка»
(код і назва спеціальності)
освітньої програми Електроніка
(код і назва освітньої програми)

Р.Р. Демура
(ініціали та прізвище)

Керівник старший викладач Гуршев К.О.
(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

Рецензент дир. ТП „НВКФ „Екотех" Шершов С.А.
(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

Запоріжжя
2026

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ
ім. Ю.М. ПОТЕБНІ

Кафедра електроніки, інформаційних систем та програмного забезпечення
Рівень вищої освіти перший (бакалаврський)
Спеціальність 171 «Електроніка»
(код і назва)
Освітня програма Електроніка
(код і назва)
Спеціалізація

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри Критська Т.В.
"9" 02 2026 року

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТОВІ (СТУДЕНТЦІ)

Декура Ростислав Русланович
(прізвище, ім'я, по батькові)

1 Тема роботи (проєкту) Побутовий озонатор з USB живленням

керівник роботи Гуртиєв Костянтин Олегович
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)
затверджені наказом ЗНУ від "23" грудня 2025 року № 1830-с

2 Строк подання студентом роботи 15.06.2026р.

3 Вихідні дані до роботи джерело живлення - повербанк (Power Bank), напруга живлення - 5,0 ± 0,5 В, споживана потужність - 60 Вт, робоча частота джерела живлення озонатора - не менш 30 кГц.

4 Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1. Озонування. Побутові озонатори, 2. Розробка побутового озонатора з USB живленням, 3. Розрахункова частина, 4. Конструкторсько - технологічна частина, 5. Техніко - економічне обґрунтування розробки побутового озонатора

5 Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

1. Аналіз ринку, 2. Побутовий озонатор. Схема електрична функціональна, 3. Побутовий озонатор. Схема електрична принципова, 4. Побутовий озонатор. Результати моделювання, 5. Заземлювальний пристрій, 6. Економічні показники

6 Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1.	Гуршев К.О., старший викладач	09.02.26	03.03.26
2.	Гуршев К.О., старший викладач	03.03.26	01.04.26
3.	Гуршев К.О., старший викладач	01.04.26	05.05.26
4.	Гуршев К.О., старший викладач	05.05.26	17.05.26
5.	Гуршев К.О., старший викладач	17.05.26	30.05.26

7 Дата видачі завдання 09.02.26

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи магістра	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1.	Аналіз ринку побутових озонаторів	03.03.2026	
2.	Розробка побутового озонатора	01.04.2026	
3.	Розрахункова частина	05.05.2026	
4.	Конструкторсько-технологічна частина	17.05.2026	
5.	Техніко-економічне обґрунтування	30.05.2026	
6.	Оформлення пояснювальної записки	06.06.2026	
7.	Оформлення графічної частини	15.06.2026	

Студент _____ Демура Р.Р.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник роботи (проекту) _____ Гуршев К.О.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Нормоконтроль пройдено

Нормоконтролер _____ Гуршев К.О.
(підпис) (прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Дипломний проект містить: 81 стор., 21 рис., 20 табл., 21 джерел літератури.

ДЖЕРЕЛО ЖИВЛЕННЯ, ІМПУЛЬСНИЙ ПЕРЕТВОРЮВАЧ, СТРУМ, НАПРУГА, ІМПУЛЬСНИЙ ТРАНСФОРМАТОР, ГЕНЕРАТОР ІМПУЛЬСІВ УПРАВЛІННЯ, ЕЛЕКТРОСИНТЕЗ ОЗОНУ, ЕЛЕКТРИЧНА СХЕМА, МОДЕЛЮВАННЯ, ОХОРОНА ПРАЦІ, ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА, ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ.

У дипломному проекті наведено огляд сфер використання та огляд ринку побутових озонаторів, сформульовані вимоги, що пред'являються до побутових озонаторів з USB-живленням.

Відповідно до завдання на проектування, розроблено та описано функціональну та електричну принципову схеми побутового озонатора з USB-живленням, який живиться, через USB-порт, від портативного зарядного пристрою – повербанка (Power Bank) постійної напругою 5,0 В і призначений для дезінфекції та дезодорації побутових приміщень в умовах відсутності централізованого електропостачання, виконано розрахунок елементів основних функціональних блоків та вузлів побутового озонатора, наведено результати моделювання електромагнітних процесів в імпульсному перетворювачі постійної напруги другого роду, проведено опис шкідливих факторів та заходів щодо організації охорони праці при виготовленні та налаштуванні виробу, розроблено план евакуації людей з лабораторії у разі пожежі та виконано розрахунок заземлювального пристрою.

В економічній частині виконано розрахунок собівартості виробу.

Роботу виконано на кафедрі ЕІСПЗ ІННІ ім. Ю.М Потебні ЗНУ з 10.02.2025 по 17.06.2025.

ЗМІСТ

Стор.

Вступ 6

1 ОЗОНУВАННЯ. ПОБУТОВІ ОЗОНАТОРИ 8

1.1 Дезінфекція озоном квартир, будинків та офісів 8

1.2 Дезінфекція поверхонь та особистих речей 9

1.3 Знезараження продуктів 9

1.4 Побутові озонатори 10

1.4.1 Турмаліновий багатофункціональний озонатор 10

1.4.2 Озонатор Long Life 101 13

1.4.3 Озонатор очищувач повітря Passat-101 15

1.4.4 Автоматичний озонатор Sanit-101 17

1.4.5 Озонатор повітря, води та продуктів Doctor-101 Ozotop 19

1.4.6 Озонатор повітря GreenTech GT-50 21

1.5 Постановка завдання на проектування 23

2 ПОБУТОВИЙ ОЗОНАТОР З USB ЖИВЛЕННЯМ 25

2.1 Опис електричної структурної схеми побутового озонатора 25

2.2 Опис електричної принципової схеми побутового озонатора 29

3 РОЗРАХУНОК ЕЛЕМЕНТІВ СХЕМИ ПОБУТОВОГО ОЗОНАТОРА З USB ЖИВЛЕННЯМ 35

3.1 Розрахунок напруг та струмів силової частини 36

3.2 Розрахунок параметрів трансформатора 40

3.3 Вибір проводів обмоток трансформатора 44

3.4 Розрахунок параметрів формувача траєкторії перемикання транзистора VT 47

4 КОНСТРУКТОРСЬКО-ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА 50

4.1 Моделювання електромагнітних процесів в імпульсному перетворювачі постійної напруги другого роду 50

4.2 Охорона праці та техногенна безпека 54
4.2.1 Заходи по усуненню небезпечних та шкідливих чинників 56
4.2.2 Електробезпека 56
4.2.3 Захист від підвищеної концентрації озону 57
4.2.4 Пожежна та техногенна безпека 60
4.2.5 Розрахунок заземлювального пристрою 62
5 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ РОЗРОБКИ ПОБУТОВОГО ОЗОНАТОРА З USB ЖИВЛЕННЯМ 66
5.1 Суми витрат по статтям кошторису 66
5.2 Розрахунок терміну окупності розробки 72
Висновки 75
Перелік джерел посилання 76
Додаток А 78
Додаток Б 79

ВСТУП

Повітря жилих та побутових приміщень, як правило, містить шкідливі для здоров'я речовини. Основними джерелами забруднення в приміщеннях є:

- стіни, стелі, предмети декору, меблі (особливо з ДСП), а також різні штучні покриття;

- тютюновий дим;

- органічні речовини, джерелами яких є комахи, домашні тварини та гризуни;

- миючі засоби та засоби для очищення;

- цвіль, грибки і бактерії.

Забруднене повітря поступово негативно впливає на організм людини. Хімічні речовини стають небезпечними для здоров'я, коли їх концентрація перевищує гранично допустимий рівень. Але навіть невелика кількість цих речовин в повітрі викликає несприятливі наслідки, якщо час їх дії достатньо великий. У людей з'являються скарги на головний біль, слабкість, погане самопочуття, виникають алергічні реакції.

При озонуванні приміщень озон руйнує більшість летких органічних речовин, що забруднюють повітря в замкнутих просторах. Відбувається очищення повітря від неприємних запахів і зважених часток. Будучи сильним окиснювачем, озон широко застосовується в самих різних сферах нашого життя, його використовують в медицині, в промисловості, в побуті.

Озон при концентрації близько 0,1 мг / м^3 значно зменшує число бактерій, грибків, цвілі, тим самим знезаражуючи повітря. При цьому протягом приблизно півгодини озон перетворюється на звичайний кисень.

Оскільки, на відміну від вільної атмосфери, в закритих приміщеннях не йдуть природні процеси утворення озону, його концентрацію потрібно підтримувати штучно за допомогою озонаторів.

Побутовий озонатор - це пристрій для очищення повітря приміщень, та поверхонь предметів за допомогою озону. Озонатор складається з генератора

озону та спеціалізованого джерела живлення. Виріб призначений для синтезу озону з кисню повітря в електричному розряді.

Побутові озонатори використовуються для дезінфекції та дезодорації повітря, і поверхонь, видалення плісняви, зниження кількості алергенів та мікроорганізмів (бактерій, вірусів, спор грибів).

Основними місцями застосування є:

- квартири та будинки (кімнати, кухні, санвузли),
- квартири після ремонту;
- холодильники, шафи;
- автомобілі, гаражі, невеликі складські приміщення (комори);
- басейни;
- кондиціонери та вентиляційні канали.

Озон є дуже сильним окиснювачем. Вдихання повітря з високою концентрацією озону викликає у людини головний біль, сонливість, кашель та втому. Гранично допустимі концентрації озону у повітрі становлять:

- максимальна разова гранично допустима концентрація в атмосферному повітрі населених місць – 0,16 мг/м³;
- середньодобова гранично допустима концентрація в атмосферному повітрі населених місць – 0,03 мг/м³;
- гранично допустима концентрація в повітрі робочої зони – 0,1 мг/м³.

1 ОЗОНУВАННЯ. ПОБУТОВІ ОЗОНАТОРИ

Побутові озонатори призначені для дезінфекції та дезодорації побутових приміщень за допомогою озону. Озонатор є електронним пристроєм, що складається з генератора озону, його джерела живлення та блоку управління. Синтез озону здійснюється в генераторі озону з кисню повітря у високовольтному електричному розряді. Принцип роботи озонатора полягає в наступному – під дією електричного розряду частина молекул кисню O_2 розпадається на атоми, далі атомарний кисень з'єднується з молекулярним і утворюється озон O_3. Вихідною речовиною, при синтезі озону, виступає молекулярний кисень (O_2), а сам процес описується рівнянням $3O_2 \rightarrow 2O_3$. Ця реакція є ендотермічною і легко оборотною.

Обробка озоном – це 100% гарантія знищення всіх видів бактерій та шкідливих мікроорганізмів у повітрі і на поверхнях. Під час епідемії вірусного захворювання озонатор є незамінним приладом, адже він дозволяє позбутися від невидимої загрози, яка може міститися не тільки на руках, але і в повітрі, на одязі та взутті, на продуктах з магазину і будь-яких інших речах, з якими ми контактуємо [1].

1.1 Дезінфекція озоном квартир, будинків та офісів

Озонатор виробляє озон з кисню за допомогою електричного розряду, таким же чином як це роблять блискавки в атмосфері. У свою чергу, активний кисень (озон) є унікальним за своїми властивостями газом.

Озон повністю знищує абсолютно всі мікроорганізми, що здатні нашкодити здоров'ю людини, – грибки, бактерії, пилові кліщі і віруси, включно з особливо агресивними мутаціями вірусів та інше.

Озон, за своїми властивостями, знищує бактерії та віруси в кілька разів ефективніше ультрафіолетових променів і на 50% раз ефективніше хлору. До того ж, на відміну від хлору, озон не залишає в приміщенні токсичних випарів.

Після озонування та подальшого провітрювання в приміщенні залишається тільки свіже повітря, насичене чистим киснем.

Регулярне озонування приміщень захистить від вірусів, що містяться в повітрі і на поверхнях. Озонування після повернення з вулиці знищує віруси, принесені із зовні.

Регулярного озонування також вимагають нежитлові приміщення, в яких працюють люди: офіси, магазини і т.д.

Під час озонування людям знаходиться в приміщенні не можна. Після дезінфекції озоном слід обов'язково провітрити приміщення, щоб зменшити вміст озону. Надмірна концентрація озону в повітрі може погіршити самопочуття.

1.2 Дезінфекція поверхонь та особистих речей

Такі особисті приналежності, як телефон, ключі, гаманець, окуляри та інші предмети, до яких ми найчастіше торкаємося, завжди містять на собі величезну кількість мікробів, бактерій і вірусів.

Під час вірусної епідемії вони потребують особливо ретельної дезінфекції. Обробка озоном знищить всі віруси на поверхні особистих речей і засобів захисту (багаторазові маски, окуляри і т.п.) і, на відміну від хлоровмісних речовин, не залишає після себе їдкий запах.

Озонування – найпростіший і ефективний спосіб обробки одягу, сумок та інших предметів, які можуть містити на собі віруси після взаємодії з іншими людьми, які можуть бути потенційними носіями хвороби.

1.3 Знезараження продуктів

Продукти, що принесені з магазину, теж потребують дезінфекції – на пластикових, поліетиленових і картонних упаковках заразні патогени можуть жити кілька днів.

Захистити себе від зараження через предмети і поверхні, що містять вірус, допоможе обробка всіх принесених з магазина покупок озонатором. Для цього треба зібрати всі покупки в великий пакет і опустіть туди трубку для подачі озону. За 10…30 хвилин, в залежності від потужності озонатора, усі віруси на покупках будуть знешкоджені

1.4 Побутові озонатори

На ринку України представлено широкий модельний ряд побутових озонаторів, призначених для озонування повітря. Провідними постачальниками ринку озонаторів є торгові марки: Віковий Схід, АскоУкрем, Doctor-101 и компанія GreenTech Environmental.

Найцікавішими зразками продукції є такі озонатори:

1. Турмаліновий багатофункціональний озонатор виробництва торгової марки «Віковий Схід»;
2. Озонатор Long Life 101 виробництва торгової марки «Doctor-101»;
3. Озонатор очищувач повітря Passat-101 виробництва торгової марки «Doctor-101»;
4. Автоматичний озонатор Sanit-101 виробництва торгової марки «Doctor-101»;
5. Бюджетний озонатор повітря, води та продуктів Doctor-101 Ozotop виробництва торгової марки «Doctor-101»;
6. Озонатор воздуха GreenTech GT-50 виробництва компанії GreenTech Environmental

1.4.1 Турмаліновий багатофункціональний озонатор

Турмаліновий озонатор призначений для очищення повітря, води, продуктів харчування, видалення неприємних запахів, знищення бактерій, запобігання поширенню вірусів та покращення якості повітря, що вдихається. Виріб розроблявся щодо озонотерапії в домашніх умовах. Озонатор може

використовуватися для захисту в період масових інфекційних недуг (вірусні недуги, грип, ГРВІ тощо). Фотографія турмалінового багатофункціонального озонатора наведено на рисунку 1.1 [2].



Рисунок 1.1 – Фотографія турмалінового багатофункціонального озонатора

Озонатор – пристрій для отримання озону (O_3) з газоподібного кисню шляхом синтезу під впливом електричного розряду.

Області застосування:

- дезінфекція предметів та приміщень від вірусів та інфекцій;
- очищення та дезодорація повітря приміщень; – усунення запахів у приміщенні та побутових приладах;
- очищення та дезодорація питної води;
- усунення з води хлору та його з'єднань;
- обробка харчових продуктів (м'яса, риби, овочів, фруктів, яєць) з метою дезінфекції та зменшення кількості гормонів і пестицидів, що містяться в них;
- дезінфекція білизни (у тому числі дитячої) та іграшок;
- відбілювання білизни – надання білизні кольоровості;
- догляд за домашніми тваринами;

- догляд за акваріумом;
- усунення лупи;
- обробка ротової порожнини;
- позбавлення вугрів, поліпшення загоєння ран;
- профілактика шлунково-кишкового тракту;
- усунення грибкових недуг;
- проведення сеансів озонотерапії.

Підприємство-виробник озонатора не дає жодних гарантій щодо ефективності застосування та стверджує, що всі результати індивідуальні та залежать від специфіки кожного клієнта.

Інструкція із застосування:

1. Встановити пристрій на горизонтальну поверхню або закріпити на вертикальну.
2. Приєднати випускний газопровід та насадку.
3. Помістити насадку в середовище, що обробляється.
4. Включити вилку шнура живлення виробу до мережі 220 В 50 Гц.
5. Перемикачем включити прилад.

До комплекту поставки озонатора, додатково, входять:

- насадка (турмаліновий дифузійний камінь) – 2 шт.;
- газопровід (трубочка) – 2 шт.;

Характеристики та комплектація товару можуть змінюватися виробником без попередження покупця. Технічні характеристики турмалінового озонатора наведено у таблиці 1.1

Таблиця 1.1 – Технічні характеристики турмалінового озонатора

Напруга живлення	220 В ± 10% / 50 Гц
Потужність, що споживається	15 Вт
Продуктивність по озону, за годину	400 мг
Габаритні розміри	270 × 165 × 55 мм
Область застосування	обробка повітря

Площа приміщення, що рекомендується	52 м^2
Наявність вбудованого таймера	так
Тип таймера	механічний
Вага	інформація відсутня
Ціна	2699,00 грн

Підприємство-виробник забороняє, під час роботи з озонатором, використовувати металеві, алюмінієві чи мідні ємності.

1.4.2 Озонатор Long Life 101

Озонатор Long Life 101 – невеликий і компактний озонатор, дуже простий в управлінні, і має всього один механічний регулятор, який включає прилад і встановлює тривалість роботи. Озонатор Long Life 101 – це універсальний прилад, який стане незамінним на кухні, у ванній, для очищення води і продуктів. Фотографія озонатора Long Life 101 наведено на рисунку 1.2 [3].



Рисунок 1.2 – Фотографія озонатора Long Life 101

Озонування - процедура, при якій приміщення насичується озоном і киснем. Досить 20 хвилин в день роботи озонатора, щоб прибрати неприємні запахи та пил і зробить повітря свіжим і корисним. У озонованому приміщенні приємно знаходиться: підвищується працездатність, поліпшується сон. Озонатор, так само, сприяє підвищенню імунної системи і розщеплює мікроби, що знаходяться в повітрі.

Сфери застосування озонатора Long Life 101:

- озонування води;
- озонування продуктів;
- дезінфекція та дезодорація приміщень.

