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 Розробка озонаторної станції водопідготовки в умовах надзвичайної ситуації

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

А. Б. Гарьова
(ініціали та прізвище)

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

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

Запоріжжя
2025

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.
"___" _____ 2025 року

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

Тарьова Аріна Борисівна
(прізвище, ім'я, по батькові)

1 Тема роботи (проєкту) Розробка озонаторної станції водопідготовки в умовах надзвичайної ситуації
керівник роботи Гуменюк Костянтин Олегович,
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)
затверджені наказом ЗНУ від «_____»_____202__ року №_____

2 Строк подання студентом роботи 12.06.2025р.

3 Вихідні дані до роботи напруга живл. -220±22В, частота мережі живл. - 50Гц, максимальна споживана потужність - 16ВА, робоча частота джерела живл. озонатора - не менше 20кГц

4 Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1. Синтез озону. Побутові озонатори, 2. Розробка озонаторної станції водопідготовки в умовах надзвичайної ситуації, 3. Розрахункова частина, 4. Конструкторсько-технологічна частина, 5. Техніко-економічне обґрунтування.

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

1. Аналіз ринку, 2. Озонаторна станція водопідготовки. Схема комбінована структурна, 3. Озонаторна станція водопідготовки. Схема електрична принципова, 4. Осциллограми напруг і струмів, 5. План евакуації у разі пожежі, 6. Економічні показники.

6 Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1	Гуреєв К.О., ст. викладач	10.02.25	07.03.25
2	Гуреєв К.О., ст. викладач	07.03.25	02.04.25
3	Гуреєв К.О., ст. викладач	02.04.25	02.05.25
4	Гуреєв К.О., ст. викладач	02.05.25	16.05.25
5	Гуреєв К.О., ст. викладач	16.05.25	29.05.25

7 Дата видачі завдання 10.02.2025

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи магістра	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналіз ринку озонаторів	04.03.2025	
2	Розробка озонаторної станції	02.04.2025	
3	Розрахункова частина	02.05.2025	
4	Конструкторсько-технологічна частина	16.05.2025	
5	Ринково-економічне обґрунтування	28.05.2025	
6	Оформлення пояснювальної записки	05.06.2025	
7	Оформлення графічної частини	12.06.2025	

Студент _____ Гарєєва Л.Б.
(підпис) (прізвище та ініціали)

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

Нормоконтроль пройдено

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

РЕФЕРАТ

Дипломний проект містить: 96 стор., 25 рис., 12 табл., 26 джерел літератури.

МЕРЕЖА ЖИВЛЕННЯ, ІМПУЛЬСНИЙ СТАБІЛІЗАТОР НАПРУГИ ТРАНСФОРМАТОР, ЕЛЕКТРОСИНТЕЗ ОЗОНУ, ЕЛЕКТРИЧНА СХЕМА, НАЛАШТУВАННЯ, МОДЕЛЮВАННЯ, ОХОРОНА ПРАЦІ, ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА, ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ.

У дипломному проекті наведено огляд ринку озонаторів та озонаторних станцій, здійснено огляд вимог, що пред'являються до озонаторних станцій.

Відповідно до завдання на проектування, розроблено та описано комбіновану структурну та електричну принципову схеми озонаторної станції водопідготовки в умовах надзвичайних ситуацій, яка живиться від однофазної мережі напругою 220 В, частотою 50 Гц і призначена для роботи у складі комплекту обладнання для підготовки питної води в умовах надзвичайних ситуацій, виконано розрахунок елементів основних функціональних блоків та вузлів озонаторної станції, наведено результати моделювання електромагнітних процесів в системі «трансформатор – генератор озону», виконано опис шкідливих факторів та заходів щодо організації охорони праці при виготовленні виробу, розроблено план евакуації людей з лабораторії у разі пожежі.

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 СИНТЕЗ ОЗОНУ. ПОБУТОВІ ОЗОНАТОРИ 8

1.1 Побутові озонатори 10

1.1.1 Турмаліновий багатофункціональний озонатор 11

1.1.2 Озонатор води та повітря GL-3210 13

1.1.3 Озонатор Cyclone-101 16

1.1.4 Озонатор 400 мг/г 18

1.2 Огляд вимог, які пред'являються до озонаторних станцій 19

1.3 Постановка завдання на проектування 23

2 ОЗОНАТОРНА СТАНЦІЯ ВОДОПІДГОТОВКИ В УМОВАХ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ 25

2.1 Опис комбінованої структурної схеми озонаторної станції 26

2.2 Опис електричної принципової схеми озонаторної станції 30

3 РОЗРАХУНОК ЕЛЕМЕНТІВ СХЕМИ ОЗОНАТОРНОЇ СТАНЦІЇ ВОДОПІДГОТОВКИ 36

3.1 Вибір мережевого трансформатора та випрямляча 37

3.2 Розрахунок елементів тактового генератора 39

3.3 Розрахунок елементів однотактного імпульсного перетворювача та вибір драйвера силового ключа 44

3.4 Розрахунок та вибір елементів формувача траєкторії перемикання VT3 49

3.5 Розрахунок елементів вузла охолодження 50

3.6 Вибір елементів вузла звукової сигналізації 53

3.7. Вибір елементів симісторного ключа 57

4 КОНСТРУКТОРСЬКО-ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА 59

4.1 Методика налаштування виробу 59

4.1.1 Комплект устаткування і інструментів 59

4.1.2 Підготовка випробувань 60
4.1.3 Наладка озонатора (озонаторної станції) 61
4.2 Моделювання електромагнітних процесів в системі «трансформатор – генератор озону» 63
4.3 Охорона праці в лабораторії 70
4.4 Пожежна та техногенна безпека 75
5 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ 77
5.1 Суми витрат по статтям кошторису 77
5.2 Розрахунок терміну окупності розробки 83
Висновки 86
Перелік джерел посилання 87
Додаток А 90
Додаток Б 92

ВСТУП

Одним із сучасних, екологічно чистих і ефективних способів нейтралізації шкідливих хімічних і біологічних домішок у воді та повітрі, є спосіб озонування.

Озон (O_3) – друге відносне стійке (метастабільне) просте молекулярне з'єднання, яке кисень утворює разом з формою O_2. З моменту свого відкриття в кінці XVIII століття озон викликає незмінний інтерес фахівців різного профілю і дослідників завдяки своїм унікальним властивостям, в першу чергу – високій окислювальній і дезінфікуючій здатності.

За допомогою озону можна очищати гази, що викидають промислові підприємства, природні та стічні води, проводити санітарну обробку приміщень, збільшувати терміни зберігання сільгосппродуктів, обробляти гнійні рани, очищати кров, підвищувати ККД двигунів внутрішнього згоряння, зменшувати їх токсичність і т. д. При вирішенні екологічних, гігієнічних і медичних проблем за допомогою штучно синтезованого озону людина допомагає природі прискорювати її природний процес самоочищення.

В даний час з усіх методів синтезу озону масово застосовується в промисловості електричний спосіб, оскільки ця технологія достатньо розвинена і має на сьогоднішній день найменшу вартість. З усіх видів електросинтезу озону найбільше застосування має синтез озону в бар’єрному розряді. Озонатори на основі бар'єрного розряду мають досить високі економічні та технологічні характеристики [1, 2].

Бар'єрний розряд – це особлива форма електричного розряду, що виникає в середовищі між електродами, розділеними діелектричним шаром (бар'єром) і розрядним проміжком, що заповнюється киснем, якщо до електродів прикладена різниця потенціалів достатньої для виникнення розряду величини. Струм розряду обмежується діелектричним шаром, який його стабілізує і додає бар'єрному розряду в об'ємі рівномірний характер [3].

Устаткування для синтезу озону (надалі – озонатори) розрізняється по:

конструкції виконання (секційні, блокові, приладові, лабораторні); виду розрядної камери (трубчасті, пластинчасті, спеціальні); способу охолоджування розрядної камери (повітряне, водяне, спеціальне); способу переміщення (контейнерні, стаціонарні, мобільні, переносні); продуктивності по озону.

Особливою перевагою використання озону у всіх областях є те, що він не дає небажаних побічних продуктів, оскільки невикористаний озон розпадається до атомарного кисню.

В даному проекті вирішується задача оптимізації бар'єрних електричних озонаторів, що вимагає розробки оптимальної конструкції озонаторної установки, яка живиться від бортової мережі автотранспортних засобів.

Розроблена малопотужна озонаторна станція, продуктивністю по озону 100 міліграм/година з камерою попередньої підготовки повітря.

Бортова озонаторна станція являє собою конструктивно закінчений пристрій, який може бути використаний як в складі обладнання по підготовці питної води або її доочищення в якості структурного блоку, так і як окремий пристрій для дезінфекції та / або дезодорації обладнання, приміщень або резервуарів (ємностей, тари). Об’єктом обробки для даної станції є салони, кабіни автотранспорту та причеплені до нього будинки на колесах та ін.

Бортова озонаторна станція є, практично, безальтернативним способом отримання питної води в умовах надзвичайних ситуацій.

1 СИНТЕЗ ОЗОНУ. ПОБУТОВІ ОЗОНАТОРИ

Згідно сучасним уявленням озон синтезується в середовищі, що містить кисень, якщо виникнуть умови, при яких утворюється атомарний кисень або молекулярний кисень дисоціює на атоми. Для здобуття значних концентрацій та суттєвого виходу озону необхідні порівняно низька температура і наявність великих (надрівноважних) концентрацій атомарного кисню. Умовно група реакцій, що призводять до синтезу озону по механізму дисоціації (без врахування можливих енергетичних ланцюгів), наступна [4]:

$$O_2+q \rightarrow O+O+q \qquad (1.1)$$

$$O+O_2+M \rightarrow O_3+M, \qquad (1.2)$$

де q – частка високої енергії, наприклад електрон, фотон, збуджений атом або молекула буферного газу, домішки і т. д.,

M – будь-яка частка, наприклад атом або молекула кисню, молекула озону, атом або молекула домішки, діелектричного шару і так далі

«Потрійне» зіткнення (1.2) необхідне, оскільки необхідно відвести надлишок енергії (реакція власне утворення озону екзотермічна, тобто йде з виділенням тепла). В цілому ж синтез озону – процес ендотермічний. Для його здійснення потрібні витрати зовнішньої енергії, яка витрачається у тому числі й на дисоціацію кисню.

Утворення озону можливе у всіх відомих формах електричного розряду в середовищі, що містить кисень. При цьому дисоціація молекул кисню в розрядах у газовому середовищі в основному здійснюється за рахунок зіткнень молекул з прискореними в електричному полі електронами (дисоціація електронним ударом). Додатковими чинниками можуть бути ультрафіолетове

випромінювання самого розряду і зіткнення молекул кисню із збудженими атомами або молекулами, у тому числі з атомами або молекулами домішок.

Найбільш економічні для електросинтезу озону з точки зору витрат енергії – кистьовий (з «вістря») і бар'єрний (тихий) розряди в потоці газу, що містить кисень. Деякі дослідники вважають їх по суті коронними. Проте це різні форми електричного розряду. Часто коронним називають саме кистьовий розряд (рис. 1.1) [5].



Рисунок 1.1 – Фотографія структури коронного розряду в газі

У кистьових розрядах технологічно складно отримати озон високих концентрацій із-за малого відносного, що реалізовується, об'єму Λ зони іонізації [6]:

$$\Lambda = V_И/V_Р, \qquad (1.3)$$

де $V_И$ – частина об'єму реактора, зайнятого плазмою розряду;

$V_Р$ – загальний об'єм реактора.

Тому генератори озону на кистьовому розряді обмежено застосовуються, в першу чергу, в схемах очищення і знезараження повітря і технологічних газів, де не потрібний озон високих концентрацій.

У промислових генераторах озону реалізується, як правило, бар'єрний

розряд в об'ємі або поверхневий (ковзаючий) бар'єрний розряд.

Бар'єрний розряд – це особлива форма електричного розряду, що виникає в середовищі між електродами реактора, розділеними діелектричним шаром (бар'єром) і розрядним проміжком, що заповнюється частками середовища, якщо до електродів прикладена різниця потенціалів достатньої (для виникнення розряду) величини. Струм розряду обмежується діелектричним шаром. Діелектричний шар стабілізує струм розряду генератора озону і додає бар'єрному розряду в об'ємі реактора рівномірний характер [6].

Як показали дослідження, діелектричний шар грає важливу роль в процесі електросинтезу озону, і його властивості визначають в цілому якість, надійність і продуктивність генератора.

1.1 Побутові озонатори

Озонатор – пристрій для здобуття озону (O_3).

Схема утворення озону така: під дією електричного розряду частина молекул кисню O_2 розпадається на атоми, потім атомарний кисень з'єднується з молекулярним і утворюється озон O_3. Вихідною речовиною для синтезу озону виступає молекулярний кисень (O_2), а сам процес описується рівнянням $3O_2 > 2O_3$. Ця реакція є ендотермічною і легко оборотною.

На ринку України представлено досить широкий модельний ряд озонаторів, призначених для озонування води та повітря. Провідними постачальниками ринку озонаторів є торгові марки: Віковий Схід [7], АскоУкрем [8], Doctor-101 [9] та Завод «Конвектор» [10].

Найцікавішими зразками продукції є такі озонатори:

1. Турмаліновий багатофункціональний озонатор виробництва торгової марки «Віковий Схід»;

2. Озонатор побутовий для води та повітря GL-3189 виробництва торгової марки «АскоУкрем»;

3. Озонатор побутовий для води та повітря GL-3188 виробництва торгової марки «АскоУкрем» виробництва торгової марки «АскоУкрем»;

4. Озонатор води та повітря GL-3210 виробництва торгової марки «АскоУкрем»;

5. Озонатор Cyclone-101 виробництва торгової марки Doctor-101;

6. Озонатор Premium-101 виробництва торгової марки Doctor-101;

7. Озонатор 400 мг/г виробництва Завод «Конвектор».

1.1.1 Турмаліновий багатофункціональний озонатор [11] (торгова марка «Віковий Схід») призначений для проведення озонотерапії в домашніх умовах. За даними виробника, озонатор забезпечує можливість: очищення повітря, води, продуктів, видалення неприємних запахів, знищення бактерій та запобігання поширенню вірусів, покращення якості повітря, що вдихається. Може використовуватись для захисту від вірусів та бактерій у період масових інфекційних захворювань.

Озон утворюється шляхом його синтезу з газоподібного кисню повітря 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 свійськими тваринами;
- догляд за акваріумом; - усунення лупи;

- обробка порожнини рота;
- позбавлення вугрів, поліпшення загоєння ран;
- профілактика шлунково-кишкового тракту;
- усунення грибкових недуг;
- проведення сеансів озонотерапії.

Турмаліновий багатофункціональний озонатор зображено рисунку 1.2.



Рисунок 1.2 – Турмаліновий багатофункціональний озонатор

Підприємство-виробник не дає жодних гарантій, всі результати індивідуальні та залежать від специфіки кожного клієнта.

Інструкція до використання:

1. Встановити прилад горизонтальну поверхню чи закріпити на вертикальну;

2. Приєднати випускний газопровід та насадку;

3. Помістити насадку в середовище, що обробляється;

4. Включити до однофазної мережі 220 В;

5. Перемикачем увімкнути прилад.

Комплектність озонатора:

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

Технічні характеристики:

- напруга живлення – 220 В ± 10%, 50 Гц
- потужність, що споживається – 15 Вт
- продуктивність по озону – 400 мг/год;
- тип керування – механічний таймер;
- габаритні розміри: 270*165*55 мм;
- гарантійний термін експлуатації – 6 місяців;

Ціна виробу складає 2699.00 грн.

При експлуатації виробу забороняється використовувати металеві, алюмінієві та мідні ємності.

1.1.2 Озонатор води та повітря GL-3210 [12] (торгова марка «АскоУкрем») призначений для щоденного використання в цілях знезараження води і повітря, продуктів харчування, предметів побуту. Виріб здійснює генерування озону з кисню повітря наступним розсіюванням у повітряному або водному середовищі.

Отримання озону відбувається з повітря, яке закачується у прилад насосом. Під дією електричного розряду відбувається дисоціація молекул кисню (розпад молекул на атоми). Вивільнені атоми на деякий час приєднуються до молекул кисню, утворюючи озон.

Прилад ефективно дезодорує приміщення з підвищеними вимогами до чистоти (кухню, ванну кімнату, туалет). Він звільняє квартиру від тютюнового диму, кухонної гарі, хімічних випарів миючих засобів, виробничих запахів

нових меблів і будівельних матеріалів, специфічних ароматів домашніх тварин.

Інструкція до використання:

- перед увімкненням озонатора уважно ознайомитись з інструкцією з експлуатації.
- забезпечити вільний доступ свіжого повітря у приміщення (відкрити вікна та двері).
- під час використання озонатора не рекомендується присутність людей у приміщенні.

Озонатор води та повітря GL-3210 наведено на рисунку 1.3.



Рисунок 1.3 – Озонатор води та повітря GL-3210

Озонатор бажано розташовувати на максимальній висоті, оскільки озон важче повітря. При обробці води озонатор повинен знаходитись вище ємності з водою для запобігання потрапляння води у прилад. Для озонування забороняється використовувати неемальовані металеві та гумові ємності.

При необхідності, до штуцера озонатора під'єднується повітропровід та кулястий розсіювач. При озонуванні повітря у приміщенні повітропровід

використовувати не обов’язково. Розсіювач (не вступає у реакцію з озоном) призначений для розсіювання струменя озону у воді, створюючи більшу площу взаємодії молекул озону з водою. Розсіювач слід застосовувати тільки у воді, у густих рідинах пори розсіювача засмічуються. Густі рідини варто озонувати, використовуючи повітропровід без розсіювача. Кулясті розсіювачі різного кольору мають однакове функціональне призначення. Різний колір розсіювачів дозволяє розділи їх за типом застосуванням, наприклад, білий розсіювач може застосовуватись для обробки фруктів і овочів, сірий – для обробки м’яса.

Увімкніть озонатор, під’єднавши вилку шнура до мережі. На електронному таймері загоряться цифри «00». Це свідчить про те, що прилад знаходиться у режимі очікування.

Встановіть час роботи озонатора: кожне натискання на кнопку «+» додає до часу роботи 5 хвилин, кнопка «-» зменшує час на 5 хвилин. Наприклад, якщо потрібно встановити час роботи 20 хвилин - кнопку «+» натиснути 4 рази. Увага! За один сеанс максимальний час роботи не повинен перевищувати 30 хвилин.

Після натискання на кнопку «Включити / Виключити» («ON / OFF») прилад вмикається і починає виробляти озон. На індикаторі відображається залишковий час роботи. При появі на індикаторі цифр «00» прилад вимикається автоматично, при цьому подається одиночний звуковий сигнал. Після використання озонатора необхідно провітрити приміщення протягом 5 - 10 хв. Якщо озонатор тривалий час не використовується (більше 1 години), його необхідно від’єднати від мережі.

Комплектність при постачанні виробу:

- Озонатор – 1 шт.
- Технічний опис – 1 шт.
- Куляста насадка-розсіювач – 2 шт.
- Повітропровід – 2 шт.

Технічні характеристики:

- робоча напруга – 220 В ± 10%, 50 Гц;
- потужність, що споживається – 9 Вт;
- напруга іонізації – 28 кВ;
- продуктивність по озону – 600 мг/год;
- дискретність таймеру – 5, 10, 15, 20, 25, 30 хв;
- час неперервної роботи – 30 хв не більше;
- інтервал між увімкненнями, хв не менше 10;
- ресурс озонатора – 5 - 8 років, (при роботі не більше 6 годин на добу);
- габаритні розміри: 188*268*70 мм.

Ціна виробу складає 1650.00 грн.

Діагностика справності приладу

При відсутності запаху озону, або при відсутності звуку працюючого приладу, необхідно додати у склянку з водою декілька крапель чорнил (або іншого барвника) та занурити повітропровід зрозсіювачем. Ознакою роботи озонатора є швидке знебарвлення води.

1.1.3 Озонатор Cyclone-101 [13] (торгова марка «Doctor-101») призначений для очищення повітря, води і продуктів харчування.

Озон, який виділяється побутовим озонатором, надає антисептичну дію - очищає воду, повітря і продукти харчування. Це абсолютно безпечна процедура, яка швидко дезінфікує приміщення, повністю усуваючи запахи і цвіль. За твердженням підприємства-виробника виробу, озонатор підвищує працездатність людини, зміцнює імунітет, допомагає при безсонні.

Озонатор Cyclone-101 виробництва торгової марки «Doctor-101» підходить для:

- озонування води - очищеною водою набагато корисніше користуватися при умовно, чищенні зубів, особистої гігієни - озоновану воду можна застосовувати в якості нешкідливого, натурального дезинфікуючого засобу;
- озонування повітря - знищує віруси, бактерії (до 99%), алергени, робить повітря чистим, свіжим, їм легко дихати, як після грози;

- озонування продуктів - позбавляє свіжі овочі і фрукти від шкідливих речовин, пестицидів і нітратів, при цьому вітаміни і мінерали залишаються в цілісності.

- усування пилу, токсичніх речовини і запахів під час ремонту - не дозволяє летючим хімічних речовин вбратися в м'які меблі, шпалери, предмети інтер'єру.

- очищення посуду і предметів побуту - очищає приналежності від бактерій і вірусів, які можуть осідати на них або з'являтися після обробки неякісною водою.

- знищення цвілі - повністю знешкоджує грибки та пліснява, які викликають затхлі запахи і є небезпечною, хвороботворним середовищем

Озонатор Cyclone-101 нейтралізує неприємні запахи - допомогає позбутися від запахів домашніх улюбленців, тютюнового диму, запахів в туалетній кімнаті. Озонатор Cyclone-101 наведено на рисунку 1.4.



Рисунок 1.4 – Озонатор Cyclone-101

Комплектність при постачанні виробу:

- Озонатор – 1 шт.
- Інструкція з використання – 1 шт.
- Аераторний камінь – 2 шт.
- Повітропровід – 1 шт.

Технічні характеристики:

- робоча напруга – 220 В ± 10%, 50 Гц;
- потужність, що споживається – 18 Вт;
- напруга іонізації – 28 кВ;
- продуктивність по озону – 500 мг/год;
- габаритні розміри: 420*170*70 мм;
- гарантійний термін експлуатації – 1 рік.

Ціна виробу складає 2250.00 грн.

1.1.4 Озонатор 400 мг/г [14] (торгова марка «Завод «Конвектор») призначений для очищення повітря, води і продуктів харчування.

Прилад створює молекули озону з кисню, що міститься в повітрі, за допомогою високочастотного і високовольтного розряду. Отриманий озон високої концентрації ефективно вбиває всі мікроби і віруси не тільки в повітрі, але й ті, які знаходяться на предметах, розщеплює молекули, які забруднюють повітря, на безпечні речовини. Після реакції з забруднювачем або вірусом, озон розпадається на молекули кисню. Результат – абсолютно чисте і незаражене повітря. Здатність озону знищувати віруси і бактерії в кілька разів ефективніше ультрафіолету кварцових ламп і на 50% раз ефективніше хлору.

Озонатор оснащений силіконової трубкою з дифузним каменем для озонування води і очистки продуктів, яка також проводиться у воді.

Технічні характеристики:

- робоча напруга – 220 В ± 10%, 50 Гц;
- потужність, що споживається – 18 Вт;
- продуктивність по озону – 400 мг/год;

- тип керування – механічний таймер (5…30 хв);
- габаритні розміри: 290*195*65 мм;
- гарантійний термін експлуатації – 1 рік.

Виріб наведено на рисунку 1.5.



Рисунок 1.5 – Озонатор 400 мг/г

Ціна виробу складає 2352 грн.

1.2 Огляд вимог, які пред'являються до озонаторних станцій

Устаткування для синтезу озону розрізняється по:

- конструкції виконання (секційні, блокові, приладові, лабораторні);
- виду розрядної камери (трубчасті, пластинчасті, спеціальні);
- способу охолоджування розрядної камери (повітряне, водяне,

спеціальне);

- способу переміщення (контейнерні, стаціонарні, мобільні, переносні);

- продуктивності по озону;

- потужніти озонатора.

При синтезі озону в промислових умовах застосовують генератори з розрядними проміжками 0,1…4,0 мм, діелектричними шарами завтовшки 0,2…3,0 мм (з відносною діелектричною проникністю 5…50). Як матеріали для діелектричних шарів найчастіше використовуються різні типи стекол і скло-емалюй, рідше – ситалів, кераміки, шаруватих пластиків і пластмас. Матеріалами для електродів служать неіржавіюча сталь, алюміній або титан і їх сплави. Напруга електроживлення генераторів озону складає 1…30 кВ (живлення здійснюється через трансформатор, що погоджує і розв'язує), а частота – 0,05…20 кГц. Тиск кисневмісного газу може бути 0,02…0,2 МПа, а максимальна швидкість потоку досягати 200 м/с. Це істотні умови, з яких виходить, що бар'єрний розряд здійснюється в потоці газу при відносно високих тисках і порівняно низьких швидкостях. Робочі частоти промислових генераторів озону знаходяться в діапазоні, в якому пробивна напруга газу практично не залежить від частоти. Відомо, що прийнята для роботи частота визначає габарити устаткування і витрати електроенергії на синтез озону.

Для здобуття тихого розряду електроди озонаторів розділяються діелектриком з якомога більшим питомим поверхневим опором і діелектричною постійною. Шар такого матеріалу служить діелектричним бар'єром, що виключає утворення іскрового або дугового розряду, що і обумовлює рівномірну структуру тихого розряду. Одночасно він служить реактивним буферним опором, що обмежує струм в ланцюзі розряду. Як діелектрики використовують звичайне або боросилікатне скло, емаль, пластмаси.

Між протилежним електродом і діелектриком, між обома діелектриками або діелектриком посередині і електродами з боків залишається повітряний прошарок.

При підключенні електродів до джерела струму в повітряному прошарку виникає тихий електричний розряд, під впливом якого кисень або повітря перетворюються на озон.

У зв'язку з тим що 85…95% спожитої озонатором електроенергії витрачається на тепловиділення, електродну систему необхідно охолоджувати, оскільки озон при підвищеній температурі швидко розкладається. Основною величиною, що визначає продуктивність синтезу озону, служить потужність розряду, віднесена до витрати газу, тобто кількість енергії, що доводиться на об'єм пропущеного через озонатор газу.

Концентрація озону із зростанням потужності озонатора збільшується, проходить через максимум, а потім знижується. Це пов'язано з тим, що при постійній температурі води, що охолоджує електроди, підвищення потужності озонатора приводить до зростання температури газу в розрядному просторі, а отже, прискорює розкладання озону. Аналогічне явище спостерігається і при підвищенні частоти струму. Так, при підвищенні частоти струму від 50 до 200Гц продуктивність озонатора подвоюється. Подальше її підвищення призводить до збільшення потужності розряду і температури газу, тому озонатори, що працюють на частоті до 500Гц, необхідно охолоджувати водою, а на частоті до 1000Гц – розсолом. Струми вищої частоти (1000…10000Гц) можна застосовувати в спеціальних генераторах озону, в яких передбачається відведення теплоти не лише від зовнішніх, але і від внутрішніх високовольтних електродів.

Слід зазначити наявність температурного перепаду не лише в стінках охолоджуваних електродів, але і в розрядному просторі: він тим більше, чим більше цей простір. Тому озонатори з малими розрядними просторами вигідніші. Величина розрядного простору в озонаторах знаходиться в межах 1...3 мм.

Дослідженнями встановлено [6], що оптимальний тиск в озонаторах складає 0,1…0,2 МПа. При підвищенні тиску до 0,4…0,5 МПа структура розряду змінюється, з'являються іскрові дискретні розряди, знижуються

концентрація озону і ефективність електросинтезу.

Продуктивність озонатора значно зростає при збагаченні повітря киснем. Наприклад, додавання 10% кисню дозволяє збільшити продуктивність озонатора на 30%. Для збагачення повітря киснем застосовують цеоліти, селективно сорбуючі з нього азот. При цьому одночасно із збагаченням 0_2 відбувається і глибоке осушення повітря.

Показником ефективності роботи озонатора є вихід озону на 1 кВт·год електроенергії. У сучасних установках промислового типу цей показник досягає 68 г/(кВт·год) при використанні повітря і 136 г/(кВт·год) в разі використання кисню; витрата електроенергії на синтез 1 кг озону при цьому рівна відповідно 14,7 і 7,35 кВт·год.

При нормальному атмосферному тиску і температурі 20°С в середньому витрата повітря на здобуття 1 кг озону складає 70…80 $м^3$ [6].