Озонатор Long Life 101 може використовуватися для очищення води. Дезінфекція води озоном дозволить отримати якісну очищену воду. Її можна пити для поліпшення роботи організму, використовувати для умивання замість косметичних засобів, таких як молочко і тонік. Озонована вода бореться з проблемною шкірою. Рекомендується використовувати очищену воду для поливання домашніх рослин – насичена киснем вода відмінно підходить для квітів. Озонатор, так само, можна використовувати для дезінфекції акваріумів – Long Life 101 в кілька хвилин прибере затхлий запах води і цвіль.

Обробка продуктів озоном – незамінна процедура для всіх, хто намагається вживати корисну їжу. Озонатор рекомендується використовувати для обробки продуктів протягом 10-15 хвилин. Згідно з інформацією підприємства виробника, за цей час, озонатор прибере з м'яса і риби всі шкідливі речовини, такі як антибіотики і анаболіки, а овочі і фрукти не тільки позбудуться пестицидів і нітратів, але так само будуть набагато довше зберігатися [3].

При дезінфекції та дезодорації приміщень озонатор треба встановити у приміщенні і періодично включати. Обробка приміщень озоном забезпечує ефективну боротьби з грибком, пліснявою і запахом затхлості. Озонатор не маскує запахи, він усуває причину їх появи і збагачує приміщення киснем. Використання озонатору так само допоможе позбутися неприємного запаху

тютюнового диму і відмінно справляється з неприємними запахами від домашніх улюбленців. Пристрій може бути використаний, зокрема, для очищення постільної білизни і взуття. Технічні характеристики озонатора Long Life 101 наведено у таблиці 1.2

Таблиця 1.2 – Технічні характеристики озонатора Long Life 101

Напруга живлення	інформація відсутня
Потужність, що споживається	інформація відсутня
Продуктивність по озону, за годину	300 мг
Габаритні розміри	168 × 168 × 57 мм
Області застосування:	- обробка повітря - обробка води
Площа приміщення, що рекомендується	25 $м^2$
Наявність вбудованого таймера	так
Тип таймера	механічний
Вага	0,6 кг
Ціна	999,00 грн

1.4.3 Озонатор очищувач повітря Passat-101

Озонатор Passat-101 призначений для очищування повітря в салоні автомобіля або побутових приміщеннях. Відповідно до інформації підприємства-виробника, очищувач повністю позбавляє автомобіль і приміщення від неприємних запахів, смогу, пилу і сигаретного диму. Прилад працює, як від мережі змінного струму напругою 220 В, так і від прикурювача в салоні автомобіля. Його можна використовувати для очищення повітря в салоні авто при підключенні до бортової мережи або в приміщенні при підключенні в розетку, що розташована у приміщенні. Потужний і стильний очищувач працює в режимі озонування і іонізації. Фільтрація повітря очищає повітря за 15 хвилин роботи приладу [4].

Технічні характеристики озонатора Passat-101 наведено у таблиці 1.3

Таблиця 1.3 – Технічні характеристики озонатора Passat-101

Напруга живлення	12 В ± 20 %
Потужність, що споживається	інформація відсутня
Продуктивність по озону, за годину	5 мг
Габаритні розміри	173 × 122 × 49 мм
Область застосування	обробка повітря
Площа приміщення, що рекомендується	6 $м^2$
Наявність вбудованого таймера	ні
Тип таймера	--
Вага	0,36 кг
Ціна	1 990,00 грн

Фотографія озонатора Passat-101 наведено на рисунку 1.3 [4].



Рисунок 1.3 – Фотографія озонатора Passat-101

Дрібні частинки пилу і бруду в повітрі усуваються за допомогою потужного HEPA-фільтра. Іонізація здійснює насичування повітря свіжим

запахом грози і корисними іонами, а озонування – дезінфікує і усуває мікроби. В очищеному приміщенні легше і приємніше дихати, зміцнюється імунітет [4].

Смог і пил на дорогах, утворюють не тільки дискомфорт, але й шкодять здоров'ю. Озонатори – незамінні прилади, для сучасних доріг. Очисний прилад Passat-101 усуває 99% всіх шкідливих бактерій і мікробів в повітрі, роблячи його свіжим і корисним. Важливої перевагою процедури озонування салону автомобіля є поліпшення концентрації уваги і підвищення працездатності у водія. Озон – природний безпечний дезінфектор. Додатковий комфорт під час використання приладу забезпечує картридж з ароматизатором.

1.4.4 Автоматичний озонатор Sanit-101

Автоматичний озонатор Sanit-101 – малогабаритний ефективний прилад, який очищає повітря, позбавляє від неприємних запахів, покращує мікроклімат невеликого приміщення, тим самим позитивно впливає на здоров'я людини.

Озонатор – електронний пристрій, який виробляє озон. Потрапляючи в повітря, молекули озону дезінфікують його – знешкоджують хвороботворні бактерії, віруси, алергени, мікроорганізми і грибки. Уже через кілька хвилин після включення озонатора, відчувається особливо свіже повітря, яким легко дихається, як на природі після дощу і грози.

Крім цього, озонатор здатний нейтралізувати неприємні запахи тютюнового диму, туалетної кімнати, затхлий запах сирих приміщень, небезпечні випари під час ремонту або кіптява і гар, що потрапляють в житло через відкриті вікна. Прилад використовується для очищення повітря в закритому приміщення площею до 12 м^2. Даний спосіб дезінфекції є безпечним та екологічно чистим [5].

Озонатор можна монтувати в дитячих кімнатах та поблизу спального місця членів сім'ї, що хворіють. Озон так само корисний для рослин і домашніх улюбленців. Фотографія озонатора Sanit-101 наведено на рисунку 1.4 [5].



Рисунок 1.4 – Фотографія озонатора Sanit-101

Приміщення, в яких рекомендується використовувати озонатор моделі Sanit-101:

- Невеликі офісні приміщення до 12м^2. Повітря, насичене озоном, підвищує працездатність людини, збільшує концентрацію. Крім цього озон сприяє зміцненню імунітету і перешкоджає розмноженню вірусної інфекції в період загострення грипу і ГРВІ.

- Ванні кімнати. Усуває вогкість, цвіль, грибки

- Туалеті. Нейтралізує не приємні запахи, в тому числі які виходять від лотків домашніх тварин. Знешкоджує хвороботворну мікрофлору, бактерії.

- Біля спального місця. Вдихаючи озоноване повітря, людина краще спить, повноцінно відпочиває, відновлює сили

- Дитячі кімнати. Озонування робить повітря більш корисним для дитини, очищає від алергенів, вірусів і мікробів. Разом з цим відбувається дезінфекція предметів особистого користування дитини.

Особливості озонатора Sanit-101 [5]:

1. Автоматичнй режим роботиь. Пристрій працює самостійно - досить один раз запрограмувати і прилад автоматично буде включатися на 10, 20 або 30 хвилин з періодичністю сеансу озонування через кожні 2, 4 або 8 годин. Вбудований таймер автоматично відключає електронний пристрій.

2. Наявність індикатора роботи. Блакитне кільце з підсвічуванням наочно показує циклічність роботи озонатора. Зручна функція для нічного часу.

3. Пряме включення в електричну розетку. Електронний пристрій споживає мало електроенергії.

4. Висока продуктивність при малих розмірах. Прилад виробляє за 1 годину роботи 100 мг озону. Цього достатньо для дезінфекції та очищення повітря невеликого закритого простору.

5. Малогабаритний. Легкий і компактний озонатор легко монтується на будь-якій поверхні, включаючись прямо в розетку.

Технічні характеристики озонатора Sanit-101 наведено у таблиці 1.4.

Таблиця 1.4 – Технічні характеристики озонатора Sanit-101

Напруга живлення	220 В ± 10% / 50 Гц
Потужність, що споживається	інформація відсутня
Продуктивність по озону, за годину	12 мг
Габаритні розміри	130 × 73 × 72 мм
Область застосування	обробка повітря
Площа приміщення, що рекомендується	12 $м^2$
Наявність вбудованого таймера	так
Тип таймера	електронний
Вага	0,35 кг
Ціна	1 300,00 грн

1.4.5 Озонатор повітря, води та продуктів Doctor-101 Ozotop

Бюджетний озонатор Doctor-101 Ozotop є функціональним аналогом озонатора Long Life 101 з поліпшеним дизайном корпусу та збільшеної

продуктивністю по синтезу озону, яка складає – 400 мг / за годину. Ціна виробу складає 1100 грн. Цілком ймовірно, що озонатор Ozotop є глибокою модернізацією озонатора Long Life 101. Фотографія озонатора Doctor-101 Ozotop наведено на рисунку 1.5 [6].

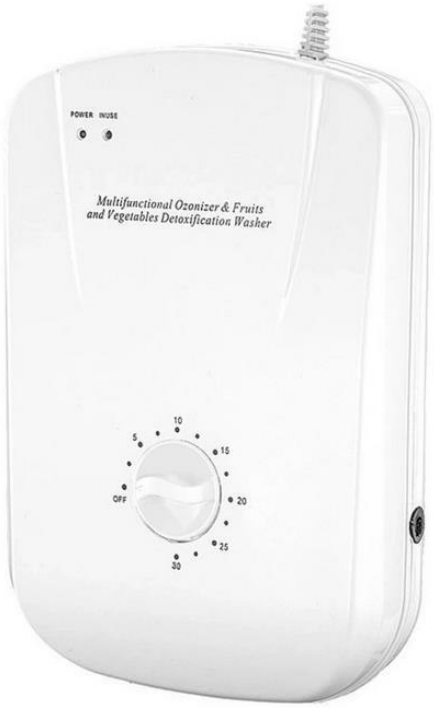


Рисунок 1.5 – Фотографія озонатора Doctor-101 Ozotop

Заявлені технічні характеристики озонатора Doctor-101 Ozotop наведено у таблиці 1.5 [6].

Таблиця 1.5 – Технічні характеристики озонатора Doctor-101 Ozotop

Продуктивність по озону, за годину	400 мг
Області застосування:	- обробка повітря - обробка води
Наявність вбудованого таймера	так
Тип таймера	механічний, 30 мінут
Ціна	1100,00 грн

1.4.6 Озонатор повітря GreenTech GT-50

Побутовий озонатор повітря GT50 – остання розробка компанії GreenTech Environmental. Це компактний, але в той же час потужний пристрій призначений для очищення повітря, боротьби з неприємними запахами, вірусами, бактеріями, грибками, мікроорганізмами та токсичними речовинами. Ця модель знищує перераховані вище забруднювачі, а не маскує або приховує їх [7].

Озонатор GT50, в найкоротші терміни, здатний нейтралізувати будь-які неприємні запахи:

- гарі (викурених цигарок),
- запахи кухні,
- запахи органіки, що розкладається, і багато інших.

Незважаючи на свої маленькі розміри, площа покриття для цієї моделі становить 15 метрів квадратних, що робить можливим використання даного приладу не тільки ванній кімнаті, але й на кухні, туалеті, коридорі, гаражі, коморі, льоху, а також у готельному номері під час подорожі та в багатьох інших місцях, де його можна встановити. Достатньо просто включити прилад в розетку і встановити регулятор відповідно до розміру приміщення.

Очисні властивості приладу залежать від деяких факторів навколишнього середовища:

- руху повітря і вологості;
- температури у приміщенні;
- ступеня забруднення об'єкта.

Дані фактори впливають на швидкість очищення приміщення.

Особливості моделі:

- безшумне генерування регульованої кількості очисної речовини (озону)
- привабливе зелене підсвічування лицьової панелі приладу;
- простота керування.

Технічні характеристики озонатора GT-50 наведено у таблиці 1.6 [7].

Таблиця 1.6 – Технічні характеристики озонатора повітря GT-50

Напруга живлення	110 В…220 В ± 10% / 50…60 Гц
Потужність, що споживається	7 Вт
Продуктивність по озону, за годину	20…50 мг
Габаритні розміри	76 × 98 × 113 мм
Область застосування	обробка повітря
Технологія	Регульована генерація активного кисню
Рекомендована площа приміщення (залежить від ступеня та інтенсивності забруднення, вологості та температури середовища)	не більше 15 м^2
Наявність вбудованого таймера	немає
Вага	180 г
Ціна	інформація відсутня

Фотографія озонатора повітря GT-50 наведено на рисунку 1.6 [7].



Рисунок 1.6 – Фотографія озонатора повітря GT-50

1.5 Постановка завдання на проектування

Побутовий озонатор з USB живленням, що проектується, орієнтований на використання в побутових умовах. Він призначений для дезінфекції та дезодорації житлових та підсобних приміщень в умовах відсутності централізованого електропостачання.

У штатному режимі передбачено автономне живлення виробу від портативного зарядного пристрою, призначеного для підзарядки мобільних пристроїв (телефонів, планшетів) через USB-порт – повербанка (Power Bank) постійної напругою 5,0 В.

З метою забезпечення високого ККД, всі перетворення напруги джерела живлення озонатора в напруги живлення функціональних вузлів і блоків озонатора повинні здійснюватися з допомогою високочастотних імпульсних перетворювачів. З метою досягнення високих масо-габаритних показників синтез озону повинен здійснюється у високочастотному бар'єрному електричному розряді.

Вихідні дані:

- напруга живлення виробу – постійна стабілізована, 5,0 ± 0,5 В;
- вхідний струм – постійний, не більше 1,5 А;
- споживана потужність – не більше 6,0 Вт.
- робоча частота перетворювачів електричної енергії власних потреб – не менш 40 кГц;
- робоча частота джерела живлення озонатора – не менш 30 кГц;
- наявність системи вибору та завдання режиму роботи озонатора – не передбачається.

При розробці виробу необхідно передбачити можливість електроживлення озонатора від однофазних мереж змінного струму напругою 220 ± 10 % частотою 50 Гц та / або 110 ± 10 % частотою 60 Гц.

Для виконання завдання необхідно:

- виконати аналіз ринку побутових озонаторів;

- розробити й описати функціональну та електричну принципову схеми озонатора;

- провести моделювання електромагнітних процесів у імпульсному перетворювачі постійної напруги другого роду (підвищувальний, boost або step-up);

- провести розрахунок основних вузлів схеми;

- зробити вибір електронних компонентів озонатора;

- виконати креслення електричних функціональної та принципової схем виробу;

- розглянути питання техніки безпеки на виробничій ділянці збирання, налагодження та випробування побутових озонаторів;

- провести розрахунок вартості побутового озонатора з USB живленням у промисловому виконанні.

2 ПОБУТОВИЙ ОЗОНАТОР З USB ЖИВЛЕННЯМ

Побутовий озонатор з USB живленням (далі – побутовий озонатор або – озонатор) призначений для дезінфекції та дезодорації побутових приміщень в умовах відсутності централізованого електропостачання. У штатному режимі передбачено автономне живлення виробу від портативного зарядного пристрою, призначеного для підзарядки мобільних пристроїв (телефонів, планшетів) через USB-порт – повербанка (Power Bank).

Напруга живлення озонатора – 5,0 ± 0,5 В, споживана потужність – не більше 6,0 Вт.

За наявності централізованого електропостачання, живлення озонатора може здійснюватися від мережевих адаптерів, зарядних пристроїв або блоків живлення, з USB виходом, постійною напругою – 5,0 ± 0,5 В та номінальним струмом навантаження – не менше 2,0 А.

Допускається електроживлення озонатора від акумуляторних батарей. всіх типів, номінальною напругою 6 В. Встановлена потужність джерела живлення побутового озонатора має бути не менше 10 ВА.

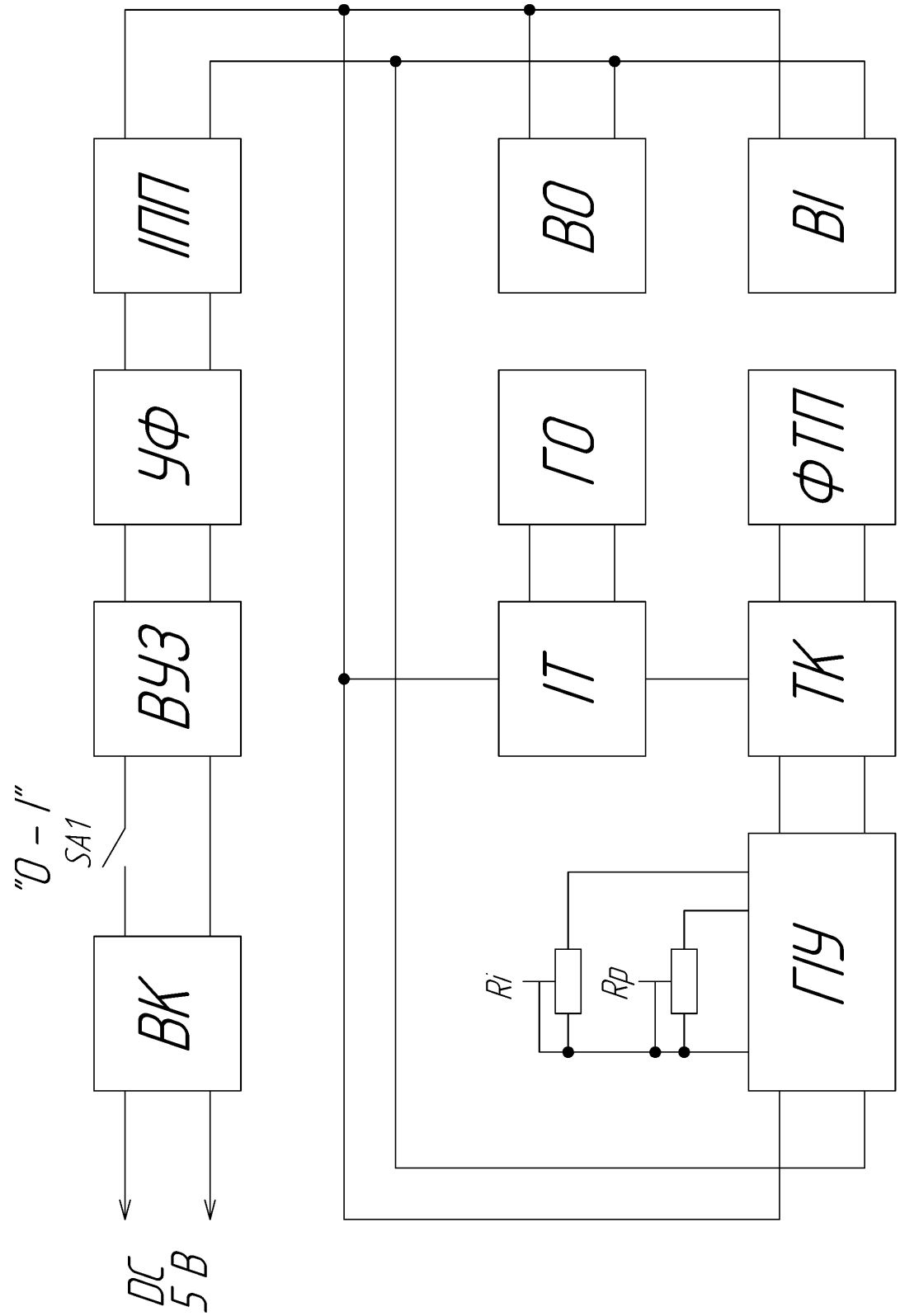
Максимально і мінімально допустимі значення напруги живлення озонатора становлять 7,5 В і 4,0 В, відповідно.