Аналіз існуючих високочастотних джерел живлення озонаторів показав, що основною причиною нестійкої роботи перетворювачів частоти на озонаторне навантаження є те, що озонатор як нелінійне ємнісне навантаження є причиною виникнення небажаних резонансних явищ, що виникають в силовому ланцюзі перетворювача. Найдоцільніше джерело живлення озонатора проектувати так, щоб робоча частота перетворювача дорівнювала резонансній частоті коливального контуру, утвореного ємністю електродів озонатора та індуктивністю вторинної обмотки високовольтного трансформатора, тобто коли джерело живлення забезпечує роботу озонатора в резонансному режимі. При цьому забезпечуються найбільш оптимальні умови передачі енергії від джерела живлення до озонатора і найбільш ефективна робота озонатора. Оскільки резонансна частота цього контуру в процесі роботи не залишається постійною і змінюється довільно, доцільно в схему перетворювача частоти ввести пристрій, який стежив би за резонансною частотою цього контуру і управляв перетворювачем в такт з цією частотою.

1.3 Постановка завдання на проектування

Проектована озонаторна станція орієнтована на застосування в зонах надзвичайних ситуацій в якості обладнання для підготовки питної води і дезінфекції одягу, ємностей та приміщень. Живлення озонаторної станції водопідготовки в умовах надзвичайних ситуацій повинно здійснюватися від однофазної мережи централізованого електропостачання, або електричного генератору, або від джерела безперебійного живлення потужністю понад 30 Вт з вихідною напругою 220 В частотою 50 Гц синусоїдальної форми. З метою забезпечення високого ККД, всі перетворення напруги бортової мережі до напруги живлення функціональних вузлів і блоків озонаторної станції повинні здійснюватися з допомогою високочастотних перетворювачів електричної енергії. З метою досягнення високих масо-габаритних показників синтез озону повинен здійснюється у високочастотному бар'єрному електричному розряді.

Вихідні дані:

- напруга живлення – 220 ± 22 В;

- вхідний струм – змінний, 50 Гц;

- номінальна споживана потужність установки у всьому діапазоні зміни напруги живлення - 16 ВА;

- робоча частота джерела живлення озонатора - не менш 20 кГц.

Мікропроцесорна система завдання режиму роботи озонаторної станції призначена для вибору, індикації вибраного режиму роботи і формування сигналів «дозволу / заборони» роботи системи управління ключовим транзистором.

Для виконання завдання необхідно:

- розробити й описати функціональну та електричну схеми пристрою;

- описати часові діаграми роботи пристрою;

- провести моделювання електромагнітних процесів у системі «високовольтний трансформатор – генератор озону»

- провести розрахунок основних вузлів схеми;

- зробити вибір електронних компонентів пристрою;

- виконати креслення структурної та принципової схем виробу;

- розглянути питання техніки безпеки в лабораторії при випробуванні озонаторної станції водопідготовки;

- розробити план евакуації персоналу прі пожежі;

- провести розрахунок вартості озонаторної станції у промисловому виконанні.

2 ОЗОНАТОРНА СТАНЦІЯ ВОДОПІДГОТОВКИ В УМОВАХ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ

Озонаторна станція водопідготовки в умовах надзвичайних ситуацій (ОСВ) призначена для роботи у складі комплекту обладнання для підготовки питної води в умовах надзвичайних ситуацій або доочищення питної води, що поставляється до об'єктів по зношених або пошкоджених трубопроводах. Озонаторна станція може бути використана для обробки рідин, сипких матеріалів, ємностей та приміщень озоноповітряної сумішшю з метою їх дезінфекції та дезодорації. Основною функцією ОСВ є електросинтез озону з кисню повітря у високочастотному електричному розряді [15].

2.1 Опис комбінованої структурної схеми озонаторної станції

Озонаторная станция водоподготовки включає в себе [16]:

МТ - мережевий трансформатор;

ОВ - однофазний випрямляч;

ІСН - імпульсний стабілізатор напруги;

ОІП - однотактний імпульсний перетворювач;

ВТ - високовольтний трансформатор;

ГО - генератор озону,

ДЖ - джерело живлення власних потреб;

ФІУ - формувач імпульсів управління;

ПБ - повітряний блок;

ПК - повітряний компресор;

СК - симісторний ключ;

ТГ - тактовий генератор;

ВО - вузол охолодження;

ВС - вузол звукової сигналізації;

ВІ - вузол індикації;

ТТК - триканальний транзисторний ключ;

FU1- плавкий запобіжник;

X1- мережеву вилку;

SB1, SB2 - дві кнопки.

Живлення ОСВ здійснюється від мережі змінного струму частотою 50 Гц напругою 220 В. За відсутності централізованого електропостачання, як джерело живлення ОСВ, може бути використаний електричний генератор або джерело безперебійного живлення потужністю понад 30 Вт з вихідною напругою 220 В частотою 50 Гц синусоїдальної форми. Відхилення напруги живлення від номінального значення - не більше + 10 ... - 15%. Підключення до джерела енергопостачання здійснюється за допомогою штепсельної вилки (X1) і гнучкого кабелю, що входять до складу виробу.

Для захисту виробу від можливих аварійних режимів у функціональних вузлах і блоках, що входять до його складу, на вході ОСВ встановлений плавкий запобіжник (FU1). Оперативне підключення / відключення виробу до / від мережі живлення здійснюється за допомогою тумблера (SA1).

Мережевий трансформатор (МТ) призначений для гальванічної ізоляції електричних ланцюгів ОСВ від мережі живлення і перетворення напруги мережі живлення (220 В) в змінну напругу 15 В. Випрямлення напруги вторинної обмотки МТ та стабілізація напруги живлення функціональних вузлів і блоків ОСВ на рівні 12 В здійснюються некерованим однофазним випрямлячем (ОВ) та імпульсним стабілізатором напруги (ІСН), відповідно. Вихідна напруга ІСН використовується в якості напруги живлення силової частини однотактного імпульсного перетворювача (ОІП), джерела живлення власних потреб (ДЖ), формувача імпульсів управління (ФІУ), тактового генератора (ТГ) та вузла охолодження (ВО).

Комбінована структурна схема озонаторної станції водопідготовки в умовах надзвичайних ситуацій наведена на рисунку 2.1 і відповідає ЕІСПЗ ДП.22079.00.00.00.00.С1.

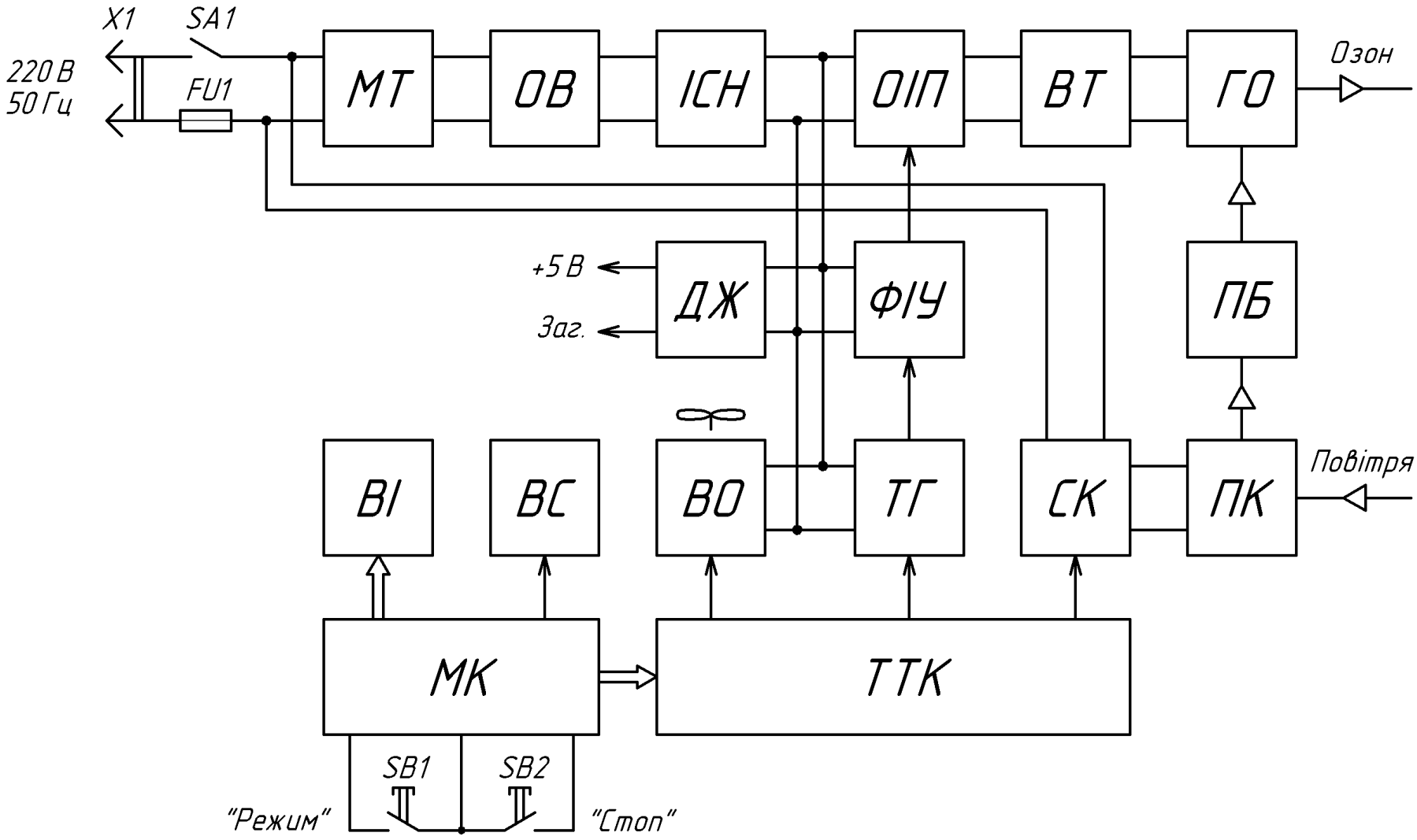


Рисунок 2.1 – Комбінована структурна схема озонаторної станції водопідготовки

Генератор озону (ГО) призначений для синтезу озону з кисню повітря у високочастотному бар'єрному електричному розряді. Напруга живлення ГО надходить на електроди з вторинної обмотки високовольтного трансформатора (ВТ). Однотактний імпульсний перетворювач (ОІП) призначений для періодичного підключення первинної обмотки ВТ джерелу постійної напруги (до виходу ІСН). Управління ОІП здійснюється імпульсами, що надходять на його вхід управління з виходу формувача імпульсів управління (ФІУ). Формувач імпульсів управління (ФІУ) є підсилювач потужності вихідних імпульсів тактового генератора (ТГ) і виконує функцію пристрою узгодження параметрів вихідних імпульсів ТГ з параметрами імпульсів управління ОІП. Тактовий генератор призначений для генерування послідовності прямокутних імпульсів регульованої тривалості та шпаруватості.

Повітряний компресор (ПК) призначений для компремування повітря з метою подачі його в ГО та подальшої подачі озоноповітряної суміші в контактну камеру, ємність або приміщення, під тиском, для їх дезінфекції та дезодорації. Осушення та очищення від пилу повітря, що надходить у ГО, проводиться за допомогою повітряного блоку (ПБ), що входить до складу ОСВ у вигляді окремого комплектного пристрою.

Симісторний ключ (СК) призначений для підключення ПК до мережі змінного струму (220 В, 50 Гц) відповідно до алгоритму роботи ОСВ.

Основною функцією вузла охолодження (ВО) є примусове повітряне охолодження ГО. Допоміжна функція – охолодження функціональних вузлів та блоків ОСВ.

Управління включенням / вимкненням ВО, ТГ та СК здійснюється вихідними сигналами мікроконтролера (МК). Трьохканальний транзисторний ключ (ТТК) призначений для узгодження параметрів вихідних сигналів МК з параметрами вхідних сигналів управління ВО, ТГ та СК.

Управління ОСО, загалом, здійснюється в автоматичному режимі, за фіксованим алгоритмом, мікроконтролером (МК). Передбачено три режими

роботи ОСВ, що відрізняються тривалістю:

1. електросинтез озону протягом 15 хвилин;

2. електросинтез озону протягом 30 хвилин;

3. електросинтез озону протягом 45 хвилин.

Вибір режиму роботи визначається обсягом і якістю (рівнем забрудненості органічними сполуками) води (рідини або сипучого матеріалу), що обробляється і проводиться почерговим натисканням кнопки SB1 «Режим». Оперативне переривання електросинтезу озону здійснюється натисканням кнопки SB2 "Стоп".

Вузол індикації (BI) призначений для візуального мнемонічного відображення інформації:

- про роботу обладнання в режимі електросинтезу озону:

- номера поточного або останнього виконаного режиму роботи ОСВ;

- наявності напруги живлення виробу в цілому.

Індикація про роботу обладнання в режимі електросинтезу озону здійснюється світлодіодом синього кольору свічення.

Як мнемонічні індикатори номера режиму роботи використані два світлодіоди: один жовтого і один червоного кольору світіння.

Наявність напруги живлення ОСВ здійснюється світлодіодом зеленого кольору свічення. Індикатор працює в режимі безперервного свічення.

Переривчасте (проблискове) світіння світлодіода синього кольору світіння відповідає роботі обладнання в режимі електросинтезу озону.

Проблискове світіння світлодіода жовтого кольору світіння відповідає першому режиму роботи.

Проблискове світіння світлодіода червоного кольору світіння відповідає другому режиму роботи.

Одночасне проблискове світіння двох світлодіодів (жовтого та червоного кольору світіння) відповідає третьому режиму роботи.

Частота слідування проблисків – 0,5 Гц зі шпаруватістю – 2. По закінченню електросинтезу, індикатори червоного та жовтого кольору

світіння переводяться в режим безперервного світіння, який відповідає раніше обраному (останньому) режиму роботи ОСВ. Світлодіод синього кольору свічення вимикається.

Вузол звукової сигналізації (ВС) призначений для оповіщення оператора ОСВ про роботу обладнання в режимі електросинтезу озону. Після закінчення електросинтезу або його переривання подача звукових сигналів припиняється. Частота слідування переривчастих звукових сигналів – 0,5 Гц зі шпаруватістю – 2 (синхронно з проблисковими сигналами). Частота сигналу звукового випромінювача може бути в межах від 3,0 кГц до 6,0 кГц. Сигнали управління ВС надходять із відповідного виходу МК.

Живлення МК та ВІ здійснюється від джерела живлення власних потреб (ДЖ) постійною стабілізованою напругою 5 В.

Живлення ВС здійснюється від ДЖ та ІСН постійною стабілізованою напругою 5 В і 12 В, відповідно.

Живлення ланцюга управління СК здійснюється від ІСН постійною стабілізованою напругою 12 В.