При необхідності побутовий озонатор може бути використаний для дезінфекції та дезодорації салонів автотранспортних засобів. В даному випадку, живлення виробу може здійснюватися від повербанка або від спеціалізованого автомобільного блоку USB живлення вихідною напругою 5,0 В DC.

2.1 Опис електричної функціональної схеми побутового озонатора

До складу побутового озонатора з USB живленням (ПО) входять, нижчеперелічені, функціональні блоки та вузли [8]:

- ВК – вилка кабельна USB тип А;
- SA1 – тумблер живлення «0 – 1»;



Рисунку 2.1 – Електрична функціональна схема побутового озонатора з USB живленням

- ВУЗ – вузол узгодження та захисту;
- УФ - узгоджуючий фільтр;
- ІПП – імпульсний підвищуючий перетворювач;
- ГІУ – генератор імпульсів управління:
- Ri, Rp - підстроювальні резистори;
- ТК – транзисторний ключ;
- ІТ – імпульсний трансформатор;
- ФТП - формувач перемикання траєкторії;
- ГО – генератор озону;
- ВО – вузол охолодження;
- ВІ – вузол індикації.

Електрична функціональна схема побутового озонатора з USB живленням наведена на рисунку 2.1 та відповідає ЕІСПЗ ДП.22008.00.00.00.00.Е2.

Побутовий озонатор з USB живленням підключається до джерела електропостачання за допомогою двожильного електричного шнура підвищеної гнучкості, що оснащений кабельною вилкою USB тип А (ВК).

Включення / вимикання озонатора здійснюється тумблером живлення SA1 «0 - 1», шляхом його переведення з положення «0» у положення «1» і навпаки.

Вузол узгодження та захисту (ВУЗ) призначений для захисту функціональних блоків та вузлів побутового озонатора від аварійних процесів у схемі виробу, від перевищення максимально допустимого значення напруги живлення та від переполюсування напруги джерела живлення при нештатному підключенні.

Імпульсний підвищуючий перетворювач (ІПП) є джерелом живлення власних потреб виробу. Він призначений для перетворення вхідної постійної напруги живлення озонатора (4,0 В…7,5 В) на постійну стабілізовану напругу живлення функціональних блоків та вузлів виробу – 12 ± 0,6 В.

Між ВУЗ та ІПП встановлений узгоджувальний фільтр (УФ), який здійснює згладжування пульсацій вхідної напруги живлення та пригнічення високочастотних завад, обумовлених комутаційними процесами у схемі ІПП.

Вихідна напруга ІПП надходить на відповідні входи живлення генератора імпульсів управління (ГІУ), вузла охолодження (ВО), вузла індикації (ВІ) та однотактного імпульсного перетворювача з трансформаторним виходом.

Однотактний імпульсний перетворювач з трансформаторним виходом (ОІП) є джерелом живлення генератора озону (ГО). Він включає в себе: транзисторний ключ (ТК), імпульсний трансформатор (ІТ) та формувач траєкторії перемикання (ФТП).

Генератор озону підключений до виводів вторинної обмотки ІТ.

Транзисторний ключ (ТК) призначений для періодичного підключення первинної обмотки ІТ до джерела електричної енергії – вихідної напруги ІПП.

Імпульсний трансформатор (ІТ) забезпечує гальванічну розв'язку ланцюгів електроживлення ОІП від ГО та узгодження напруги живлення ОІП з необхідним значенням напруги живлення ГО.

Обмеження амплітуди імпульсних перенапруг на транзисторному ключі (ТК) забезпечується формувачем траєкторії перемикання (ФТП).

Синтез озону з кисню повітря здійснюється генератором озону (ГО) у високовольтному високочастотному бар'єрному електричному розряді.

Генератор імпульсів управління (ГІУ) призначений для генерування послідовності імпульсів управління транзисторним ключем (ТК), що входить до складу ОІП. Тривалість та період проходження вихідних імпульсів ГІУ задаються за допомогою підстроювальних резисторів Ri та Rp, відповідно.

Примусове повітряне охолодження елементів схеми побутового озонатора провадиться вентилятором вузла охолодження (ВО).

Вузол індикації призначений для індикації напруги живлення функціональних блоків і вузлів виробу – 12 ± 0,6 В.

2.2 Опис електричної принципової схеми побутового озонатора

Електрична принципова схема побутового озонатора з USB живленням наведена на рисунку 2.2 та відповідає ЕІСПЗ ДП.22008.00.00.00.00.Е3. Типи елементів, їх номінали, технічні параметри компонентів електричної принципової схеми та найменування підприємств-виробників компонентів наведено у переліку елементів ЕІСПЗ ДП.22008.00.00.00.00.ПЕ3.

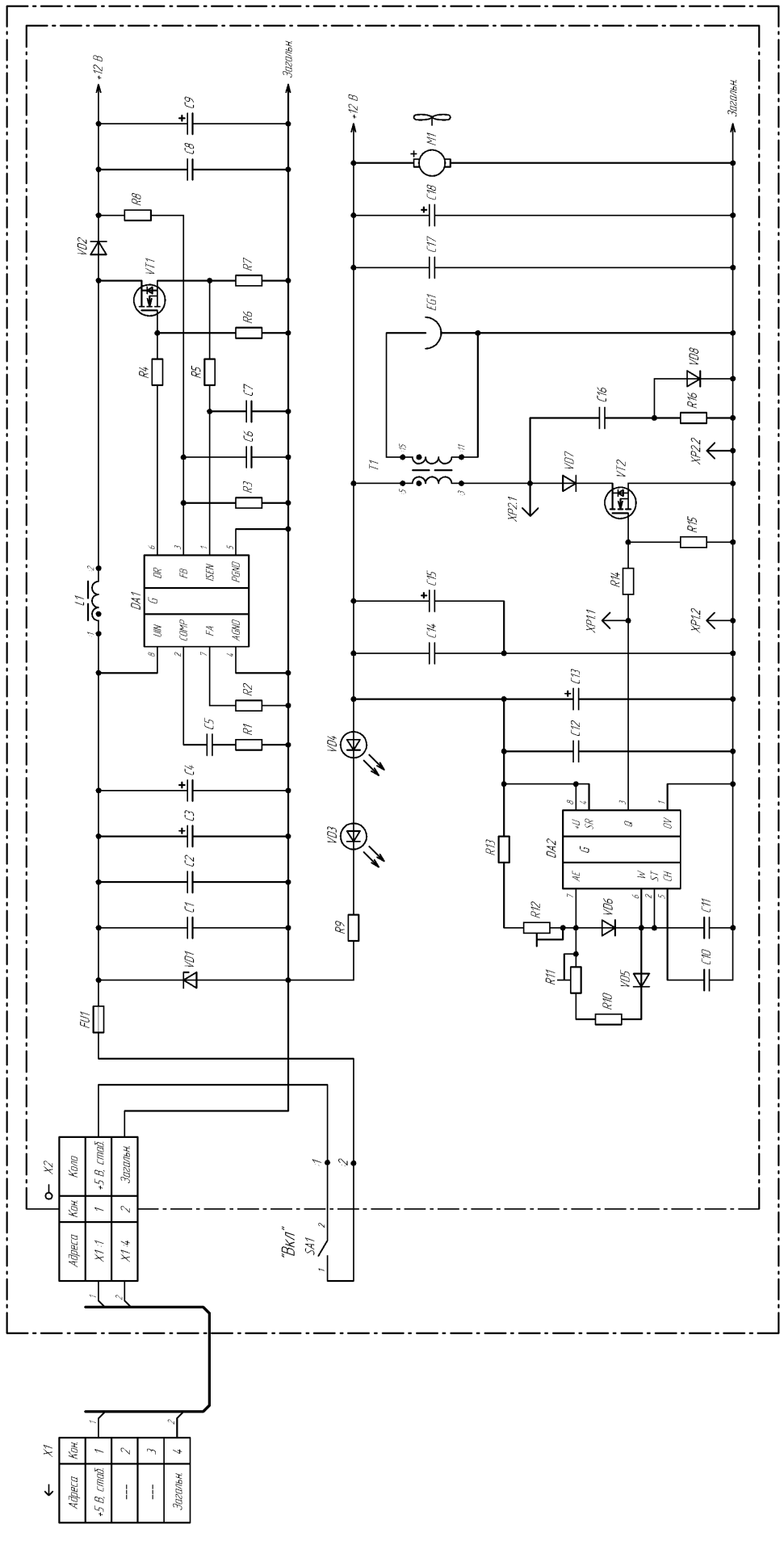
Номінальна напруга живлення озонатора становить $5{,}0 \pm 0{,}5$ В. Підключення озонатора до джерела живлення здійснюється за допомогою двожильного електричного шнура підвищеної гнучкості, довжиною 1,5 м з кабельною вилкою X1 (ВК), розташованої на одному з кінців шнура живлення. В якості X1 застосована вилка кабельна USB тип А. Другий кінець шнура живлення підключається до електронної частини виробу за допомогою клемника X2, встановленого на друкованій платі.

Включення / вимкнення побутового озонатора здійснюється клавішним перемикачем SA1. При включенні озонатора клавіша переводиться у положення «1». Вимкнення озонатора здійснюється переведенням клавіші SA1 у положення «0».

Вузол узгодження та захисту (ВУЗ) складається з самовідновлюваного запобіжника FU1 і супресора VD1.

При випадковому переполюсуванні вхідної напруги супресор VD1 виконує функцію зворотного захисного діода. У разі перевищення вхідної напругою живлення максимально допустимого значення, супресор VD1 виконує функцію потужного обмежувального стабілітрона. Захист ланцюгів відбувається при спрацьовуванні запобіжника FU1.

Узгоджувальний фільтр (УФ) призначений для згладжування пульсацій вхідної напруги та придушення високочастотних перешкод, обумовлених комутаційними процесами у схемі побутового озонатора. До складу УФ входять два високочастотні керамічні конденсатори (C1, C2) і два електролітичні конденсатори (C3, C4).



Рисунку 2.1 – Електрична принципова схема побутового озонатора з USB живленням

Імпульсний підвищуючий перетворювач (ІПП) призначений для перетворення вхідної постійної напруги живлення виробу (5,0 ± 0,5 В) на стабілізовану постійну напругу живлення власних потреб побутового озонатора (12 ± 0,6 В).

Імпульсний підвищуючий перетворювач (ІПП) виконаний за класичною схемою імпульсного перетворювача постійної напруги (ІППН) другого роду (підвищувальний, boost або step-up). До складу ІПП входять: п'ять конденсаторів (С5…С9), інтегральна мікросхема DA1, дросель L1, вісім резисторів (R1…R8), діод VD2 та транзистор VT1. Регулювання та стабілізація вихідної напруги ІПП здійснюється широтно-імпульсним способом.

Умовно, схему ІПП можна розділити на чотири функціональні блоки:

- силову частину;
- датчик струму;
- датчик напруги;
- систему управління.

Силова частина складається з дроселя L1, відсікаючого діода VD2, MOSFET транзистора VT1 і двох конденсаторів – С8, С9.

Конденсатори С8 та С9, включені паралельно, являють собою ємнісний фільтр. Фільтр призначений для згладжування пульсацій вихідної напруги ІПП та придушення високочастотних перешкод, обумовлених комутаційними процесами у схемі.

Датчик струму включає до себе: резистор R7 і інтегруючий RC-ланцюжок (С7, R5). В якості резистора R7 застосований прецизійний фольговий резистор серії VCS виробництва VISHAY.

Датчик струму включений у ланцюг протікання струму витоку транзистора VT1 та призначений для захисту силових елементів ІПП від перевантаження струмом.

Датчик напруги є резистивним дільником напруги (R3, R8) з ємнісним фільтром (С6). Конденсатор С6 призначений для придушення високочастотних перешкод.

Система управління виконано на базі інтегрального контролера DA1. В якості DA1 застосована мікросхема контролера нижнього плеча N-канального типу для імпульсних стабілізаторів напруги LM3488 виробництва Texas Instruments Incorporated.

Вихідні сигнали датчиків струму та напруги надходять на відповідні входи мікросхеми DA1.

Завдання робочої частоти вихідних імпульсів DA1 проводиться за допомогою конденсатора C5 і резистора R1.

Резистор R2 призначений для шунтування входу зовнішнього управління включенням / вимкненням DA1 (захист від електромагнітних наведень). Резистор встановлено відповідно до рекомендацій підприємства-виробника мікросхеми.

Обмеження величини вихідного струму DA1 (струму заряду / розряду ємності затвора VT1) здійснюється резистором R4. Мимовільне включення VT1, за відсутності імпульсів управління, блокується шунтуючим резистором R6.

Вузол індикації (BI) включає до себе струмообмежуючий резистор R9 і два світлодіоди VD3 і VD4. Елементи схеми вузла індикації включені послідовно. В якості світлодіодів застосовані ширококутні світловипромінюючі діоди синього кольору світіння. Крім основної функції – індикації наявності вихідної напруги ІПП, світлодіоди виконують функцію декоративного освітлення вентиляційних ґрат корпусу озонатора зсередини.

Вузол охолодження (ВО) складається з ємнісного фільтра (C17, C18) та осьового вентилятора. В якості осьового вентилятора застосований вентилятор виробництва компанії JAMICON серії JF 04 10 S 1 M. Розміри вентилятора складають 40 × 40 × 10 мм. Ємнісний фільтр (C17, C18) призначений для згладжування пульсацій та придушення перенапруг у ланцюгах електроживлення ВО. Живлення ВО здійснюється вихідною напругою ІПП – 12 ± 0,6 В.

Генератор імпульсів управління (ГІУ) включає до свого складу: чотири

конденсатори (С10…С13), інтегральну мікросхему DA2, чотири резистори (R10…R13) та два діоди (VD5, VD6).

В якості DA2 застосовано мікросхему інтегрального таймера серії 555. Особливістю схеми включення DA2 є можливість зміни тривалості вихідних імпульсів і пауз між ними незалежно один від одного.

В якості хронуючого конденсатора застосований високостабільний високочастотний керамічний конденсатор С11. Завдання тривалості вихідних імпульсів ГІУ проводиться ланцюгом R12, R13 та VD6. Завдання тривалості пауз між вихідними імпульсами ГІУ проводиться ланцюгом R10, R11 та VD5.

Конденсатор С10 встановлений відповідно до рекомендацій підприємств - виробників мікросхем серії 555 і призначений для запобігання режиму самозбудження таймера.

Конденсатори С12 та С13, включені паралельно, перепризначені для згладжування пульсацій та придушення високочастотних перешкод у ланцюзі живлення ГІУ.

Однотактний імпульсний перетворювач з трансформаторним виходом складається з транзисторного ключа (R14, R15, VD7, VT2), імпульсного трансформатора Т1, формувача траєкторії перемикання (С16. R16, VD8) і ємнісного фільтра (С14, С15). Навантаженням однотактного перетворювача є генератор озону EG1.

Ємнісний фільтр (С14, С15) призначений для згладжування пульсацій і придушення високочастотних перешкод силового ланцюга електроживлення однотактного імпульсного перетворювача.

Зниження амплітуди перенапруг на стоку VT2, обумовлених комутаційними процесами схемою перетворювача, здійснюється за допомогою формувача траєкторії перемикання (С16. R16, VD8).

Захист VT2 від прикладення зворотної напруги забезпечується наявністю високочастотного діода VD7.

Резистор R14 перепризначений обмеження величини струмів заряду і розряду ємності затвора VT2. За допомогою резистора R15 забезпечується

запобігання мимовільному переходу VT2 в лінійний режим роботи або його включення за відсутності імпульсів керування (захист від електромагнітного наведення).

Генератор озону EG1, як зазначалося вище, призначений для синтезу озону з кисню повітря у високовольтному високочастотному розряді. Генератор озону EG1 підключений до вторинної обмотки T1 трансформатора.

Один із електродів EG1 (зовнішній), з'єднаний з відповідним виводом вторинної обмотки трансформатора, підключений до «загального» до проводу силового ланцюга живлення побутового озонатора.

До складу схеми побутового озонатора входять штирьові роз'єми XP1 та XP2. Роз'єми виконують функцію контрольних точок схеми та використовуються при налаштуванні озонатора. В якості XP1 і XP2 використані двох штировий та трьох штировий роз'єми серії PLS (PLS-02 і PLS-03), відповідно.

3 РОЗРАХУНОК ЕЛЕМЕНТІВ СХЕМИ ПОБУТОВОГО ОЗОНАТОРА З USB ЖИВЛЕННЯМ

Силова частина джерела живлення генератора озону виконана по схемі однотактного зворотноходового перетворювача - імпульсного перетворювача другого роду. Електрична принципова схема перетворювача наведена на рисунку 3.1.