2.2 Опис електричної принципової схеми озонаторної станції

Електрична принципова схема озонаторної станції водопідготовки в умовах надзвичайних ситуацій наведена на рисунку 2.2 і відповідає ЕІСПЗ ДП.22079.00.00.00.00.Е3. Тип і кількість компонентів схеми ОСВ вказані в переліку елементів ЕІСПЗ ДП.22079.00.00.00.00.ПЕ3.

Живлення озонаторної станції водопідготовки (виробу) здійснюється від промислової однофазної мережі змінного струму напругою 220 В частотою 50 Гц. Допустиме відхилення напруги мережі живлення від номінального значення становить + 10 ... - 15%. Потужність, споживана ОСВ, при номінальній напрузі мережі живлення не перевищує 20 ВА.

Підключення ОСВ до мережі живлення здійснюється за допомогою мережевої вилки (Х1) і гнучкого кабелю, що входять до складу виробу.

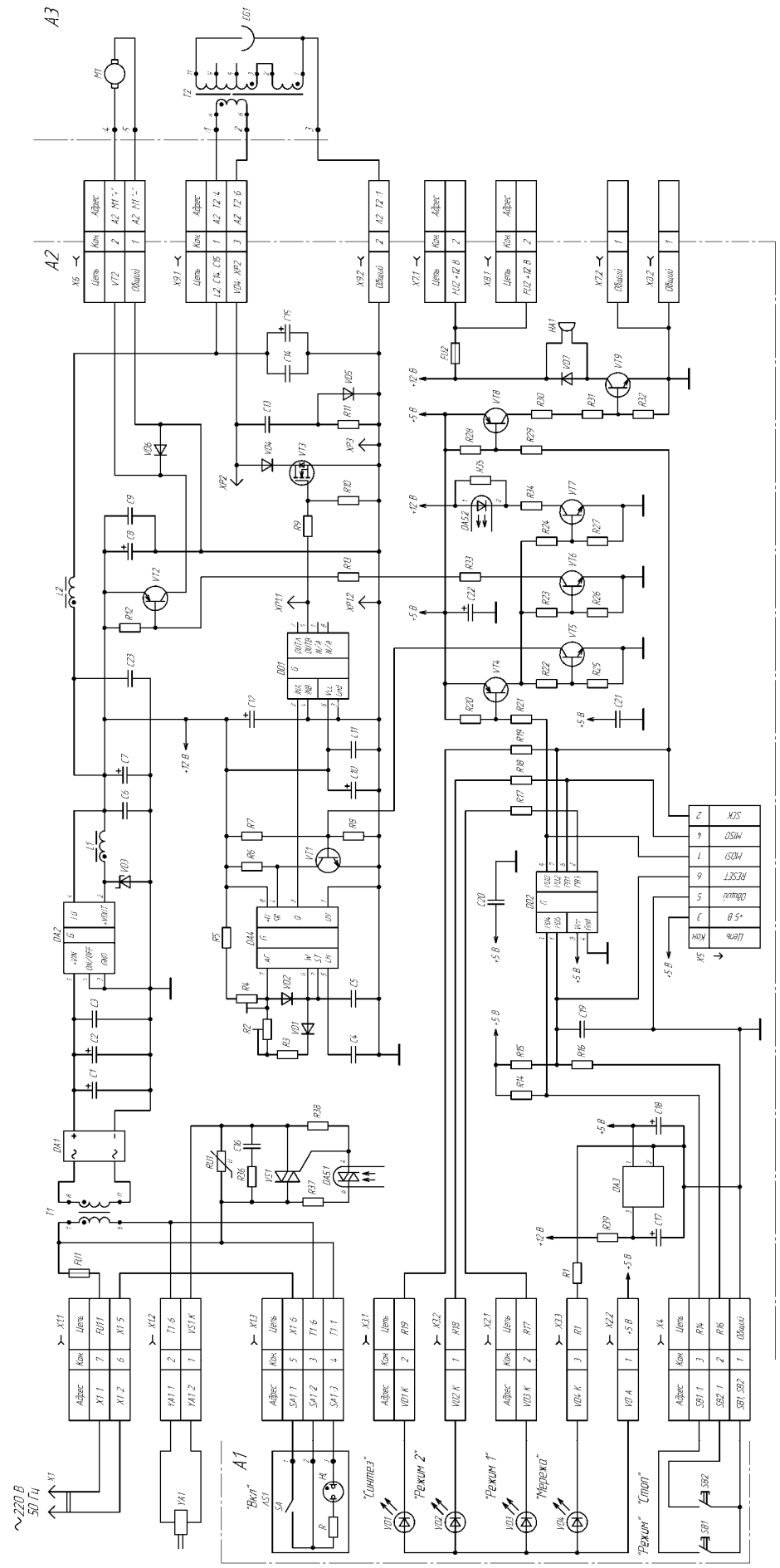


Рисунок 2.1 – Електрична принципова схема озонаторної станції водопідготовки

Озонаторна станція складається з трьох, конструктивно відокремлених блоків (пристроїв):

А1 – панелі управління та індикації,

А2 - джерела живлення генератора озону,

А3 – блоку електросинтезу озону,

YA1 – повітряного компресора.

Електричні з'єднання блоків (А1, А2, А3) та підключення компресора (YA1) виконані за допомогою клемників (Х1…Х4, Х6…Х9) дротом підвищеної гнучкості.

Захист виробу від можливих аварійних режимів у функціональних вузлах та блоках, що входять до його складу, забезпечується плавким запобіжником (FU1), розташованим на друкованій платі блоку А2. Оперативне підключення / відключення виробу до / від мережі живлення здійснюється за допомогою мережевого перемикача з підсвічуванням R19-20I R виробництва Switronic червоного кольору світіння (АС1), що виконує функцію тумблера SA1 (рис. 2.1). Мережевий перемикач АС1 «Вкл» розташований на панелі керування та індикації (А1).

В якості мережевого трансформатора (МТ) використано однофазний трансформатор ТН 48/25 G 220/15 50 Гц виробництва ТОВ ВКФ «Тортранс». Встановлена потужність трансформатора становить 16 ВА.

Однофазний випрямляч (ОВ) складається з однофазного мостового випрямляча (DA1) та двох електролітичних конденсаторів (С1, С2). Як DA1 використана інтегральна мікросхема RS201 виробництва DC Components.

Імпульсний стабілізатор напруги (ІСН) являє собою імпульсний перетворювач постійної напруги першого роду (знижуючий перетворювач; buck; Step-Down Converter). До складу ІСН входять: інтегральна мікросхема (DA2), три конденсатори (С3, С6, С7), дросель (L1) та високочастотний діод VD3. Як DA2 використана мікросхема імпульсного стабілізатора з фіксованим значенням вихідної напруги LM2596T-12 виробництва Texas Instruments. Вихідна напруга ІСН становить 12 В.

Однотактний імпульсний перетворювач (ОІП) включає до себе: П-подібний згладжуючий фільтр (С23, L2, С14, С15), транзисторний ключ з діодом (VT3, VD4, R9, R10) і формувач траєкторії перемикання транзисторного ключа (С13, R11, VD5). Резистор R9 призначений для обмеження затворного струму при комутації VT3. Резистор R10 забезпечує захист транзистора VT3 від впливу електромагнітних перешкод по ланцюгу управління.

Як високовольтний трансформатор (ВТ), у виробі, застосований серійний вихідний сигнальний трансформатор ТВС90-П4 виробництва УП «ЗАВОД БЕЛІТ» (Т2). Трансформатор Т2 та ОІП утворюють класичний однотактний імпульсний перетворювач з трансформаторним виходом (ОІП з ТВ). Живлення ОІП з ТВ здійснюється стабілізованою напругою 12 Ст. Навантаженням ОІП з ТВ є генератор озону EG1. Трансформатор Т2, генератор озону EG1 та вентилятор М1 входять до складу блоку електросинтезу озону (А3).

З метою спрощення процесу налаштування та перевірки стабільності роботи ОІП з ТВ, у його схему введено контрольні точки (ХР1…ХР3). Наявність контрольних точок дозволяє оперативно підключити осцилограф, не вдаючись до розбирання виробу. Як контрольні точки використані вилки на плату прямі серій PLS-1 і PLS-2 виробництва AMP.

Формувач імпульсів управління (ФІУ) включає в себе інтегральну мікросхему (DD1) і два конденсатори (С10, С11). Як DD1 застосовано мікросхему драйвера нижнього ключа IR4427 виробництва International Rectifier. Конденсатори С10, С11 утворюють фільтр низькочастотних та високочастотних електромагнітних перешкод.

Тактовий генератор (ТГ) включає в себе: мікросхему інтегрального таймера (DA4), два високочастотних діода (VD1, VD2), три конденсатори (С4, С5, С12), п'ять резисторів (R3, R5...R8), два змінних резистора (R2, R4) і біполярний транзистор (VT1). Як DA4 використана мікросхема К1006ВІ1. Можлива пряма заміна К1006ВІ1 на повні функціональні аналоги: NE555,

LM555, TC555, TI555 та інше. Ланцюг мікросхеми DA4, що задає час, утворений конденсатором C5, резисторами R2…R5 і діодами VD1, VD2. Конденсатори C4 та C12 виконують функцію фільтра низькочастотних та високочастотних електромагнітних перешкод. Управління включенням / вимкненням ТГ (управління мікросхемою DA4) здійснюється за допомогою транзисторного ключа (VT1, R6…R8). Сигнали керування транзистора VT1 надходять на його базу з відповідного виходу триканального транзисторного ключа (ТТК).

Живлення ФІУ та ТГ здійснюється вихідною стабілізованою напругою ІСН – 12 В.

Вузол охолодження (ВО) включає в себе: вентилятор M1, транзисторний ключ (VT2, VD6, R12, R13) та фільтр електромагнітних перешкод (C8, C9). Транзисторний ключ призначений для включення / вимкнення вентилятора M1 за сигналами, що надходять на його вхід з відповідного виходу транзисторного триканального ключа (ТТК).

Симісторний ключ (СК) включає в себе: симістор VS1, формувач траєкторії перемикання симістора (RU1, C16, R36) і вузол керування симістором (DA5, R35, R37, R38). Симісторний ключ призначений для включення / вимкнення повітряного компресора YA1 за сигналами, що надходять на його вхід із відповідного виходу триканального транзисторного ключа (ТТК). Електроживлення YA1 здійснюється від мережі змінного струму (220 В, 50 Гц). Гальванічна розв'язка ланцюгів ОСВ та мережі живлення забезпечується діодно-симісторною оптопарою DA5.

Джерело живлення (ДЖ) є компенсаційним стабілізатором з фіксованим значенням вихідної напруги. До складу ДЖ входять: мікросхема DA3, баластовий резистор R39, вхідний та вихідний ємнісні фільтри C17 та C18, відповідно. Вихідна напруга ДЖ – 5 ст.

Вузол індикації (ВІ) входить до складу панелі управління та індикації (A1) і включає чотири світловипромінюючі діоди синього, червоного, жовтого і зеленого кольору світіння (VD1…VD4), відповідно.

Індикація роботи обладнання у режимі електросинтезу озону здійснюється світлодіодом VD1 «Синтез» синього кольору світіння. Індикатор працює у проблисковому режимі.

Як мнемонічні індикатори номера режиму роботи використані два світлодіоди: жовтого VD2 «Режим 1» і червоного VD3 «Режим 2» кольору світіння. Індикатори працюють у проблисковому режимі або у режимі безперервного світіння.

Наявність напруги живлення ОСВ здійснюється світлодіодом VD4 «Мережа» зеленого кольору свічення. Індикатор працює у режимі безперервного світіння.

Вузол звукової сигналізації (ВС) складається з транзисторного ключа (VT8, VT9, VD7, R28...R32) і звукового випромінювача з вбудованим генератором HA1.

Триканальний транзисторний ключ (ТТК) складається з: одного провідного ключа (VT4, R20, R21), трьох ведених ключів (VT5, VT6, VT7, R22…R27, R33, R34) та фільтра електромагнітних перешкод (C21, C22). Сигнали управління ТГ, УО та СК надходять на їх входи управління з колекторів транзисторів VT5, VT6 та VT7 відповідно.

Мікроконтролер (МК) включає в себе: інтегральну мікросхему ATtiny13 виробництва ATMEL (DD2), вузол управління (R14…R16, C19, SB1, SB2, X5), чотири струмообмежуючих резистора (R1, R17…R19) і ємнісний фільтр C20. Програмування DD2 здійснюється через роз'єм X5. Як SB1 та SB2 застосовані кнопкові перемикачі без фіксації серії R13-502A SPST виробництва Switronic зеленого та червоного кольору. Живлення всіх елементів МК здійснюється стабілізованою напругою 5 В.

3 РОЗРАХУНОК ЕЛЕМЕНТІВ СХЕМИ ОЗОНАТОРНОЇ СТАНЦІЇ ВОДОПІДГОТОВКИ

Виріб розроблено на базі прототипів БІОН-1 та БІОН-2, що випускаються ПП «НВКФ «ЕКОТЕХ». Озонаторна станція водопідготовки складається з панелі управління та індикації А1 (ЕІСПЗ ДП.22079.00.01.00.00), джерела живлення генератора озону А2 (ЕІСПЗ ДП.22079.00.02.00.00) та блоку електросинтезу озону А3 ДП.22079.00.03.00.00). Елементи керування та індикації - тумблер AS1 "Вкл", кнопки SB1 "Режим", SB2 "Стоп" та світлодіоди VD1 "Синтез", VD2 "Режим 2", VD4 "Режим 1", VD4 "Мережа" розташовані на панелі керування та індикації. Підключення до мережі живлення здійснюється за допомогою мережевого шнура з вилкою X1. Подача напруги на вхід озонатора проводиться включенням тумблера AS1. Електричні принципові схеми функціональних вузлів виробу та нумерація елементів, що наводяться у цьому розрахунку, відповідають електричній принциповій схемі ОСВ (ЕІСПЗ ДП.22079.00.01.00.00.Е3).

Умовно, функціональні вузли ОСО можуть бути віднесені або до силової частини або системи управління озонатора.

До складу силової частини входять такі функціональні вузли:

МТ – мережевий трансформатор;

ОВ – однофазний випрямляч;

ІСН - імпульсний стабілізатор напруги;

ОІП – однотактний імпульсний перетворювач;

ГО – генератор озону;

ФІУ - формувач імпульсів управління;

ТГ – тактовий генератор;

ВО - вузол охолодження;

ВС – вузол звукової сигналізації (УЗС);

СК – симісторний ключ.

До складу системи управління входять такі функціональні вузли:

МК – мікроконтролер;

ВІ – вузол індикації;

ДЖ – джерело живлення;

ТТК – триканальний транзисторний ключ;

Вихідні дані для розрахунку:

напруга мережі живлення, Uc, В	220,0
відхилення напруги мережі живлення від номінального значення, %	± 10
номінальна частота мережі живлення, Гц	50,0
споживана потужність, ВА, не більше	20,0

3.1 Вибір мережевого трансформатора та випрямляча

Як мережевий трансформатор Т1 вибираємо трансформатор ТН 48/25 G виробництва ТОВ ВКФ «Тортранс» (ДСТУ IEC 61558-2-1), що відповідає наступним параметрам:

- номінальна напруга первинної обмотки, U1, В 220,0
- номінальна напруга вторинної обмотки, U2, В 15,0
- номінальна потужність трансформатора (розрахункова), Q_T, ВА 16,0
- коефіцієнт трансформації, k_T 14,67

Згідно з експериментальними даними, активний опір первинної обмотки становить R1 = 250 Ом. Наведений опір вторинної обмотки

$$R_2 = \frac{R_1}{k_T^2} = \left(\frac{U_2}{U_1}\right)^2 \cdot R_1 = \left(\frac{15}{220}\right)^2 \cdot 250 = 1{,}162\ Ом \qquad (3.1)$$

Номінальний вихідний струм трансформатора (струм навантаження вторинної обмотки)

$$I_2 = \frac{Q_T}{U_2} = \frac{16}{15} = 1{,}067\ A \qquad (3.2)$$

Як випрямляч вибираємо діодний міст RS201 DC Components з наступними параметрами:

- максимальна зворотна напруга, Uв, В 50,0
- максимальний середній випрямлений струм при температурі T = 50 °C та частоті змінної напруги fc = 60 Гц, Ia, А 2,0
- максимально допустимий імпульсний прямий струм при тривалості імпульсу tc = 8,3 мс, Ia max, А 30,0
- максимальне пряме падіння напруги при струмі Ia =1,0 А, U_0, В 1,0
- діапазон робочих температур, °C –55…+125

Вихідна напруга випрямляча з ємнісним фільтром на виході при номінальній напрузі мережі живлення при струмі навантаження $I_H = I_2 =$ = 1,067 А

$$U_d = \sqrt{2} \cdot \left(U_2 - 2 \cdot U_0 - R_2 \cdot I_H\right) = \sqrt{2} \cdot \left(15 - 2 \cdot 1 - 1{,}162 \cdot 1{,}067\right) = 16{,}63\ B \quad (3.3)$$

Вихідна напруга випрямляча з ємнісним фільтром на виході при максимальній і мінімальній напрузі мережі живлення (U2 max = 16,5 В, U2 min = 13,5 В)

$$U_{d\,max} = \sqrt{2} \cdot \left(U_{2\,max} - 2 \cdot U_0 - R_2 \cdot I_H\right) = \sqrt{2} \cdot \left(16{,}5 - 2 \cdot 1 - 1{,}162 \cdot 1{,}067\right) = 18{,}75\ B \quad (3.4)$$

$$U_{d\,min} = \sqrt{2} \cdot \left(U_{2\,min} - 2 \cdot U_0 - R_2 \cdot I_H\right) = \sqrt{2} \cdot \left(13{,}5 - 2 \cdot 1 - 1{,}162 \cdot 1{,}067\right) = 14{,}5\ B \quad (3.5)$$

Ємність конденсаторів фільтра C_{in} (C1, C2), при тривалості заряду $t_{in} =$ = 8,0 мс, амплітуді напруги пульсацій ΔU = 1,0 В та струму навантаження $I_H =$ = I2 = 1,067 А

$$C_{in} = \frac{I_H \cdot t_{in}}{\Delta U} = \frac{1{,}067 \cdot 8 \cdot 10^{-3}}{1.0} = 8.536 \cdot 10^{-3}\ \textit{Фарад} \quad (3.6)$$

В якості конденсаторів C1 і C2 вибираємо електролітичні конденсатори

SK 4700,0 мкФ 35 В Jamicon 1835.

3.2 Розрахунок елементів тактового генератора

Генератор імпульсів керування VT3 (тактовий генератор), виконаний на мікросхемі КР1006ВІ1 (DA4). Як DA4, крім КР1006ВІ1, можуть бути використані її аналоги: ICM7555, NE555, SA555, SE555, SE555C виробництва Philips Semiconductors, LM555 виробництва National Semiconductor Corporation, TS555 виробництва ST з наступними технічними параметрами:

- діапазон напруг живлення, U_{CC}, В 4,5…16,0
- максимальна напруга живлення, $U_{CC\ max}$, В 18,0
- максимальний струм споживання, $I_{CC\ max}$, ма 15,0
- вихідний струм (струм навантаження), I_{OUT}, ма 100,0
- вихідна напруга високого рівня, при I_{OUT} = 100 мА, $U_{1\ OUT}$, В U_{CC} - 2,0
- вихідна напруга низького рівня, при I_{OUT} = -100 мА, $U_{0\ OUT}$, В 2,0
- струм управління по входу RESET, при U_{RESET} = 0.4 В, I_{40}, мА - 0,4
- струм управління по входу RESET, при $U_{RESET} = U_{CC}$, I_{41}, мкА 2,0
- діапазон робочих температур, ° С 0 ... 70
- максимальна потужність, що розсіюється корпусом, P_D, мВт 600
- тип корпусу DIP-8

Управління включенням/вимкненням тактового генератора (DA4, VD1, VD2, R2…R5, C4, C5) здійснюється транзисторним ключем (VT1, R6…R8) відповідно до сигналів, що надходять на його базу з виходу триканального транзисторного ключа ТТК. Електрична принципова схема тактового генератора наведено рисунку 3.1.

Напруга живлення тактового генератора, згідно з електричною принциповою схемою ЕІСПЗ ДП.22079.00.01.00.00.Е3, дорівнює $U_{СН}$ = 12,0 В. З метою скорочення обсягу розрахунків, для електричних ланцюгів, що

живляться напругою $U_{СН}$ = 12,0 В, визначимо максимальне значення робочого струму резисторів R-1206 і R-0805 виходячи з їхньої потужності розсіювання P1206 = 0,25 Вт і P0805 = 0,125 Вт.

$$I_{R1206} = \frac{P_{1206}}{U_{СН}} = \frac{0{,}25}{12{,}0} = 0{,}0208\ A \tag{3.7}$$

$$I_{R0805} = \frac{P_{0805}}{U_{СН}} = \frac{0{,}125}{12{,}0} = 0{,}0104\ A \tag{3.8}$$

Відповідно до результатів розрахунку, з метою уніфікації типів елементів, в ланцюгах, що живляться від джерела напруги $U_{СН}$ = 12,0 В, при струмі ланцюга $I \leq 0{,}0208$ А, в якості резисторів, вибираємо резистори типу R-1206 muRata, при струмі ланцюга $I \leq 0{,}0104$ А, в якості резисторів, вибираємо резистори типу R-0805 muRata.

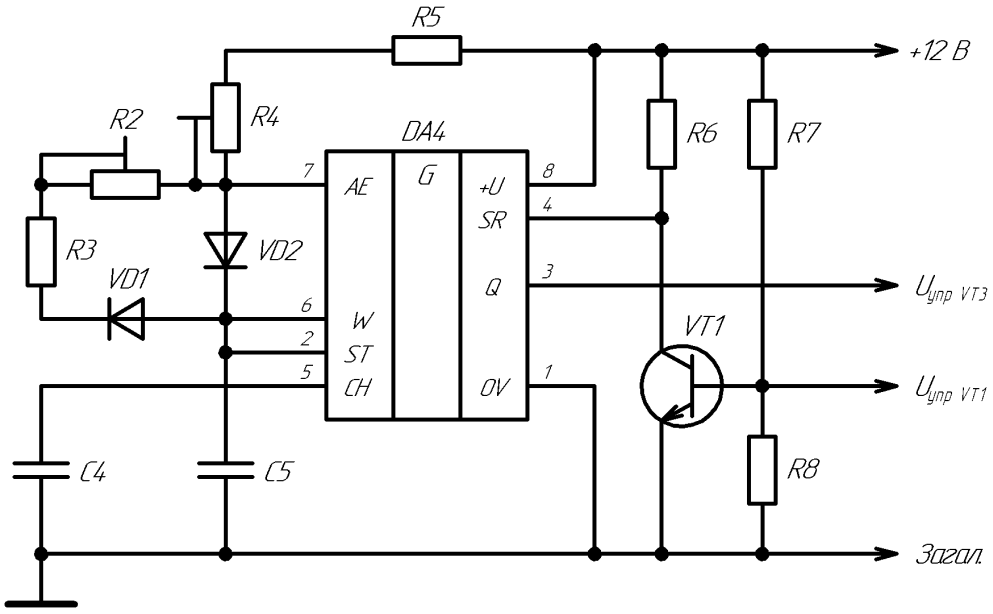


Рисунок 3.1 – Тактовий генератор

Відповідно до експериментальних даних, для наведеної на рисунку 3.1 схеми включення мікросхеми КР1006ВІ1 або її аналогів, тривалість вихідного імпульсу $t_и$ та паузи між імпульсами $t_п$ ($U_{упр\ VT1}$ вивід 3 DA4), відповідно рівні:

$$t_u = 0,88 \cdot (R4 + R5) \cdot C5 \tag{3.9}$$

$$t_n = 0,82 \cdot (R2 + R3) \cdot C5 \tag{3.10}$$

Відповідно до експериментальних даних, оптимальна робоча частота для обраної структури озонатора дорівнює f_P = 13,16 кГц при тривалості імпульсу управління t_i = 30 мкс, періоді вільних коливань напруги живлення генератора озону $t_п$ = 46 мкс і коефіцієнті заповнення γ =0,4.

Задаючись значеннями мінімальної та максимальної тривалостей імпульсу управління $t_{и\ min}$ = 25 мкс і $t_{и\ max}$ = 35 мкс, відповідно і значенням ємності конденсатора С5 – 3,3 × 10^{-9} Ф визначимо сумарне максимальне та мінімальне значення опорів резисторів R4 та R5 для обох тривалостей.

$$(R4 + R5)_{max} = \frac{t_{u\,max}}{0,88 \cdot C5} = \frac{35 \cdot 10^{-6}}{0,88 \cdot 3,3 \cdot 10^{-9}} = 12052\,Ом \tag{3.11}$$

$$(R4 + R5)_{min} = \frac{t_{u\,min}}{0,88 \cdot C5} = \frac{25 \cdot 10^{-6}}{0,88 \cdot 3,3 \cdot 10^{-9}} = 8609\,Ом \tag{3.12}$$

В якості резисторів R4 і R5 вибираємо змінний резистор 3296W 5,0 кОм ± 10% Bourns і плівковий резистор R-1206 8,2 кОм ±1% muRata.

В якості конденсатора С5 вибираємо керамічний конденсатор R15 X7R 332 ±10% 50 H 5 muRata (К10-17Б 50В 3,3 нФ ±10%).

Задаючись значеннями мінімальної та максимальної тривалостей паузи між імпульсами управління $t_{п\ min}$ = 40 мкс і $t_{п\ max}$ = 50 мкс, відповідно і ємності конденсатора С5 визначимо сумарне максимальне та мінімальне значення опорів резисторів R2 та R3 для обох тривалостей.

$$(R2 + R3)_{max} = \frac{t_{n\,max}}{0,82 \cdot C5} = \frac{50 \cdot 10^{-6}}{0,82 \cdot 3,3 \cdot 10^{-9}} = 18478\,Ом \tag{3.13}$$

$$(R2+R3)_{min} = \frac{t_{n\,min}}{0{,}82 \cdot C5} = \frac{40 \cdot 10^{-6}}{0{,}82 \cdot 3{,}3 \cdot 10^{-9}} = 14782\,Ом \qquad (3.14)$$

В якості резисторів R2 та R3 вибираємо змінний резистор 3296W 10,0 кОм ± 10% Bourns та плівковий резистор R-1206 10,0 кОм ±1% muRata.

Як конденсатор С4, відповідно до рекомендацій підприємств виробників, вибираємо керамічний конденсатор R15 X7R 104 ±10% 50 H 5 muRata (К10-17Б 50В 0,1 мкФ ±10%).

Як діоди VD1 і VD2 вибираємо високочастотні діоди DL4148 MIC з наступними параметрами:

- максимальна зворотна напруга, U_b, В 100
- максимальний випрямлений струм I_a, А 0,15
- час відновлення, t_b, нс 4
- тип корпусу DL-35

Як транзистор VT1 вибираємо транзистор BC848A Vishay Semiconductor з наступними параметрами:

- струм колектора, I_K, А 0,1
- напруга колектор - емітер в закритому стані, U_{KE}, В 30
- напруга колектор - емітер в насиченому стані, $U_{KE\ нас}$, В 0,4
- напруга база - емітер при I_K = 10,0 мА, $U_{БЕ}$, В 0,7
- коефіцієнт посилення, h_{21E} 220
- структура n-p-n
- тип корпусу SOT-23

Для забезпечення навантаження транзистора VT1, відповідно до його вольт-амперної характеристики, робочий струм колектора повинен бути не меншим за $I_{Кр}$ = 1,0 мА.

Для цього опір резистора R6 має бути не більшим

$$R6 = \frac{U_{СН} - U_{КЭ\,нас}}{I_{Кр}} = \frac{12 - 0{,}4}{1{,}0 \cdot 10^{-3}} = 11600\,Ом \qquad (3.15)$$

Як резистор R6 вибираємо плівковий резистор R-0805 10 кОм ±1% muRata.

Вхідний струм виводу RESET (4) мікросхеми DA2 при $U_{RESET} = U_{CC}$ не більше $I_{41} = 2{,}0$ мкА.

Падіння напруги на резисторі R6 при струмі $I_{41} = 2{,}0$ мкА дорівнює

$$U_{R6} = R6 \cdot I_{41} = 10 \cdot 10^3 \cdot 2{,}0 \cdot 10^{-6} = 0.02\ B \tag{3.16}$$

Струм колектора та струм бази VT1, відповідно рівні

$$I_K = I_{40} + I_{R6} = I_{40} + \frac{U_{CH} - U_{КЭнас}}{R6} = 0{,}4 \cdot 10^{-3} + \frac{12 - 0{,}4}{10 \cdot 10^3} = 1{,}56 \cdot 10^{-3}\ A \tag{3.17}$$

$$I_Б = \frac{I_K}{h_{21Э}} = \frac{1{,}56 \cdot 10^{-3}}{220} = 7{,}1 \cdot 10^{-6}\ A \tag{3.18}$$

Розраховане значення струму бази мізерно мало і його можна порівняти зі струмами витоку по поверхні друкованої плати. Приймаємо значення струму бази $I_{Б1} = 0{,}75 \cdot 10^{-3}$ А

В якості шунтуючого резистора R8 вибираємо резистор R-0805 1,0 кОм ±1% muRata.