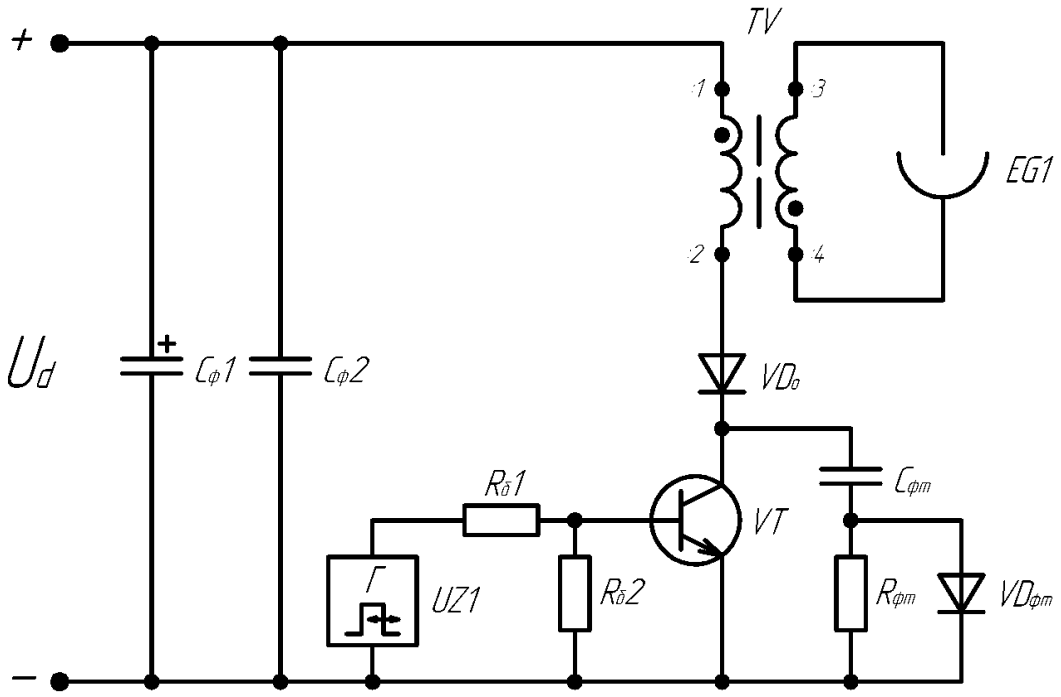


Рисунок 3.1 – Електрична принципова схема силової частини джерела живлення озонатора

Вихідні дані для розрахунку:

- напруга живлення	стабілізована
- значення напруги живлення, U_d, В	12,0
- вхідний струм	постійний
- амплітуда вихідної напруги, кВ	3000
- ємність генератора озону, пФ	5

- вихідна потужність, Вт 1,5

3.1 Розрахунок напруг та струмів силової частини

Задаючись величинами значень добротності коливального контуру TV – EG1 Q = 5 та коефіцієнтом заповнення імпульсів керування силовим транзистором VT γ = 0,3 визначимо коливальну потужність

$$P_0 = \frac{P_2}{1-\gamma} = \frac{1{,}5}{1-0{,}3} = 2{,}14\ Bm\,, \tag{3.1}$$

де: P2 – вихідна потужність джерела живлення озонатора.

Амплітуда струму навантаження

$$I_m = \frac{4 \cdot \pi \cdot P_0}{U_m\left(1 - e^{-\frac{2\pi}{Q}}\right)}\,, \tag{3.2}$$

де: U_m – амплітуда вихідної напруги.

$$I_m == \frac{4 \cdot 3{,}14 \cdot 2{,}14}{3000 \cdot \left(1 - 2{,}718^{-\frac{2 \cdot 3{,}14}{5}}\right)} = \frac{26{,}93}{3000 \cdot 0{,}715} = 0{,}0126\ A$$

Задаючись амплітудним значенням напруги на колекторі транзистора VT U_{m1} = 150 В, визначимо коефіцієнт трансформації трансформатора TV

$$k_T = \frac{U_m}{U_{m1}} = \frac{3000}{150} = 20 \tag{3.3}$$

Амплітуда струму колектора транзистора VT з урахуванням ККД η = 0,9

$$I_{m1} = \frac{k_T \cdot I_m}{\eta} = \frac{20 \cdot 0{,}0126}{0{,}9} = 0{,}28\ A \qquad (3.4)$$

Наведений хвильовий опір

$$\rho' = \frac{U_{m1}}{I_{m1}} = \frac{150}{0{,}28} = 535{,}7\ Ом \qquad (3.5)$$

Кругова частота коливальної системи $L_\mu - C_0$

$$\omega_0 = \frac{I_m}{C_0 \cdot U_m} = \frac{0{,}0126}{5 \cdot 10^{-12} \cdot 3000} = 0{,}84 \cdot 10^6\ , \qquad (3.6)$$

де: C_0 – ємність генератора озону, Ф;

L_μ – індуктивність намагнічування трансформатора, Гн.

Частота та період коливальної системи $L_\mu - C_0$

$$f_0 = \frac{\omega_0}{2 \cdot \pi} = \frac{0{,}84 \cdot 10^6}{2 \cdot 3{,}14} = 133690\ Гц \qquad (3.7)$$

$$T_0 = \frac{1}{f_0} = \frac{1}{133690} = 7{,}48 \cdot 10^{-6}\ c \qquad (3.8)$$

Виходячи з того, що коефіцієнт заповнення дорівнює

$$\gamma = \frac{t_u}{t_i + T_0}\ , \qquad (3.9)$$

де: t_i – тривалість імпульсу включеного стану транзистора VT;

T_0 – період коливальної системи $L_\mu - C_0$,

$$t_i = \frac{\gamma}{1-\gamma} \cdot T_0 = \frac{0{,}3}{1-0{,}3} \cdot 7{,}48 \cdot 10^{-6} = 3{,}2 \cdot 10^{-6}\ c\ , \qquad (3.10)$$

Тривалість «робочого» періоду коливань та «робоча» частота

$$T_p = t_u + T_0 = 3{,}2 \cdot 10^{-6} + 7{,}48 \cdot 10^{-6} = 10{,}68 \cdot 10^{-6}\ c \qquad (3.11)$$

$$f_p = \frac{1}{T_p} = \frac{1}{10{,}68 \cdot 10^{-6}} = 93633\ Гц \qquad (3.12)$$

Індуктивність намагнічування первинної обмотки трансформатора TV

$$L_\mu = \frac{\rho'}{\omega_0} = \frac{535{,}7}{0{,}84 \cdot 10^6} = 6{,}38 \cdot 10^{-4}\ Гн \qquad (3.13)$$

Коефіцієнт збільшення струму колектора Δi*

$$\Delta i^* = 1 - e^{-\frac{\pi}{Q}} = 1 - e^{-\frac{3.14}{5}} = 0{,}215 \qquad (3.14)$$

Напруга живлення (вхідна напруга) джерела живлення озонатора

$$E_d = \frac{\Delta i^* \cdot I_{m1} \cdot L_\mu}{t_u} = \frac{0{,}215 \cdot 0{,}28 \cdot 6{,}38 \cdot 10^{-4}}{3{,}2 \cdot 10^{-6}} = 12\ B \qquad (3.15)$$

Теоретична часова діаграма струму первинної обмотки трансформатора (струму генератора озону) наведена на рисунку 3.2.

Амплітудне значення струму первинної обмотки трансформатора VT визначено вище (3.4) і дорівнює амплітудному значенню струму колектора транзистора VT I_{m1} = 0,28 А.

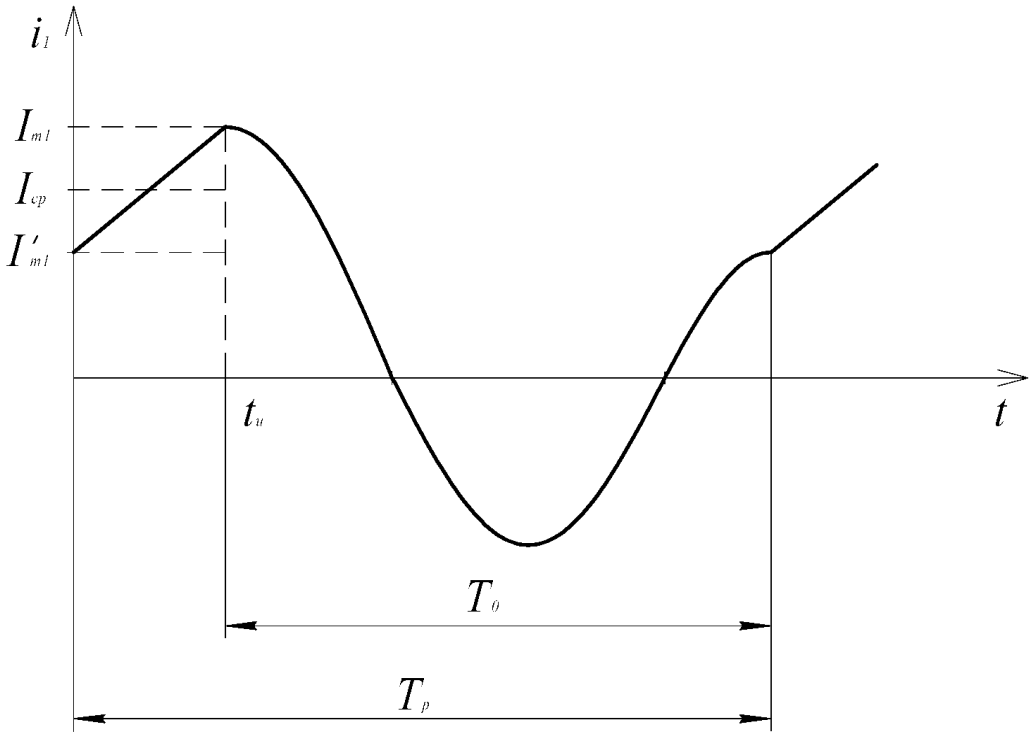


Рисунок 3.2 – Временная диаграмма тока первичной обмотки трансформатора

Виходячи з того, що швидкість наростання струму дорівнює

$$\frac{di}{dt} = \frac{E_d}{L_\mu} = \frac{15}{6{,}38 \cdot 10^{-4}} = 23{,}5 \cdot 10^3 \ \ A/c\ , \tag{3.16}$$

визначимо збільшення струму за час t_i=3,2 · 10^{-6} с

$$\Delta i = \frac{di}{dt} \cdot t_u = 23{,}5 \cdot 10^3 \cdot 3{,}2 \cdot 10^{-6} = 0{,}075\ A \tag{3.17}$$

Струм у момент включення транзистора VT дорівнює

$$I'_{m1} = I_{m1} - \Delta i = 0{,}28 - 0{,}075 = 0{,}205\ A \tag{3.18}$$

Середнє значення струму протягом часу ti = 3,2 · 10-6 с

$$I_{cp} = \frac{I_{m1} + I_{m1}^{'}}{2} = \frac{0{,}28 + 0{,}205}{2} = 0{,}2425\ A \qquad (3.19)$$

Середнє значення струму, що споживається силовою частиною джерела живлення озонатора

$$I_d = I_{cp} \cdot \gamma_1 = 0{,}2425 \cdot 0{,}3 = 0{,}073\ A \qquad (3.20)$$

Потужність, що споживається силовою частиною, дорівнює

$$P_d = k_{rec} \cdot E_d \cdot I_d = 1{,}75 \cdot 12 \cdot 0{,}073 = 1{,}533\ Bm\,, \qquad (3.21)$$

де: k_{rec} – коефіцієнт перетворювання, k_{rec} = 1,75.

3.2 Розрахунок параметрів трансформатора

Як осердя трансформатора TV вибираємо Ш-подібний осердя виробництва EPCOS серії ETD29/16/10 типу B66358-G-X187 з каркасом B66359A1013T001 (www.epcos.com) [9]. Геометричні розміри сердечника, відповідно до рисунку 3.3, наведені в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Геометричні розміри сердечника ETD29/16/10

Позначення	Мінімальне значення, мм	Номінальне значення, мм	Максимальне значення, мм	Примітки
a	29.0	30,6	-	
b	15.6	16.0	-	
c	9.2	9.8	-	
d	9.2	9.8	-	
e	-	22.0	23.4	
f	-	10.7	11.3	
g	0,0	0,0	0,0	

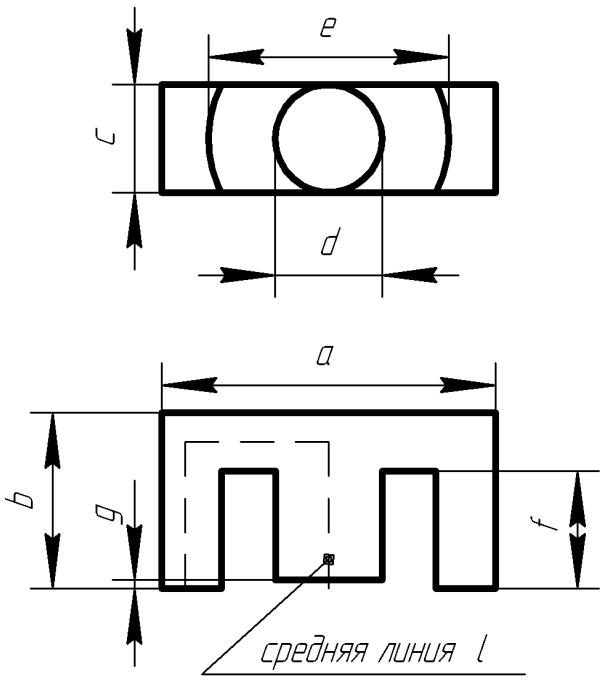


Рисунок 3.3 – Креслення Ш-подібного осердя серії ETD

Геометричні параметри магнітопроводу дорівнюють:

- площа перерізу магнітопроводу $S_{ст}$

$$S_{ст} = d \cdot c = 9{,}8 \cdot 9{,}8 = 96{,}04\ мм^2 = 96{,}04 \cdot 10^{-6}\ м^2 \qquad (3.22)$$

- мінімальна площа перерізу магнітопроводу

$$S_{ст\,min} = d_{min} \cdot c_{min} = 9{,}2 \cdot 9{,}2 = 84{,}64\ мм^2 = 84{,}64 \cdot 10^{-6}\ м^2 \qquad (3.23)$$

- площа перерізу вікна магнітопроводу, що складається з двох сердечників

$$S_{ок} = (e - d) \cdot f = (22{,}0 - 9{,}8) \cdot 10{,}7 = 130{,}54\ мм^2 \qquad (3.24)$$

- площа перерізу вікна магнітопроводу з урахуванням розмірів котушки каркаса $d_{кр}$ = 11,8 мм $l_{кр}$ = 19,4 мм (при відхиленнях розмірів каркаса

максимально зменшують розмір вікна) $S_{ок\text{-}кр}$ = 98,94 мм^2 [9]

$$S_{\text{ок}-\text{кр}} = \frac{e - d_{\text{кр}}}{2} \cdot l_{\text{кр}} = \frac{22 - 11{,}8}{2} \cdot 19{,}4 = 98{,}94 \text{ мм}^2 \quad (3.25)$$

- довжина середньої лінії сердечника

$$l_{ср} = b + f + \frac{a + e}{4} = 16{,}0 + 10{,}7 + \frac{30{,}6 + 22{,}0}{4} = 39{,}85 \text{ мм} \quad (3.26)$$

- довжина середньої лінії при мінімальних розмірах сердечника

$$l_{ср\,min} = b_{min} + f_{min} + \frac{a_{min} + e_{min}}{4} = 15{,}6 + 10{,}7 + \frac{29{,}0 + 23{,}4}{4} = 39{,}4 \text{ мм} \quad (3.27)$$

Для подальших розрахунків використовуємо більше з одержаних значень. Довжина середньої лінії магнітопроводу, що складається з двох сердечників, дорівнює

$$l_{срм} = 2 \cdot l_{ср} = 2 \cdot 39{,}85 = 79{,}7 \text{ мм} = 79{,}7 \cdot 10^{-3} \text{ м} \quad (3.28)$$

Задаючись значенням максимальної індукції в магнітопроводі трансформатора TV, визначимо ширину зазору в сердечнику

$$g = \frac{\mu_0 \cdot I_{m1}^2 \cdot L_\mu}{B_m^2 \cdot S_{ст\ min}} = \frac{1{,}257 \cdot 10^{-6} \cdot 0{,}28^2 \cdot 6{,}38 \cdot 10^{-4}}{0{,}15^2 \cdot 84{,}64 \cdot 10^{-6}} = 3{,}3 \cdot 10^{-5} \text{ м}, \quad (3.29)$$

де: μ_0 – магнітна проникність вакууму, $\mu_0 = 1{,}257 \cdot 10^{-6}$ Гн / м;

B_m – максимальне значення індукції в магнітопроводі; з метою зниження втрат у магнітопроводі, приймаємо B_m = 0,15 Тл.

Кількість витків первинної обмотки становитиме

$$W_1 = \sqrt{\frac{L_\mu \cdot g}{\mu_0 \cdot S_{ст\,min}}} = \sqrt{\frac{6{,}38 \cdot 10^{-4} \cdot 3{,}3 \cdot 10^{-5}}{1{,}257 \cdot 10^{-6} \cdot 84{,}64 \cdot 10^{-6}}} = 14{,}07 \text{ витків} \qquad (3.30)$$

Приймаємо W_1 = 14 витків

Розрахована ширина зазору дуже мала. Проведемо перевірку режиму насичення магнітопроводу без зазору (μ=2000) згідно із законом Ампера

$$I \cdot W = H \cdot l_{ср} \qquad H = \frac{B}{\mu \cdot \mu_0}$$

$$I \cdot W = \frac{B}{\mu \cdot \mu_0} \cdot l_{ср} \qquad (3.31)$$

Згідно з отриманими результатами

$$I \cdot W = I_{m1} \cdot W = 0{,}28 \cdot 14 = 3{,}92\ А \cdot витка$$

$$H \cdot l_{срм} = \frac{B}{\mu \cdot \mu_0} \cdot l_{срм} = \frac{0{,}15}{2000 \cdot 1{,}257 \cdot 10^{-6}} \cdot 79{,}7 \cdot 10^{-3} = 4{,}75\ А \cdot витка$$

Зробимо розрахунок кількості витків первинної обмотки трансформатора за формулою

$$W_1 = \frac{U_{m1} \div \sqrt{2}}{4.44 \cdot f_0 \cdot B_m \cdot S_{ст min}} \qquad (3.32)$$

$$W_1 == \frac{150 \div \sqrt{2}}{4{,}44 \cdot 133690 \cdot 0{,}15 \cdot 84{,}64 \cdot 10^{-6}} = 14{,}07\ витків$$

Приймаємо W_1 = 14 витків

Результати розрахунків кількості витків W_1, що виконані за формулами (30) та (32) збігаються.