Струм резистора R8 складає

$$I_{R8} = \frac{U_{БЭ}}{R8} = \frac{0{,}7}{1000} = 0{,}7\ мА \tag{3.19}$$

Опір резистора R7

$$R7 = \frac{U_{CH} - U_{БЭ}}{I_{R8} + I_{Б1}} = \frac{12 - 0{,}7}{0{,}7 \cdot 10^{-3} + 0{,}75 \cdot 10^{-3}} = 7793\ Ом \tag{3.20}$$

Транзистор VT1 знаходиться в режимі глибокого насичення, тому, як

R7, вибираємо резистор R-0805 7,5 ком ±1% muRata.

Параметри сигналу $U_{упр\ VT1}$ визначаються з умов:

$$U_{упр\ VT1} < U_{БЭ\ VT1} < 0{,}7\ B \tag{3.21}$$

$$I_{упр\ VT1} > I_{R7} > \frac{U_{СН} - U_{КЭнас}}{R7} = \frac{12 - 0{,}6}{7500} = 1{,}52 \cdot 10^{-3}\ A \tag{3.22}$$

Струм, що споживається елементами транзисторного ключа VT1, R6…R8

$$I_{VT1} = I_K + I_{R8} + I_{Б1} = 1{,}56 \cdot 10^{-3} + 0{,}7 \cdot 10^{-3} + 0{,}75 \cdot 10^{-3} = 3{,}01 \cdot 10^{-3}\ A \tag{3.23}$$

Струм, споживаний тактовим генератором I_{TG}, з урахуванням струму заряду конденсатора C5 (I_{C5}), вихідного струму DA4 (I_{31}) (вивід мікросхеми Q) (приймаємо $I_{C5} = I_{31} = 1{,}0 \cdot 10^{-3}$ А) та максимального струму споживання $I_{CC\ max} = 15 \cdot 10^{-3}$ А, по ланцюгу живлення $U_{CH} = 12$ В

$$I_{TG} = I_{VT1} + I_{C5} + I_{31} + I_{CC\,max} = (3{,}01 + 1{,}0 + 1{,}0 + 15{,}0) \cdot 10^{-3} = 20{,}01 \cdot 10^{-3}\ A \tag{3.24}$$

Струм, споживаний тактовим генератором $I_{TG} = 20{,}01 \cdot 10^{-3}$ А.

3.3 Розрахунок елементів однотактного імпульсного перетворювача та вибір драйвера силового ключа

З метою зниження собівартості виробу, як трансформатор Т2, доцільно використовувати вихідний сигнальний трансформатор ТВС90-П4 виробництва УП «ЗАВОД БЕЛІТ» з наступними параметрами:

- індуктивність намагнічування первинної обмотки

(виводи 4 - 6), Ls, мкГн 170

- індуктивність розсіювання первинної обмотки

(виводи 4 - 6), Lμ, мкГн 17

На підставі експериментальних даних, як вихідні дані для розрахунку функціональних вузлів озонатора, приймаємо:

- номінальне значення напруги на виході мережевого адаптера, U_{CH}, В 12,0
- номінальне значення струму навантаження мережного адаптера, I_d, ма 500
- тривалість імпульсу керування силового ключа, $t_и$, мкс 30
- тривалість паузи між імпульсами керування силового ключа, $t_п$, мкс 46
- амплітудне значення напруги на аноді VD5, $U_{k\ max}$, 60
- амплітудне значення зворотної напруги анод - катод VD5, $U_{b\ max}$, 18

Однотактний імпульсний перетворювач включає: транзистор VT3, діод VD4, що відсікає, високочастотний трансформатор Т2, формувач траєкторії перемикання транзистора (С13, R11, VD5) Електрична принципова схема імпульсного перетворювача з вхідним фільтром (С14, С15, L2), драйвером транзистора VT3 (DD1, С11, С12, R9, R10) та підключеним генератором озону EG1 наведена на рисунку 3.2 (клемник Х9 умовно не показаний).

Коефіцієнт заповнення імпульсів керування силового ключа

$$\gamma = \frac{t_u}{t_u + t_n} = \frac{30 \cdot 10^{-6}}{30 \cdot 10^{-6} + 46 \cdot 10^{-6}} = 0{,}4 \qquad (3.25)$$

Амплітудне значення струму колектора VT3 або приріст струму первинної обмотки трансформатора Т2 за час включеного стану транзистора VT3 при $\gamma = 0{,}4$

$$\Delta I_1 = I_{k\,max} = \frac{I_d}{\gamma} = \frac{0,5}{0,4} = 1.25\ A \tag{3.26}$$

Чинне значення струму первинної обмотки трансформатора Т2

$$I_1 = \frac{I_d}{\sqrt{\gamma}} = \frac{0,5}{\sqrt{0,4}} = 0.79\ A \tag{3.27}$$

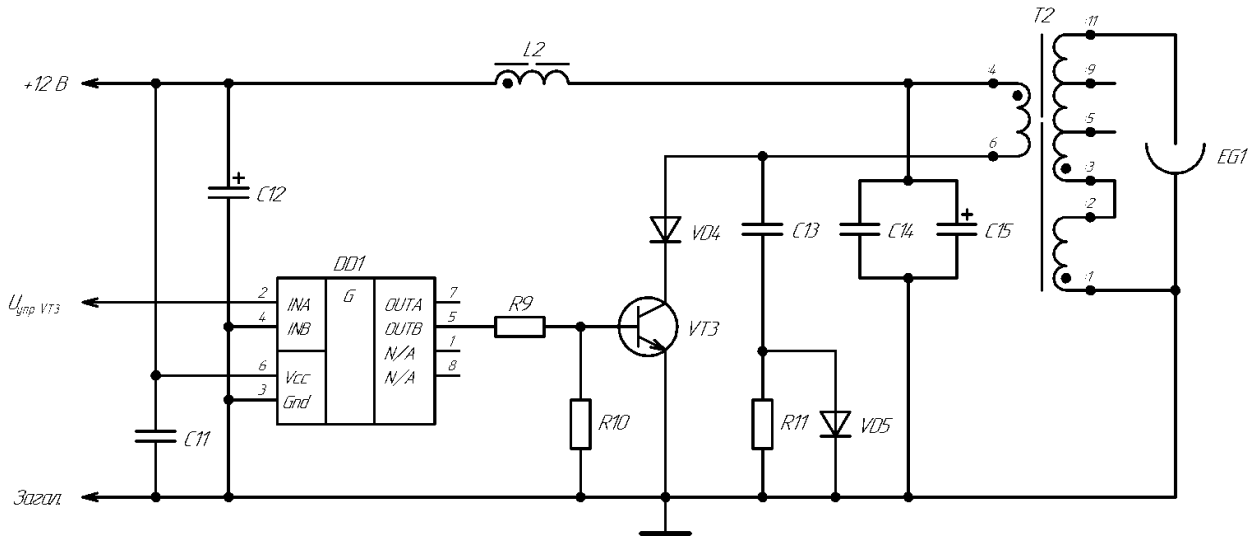


Рисунок 3.2 – Однотактний імпульсний перетворювач

Площа перерізу проводу первинної обмотки, при допустимій щільності струму ρ = 5 А/мм^2

$$S_{пр\,1} = \frac{I_1}{\rho} = \frac{0.79}{5} = 0.158\ мм^2 \tag{3.28}$$

Діаметр проводу первинної обмотки

$$d_1 = \sqrt{\frac{4 \cdot S_{пр\,1}}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,158}{3,14}} = 0,45\ мм \tag{3.29}$$

Як транзистор VT3, з урахуванням вихідних даних для розрахунку вибираємо транзистор IRFB11N50A виробництва International Rectifier з наступними параметрами:

- структура 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, $t_{викл}$, нс 32
- вхідна ємність затвора, $C_{ЗВІ}$, пФ 1423
- максимальна потужність, що розсіюється без охолоджувача, Вт 2,0
- максимальна потужність, що розсіюється з охолоджувачем, Вт 10
- тип корпусу TO-220
- робоча температура, ºС -55…+150

Щоб уникнути плутанини в позначеннях, у цьому розрахунку, використані термінологія та позначення, прийняті для біполярних транзисторів.

Можлива заміна IRFB11N50A на IRF740 (більш дешевший за ціною при прийнятних електричних параметрах).

Як діод VD4 вибираємо діод HER203 DC Components з наступними параметрами:

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

- час відновлення, нс 50

Для захисту від електромагнітних перешкод перехід затвор-витік шунтуємо резистором R10 опором 1,0 кОм Виходячи з того, що ємність затвора VT3 заряджається до величини напруги живлення

$$I_{R10} = \frac{U_{CH}}{R10} = \frac{12}{1000} = 12\ мА \tag{3.30}$$

$$P = I_{R10}^2 \cdot R10 = \left(12 \cdot 10^{-3}\right)^2 \cdot 1000 = 0{,}144\ Вт \tag{3.31}$$

Як R10 застосуємо резистор R-1206 1,0 ком ±1% muRata.

Як драйвер вибираємо інтегральну мікросхему IR4427 (DD1) виробництва International Rectifier. Максимальний вихідний струм DD1 становить I_{OUT} = 1,5 А

$$R9 = \frac{U_{CH}}{I_{OUT}} = \frac{12}{1{,}5} = 8{,}0\ Ом \tag{3.32}$$

Струм заряду / розряду імпульсний, тривалістю не більше 100 нс (ємність затвора 1487 пФ)

$$\tau = R9 \cdot C_{ЗИ} = 8{,}0 \cdot 1423 \cdot 10^{-12} = 11{,}4 \cdot 10^{-9}\ с \tag{3.33}$$

При тривалості імпульсу керування 20 мкс, що відповідає частоті 50 кГц, часом заряду / розряду можна знехтувати.

Як R9 застосуємо резистор R-1206 8,2 Ом ±1% muRata.

Як конденсатори C11 і C14 вибираємо керамічні конденсатори GRM42-6 X5R 104 20% 50 muRata (0,1 мкФ 1206) і GRM42-6 X5R 105 20% 50 muRata (1,0 мкФ 1206), відповідно.

3.4 Розрахунок та вибір елементів формувача траєкторії перемикання VT3

Відповідно до закону збереження енергії, енергія, що запасена в індуктивності розсіювання L_μ трансформатора Т2, при виключенні транзистора VT3 заряджає конденсатор С13 до напруги ΔU.

$$\frac{L_\mu \cdot I_{k\,max}^2}{2} = \frac{C13 \cdot \Delta U}{2}, \tag{3.34}$$

де – $I_{k\,max}$ – амплітудне значення струму колектора VT3

Ємність конденсатора, при ΔU = 150 В

$$C13 = \frac{L_\mu \cdot I_{k\,max}^2}{\Delta U^2} = \frac{17 \cdot 10^{-6} \cdot 1{,}25^2}{150^2} = 1{,}18 \cdot 10^{-9}\ \Phi \tag{3.35}$$

Вибираємо найближчий за номіналом поліпропіленовий конденсатор К78-2 1000 пФ ±10% 1000 В ОЖ0. 461.112 ТУ.

При мінімальній тривалості відкритого стану транзистора VT3 $t_{i\,min}$ = = 25 мкс приймаємо тривалість розряду С13 t_p = 2,5 мкс. Опір розрядного резистора R11

$$R11 = \frac{t_p}{4 \cdot C13} = \frac{2{,}5 \cdot 10^{-6}}{4 \cdot 1000 \cdot 10^{-12}} = 625\ Ом \tag{3.36}$$

Найближче значення резистора у ряді Е24 становить 620 Ом.

Амплітудне значення струму колектора при включенні транзистора

$$I_{KM} = \frac{\Delta U}{R11} = \frac{150}{620} = 0{,}24\ A \tag{3.37}$$

Виходячи з того, що допустимий струм колектора (стоку) VT3, при температурі t_k = 100 ºС становить I_C = 7,0 А, опір резистора R11 може бути істотно нижчим від його розрахункового значення, але не менше 100 Ом (амплітудне значення I_{KM} = 1,5 А).

Енергія, запасена в індуктивності розсіювання трансформатора Т2

$$W_\mu = \frac{L_\mu \cdot I_{k\,max}^2}{2} = \frac{17 \cdot 10^{-6} \cdot 1{,}25^2}{2} = 1{,}33 \cdot 10^{-5}\ Дж \qquad (3.38)$$

Потужність, що виділяється в резисторі R11

$$P_{R11} = W_\mu \times f_p = W_\mu \cdot \frac{1}{t_u + t_n} = 1{,}33 \cdot 10^{-5} \cdot \frac{1}{(30+46) \cdot 10^{-6}} = 0.175\ Вт \qquad (3.39)$$

За результатами розрахунків, як резистора R11, вибираємо резистор MF-100 100 Ом ±5% muRata.

Як діод VD5 вибираємо діод HER203 DC Components.

3.5 Розрахунок елементів вузла охолодження

Вузол охолодження складається з вентилятора М1, конденсаторів С8, С9, транзистора VT2, зворотного діода VD6 та резисторів R12, R13. Електрична принципова схема вузла охолодження наведена рисунку 3.3 (клемник Х6 умовно не показаний). На рисунку 3.3, додатково, зображено резистор R33, що визначає, спільно з R13, струм бази VT2, але входить до складу триканального транзисторного ключа (ЕІСПЗ ДП.22079.00.01.00.00.С1, ЕІСПЗ ДП.22079.00.01.00.00.Е3).