Виходячи з того, що $k_T = 20$

$$W_2 = k_T \cdot W_1 = 20 \cdot 14 = 280 \text{ витків} \quad (3.33)$$

3.3 Вибір проводів обмоток трансформатора

Чинне значення струму первинної обмотки

$$I_1 = I_{ср} \cdot \sqrt{\gamma} = 0{,}2425 \cdot \sqrt{0{,}3} = 0{,}133 \ A \quad (3.34)$$

Чинне значення струму вторинної обмотки

$$I_2 = \frac{I_m}{\sqrt{2}} \cdot \sqrt{1-\gamma} = \frac{0.0126}{\sqrt{2}} \cdot \sqrt{1-0.3} = 7.45 \cdot 10^{-3} \ A \quad (3.35)$$

Глибина проникнення струму у провід обмотки трансформатора на частоті f = 133690 Гц, що зумовлена скін-ефектом

$$\lambda = \frac{68}{\sqrt{f}} = \frac{68}{\sqrt{133690}} = 0{,}186 \text{ мм} \quad (3.36)$$

Задаючись значенням величини щільності струму $\rho = 5$ А/мм^2, за формулою

$$S_{прN} = \frac{I_N}{\rho}\ , \quad (3.37)$$

де: I_N – діюче значення струму,

визначимо площі перерізу проводів обмоток трансформатора $S_{пр\,1}$ і $S_{пр\,2}$

$$S_{пр1} = \frac{I_1}{\rho} = \frac{0.133}{5} = 0.0266\ мм^2$$

$$S_{пр2} = \frac{I_2}{\rho} = \frac{7{,}45 \cdot 10^{-3}}{5} = 1{,}49 \cdot 10^{-3}\ мм^2$$

Виходячи з того, що

$$S_{пр} = \frac{\pi \cdot D_{пр}^2}{4}\ , \qquad (3.38)$$

визначимо діаметри проводів обмоток $D_{пр\,N}$ за формулою

$$D_{пр\,N} = \sqrt{\frac{4 \cdot S_{пр\,N}}{\pi}} \qquad (3.39)$$

$$D_{пр1} = \sqrt{\frac{4 \cdot S_{пр1}}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0{,}0266}{3{,}14}} = 0{,}184\ мм$$

$$D_{пр2} = \sqrt{\frac{4 \cdot S_{пр2}}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 1{,}49 \cdot 10^{-3}}{3{,}14}} = 0{,}044\ мм$$

Сумарна площа перерізу провідників у вікні магнітопроводу визначається за формулою

$$S_{\Sigma} = S_{пр1} \cdot W_1 + S_{пр2} \cdot W_2 \qquad (3.40)$$

$$S_{\Sigma} = 0{,}25 \cdot 14 + 0{,}1 \cdot 280 = 31{,}5\ мм^2$$

Коефіцієнт заповнення вікна магнітопроводу повинен задовольняти співвідношенню

$$\kappa_з = \frac{S_{\Sigma}}{S_{ок}} \leq 0{,}3 \qquad (3.41)$$

$$\kappa_з = \frac{31{,}5}{130{,}54} = 0{,}24$$

Розрахунки показують, що розміри сердечника ETD29/16/10 задовольняють технологічним вимогам виготовлення трансформатора.

$$\kappa_з = 0{,}24 \leq 0{,}3$$

Результати розрахунків наведено в таблиці 3.2

Таблиця 3.2 – Параметри обмоток трансформатора TV, виготовленого на сердечнику ETD29/16/10

Номер (позначення) обмотки	Кількість витків	Діаметр дроту (розрахований), мм	Діаметр проводу (вибраний), мм	Тип проводу
W_1	14	0,184	0,25	ПЕВ-0,25
W_2	280	0,044	0,1	ПЕВ-0,1

3.4 Розрахунок параметрів формувача траєкторії перемикання транзистора VT

Як транзистор VT, з урахуванням вихідних даних та результатів розрахунків, вибираємо транзистор IRFB11N50A [10] виробництва International Rectifier з наступними параметрами:

- структура транзистора — N-канал
- амплітудне значення струму стоку, $I_{C\,max}$, А — 44,0
- номінальне значення струму стоку, при t_k = 25 ºС, I_C , А — 11,0
- номінальне значення струму стоку, при t_k = 100 ºС, I_C , А — 7,0
- максимальна напруга сток-витік, $U_{CB\,max}$, В — 500
- напруга управління, $U_{ЗВ}$, В — ±30
- опір каналу сток-витік, R_{CB}, Ом — 0,52
- час включення, $t_{вкл}$, нс — 14
- час вимкнення,, $t_{вим}$, нс — 32
- вхідна ємність затвора, $C_{ЗВ}$, пФ — 1423
- максимальна розсіювальна потужність без охолоджувача, Вт — 2,0
- максимальна розсіювальна потужність з охолоджувачем, Вт — 10
- тип корпусу — TO-220
- робоча температура, ºС — -55…+150

Можлива заміна IRFB11N50A на IRF740 [11] (дешевший за ціною при прийнятних електричних параметрах)

Як діод VD_0 вибираємо діод HER203 DC Components з наступними параметрами [12]:

- максимальне значення випрямленого струму, I_a, А — 2,0
- амплітудне значення імпульсного прямого струму, $I_{a\,max}$, А — 50
- максимальне пряме падіння напруги при I_a = 2,0 А, U_0, В — 1,0
- максимальна зворотна напруга, U_b, В — 200
- час відновлення, нс — 50
- тип корпусу — DO-15

Для захисту від електромагнітних перешкод перехід затвор-витік шунтуємо резистором $R_{б2}$ опором 1,0 кОм. Виходячи з того, що ємність затвора VT заряджається до величини напруги живлення

$$I_{Rб2} = \frac{U_d}{R_{б2}} = \frac{12}{1000} = 12 \text{ мА} \quad (3.42)$$

$$P_{Rб2} = I_{Rб2}^2 \cdot R_{б2} = (12 \cdot 10^{-3})^2 \cdot 1000 = 0{,}144 \text{ Вт} \quad (3.43)$$

Як $R_{б2}$ застосуємо резистор R-1206 1,0 ком ±1% muRata.

Відповідно до закону збереження енергії, енергія, що запасена в індуктивності розсіювання L_S трансформатора TV, при виключенні транзистора VT заряджає конденсатор $C_{ФТ}$ до напруги ΔU.

$$\frac{L_S \cdot I_{C\,max}^2}{2} = \frac{C_{ФТ} \cdot \Delta U^2}{2}, \quad (3.44)$$

де: $I_{C\,max}$ – амплітудне значення струму стоку, $I_{C\,max} = I_{m1} = 0{,}28$ А;

Індуктивність розсіювання експериментального зразка імпульсного трансформатора TV, виготовленого на підставі розрахунків (табл. 3.2), склала $L_S = 287 \cdot 10^{-6}$ Гн.

Ємність конденсатора, при ΔU = 150 В и $L_S = 287 \cdot 10^{-6}$ Гн складе

$$C_{ФТ} = \frac{L_S \cdot I_{C\,max}^2}{\Delta U^2} = \frac{287 \cdot 10^{-6} \cdot 0{,}28^2}{150^2} = 1{,}0 \cdot 10^{-9} \text{ Ф} = 1000 \text{ пФ} \quad (3.45)$$

Вибираємо найближчий, більший за номіналом, поліпропіленовий конденсатор SBB81 1,0 нФ 5% 1600 кВ виробництва Stcaps.

При мінімальній тривалості відкритого стану транзистора VT $t_{i\,min} = 3{,}2$ мкс (3.10), приймаємо тривалість розряду $C_{ФТ}$ $t_p = 0{,}5$ мкс.

Опір розрядного резистора $R_{ФТ}$

$$R_{\text{ФТ}} = \frac{t_p}{4 \cdot C_{\text{ФТ}}} = \frac{0{,}5 \cdot 10^{-6}}{4 \cdot 1000 \cdot 10^{-12}} = 125 \text{ Ом} \qquad (3.46)$$

Найближче, більше, значення резистора у ряді Е24 становить 130 Ом.

Амплітудне значення струму стоку (колектора) при включенні транзистора

$$I_{C\,вкл} = \frac{\Delta U}{R_{ФТ}} = \frac{150}{130} = 1{,}154\ A \qquad (3.47)$$

Виходячи з того, що допустимий струм стоку (колектора) VT, при температурі t_k = 100 ºС становить I_C = 7,0 А, опір резистора $R_{\text{ФТ}}$ може бути істотно нижчим від його розрахункового значення.

Енергія, що запасена в індуктивності розсіювання трансформатора TV

$$W_S = \frac{L_S \cdot I_{C\,max}^2}{2} = \frac{287 \cdot 10^{-6} \cdot 0{,}28^2}{2} = 2{,}25 \cdot 10^{-5} \text{ Дж} \qquad (3.48)$$

Потужність, що виділяється в резисторі $R_{\text{ФТ}}$

$$P_{R\,\text{фт}} = W_S \cdot f_p = 2{,}25 \cdot 10^{-5} \cdot 93663 = 2.11 \text{ Вт} \qquad (3.49)$$

За результатами розрахунків як резистора $R_{\text{ФТ}}$ вибираємо резистор MF-300 130 Ом ±5% muRata.

Як діод $VD_{\text{ФТ}}$ вибираємо діод HER203 виробництва DC Components.

4 КОНСТРУКТОРСЬКО-ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

Одним з важливих етапів розробки електричної схеми побутового озонатора з USB живленням є моделювання електромагнітних процесів у силової частині імпульсного перетворювача постійно напруги другого роду (блок ІПП рисунок 2.1).

4.1 Моделювання електромагнітних процесів в імпульсному перетворювачі постійної напруги другого роду

На підставі розрахунків, у програмному пакеті MathLab, зібрана спрощена електрична схема імпульсного перетворювача постійної напруги другого роду (підвищувальний перетворювач, boost або step-up) (ІППН). Схема моделі перетворювача наведена на рисунку 4.1.

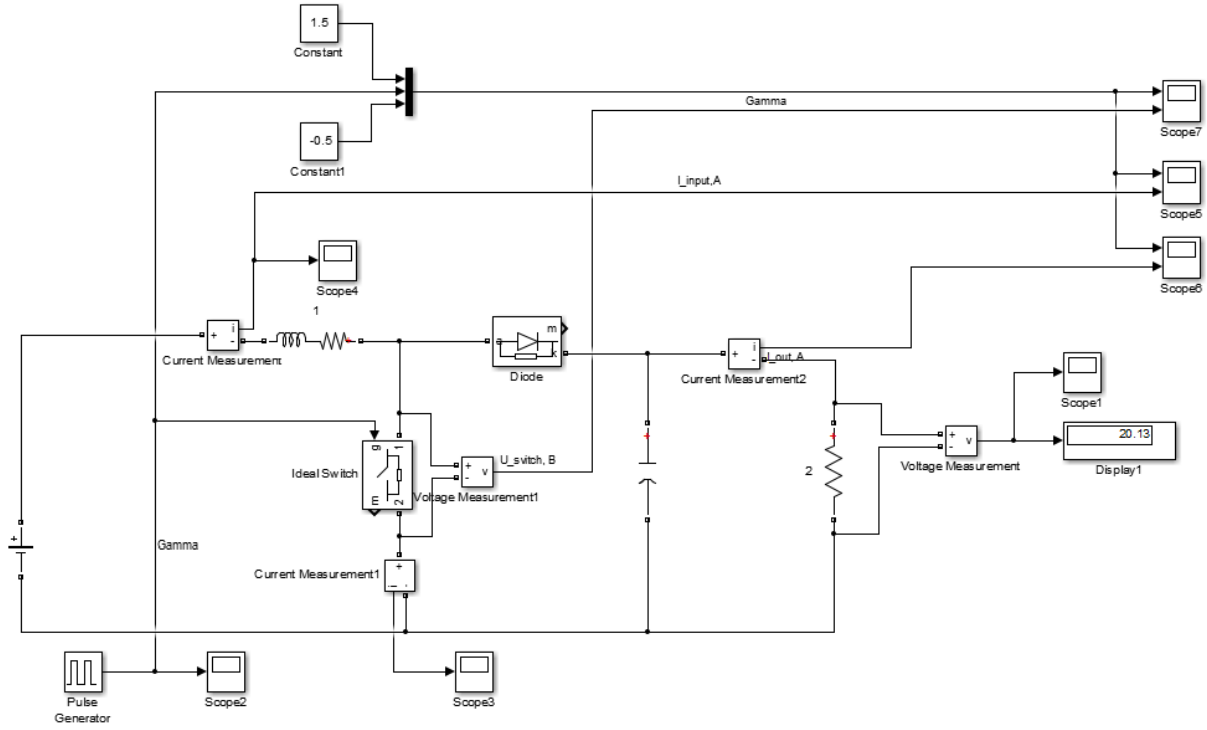


Рисунок 4.1 – Схема імпульсного перетворювача постійної напруги другого роду

Схема включає до себе автономну систему управління (Pube Generator), силовий ключ (Ideal Switch) діод (Diode), дросель (1), конденсатор и резистор навантаження (2). Живлення випрямляча здійснюється від ідеального джерела постійної напруги – електричної батареї.

На рисунку 4.2 та рисунку 4.3 наведено часові діаграми імпульсів управління силового ключа та вхідного струму ІППН при $\gamma = 0{,}333$ та $\gamma = 0{,}666$, відповідно.

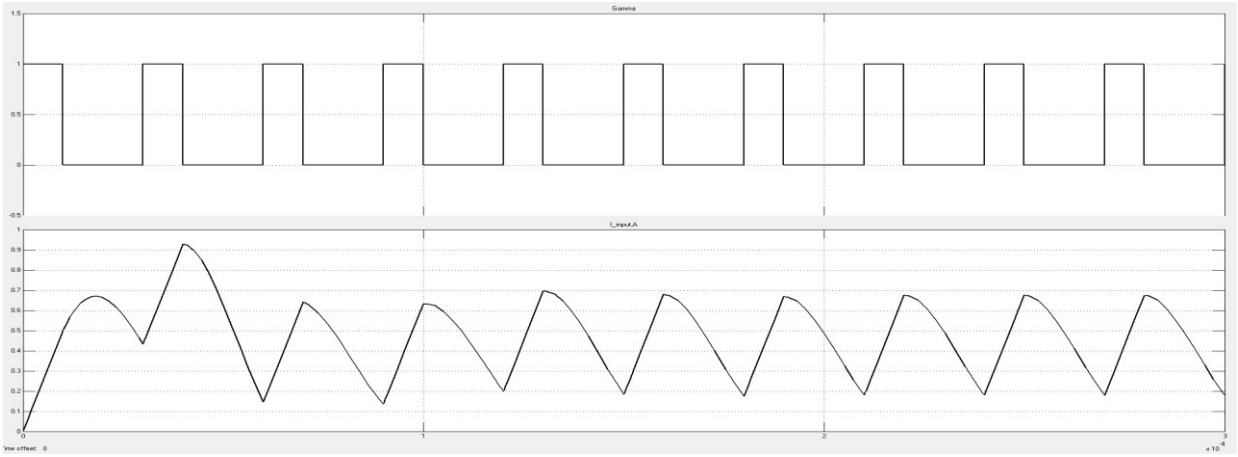


Рисунок 4.2 – Часові діаграми імпульсів управління силового ключа та вхідного струму ІППН при $\gamma = 0{,}333$

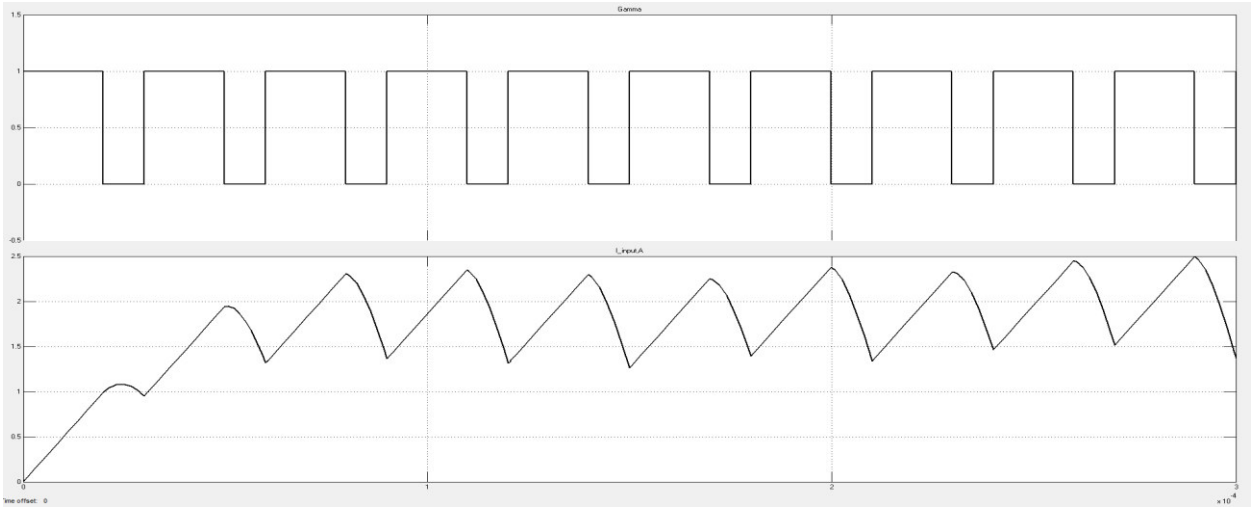


Рисунок 4.3 – Часові діаграми імпульсів управління силового ключа та вхідного струму ІППН при $\gamma = 0{,}666$

На рисунку 4.4 та рисунку 4.5 наведено часові діаграми імпульсів управління ключа та напруги на ключі ІППН при $\gamma = 0{,}333$ та $\gamma = 0{,}666$, відповідно.

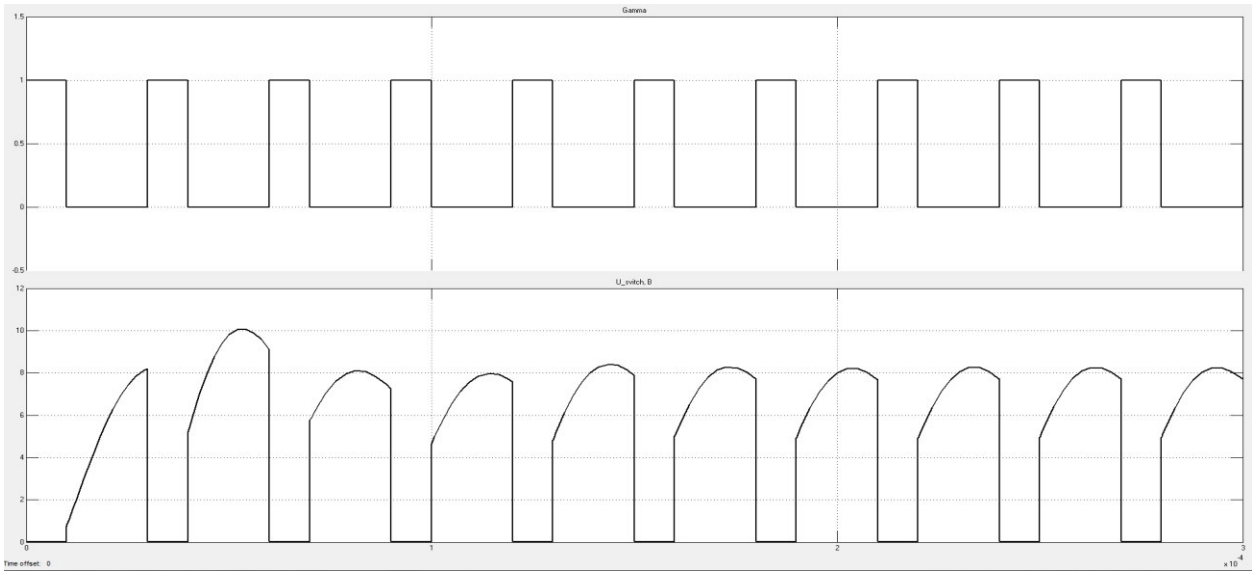


Рисунок 4.4 – Часові діаграми імпульсів управління ключа
та напруги на ключі ІППН при $\gamma = 0{,}333$

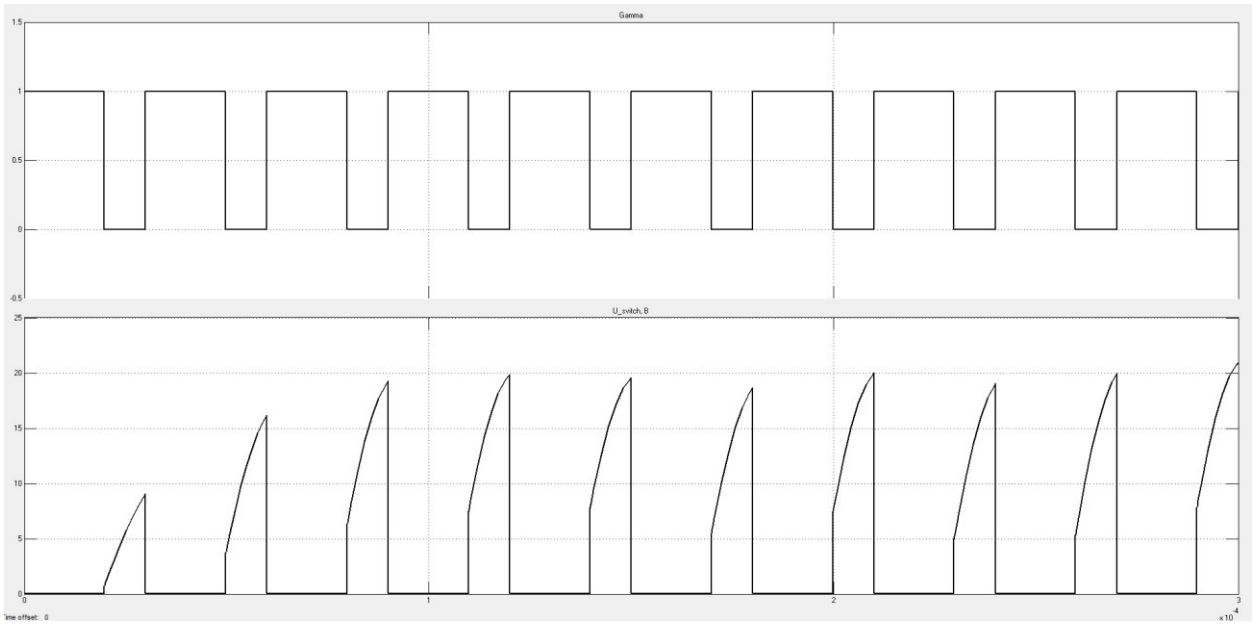


Рисунок 4.5 – Часові діаграми імпульсів управління ключа
та напруги на ключі ІППН при $\gamma = 0{,}666$

На рисунку 4.6 та рисунку 4.7 наведено часові діаграми імпульсів управління ключа та вихідного струму ІППН при γ = 0,333 та γ = 0,666, відповідно.

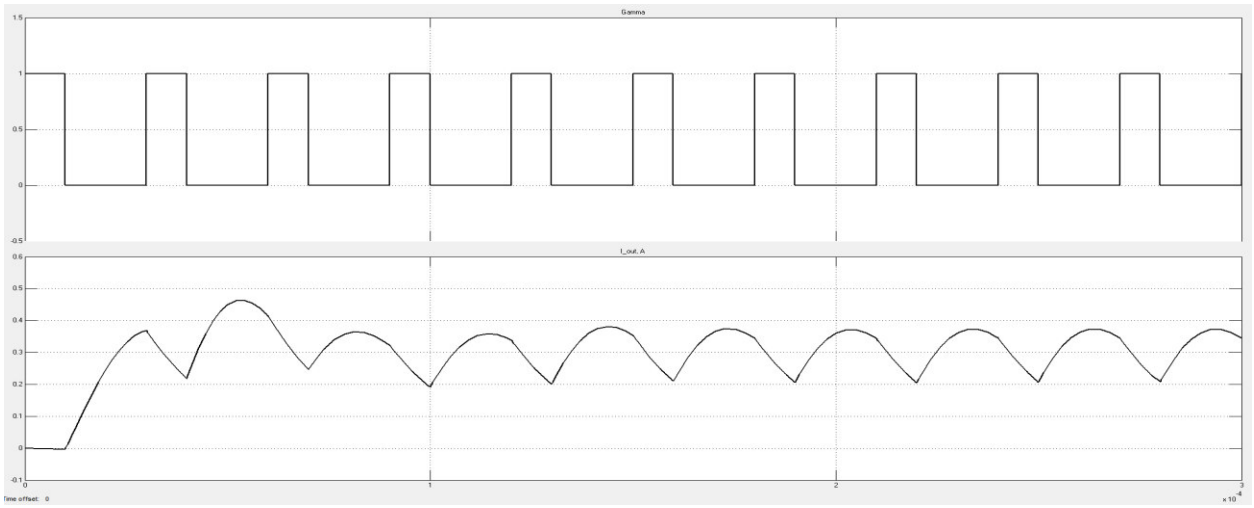


Рисунок 4.6 – Часові діаграми імпульсів управління ключа
та вихідного струму ІППН при γ = 0,333

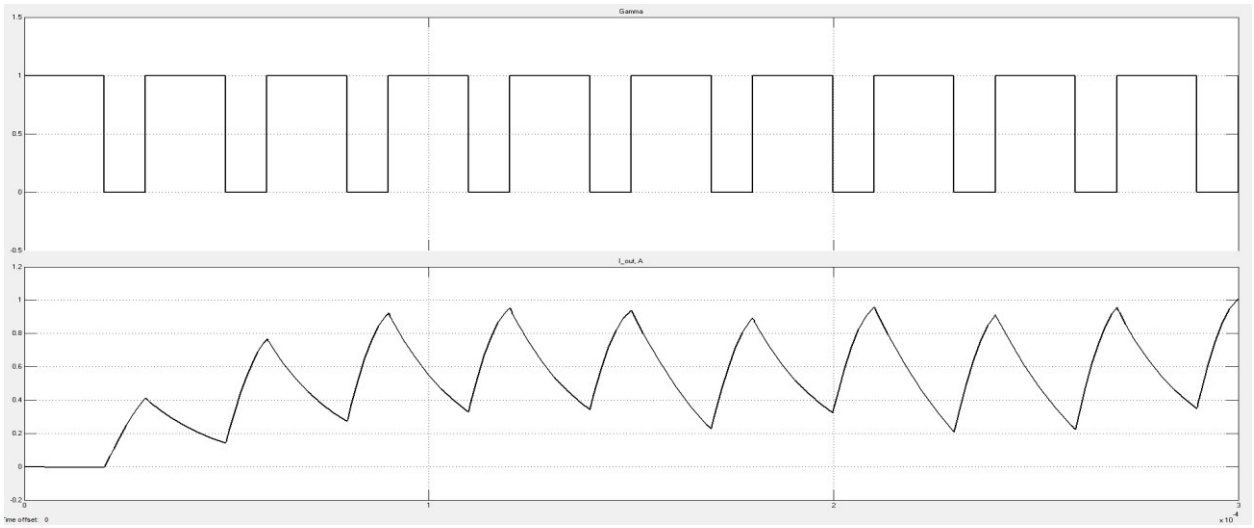


Рисунок 4.7 – Часові діаграми імпульсів управління ключа
та вихідного струму ІППН при γ = 0,666

Наведені часові діаграми відповідають теоретичним.

4.2 Охорона праці та техногенна безпека

Виробнича ділянка, де збирають, налагоджують і випробують озонатори, є приміщенням в якому розміщуються робочі місця, оснащені необхідними приладами і пристроями:

- для монтажу електронних та електричних компонентів на плату столи оснащені електропаяльником;

- для збірки виробу у корпусі – електроінструментом;

- випробування озонатору відбувається на столі, де розташовані вимірювальні пристрої: стенд і осцилограф.

Є окремий стіл для комп’ютера з принтером.

Електроустаткування живиться від однофазної електричної мережі напругою 220В, частотою 50 Гц.

Основний шкідливий та небезпечний чинник є електричний струм (електромережа, трансформатор, електроустаткування, електропаяльник, електроінструменти, освітлення, кондиціонер, озонатори).

Проходячи через людський організм, електрострум зумовлює термічну, електролітичну та біологічну дію. Термічна дія струму спричиняє опіки тіла, нагрівання і ушкодження кровоносних судин, нервів, мозку та інших органів і систем, що викликає їх серйозний функціональний розлад. Електролітична дія струму супроводжується розкладом крові, плазми та інших рідин в організмі людини, змінами в тканинах організму [13, 14].

Біологічна дія струму виражається порушенням біоелектричних процесів, властивих живій матерії, тобто подразненням і збудженням живих тканин організму, що викликають судоми м'язів, тканин серця і легенів.

Розрізняють два види ураження організму електричним струмом: електричні травми та електричні удари.

Електричні травми – це місцеві ураження тканин та органів.

Характерними видами електротравм є електроопіки, електричні знаки, металізація шкіри, механічні ушкодження, електроофтальмія. Електроопіки

виникають внаслідок нагрівання тканин людини струмом, що протікає через них. Електроопіки складають 65% електротравматизму. В залежності від умов виникнення зустрічається три види едектроопіків: контактний, дуговий, змішаний.

Порогові значення електричного струму представлені в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Дія змінного струму на людину

Сила струму, мА	Дія на людину змінного струму
0,5	відсутня
0,6…1,5	легке тремтіння пальців
2…3	сильне тремтіння пальців
5…10	судоми в руках
12…15	важко відірвати руки від дротів
20…25	руки паралізує негайно
50…80	параліч дихання
90…100	при t>3 сек. – параліч серця

При паянні, в повітря виділяються пари свинцю. Свинець відноситься до токсичних металів. З'єднання свинцю відомі своєю високою токсичністю. Характерні розлади травлення, втрата апетиту, гострі болі в животі із спазмами абдомінальних м'язів («свинцеві кольки»).

При протиранні плат в повітря виділяються пари спирту етилового. Вони надають наркотичну дію і впливають на постачання мозку кров'ю.

При роботі озонатора в повітря генерується озон. Озон у великій кількості є мутагеном і руйнує еритроцити.

Ці речовини, в приміщенні виробничої ділянки, є в кількості значно меншій граничнодопустимих концентрацій.

Категорія робіт по ступені тяжкості 1-б – легка, роботи виконуються сидячи і супроводжуються незначною фізичною напругою [13].

4.2.1 Заходи по усуненню небезпечних та шкідливих чинників

Для захисту від поразки електричним струмом на виробничої ділянці пропонується використовувати захисне заземлення.

Для захисту від шкідливих речовин в повітрі виробничої ділянки пропонується використовувати природне провітрювання, примусову вентиляцію та кондиціонер.

Для підтримки мікрокліматичних умов на виробничої ділянці пропонується використовувати настінний кондиціонер Gree Knight GWHN24FA-NK1A1A потужністю 7 кВт, який дозволяє охолоджувати від 15 до 70 м^2. Внутрішній блок настінного кондиціонеру треба встановити у верхній частині стіни, недалеко від вікна, а зовнішній – під вікном. Живлення кондиціонеру здійснюється змінної напругої, від однофазної мережі – 220 В частотою 54 Гц. Кондиціонер Gree Knight GWHN24FA-NK1A1A застосовується для охолоджування, вентиляції і нагріву повітря [14].

Пропонується розміщення устаткування, а також органів управління таким чином, щоб забезпечити вільний, зручний і безпечний доступ до них. Крім того, розміщення органів управління повинне забезпечувати можливість швидкого відключення устаткування.

4.2.2 Електробезпека

Приміщення виробничої ділянки відноситься до 1 класу в узгодженні з класифікацією приміщень за мірою електричної небезпеки (без підвищеної небезпеки – сухе, без пилу, з нормальною температурою повітря). Електропроводка в приміщення проведена в проріз під штукатуркою на висоті більше за 2 метри. Силові провідники, які сполучають між собою ПК з системним блоком і принтером мають подвійну ізоляцію. Штепсельні розетки встановлені на висоті одного метра від підлоги. Вимикачі на стінах розташовані на висоті 1,75 метра від підлоги з боку ручки для відкривання дверей. Корпус дисплея, клавіатури і принтера виготовлені з спеціального матеріалу – міцного пластику, що робить поразку електричним струмом

людини при дотику до нього, практично неможливим [15].

Ввідний автомат двополюсний із струмом відсічення 32 А, вид робочої напруги тип А, з високою чутливістю струму відсічення 100 мА; серія виконання F362/32/0.1 фірма-виробник – «ABB».

Прилади типу А рекомендуються для ланцюгів з електричними приймачами, що мають імпульсні джерела живлення.

При збірці та випробуванні озонатора в приміщенні виробничої ділянки пропонується строго дотримуватися правил техніки безпеки, зокрема правила електробезпеки [16]:

- не допускати контакту електричних приладів з вологою;
- не виконувати самостійний ремонт устаткування;
- не допускати до експлуатації несправне устаткування;
- усе електроустаткування повинно бути заземлено;
- роботи по ремонту електроустаткування повинні робитися тільки відповідним ремонтним персоналом після відключення від мережі [16].

Захисне заземлювання виробничої ділянки виконується зовні, а в приміщенні електроустаткування приєднується болтовим з'єднанням до металевої смуги опором < 4 Ом заземлюючими проводами [15].

4.2.3 Захист від підвищеної концентрації озону

На виробничій ділянці, де збираються та випробується побутові озонатори, для захисту людей від підвищеної концентрації озону в повітрі, пропонується встановити пристрій вимірювання концентрації озону, з'єднаний з пристроєм захисного відключення, який реагує на сигнал від газоаналізатора про підвищену концентрацію озону відключенням його від мережі живлення.

Автоматичні адаптивні системи озонування включають в себе вимірники концентрації озону (озонометри), тобто прилади, призначені для безперервного контролю концентрації озону з урахуванням температури і вологості середовища, вимірів, що впливають на достовірність. Особливий

інтерес при розробці систем озонування представляє вимір концентрації озону з одночасним формуванням сигналу автоматичного регулювання рівня озону, що впливає на регулюючий вхід джерела електроживлення генератора озону.

Датчики концентрації Озону (O_3) Hanwei Electronics MQ131 [17] застосовуються в системах контролю якості повітря для житлових, офісних і промислових приміщень. Їх особливості:

- висока чутливість;
- малий час відгуку;
- стабільність характеристики і довговічність;
- проста схема управління;
- хороша вибірковість.

Основні технічні характеристики напівпровідникових датчиків Озону (O_3) наведено в таблиці 4.2.

Концентрацію озону заміряють через вимір напруги на виході сенсора, по якому протікає струм I = 20мкА.

Таблиця 4.2 – Основні технічні характеристики датчиків озону

Найменування	MQ131
Діапазон виміру, мг / л	0,01…2,0
Час відгуку, с	< 30,0 (70 % відгуку)
Час відновлення, с	< 60,0 (70% відгуку)
Напруга живлення сенсора U_c, В	6,0 ± 0,1 типова
Стандартні робочі умови	$T_{роб}$ = –10…+ 50 °С, відносна вологість повітря: не більше 95%, концентрація кисню: 21%

Вибір напруги та сили струму обумовлені відносно великим початковим опором сенсора за відсутності озону (R_0 порядку 30 кОм за нормальних умов) для забезпечення найбільшої чутливості до озону. Враховуючи, що із зростанням концентрації озону опір сенсора значно підвищується, необхідно

прагнути до того, аби початкова напруга на виході сенсора (U_0) була мінімальною. У даному випадку $U_0 = R_0 I = 0,6$ В. По даним виробника, при концентраціях озону порядку 100 ppm опір зростає більш ніж в 10 разів, що в даному випадку повинно відповідати напрузі більше 6 В

Таблиця 4.3 – Залежність напруги на виході сенсора від концентрації озону

O_3, мг/л	0	0,004	0,012	0,02	0,028	0,046
$U_{сен}$, В	0,62	0,66	0,85	0,97	1,09	1,30
O_3, мг/л	0,054	0,07	0,09	0,098	0,106	0,112
$U_{сен}$, В	1,45	1,82	1,98	2,15	2,21	2,30

На рисунку 4.8 зображений графік залежності напруги на виході сенсора від концентрації озону

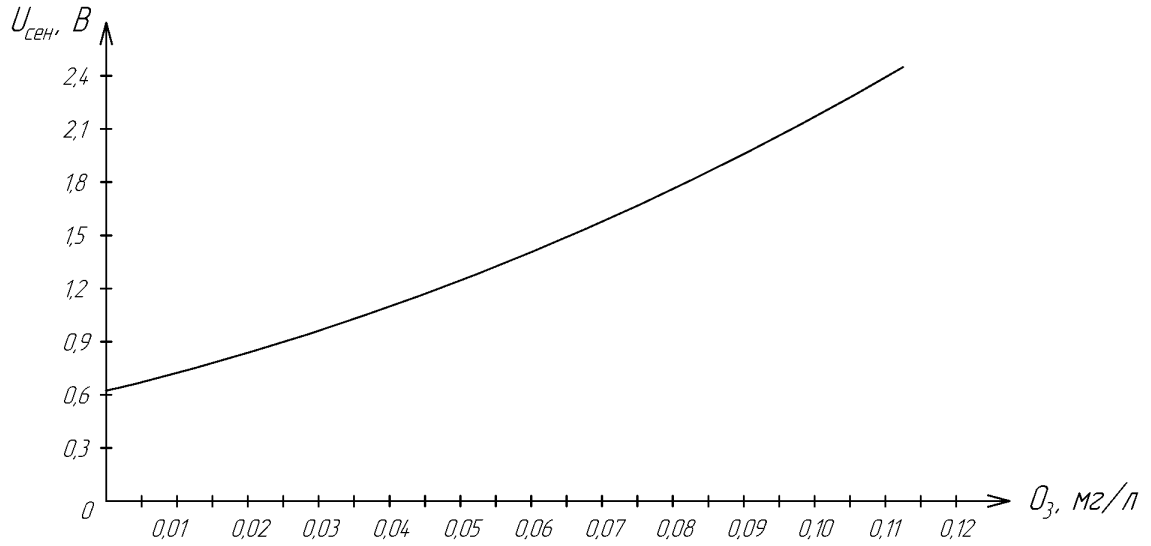


Рисунок 4.8 – Залежність напруги на виході сенсора від концентрації озону

Озонометр має межу вимірів від 0 до 1000 ppm, чутливість 10 ppb і погрішність 2 % [17].