Як вентилятор М1 вибираємо вентилятор JF 06 10 S 1 M JAMICON з наступними параметрами:

- робоча напруга, U_M, В 12

- споживаний струм, I_M, А 0,15
- частота обертання, об. / хв. 6000
- ресурс роботи, год. 30000
- розмір рами, мм 40 х 40 х 10

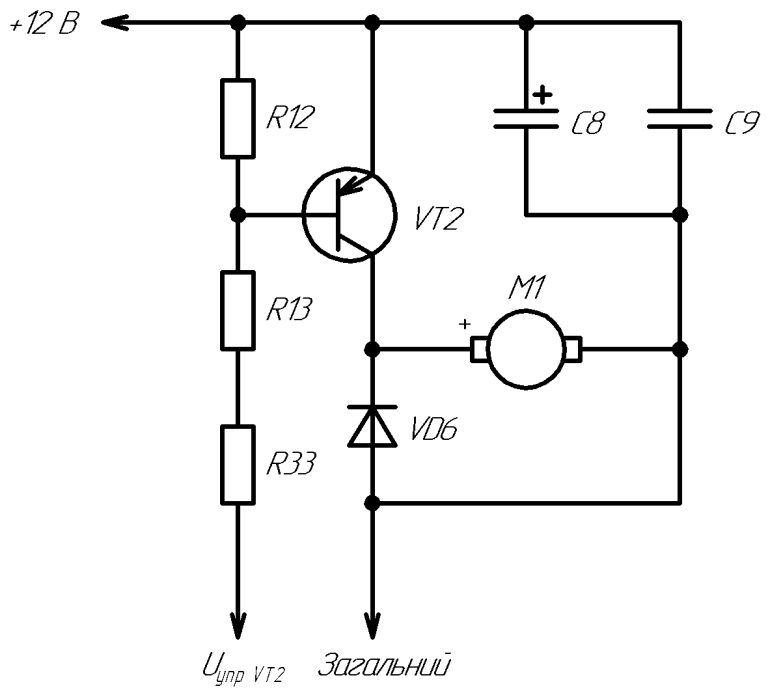


Рисунок 3.3 – Вузол охолодження

На підставі електричних параметрів М1, як транзистор VT3, вибираємо транзистор BC636 ON Semiconductor з наступними параметрами:

- струм колектора, I_K, А 0,5
- напруга колектор - емітер в закритому стані, U_{KE}, В 45
- напруга колектор – емітер у насиченому стані, при I_K = 500,0 мА, $U_{KE\ нас}$, В 0,5
- напруга база - емітер при I_K = 500,0 мА, $U_{БЕ}$, В 0,7
- коефіцієнт посилення, h21E 40
- структура p-n-p
- тип корпусу TO-92

Як шунтуючий резистор R12 вибираємо резистор R-1206 1,0 кОм ±1% muRata.

Струм резистора R12 складає

$$I_{R13} = \frac{U_{БЭ}}{R_{13}} = \frac{0,7}{1000} = 0,7\ мА \tag{3.40}$$

Струм колектора VT2 дорівнює струму, споживаному вентилятором M1. Струм бази VT3 дорівнює

$$I_{Б\,VT2} = \frac{I_{К\,VT3}}{h_{21Э}} = \frac{0,15}{40} = 0,0038\ А \tag{3.41}$$

Сумарний опір резисторів R13 та R33, з урахуванням коефіцієнта насичення VT2 $k_{нас}$ = 1,5 та значення сигналу $U_{упр\ VT2}$ = 0,7 В

$$R13 + R33 = \frac{U_{СН} - U_{БЭ} - U_{упр\ VT2}}{k_{нас} \cdot I_{Б\,VT2} + I_{R12}} = \frac{12 - 0,7 - 0,7}{1,5 \cdot 3,8 \cdot 10^{-3} + 0,7 \cdot 10^{-3}} = 1656\ Ом \tag{3.42}$$

Як резистори R13 і R33 вибираємо плівкові резистори сумарним опором $R_{Σ13_33}$ = 1,51 кОм - R-1206 510 Ом ±1% muRata і R-0805 1,0 кОм ±1% muRata, відповідно.

Параметри сигналу $U_{упр\ VT2}$ визначаються з умов:

$$U_{упр\ VT2} = U_{БЭ\ VT2} < 0,7\ В \tag{3.43}$$

$$I_{упр\ VT2} > I_{R33} > \frac{U_{СН} - U_{КЭнас}}{R33 + R13} = \frac{12 - 0,6}{1510} = 7,55 \cdot 10^{-3}\ А \tag{3.44}$$

Струм, що споживається вузлом охолодження по ланцюгу живлення

$U_{СН}$ = 12 В

$$I_{UO} = \frac{U_{СН} - U_{БЭ} - U_{упр\ VT2}}{R_{Σ13_33}} + I_M = \frac{12 - 0{,}7 - 0{,}7}{1510} + 0{,}15 = 0{,}157\ A \quad (3.45)$$

Як зворотний діод VD6, на підставі електричних параметрів М1, вибираємо діод 1N4001 MIC з наступними параметрами:

- максимальна зворотна напруга, U_b, В 100
- максимальний випрямлений струм I_a, А 1,0
- тип корпусу DO-41

Для придушення електричних перешкод, обумовлених роботою колекторного двигуна вентилятора М1, в безпосередній близькості з місцем його підключення до електричних ланцюгів плати блоку електросинтезу озону, встановлюємо керамічний конденсатор С9 - GRM42-6 X5R 104 20% 50 muRata (0,6 мкФ - SK 470,0 мкФ 25 В Jamicon 0817.

3.6 Вибір елементів вузла звукової сигналізації

Як випромінювач звуку НА1 вибираємо п'єзоелектричний випромінювач HPM14AX JL World або його аналог КРХ-1212В КЕРО. Технічні параметри випромінювачів звуку наведено у таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Технічні параметри випромінювачів звуку

Позначення	HPM14AX	КРХ-1212В
1	2	3
Тип випромінювача	п'єзоелектричний	електромагнітний
Робоча напруга, $U_{НА}$, В	3,0 ... 16,0	8,0 ... 15,0
Номінальний споживаний струм, $I_{НА}$, мА, не більше	$7{,}0\ 10^{-3}$	$30{,}0\ 10^{-3}$
Частота звуку, Гц	4900 ± 600	3100 ± 500
Звуковий тиск (10 см), дБ	80	85

1	2	3
Робоча температура, °С	-20 +60	-20 +70
Діаметр, мм	13,8	12,0

Електрична принципова схема вузла звукової сигналізації наведена на рисунку 3.4.

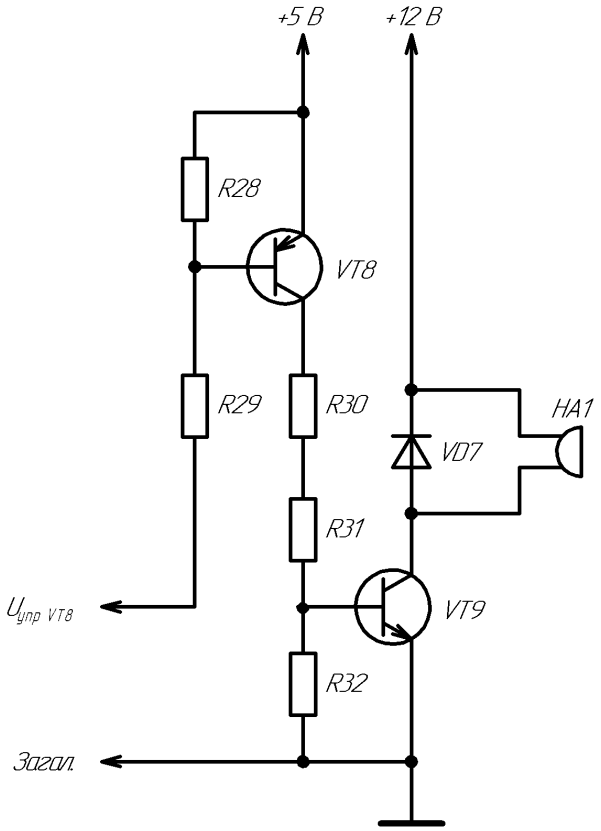


Рисунок 3.4 – Вузол звукової сигналізації

Розрахунок робочих параметрів вузла звукової сигналізації (R28…R32, VT8, VT9, VD7, HA1) та вибір елементів робимо для випромінювача звуку КРХ-1212В.

Як транзистор VT8 вибираємо BC858A Vishay Semiconductors з наступними параметрами:

- струм колектора, I_K, А 0,1
- напруга колектор - емітер, U_{KE}, В 30

- напруга база – емітер при $I_К$ = 30,0 мА, $U_{БЕ}$, В 0,7
- напруга насичення колектор - емітер, $U_{КЕ\ нас}$, В 0,6
- коефіцієнт посилення, $h_{21Е}$ 220
- структура p-n-p
- тип корпусу SOT-23

Як транзистор VT9 вибираємо транзистор BC848A Vishay Semiconductor з наступними параметрами:

- струм колектора, $I_К$, А 0,1
- напруга колектор – емітер у закритому стані, $U_{КЕ}$, В 30
- напруга колектор – емітер у насиченому стані, $U_{КЕ\ нас}$, В 0,4
- напруга база – емітер при $I_К$ = 10,0 мА, $U_{БЕ}$, В 0,7
- коефіцієнт посилення, $h_{21Е}$ 220
- структура n-p-n
- тип корпусу SOT-23

В якості шунтуючих резисторів R28 і R32 вибираємо резистори R-0805 1,0 ком ±1% muRata. Струм резисторів R28 та R32

$$I_{R28} = I_{R32} = \frac{U_{БЭ}}{R28} = \frac{0,7}{1,0 \cdot 10^3} = 0,7 \cdot 10^{-3}\ A \qquad (3.46)$$

Струм бази транзистора VT9 при значенні робочого струму колектора $I_{К\ VT9} = I_{НА} = 30,0 \cdot 10^{-3}$ А

$$I_{Б\,VT9} = \frac{I_{K\,VT9}}{h_{21Э}} = \frac{30 \cdot 10^{-3}}{220} = 0,14 \cdot 10^{-3}\ A \qquad (3.47)$$

Струм резисторів R30 і R31 дорівнює сумі струму бази VT9 і струму резистора R32

$$I_{R30} = I_{R31} = I_{Б\,VT9} + I_{R32} = 0,7 \cdot 10^{-3} + 0.14 \cdot 10^{-3} = 0.84 \cdot 10^{-3}\ A \qquad (3.48)$$

Приймаємо значення $I_{R30} = I_{R31} = 1,4$ мА. Сумарний опір резисторів R30 і R31 при напрузі живлення контролера $U_K = 5$ В дорівнює

$$R30 + R31 = \frac{U_K - U_{БЭ} - U_{КЭ}}{I_{R29}} = \frac{5 - 0,7 - 0,7}{1,4 \cdot 10^{-3}} = 2571\,Ом \qquad (3.49)$$

В якості резисторів R30 і R31 вибираємо резистори R-0805 1,0 ком ±1% muRata і R-1206 1,5 ком ±1% muRata, відповідно.

Як діод VD7 вибираємо високочастотний діод DL4148 MIC з наступними параметрами:

максимальна зворотна напруга, U_b, В	100
максимальний випрямлений струм I_a, А	0,15
час відновлення, t_b, нс	4
тип корпусу	DL-35

Приймаємо значення струму бази VT8 $I_{B\ VT8} = 0,3$ мА. З урахуванням струму $I_{R28} = 0,7$ мА, струм резистора R29

$$I_{R29} = I_{R28} + I_{БVT8} = 0,7 \cdot 10^{-3} + 0,3 \cdot 10^{-3} = 1,0\,мА \qquad (3.50)$$

Опір резистора R29, при напрузі низького рівня контролера DD2 $U_{OL} = U_{упр\ VT8} = 0,6$ В

$$R29 = \frac{U_K - U_{БЭ} - U_{OL}}{I_{R29}} = \frac{5 - 0,7 - 0,6}{1,0 \cdot 10^{-3}} = 3700\,Ом \qquad (3.51)$$

Як резистор R29 вибираємо резистор R-0805 3,6 ком ±1% muRata.

Струм, що споживається вузлом звукової сигналізації, ланцюгом живлення $U_{CH} = 5$ В,

$$I_{ZC5} = I_{R30} + I_{R29} = 1,4 \cdot 10^{-3} + 1,0 \cdot 10^{-3} = 2,4 \cdot 10^{-3}\ A \qquad (3.52)$$

Сумарний струм, по ланцюгу живлення U_{CH} = 12 В, споживаний тактовим генератором, вузлом охолодження та вузлом звукової сигналізації

$$I_{GOZ} = I_{UO} + I_{TG} + I_{ZC12} = 157 \cdot 10^{-3} + 20{,}01 \cdot 10^{-3} + 30 \cdot 10^{-3} = 207{,}01\ мА \quad (3.54)$$

Приймаємо для подальших розрахунків I_{12} = 208 мА

3.7 Вибір елементів симісторного ключа

Як компресор може бути використаний будь-який компресор потужністю до 200 Вт, розрахований на живлення від однофазної мережі напругою живлення 220 В, 50 Гц. У моделі ОСВ використовується компресор AC-9600 Resun

Електрична принципова схема симисторного ключа (C16, DA5, R36…R38, RU1, VS1) наведено рисунку 3.5. Додатково на рисунку 3.5 зображені компресор YA1, тумблер AS1, запобіжник FU1 та мережева вилка X1 (клемник X1 блоку A2 умовно не показаний).

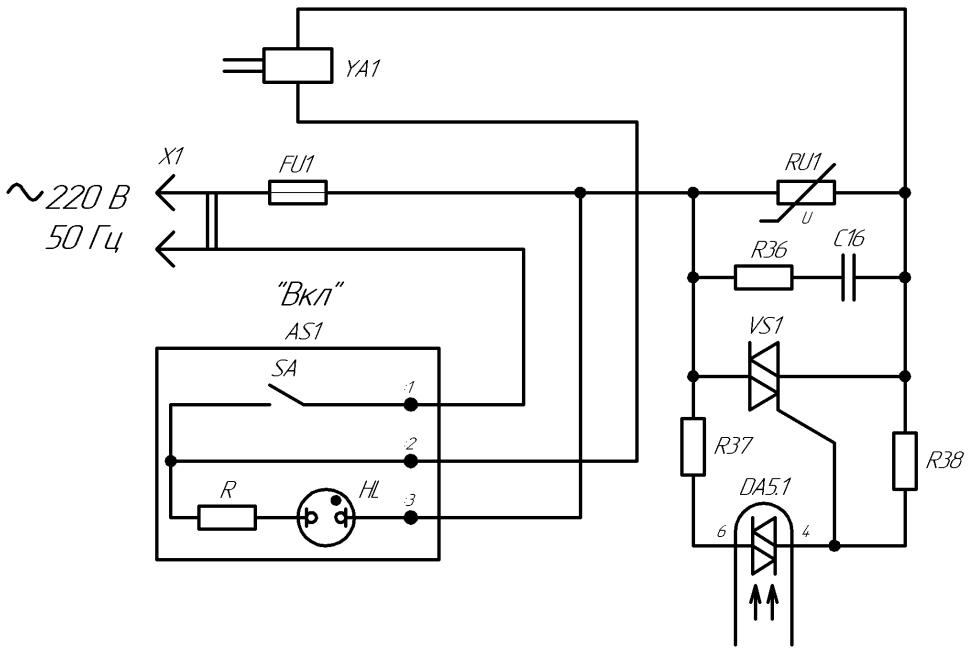


Рисунок 3.5 – Симісторний ключ

Як DA5 вибираємо твердотільне реле змінного струму АОУ179Б АДКБ.432220.086 ТУ виробництва ВАТ «Протон» (аналог MOC3061-M Fairchild Semiconductor).