Схема підключення озонометра до системи електроживлення виробничої ділянки, з метою запобігання можливості перевищення

максимально допустимих концентрацій озону в приміщенні, наведена на рисунку 4.9.

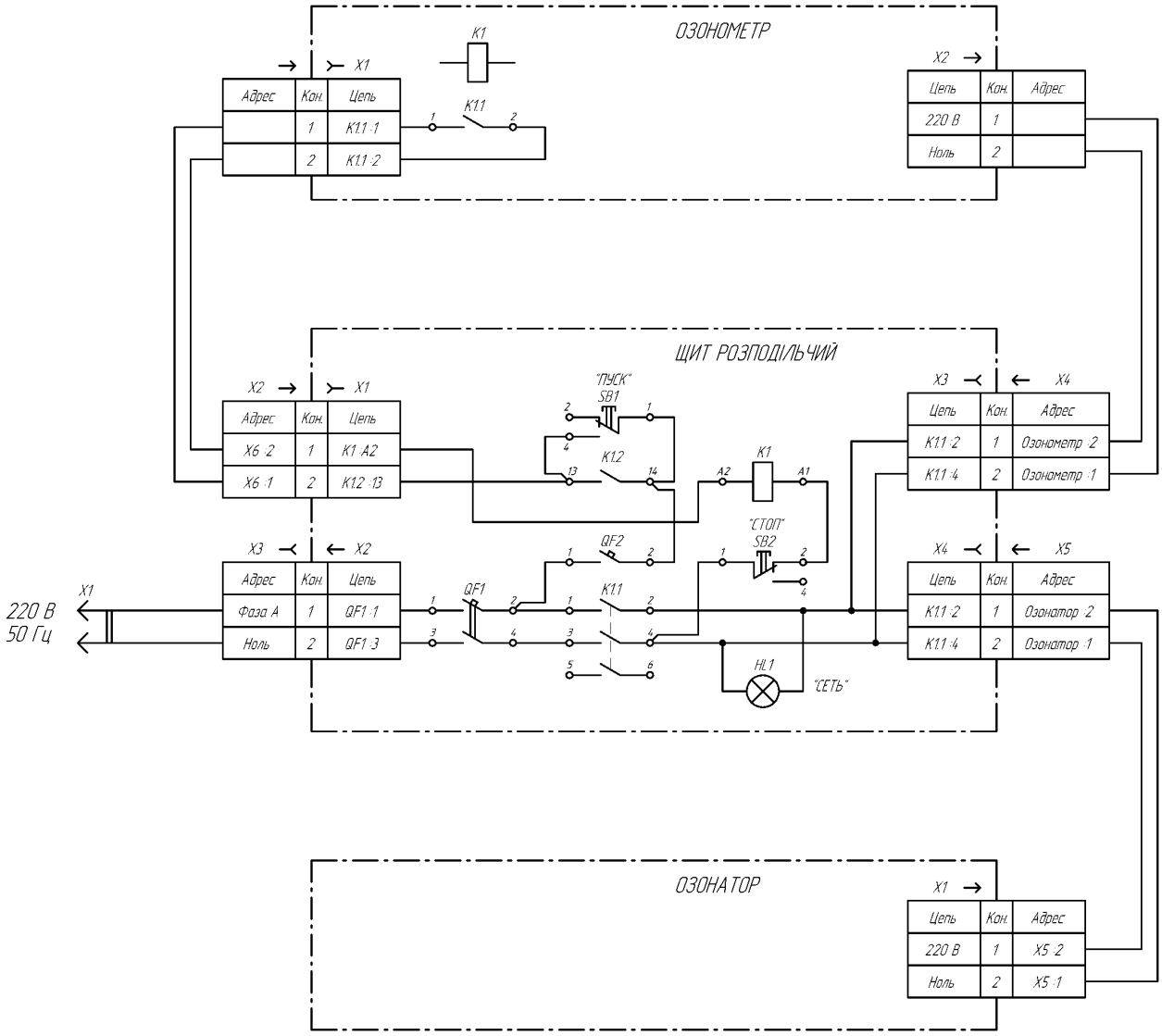


Рисунок 4.9 – Схема підключення озонометра

4.2.4 Пожежна та техногенна безпека

Приміщення виробничої ділянки відноситься до класу П-IIа, де є тверді або волокнисті горючі речовини (папір, меблі).

По пожежній небезпеці будівля, де знаходиться приміщення, відноситься до категорії Д – матеріали в холодному стані [14].

Можливі причини виникнення пожежі:

- несправність електричної проводки;

- несправність приладів і устаткування, що живляться від мережі;

- несправність захисного заземлення.

- необережне поводження з вогнем.

Для запобігання утворенню горючого середовища передбачені наступні заходи:

- використання спеціальних меблів для робочого місця, покриття підлоги з негорючих матеріалів;

- складування рідин, що містять спирт в окремі (металеві) шафи, ізольовані від пожежі.

На випадок виникнення пожежі передбачена наявність в приміщенні вуглекислотного вогнегасника ОУ-5 в кількості 1 шт (клас пожежі Е) [14].

У приміщенні застосовні пожежні оповісники типу ІП 104, які спрацьовують при перевищенні температури в приміщенні + 60 °С, а також димові оповісники типу ІП 212, які спрацьовують при скупченні диму в приміщенні.

З метою попередження прямого удару і другорядних проявів блискавок, будівлю пропонується обладнати системою блискавкозахисту.

У разі виникнення пожежі, яку не можливо локалізувати власними силами, треба:

1. Подзвонити по телефону 101, викликати пожежну службу;

2. Знеструмити все устаткування;

3. Зачинити всі вікна;

4. Покинути приміщення;

5. Прикрити за собою двері.

Для запобігання дії на людей небезпечних чинників пожежі передбачена можливість швидкої евакуації людей з будівлі. Число евакуаційних виходів два – в протилежних кінцях коридору і ведуть через сходову клітку назовні [13, 14]. Максимальна відстань від найбільш віддаленого робочого місця до

евакуаційного виходу та необхідний час евакуації людей з приміщення категорії Д не нормується [13, 14].

На виробничої ділянці на видному місці пропонується вивісити план евакуації. План евакуації наведено на рисунку 4.10



Рисунок 4.10 – План евакуації людей з виробничої ділянки у разі пожежі

4.2.5 Розрахунок заземлювального пристрою

Розрахунок захисного заземлення зводиться до визначення числа, розмірів і порядку розміщення заземлювачів. Вибираємо виносний заземлювальний пристрій, який застосовується при малих струмах замикання на землю, зокрема в установах до 1000 В.

Як природний заземлювач використовується залізобетонний фундамент, що має в плані вид прямокутника промірами А х В (10м х 5м). Як додаткові штучні заземлювачі використовуються труби діаметром $d = 30$ мм, що заглиблені вертикально в землю на відстань $H_0 = 0{,}75$ м, з'єднані сталевою смугою шириною $b = 40$ мм. Розміщення вертикальних заземлювачів – в ряд.

Додаткові вхідні данні: ґрунт – суглинок, питомий опір ґрунту ρ_0 = 100 *Ом · м*, довжина вертикального заземлювача $l_в = 2{,}4$ м, відстань між заземлювачами $a = 2{,}4$ м, нормативний опір заземлювача – 4 Ом, потужність трансформатора, що живить мережу – більше 100 кВА.

Сезонні коливання опору верхнього шару ґрунту враховуються коефіцієнтом сезонності ψ. Коефіцієнт сезонності: $\psi = 1{,}3$.

Питомий опір ґрунту для природнього заземлювача [18]:

$$\rho_е = \psi \cdot \rho_0 = 1{,}3 \cdot 100 = 130\ Ом \cdot м \tag{4.1}$$

Площа фундаменту:

$$S = A \cdot B = 10 \cdot 5 = 50\ м^2 \tag{4.2}$$

Опір розтікання струму природнього заземлювача:

$$R_е = \frac{0{,}5 \cdot \rho_е}{\sqrt{S}} = \frac{0{,}5 \cdot 130}{\sqrt{50}} = 9{,}19\ Ом \tag{4.3}$$

Опір додаткового заземлювача:

$$R_{дод} = \frac{R_е \cdot R_н}{R_е - R_н} = \frac{9{,}19 \cdot 4}{9{,}19 - 4} = 7{,}08\ Ом \tag{4.4}$$

Питомий опір ґрунту для вертикального заземлювача [18]:

$$\rho_в = \psi \cdot \rho_0 = 1{,}3 \cdot 100 = 130\ Ом \cdot м \tag{4.5}$$

Величина заглиблення середини вертикального електроду:

$$H = \frac{l_в}{2} + H_0 = \frac{2,4}{2} + 0,75 = 1,95\ м \qquad (4.6)$$

Опір розтікання струму одиничного вертикального стрижня, верхній кінець якого знаходиться на глибині 0,75 м:

$$R_в = \frac{\rho_в}{2 \cdot \pi \cdot l_в} \cdot \left(\ln\left(\frac{2 \cdot l_в}{d}\right) + \frac{1}{2} \cdot \ln\left(\frac{4 \cdot H + l_в}{4 \cdot H - l_в}\right)\right) =$$

$$= \frac{130}{2 \cdot \pi \cdot 2,4} \cdot \left(\ln\left(\frac{2 \cdot 2,4}{30 \cdot 10^{-3}}\right) + \frac{1}{2} \cdot \ln\left(\frac{4 \cdot 1,95 + 2,4}{4 \cdot 1,95 - 2,4}\right)\right) = 46,5\ Ом \qquad (4.7)$$

Орієнтовна кількість вертикальних заземлювачів:

$$n_{орієн} = \frac{1,3 \cdot R_в}{R_{дод}} = \frac{1,3 \cdot 46,5}{7,08} = 8,5 \approx 9\ шт. \qquad (4.8)$$

Довжина горизонтальної сполучної смуги:

$$l_г = a \cdot \left(n_{орієн} - 1\right) = 2,4 \cdot (9 - 1) = 19,2\ м \qquad (4.9)$$

З урахуванням розташування електродів, відповідно до [18], визначимо нижчеперелічені коефіцієнти:

- коефіцієнт використання вертикальних заземлювачів – $\eta_в = 0,6$
- коефіцієнт використання вертикальних заземлювачів – $\eta_г = 0,64$
- коефіцієнт сезонності для горизонтального заземлювача: $\psi_г = 2,385$.

Питомий опір ґрунту для горизонтального заземлювача:

$$\rho_г = \psi_г \cdot \rho_0 = 2,385 \cdot 100 = 238,5\ Ом \cdot м \qquad (4.10)$$

Опір горизонтальної смуги, що лежить у землі на глибині 0,75 м, з

урахуванням екранування:

$$R_г = \frac{\rho_г}{2 \cdot \pi \cdot l_г} \cdot \ln\left(\frac{2 \cdot {l_г}^2}{b \cdot H_0}\right) =$$

$$= \frac{238{,}5}{2 \cdot \pi \cdot 19{,}2} \cdot \ln\left(\frac{2 \cdot 19{,}2^2}{40 \cdot 10^{-3} \cdot 0{,}75}\right) = 20\ Ом. \qquad (4.11)$$

Опір розтікання струму заземлювача в цілому:

$$R_{заз} = \frac{R_в \cdot R_г}{R_в \cdot \eta_г + R_г \cdot \eta_в \cdot n} = \frac{46{,}5 \cdot 20}{46{,}5 \cdot 0{,}64 + 20 \cdot 0{,}6 \cdot 9} = 6{,}749\ Ом \qquad (4.12)$$

Результуючий опір штучного і природного заземлювача:

$$R_{рез} = \frac{R_е \cdot R_{заз}}{R_е + R_н} = \frac{9{,}19 \cdot 6{,}749}{9{,}19 - 6{,}749} = 3{,}89\ Ом \qquad (4.13)$$

Умова $R_{рез} = 3{,}89\ Ом \leq R_н = 4\ Ом$ виконується, а значить кількість додаткових вертикальних заземлювачів підібрано вірно.

5 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ РОЗРОБКИ ПОБУТОВОГО ОЗОНАТОРА З USB ЖИВЛЕННЯМ

Одним з основних показників, за допомогою якого оцінюється економічна ефективність нової техніки, є величина капітальних вкладень [19].

До таких капітальних вкладень відносяться витрати на дослідно-конструкторські і науково-дослідні роботи, включаючи випробування і доопрацювання дослідних зразків.

Для визначення вартості конструкторської підготовки виробництва складається кошторис витрат з моменту отримання завдання до виготовлення і заводських випробувань дослідного зразка включно і коректування документації за наслідками цих подій.

5.1 Суми витрат по статтям кошторису

5.1.1 Зарплата розробників по етапам розраховується, виходячи з кількості технічної документації (схем, креслень, текстової документації), що розробляється, з використанням нормативів базового підприємства на розробку різних видів документації. Зарплата виконавців по кожному етапу є сумою добутків тривалості етапів в днях на денну ставку виконавця (по всім виконавцям).

Тривалість етапу визначаємося як добуток кількості листів розробленої документації на відповідну норму часу в нормо-годинах на розробку, поділене на число прийнятих розробників і середню тривалість робочого дня (8,0 годин) [20].

Денна ставка виконавця визначається відношенням місячного окладу до середнього числа робочих днів в місяці (22 дні).

В таблиці 5.1 приведений розрахунок заробітної плати розробників технічної документації побутового озонатора з USB живленням.

Таблиця 5.1 – Розрахунок зарплати розробників технічної документації

№	Найменування етапу розробки	Одиниця	К-ть креслень	Норматив часу на одиницю нормо-годин	Трудомісткість етапу люд-годин	Число виконавців	Тривалість етапу, днів	Денна ставка виконавців	Зарплата за етап, грн.
1	Схема структурна	схема ф.А1	1	8	8	1	1	700,00	700,00
2	Схема електрична принципова	схема ф.А1	1	24	24	1	3	700,00	2100,00
3	Креслення деталей	ф.А1	4	4	16	1	2	700,00	1400,00
4	Креслення складальних одиниць	ф.А1	4	4	16	1	2	700,00	1400,00
5	Складальне креслення	ф.А1	1	16	16	1	2	700,00	1400,00
6	Креслення друкованої плати	ф.А1	1	24	24	1	3	700,00	2100,00
7	Специфікація	ф.А4	4	2	8	1	1	700,00	700,00
8	Розрахунки	ф.А4	10	8	80	1	10	700,00	7000,00
9	Моделювання	ф.А4	4	4	16	1	2	700,00	1400,00
10	Пояснювальна записка	ф.А4	80	1	80	1	10	700,00	7000,00
	Разом:						30		25200,00

5.1.2 Зарплата на виготовлення і випробування дослідного зразка по всім етапам визначається таким чином: дослідний зразок виготовляється і випробовується в лабораторії; тривалість цих робіт узяті з досвіду базового підприємства, а потім розраховані аналогічно розрахунку заробітної плати на

розробку технічної документації (див. табл. 5.1).

При визначенні зарплати на виготовлення дослідного зразка трудомісткість по видам робіт збільшена на сто та більше процентів порівняно трудомісткості серійного виробу і підвищені розряди роботи на один з урахуванням ручних робіт в дослідному виробництві.

Таблиця 5.2 – Зарплата на виготовлення дослідного зразка

№	Вид робіт	Середній розряд робіт	Трудомісткість, год.	Тарифна ставка, грн/год	Зарплата, грн
1	Складальні	5	10	80,00	800,00
2	Монтажні	6	10	80,00	800,00
3	Регулювальні	6	5	80,00	400,00
Разом:					2000,00

Зарплата виконавців на коректування документації визначається з трудомісткості розробки відповідних документів: коректування складає 15% цій трудомісткості.

5.1.3 Накладні витрати беруться у розмірі 40…120% сумарної зарплати розробників з урахуванням виготовлення і випробування дослідного зразка і коректування документації за наслідками випробувань.

5.1.4 Матеріальні витрати на зразок складаються з вартості матеріалів (табл. 5.3) і комплектуючих виробів (табл. 5.4) на проектовану апаратуру. При цьому, виходячи з обліку втрат, вартість матеріалів та комплектуючих збільшена на 30%

Таблиця 5.3 – Вартість матеріалів

№	Найменування	Одиниця виміру	К-ть на виріб	Ціна за одиницю	Сума, грн
1	2	3	4	5	6
1	Склотекстоліт FR4	$м^2$	0,030	2020,00	60,60
2	Лак	л	0,015	500,00	7,50
3	ПОС-61	кг	0,035	240,00	8,40
4	Розчинник	л	0,050	300,00	15,00
5	Флюс	л	0,020	150,00	3,00
Разом:					94,50

Таблиця 5.4 – Витрати на куповані комплектуючи вироби

№	Найменування	Кількість, шт.	Ціна одиниці, грн.	Сума, грн.
1	2	3	4	5
1	Корпус виробу	1	160	160
2	Вентиляційна решітка	2	4,50	9,00
3	Вентилятор	1	120,00	120,00
4	Дріт НВ-4 0.5mm^2	0,3 м	5,00	1,50
5	Перемикач	1	15,00	15,00
6	Резистор	14	0,20	7,00
7	Резистор підлагоджуваний	2	5.50	11.00
8	Конденсатор	18	2,00	36,00
9	Діод	6	3,00	18,00
10	Транзистор IFR1310N	1	20,00	20,00
11	Транзистор IFRB11N50A	1	30,00	30,00
12	Мікросхем LM3488	1	50,00	50,00
13	Мікросхема LM555	1	20,00	20,00
14	Дросель RLB0914-821K	1	3,00	3,00

Продовження таблиці 5.4

1	2	3	4	5
15	Трансформатор ВЧ	1	150,00	150,00
16	Вилка кабельна USB тип А	1	8.00	8.00
17	Клемник DG350-2P 3,5	1	4,00	4,00
18	Світлодіоди	2	1,50	3,00
19	Вилка на плату пряма PLS-5	1	2.0	2.0
20	Генератор озону	1	70,00	70,00
21	Запобіжник	1	1,50	1,50
Разом:				739,00

5.1.5 Собівартість дослідного зразка визначається за формою табл. 5.5.

Таблиця 5.5 – Калькуляція собівартості дослідного зразка

№	Стаття витрат	Витрати на проектований виріб, грн.
1	Матеріали	94,50
2	Куповані комплектуючи вироби	739,00
3	Транспортні витрати (5% (п.1+п.2))	833,50
4	Заробітна платня виробничих робочих	2000,00
5	Додаткова заробітна плата (10% п.4)	200,00
6	Нарахування на зарплату (37% (п.4+п.5))	814.00
7	Накладні витрати (120% п.4)	2400.00
Всього собівартість:		6328,73

5.1.6 В таблиці 5.6 приведено розрахунок кошторису витрат на конструкторську підготовку виробництва.

Таблиця 5.6 – Кошторис витрат на конструкторську підготовку виробництва

№	Стаття витрат	Сума, грн.
1	Зарплата розробників по всім етапам розробки	25200,00
2	Зарплата на коректування технічної документації за наслідками випробувань дослідного зразка (15% п.1)	3780.00
3	Разом (собівартість розробки):	28980,00
4	Нарахування на зарплату (37% п.3)	10722,60
5	Накладні витрати (120% п.3)	34776,00
6	Собівартість дослідного зразка	74478,60
7	Інші витрати (5% п.6)	3723,93
Всього вартість розробки:		78202,53

5.1.7 В таблиці 5.7 приведено розрахунок заробітної плати робочих в разі серійного виготовлення виробу.

Таблиця 5.7 – Зарплата робочих за виготовлення серійного виробу

№	Вид робіт	Середній розряд робіт	Трудомісткість нормо - год	Тарифна ставка, грн/год	Зарплата, грн
1	Складальні	4	2	70,00	140,00
2	Монтажні	5	4	70,00	280,00
3	Регулювальні	5	2	70,00	140,00
	Разом:				560,00

5.1.8 Розрахунок планованої собівартості одиниці продукції проводиться на основі калькуляційних статей, враховуючи що комплектуючі та матеріали знижені на 30% по відношенню до таблиць 5.3 та 5.4, зведених в таблицю 5.8:

Таблиця 5.8 – Калькуляція собівартості і ціни одиниці виробу

№	Стаття витрат	Витрати на виріб, грн
1	Матеріали	94,50
2	Куповані комплектуючи вироби	739,00
3	Транспортні витрати (5% п.1+п.2)	41,68
4	Основна заробітна плата виробничих робочих (табл. 5.7)	560,00
5	Додаткова заробітна плата (10% п.4)	56,00
6	Нарахування на зарплату (37% (п.4+п.5))	227.92
7	Загальновиробничі витрати (110 % п.4)	616,00
8	Разом собівартість	2335,10
9	Прибуток (30% п.8)	700,53
Ціна виробника:		3035,63

5.2 Розрахунок терміну окупності розробки

Річний економічний ефект від впровадження нових виробів розраховується по формулі [21]:

$$\mathrm{E}_P = (\mathrm{П} - \mathrm{E}_\mathrm{H} \cdot \mathrm{K}_V) \cdot A_P \,, \qquad (5.1)$$

де: *П* - прибуток на одиницю продукції (з табл. 5.8 *П*=700,53);

E_H – нормативний коефіцієнт ефективності капітальних вкладень (E_H=*0,15*);

K_V – питомі капіталовкладення на одиницю річного об'єму продукції;

A_P– річний об'єм випуску продукції при серійному виробництві.

Визначаємо питомі капіталовкладення на одиницю річного об'єму продукції:

$$K_V = \frac{K}{A_P}\ , \tag{5.2}$$

де: K – капіталовкладення в розробку виробу (з табл. 5.6 K=78202,53).

Враховуючи, що річний об'єм випуску продукції при серійному виробництві складає $A_P = 120$ *шт. / рік*:

$$K_V = \frac{78202{,}53}{120} = 651{,}70$$

Тоді передбачуваний річний економічний ефект:

$$E_P = (700{,}53 - 0{,}15 \cdot 651{,}70) \cdot 120 = 74679{,}30$$

Ефективність розробки визначається згідно:

$$E = \frac{E_P}{K} \tag{5.3}$$

$$E = \frac{74679{,}30}{78202{,}53} = 0{,}955$$

Термін окупності продукції рівний зворотній величині ефективності:

$$T = \frac{1}{E} \tag{5.4}$$

$$T = \frac{1}{0{,}955} = 1{,}05 \text{ року}$$

В таблиці 5.9 приводяться загальні економічні показники розробленого

побутового озонатора з USB живленням.

Таблиця 5.9 – Економічні показники

№	Показники	Один. виміру	По проектованому виробу
1	Витрати на КПП	грн.	78202,53
2	Собівартість розробки	грн.	28980,00
3	Ціна підприємства	грн.	3035,63
4	Річний обсяг випуску	шт.	120
5	Річний економічний ефект	грн.	74679,30
6	Ефективність розробки	--	0,955
7	Термін окупності додаткових капітальних вкладень	років	1,05

Економічні розрахунки підтвердили доцільність розробки побутового озонатора з USB живленням.

ВИСНОВКИ

Під час розробки дипломного проекту було проведено аналіз ринку побутових озонаторів. Виконано огляд вимог, які пред'являються до побутових озонаторів з USB живленням

Розроблено функціональну та електричну принципову електричні схеми побутового озонатора з USB живленням. Штатне електроживлення виробу здійснюється від портативного зарядного пристрою, призначеного для підзарядки мобільних пристроїв (телефонів, планшетів) через USB-порт – повербанка (Power Bank) постійної напругою 5,0 В. Потужність, що споживаєтеся побутовим озонатором, не перевищує 6,0 Вт.

Електроживлення розробленого озонатора може здійснюватися від будь-яких джерел живлення, через мережеві адаптери з вихідною постійною напругою в діапазоні від 4,0 В до 7,5 В і вихідною потужністю більше 6,0 Вт.

Озон синтезується у високочастотному бар'єрному електричному розряді з кисню атмосферного повітря, яке примусово продувається через генератор озону за допомогою осьового високооборотного вентилятора. Ймовірна продуктивність побутового озонатора по озону становить 0,5 г / год. Охолодження виробу – примусове повітряне. Виконані розрахунки елементів основних функціональних вузлів виробу.

Виконано моделювання електромагнітних процесів в схемі імпульсного перетворювача постійної напруги другого роду.

Описано заходи щодо охорони праці та техногенної безпеки на виробничій ділянці, де планується, збирання, налагодження та випробування розроблених побутових озонаторів. Виконано розрахунок заземлювального пристрою.

Надано економічний розрахунок вартості виготовлення побутового озонатора з USB живленням. Економічні розрахунки підтвердили доцільність виготовлення проектованого виробу.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Побутові озонатори повітря : веб-сайт. URL: https://doctor101.net/ozonatory/ (дата звернення: 15.05.2026).

2. Турмалиновый многофункциональный озонатор : веб-сайт. URL: https://vekvostok.com.ua/ozonator-ot-virusov-turmalinovyj-mnogofunkcionalnyj/ (дата звернення: 15.05.2026).

3. Озонатор Long Life 101 : веб-сайт. URL: https://techno-med.com.ua/ua/ozonator-long-life-101.html/ (дата звернення: 15.05.2026).

4. Озонатор очищувач повітря Passat-101 : веб-сайт. URL: https://techno-med.com.ua/ua/ozonator-ochistitel-vozduha-passat-101.html/ (дата звернення: 15.05.2026).

5. Автоматичний озонатор Sanit-101 Doctor-101 : веб-сайт. URL: https://techno-med.com.ua/ua/ozonator-sanit-101.html/ (дата звернення: 15.05.2026).

6. Бюджетний озонатор повітря, води та продуктів Doctor-101 Ozotop : веб-сайт. URL: https://doctor101.net/ozonatory/ozotop/ (дата звернення: 15.05.2026).

7. Озонатор повітря GreenTech GT-50 : веб-сайт. URL: https://ecosystems.com.ua/greentech-gt-50/ (дата звернення: 15.05.2026).

8. Демура Р., Туришев К.О. Побутовий озонатор з USB живленням. XIX університетська науково-практична конференція студентів, аспірантів, докторантів і молодих вчених «Молода наука-2026» Запоріжжя: ЗНУ, 2026. Т. 5 С. (у друці).

9. Феритові сердечники : веб-сайт. URL: https://www.epcos.com/ (дата звернення: 07.05.2026).

10. Transistor IRFB11N50A : веб-сайт. URL: https://www.irf.com/ (дата звернення: 10.05.2026).

11. Transistor IRF740 : веб-сайт. URL: https://www.irf.com/ (дата звернення: 10.05.2026).

12. Diode HER203 : веб-сайт. URL: https://www.dccomponents.com/ (дата звернення: 10.05.2026).

13. С.С. Козлов. Методичні вказівки до виконання розділу – Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях в дипломних проектах для підготовки студентів факультету електроніки за освітньо-кваліфікаційним рівнем – спеціаліст та магістр. – охорона праці при виготовленні та експлуатації радіоелектронної апаратури /- К.: НТУУ КПІ, 2013, - 44 с.

14. І.М. Івах, Я.І. Бедрій Б.О. Білінський, М.М. Козяр Основи охорони праці. Навчальний посібник 4-те видан. Перераб. і доповн.-К.: Кондор, -2010, -464с.

15. ПУЕ-2017 - Правила улаштування електроустановок

16. Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів (ДНАОП 0.00-1.21-98). Україна, 1988.

17. Датчик озону : веб-сайт. URL: https://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/1307656/WINSEN/MQ138.html/ (дата звернення: 12.05.2026).

18. Теорія з розрахунку захисного заземлення. http: // www.mastercity.ua/vforum/attachment.php?s=d0aeaac68c0fd511e7430d2a5b22a6dd&attachmentid=13256&d=1166795840

19. Попова В.Д. Методичні вказівки до виконання економічної й організаційної частини дипломної роботи – Запоріжжя, 2005,-36с.

20. Пляскін И.И. Методичні вказівки до виконання курсової роботи "Організація та планування конструкторської підготовки виробництва нових виробів ".-Запоріжжя: ЗІІ, -1989.

21. Підсумкова атестація здобувачів вищої освіти першого рівня «бакалавр». Методичні рекомендації до виконання дипломних проектів з напрямку підготовки 171 «Електроніка»/ Укл.: С.Л. Шмалій, О.Г. Алєксєєв – Запоріжжя: 2017. –25с.

Додаток А

Формат	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	Кіл.	Примітка
				Документація		
A1			ЕІСПЗ ДП.22008.00.00.00.00.Д1	Побутовий озонатор з USB живленням. Аналіз ринку		
A1			ЕІСПЗ ДП.22008.00.00.00.00.Е2	Побутовий озонатор з USB живленням. Схема електрична функціональна		
A1			ЕІСПЗ ДП.22008.00.00.00.00.Е3	Побутовий озонатор з USB живленням. Схема електрична принципова		
A4			ЕІСПЗ ДП.22008.00.00.00.00.ПЕ3	Побутовий озонатор з USB живленням. Перелік елементів		
A1			ЕІСПЗ ДП.22008.00.00.00.00.Д2	Побутовий озонатор з USB живленням. Результати моделювання		
A1			ЕІСПЗ ДП.22008.00.00.00.00.Д3	Побутовий озонатор з USB живленням. Заземлювальний пристрій		
A1			ЕІСПЗ ДП.22008.00.00.00.00.Д4	Побутовий озонатор з USB живленням. Економічні показники		

Перев. застосув. | Довід. № | Підп. і дата | Інв. № дубл. | Взам. інв. № | Підп. і дата | Інв. № подл.

Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата	ЕІСПЗ ДП.22008.00.00.00.00		
Розроб.		Демура		19.06.26	Побутовий озонатор з USB живленням	Літ.	Аркуш 1 / Аркушів
Перевір.		Тиришев		20.06.26			
Н.контр.		Тиришев		20.06.26		ІННІ ім Ю.М. Потебні ЗНУ 6.1712	
Затверд.		Критська		19.06			

Копіював | Формат А4

Додаток Б

Зона	Поз. позначення	Найменування	Кіл.	Примітка
	C1, C2	Конденсатор R15 X7R 104 ±10% 50 H 5 muRata	2	К10-17Б 0,1 мкФ±10%
	C3, C4	Конденсатор SK 470,0 мкФ 35 В Jamicon 1017	2	
	C5	Конденсатор R15 X7R 223 ±10% 50 H 5 muRata	1	К10-17Б 0,1 мкФ±10%
	C6	Конденсатор R15 X7R 333 ±10% 50 H 5 muRata	1	К10-17Б 4,7 нФ±10%
	C7	Конденсатор R15 X7R 223 ±10% 50 H 5 muRata	1	К10-17Б 22 нФ±10%
	C8	Конденсатор R15 X7R 104 ±10% 50 H 5 muRata	1	К10-17Б 0,1 мкФ±10%
	C9	Конденсатор SK 100,0 мкФ 35 В Jamicon 0612	1	
	C10	Конденсатор R15 X7R 104 ±10% 50 H 5 muRata	1	К10-17Б 0,1 мкФ±10%
	C11	Конденсатор R15 X7R 272 ±10% 50 H 5 muRata	1	К10-17Б 2,4 нФ±10%
	C12	Конденсатор R15 X7R 104 ±10% 50 H 5 muRata	1	К10-17Б 0,1 мкФ±10%
	C13	Конденсатор SK 47,0 мкФ 35 В Jamicon 0612	1	
	C14	Конденсатор R15 X7R 104 ±10% 50 H 5 muRata	1	К10-17Б 0,1 мкФ±10%
	C15	Конденсатор SK 100,0 мкФ 35 В Jamicon 0612	1	
	C16	Конденсатор SBB81 1,0 нФ ±5% 1600 кВ stcaps	1	1,0 нФ 1 кВ
	C17	Конденсатор R15 X7R 104 ±10% 50 H 5 muRata	1	К10-17Б 0,1 мкФ±10%
	C18	Конденсатор SK 47,0 мкФ 35 В Jamicon 0612	1	
	DA1	Мікросхема LM3488 Texas Instruments	1	
	DA2	Мікросхема LM555 National Semiconductor	1	
	EG1	Генератор озону ГО-1 ПП "НВКФ "ЕКОТЕХ"	1	
	FU1	Запобіжник (вставка плавка) H 520 1,5A 250V muRata	1	
	L1	Дросель RLB0914-821K Bourns	1	

Перед. застосув. | Довід. № | Підп. і дата | Інв. № дубл. | Взам. інв. № | Підп. і дата | Інв. № подл.

Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата	ЕІСПЗ ДП.22008.00.00.00.00.ПЕЗ		
Розроб.		Демира		10.06.26	Побутовий озонатор з USB живленням	Літ.	Аркуш 1 / Аркушів 3
Перевір.		Туришев		10.06.26			
Н.контр.		Туришев		10.06.26	Перелік елементів	ІННІ ім Ю.М. Потебні ЗНУ 6.1712	
Затверд.		Критська		10.06			

Копіював | Формат А4

продовження Додатку Б

Зона	Поз. позначення	Найменування	Кіл.	Примітка
	M1	Вентилятор JF 04 10 S 1M JAMICON	1	
	R1	Резистор R-1206 1% 4,7 кОм muRata	1	
	R2	Резистор R-1206 1% 39 кОм muRata	1	
	R3	Резистор R-1206 1% 5,1 кОм muRata	1	
	R4	Резистор R-1206 1% 120 Ом muRata	1	
	R5	Резистор R-1206 1% 300 Ом muRata	1	
	R6	Резистор R-1206 1% 1,0 кОм muRata	1	
	R7	Резистор прецизійний VCS 2516 0,5% 0,1 Ом VISHAY	1	
	R8	Резистор R-1206 1% 15 кОм muRata	1	
	R9	Резистор R-1206 1% 300 Ом muRata	1	
	R10	Резистор R-1206 1% 2,4 кОм muRata	1	
	R11	Резистор переменный 3321 2,0 кОм ± 10% muRata	1	
	R12	Резистор переменный 3321 2,0 кОм ± 10% muRata	1	
	R13	Резистор R-1206 1% 2,0 кОм muRata	1	
	R14	Резистор R-1206 1% 120 Ом muRata	1	
	R15	Резистор R-1206 1% 1,0 кОм muRata	1	
	R16	Резистор 491-0 1% 100 Ом muRata	1	
	SA1	Сетевой переключатель B100G Bourns	1	R9-12 Switronic
	T1	Трансформатор THO-1-036-020-ET ПП "НВКФ "EKOTEX"	1	
	VD1	Захисний діод (супресор) SA7.0 Taiwan Semiconductor	1	
	VD2	Діод SF25 Taiwan Semiconductor	1	
	VD3, VD4	Світодіод GNL-1880 UBC G-NOR Optoelectronics	2	
	VD5, VD6	Діод LL4148 MIC	2	

Інв. № подл. | Підп. і дата | Взам. інв. № | Інв. № дубл. | Підп. і дата

Зм. Арк. № докум. Підп. Дата

ЕІСПЗ ДП.22008.00.00.00.00.ПЕЗ

Арк. 2

Копіював

Формат А4

продовження Додатку Б

Зона	Поз. позна-чення	Найменування	Кіл.	Примітка
	VD7	Діод SF28 Taiwan Semiconductor	1	
	VD8	Діод SF18 Taiwan Semiconductor	1	
	VT1	Транзистор IRF1310N International Rectifier	1	
	VT2	Транзистор IRFB11N50A International Rectifier	1	
	X1	Вилка кабельна USB тип A KLS	1	
	X2	Клемник DG350-02P 3,5 Degson		
	XP1	Вилка на плату пряма PLS-2 AMP	1	
	XP2	Вилка на плату пряма PLS-3 AMP	1	

Інв. № подл. | Підп. і дата | Взам. інв. № | Інв. № дубл. | Підп. і дата

Зм. Арк. № докум. Підп. Дата

ЕІСПЗ ДП.22008.00.00.00.00.ПЕЗ

Арк. 3

Копіював Формат А4