На підставі вимог виробника та експериментальних даних вибираємо наступні компоненти:

C16 - Конденсатор МКР X2 0,1 мкФ 275 В TDK (R_m = 15 мм);

VS1 - Симистор BT136X-600 Philips;

R36 - Резистор MF-200 51 Ом 5% muRata;

R37 - Резистор MF-200 100 Ом 5% muRata;

R38 - Резистор R-1206 1% 360 Ом muRata;

RU1 - Варістор S14K275 Epcos.

4 КОНСТРУКТОРСЬКО-ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

4.1 Методика налаштування виробу

Розроблена озонаторна станція водопідготовки в умовах надзвичайних ситуацій має невисоку потужність і виробляє 2,0 грама озону в годину Тому для його наладки немає необхідності використовувати імітатор навантаження, як це прийнято для потужних промислових озонаторів. Процес наладки зводиться до налаштування електромагнітної системи «високовольтний трансформатор – генератор озону» у резонанс.

4.1.1 Комплект устаткування і інструментів:

1. Двоканальний осцилограф С1-83;
2. Лабораторний автотрансформатор (ЛАТР) потужністю понад 50 ВА.
3. Вимірювальний комплект К 505
4. Електронний мультиметр. Клас точності не нижче 2.
5. Щуп осцилографа з коефіцієнтом передачі 1:1 (щуп 1.)
6. Щуп осцилографа з дільником 10:1 (щуп 2).
7. Щуп – перетворювач струму в напругу - високочастотний трансформатор струму з коефіцієнтом передачі по напрузі 1:10 (щуп 3).
8. Відкрутка з ізольованим стержнем WAGO.

Електрична структурна схема стенду для налаштування та випробування озонаторної станції (СНВ) наведена на рисунку 4.1

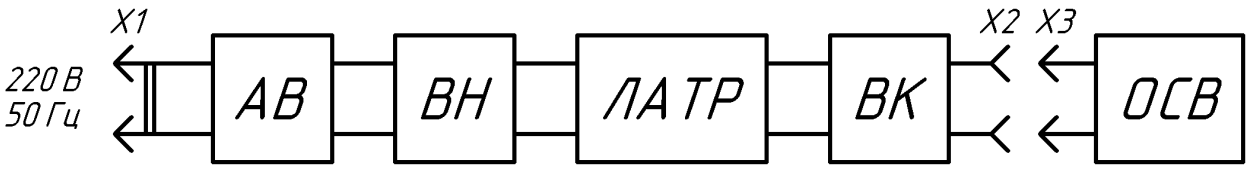


Рисунок 4.1 – Структурна схема стенду для налаштування та випробування

Стенд (СНВ) складається з наступних функціональних вузлів та блоків:

- автоматичного вимикача (АВ);

- вимикача навантаження (ВН);

- лабораторного автотрансформатора (ЛАТР);

- вимірювального комплекту К-505;

- шнура живлення з мережевою вилкою (Х1);

- шнура живлення з мережевою розеткою (Х2);

На рисунку, додатково, зображена озонаторна станція (ОСВ) із шнуром живлення (Х3).

4.1.2 Підготовка випробувань:

1 Включити осцилограф.

2 Підключити СНВ до живильної мережі (220 В, 50 Гц) за допомогою Х1.

3 Включити АВ і ВН.

4 За допомогою ВК проконтролювати значення вхідної напруги. При необхідності скорегувати за допомогою ЛАТР-а.

5 Вимкнути ВН.

6 Підключити до СНВ (Х2) шнур живлення озонатора Х3.

7 Встановити тривалість розгортки осцилографа С1-83 10 мкс / поділ.

8 Включити режим роботи послідовної розгортки двох променів.

9 Включити синхронізацію по першому променю і передньому фронту сигналу.

10 До першого каналу осцилографа підключити щуп-2.

11 До другого каналу осцилографа підключити щуп-1.

12 Встановити атенюатор першого каналу в положення 0,5 В / поділ і масштабний перемикач в положення 10.

13 Встановити атенюатор другого каналу в положення 0,5 В / поділ і масштабний перемикач в положення 10.

14 Відключити провід, що виходить з точки :3 А3 від клемника Х9.2.

15 Протягнути провід в отвір щупа 3.

16 Підключити провід до виводу клемника X9.2.

17 Коаксіальне рознімання щупа 3 розташувати так, щоб він не торкався струмоведучих частин.

4.1.3 Наладка озонатора (озонаторної станції)

1 Підключити нульове виведення щупа 1 до контрольної точки XP1.1

2 Підключити сигнальний вивід щупа 1 до контрольної точки XP1.2.

3 Підключити сигнальний вивід щупа 2 до контрольної точки XP2

4 Нульовий вивід щупа 2 відключити від дільника.

5 Включити ВН.

6 Відносно контрольної точки XP1.2 проконтролювати наявність живлення 12 ± 0,5 В на виводі 8 мікросхем DA2.

7 Переконатися, що потік повітря з вентилятора направлений у бік генератора озону.

8 Обертанням движка резистора R4 встановити тривалість імпульсу управління транзистором VT3 22 мкс. Контролювати процес по екрану осцилографа (рисунок 4.6 нижня крива).

9 Обертанням движка резистора R2 встановити тривалість паузи управління транзистором VT1 так, щоб крива напруги на силовому ключі озонатора відповідала верхній кривій, приведеній на рисунку 4.2. Контролювати процес по екрану осцилографа.

10 Вимкнути ВН.

11 Відключити коаксіальне рознімання щупа-1 від другого каналу осцилографа.

12 Підключити коаксіальне рознімання щупа-3 до другого каналу осцилографа.

13 Встановити атенюатор другого каналу в положення 10 мВ/дел. і масштабний перемикач в положення 1.

14 Включити ВН.

15 Проконтролювати форму кривої струму генератора озону. Вона повинна

відповідати нижній кривій, приведеній на рисунку 4.3.

16 Вимкнути ВН.

17 Відключити щупи 1 і 2 від контрольних точок ХР1…ХР3.

18 Відключити провід, що виходить з точки :3 А3 від клемника Х9.2.

19 Зняти щуп-3.

20 Підключити провід до виводу клемника Х9.2.

21 Відключити шнур живлення озонатора Х3 від розетки шнура живлення СНВ (Х2).

Увага!!! Підключення або перемикання ланцюгів у виробі, що настроюється, проводити тільки при вимкненому перемикачі АС1 (рис. 2.2).

Оперативне підключення / відключення виробу до / від електричної мережі СНВ (Х2) здійснюється за допомогою мережевого перемикача з підсвічуванням R19-20I R виробництва Switronic червоного кольору світіння (АС1). Мережевий перемикач АС1 «Вкл» розташований на панелі керування та індикації (А1).

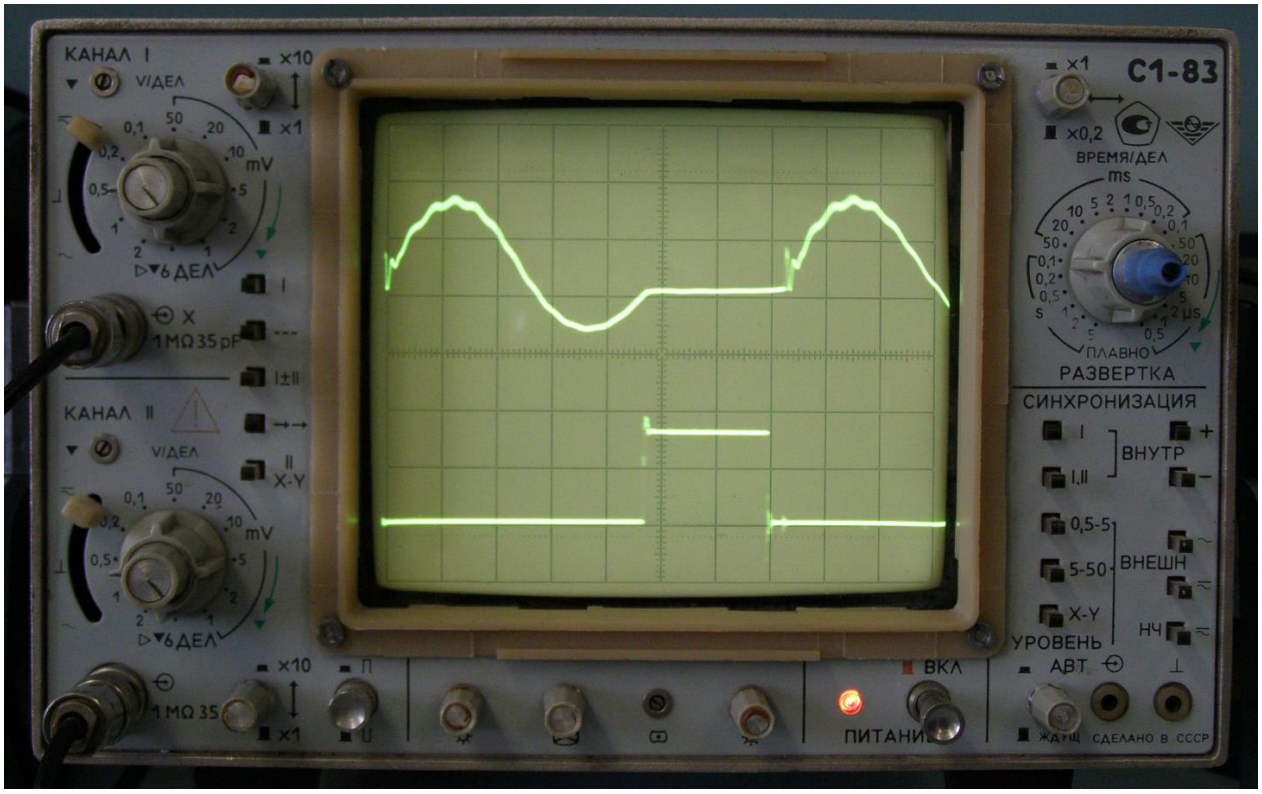


Рисунок 4.2 – Завдання довжини імпульсу управління транзистором VT3 і частоти роботи озонатора

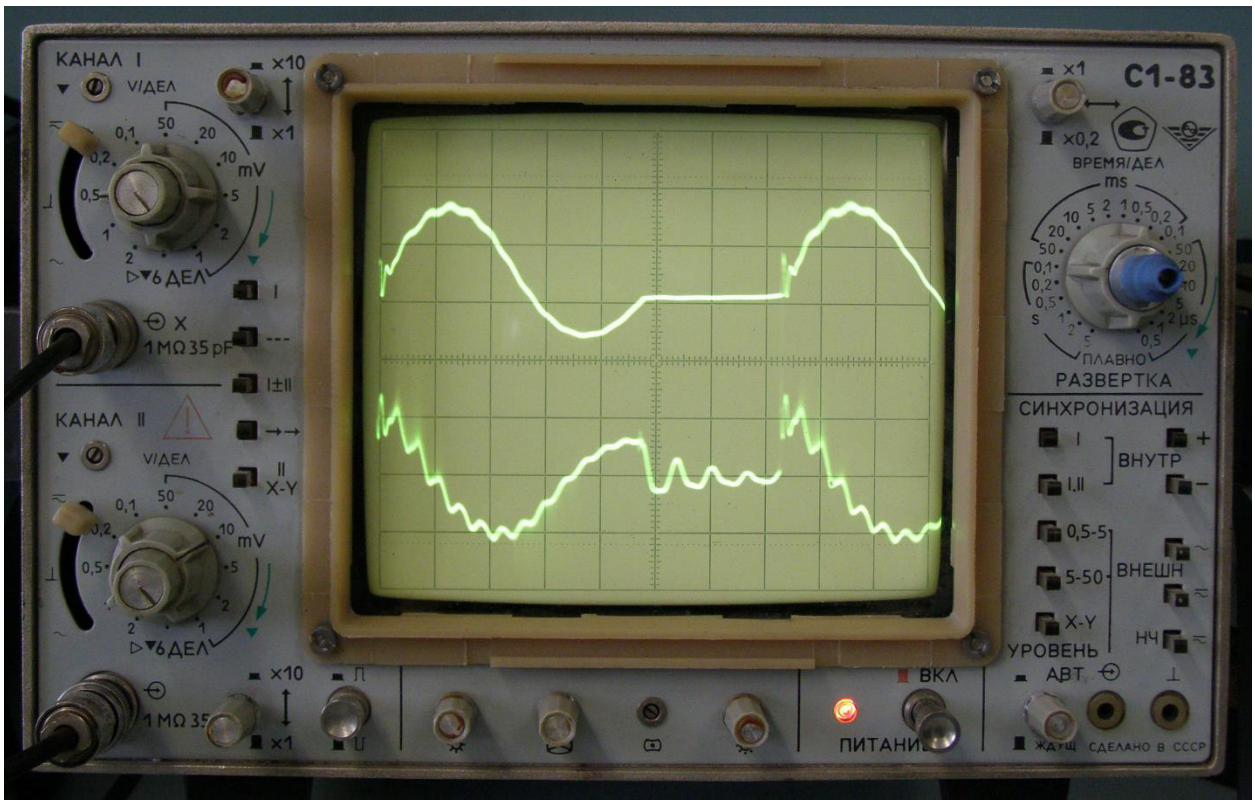


Рисунок 4.3 – Форма кривої напруги на силовому ключі озонатора (верхня) і форма кривої струму генератора озону (нижня)

4.2 Моделювання електромагнітних процесів в системі «трансформатор – генератор озону»

При моделюванні електромагнітних процесів в системі «високочастотний трансформатор – генератор озону бар'єрного озонатора» моделюється розрядний проміжок бар'єрного розряду.

На рисунку 4.4 зображений сегмент генератору озону в області бар'єрного розряду. Внутрішній електрод (електрод 2) має форму хреста з округленими рогами. Зовнішній електрод (електрод 1) розташований безпосередньо на кварцовій трубці (діелектричний бар'єр) з зовнішньої сторони. Розряд починається з найменшого проміжку, тому що він має найменше значення напруги пробою.

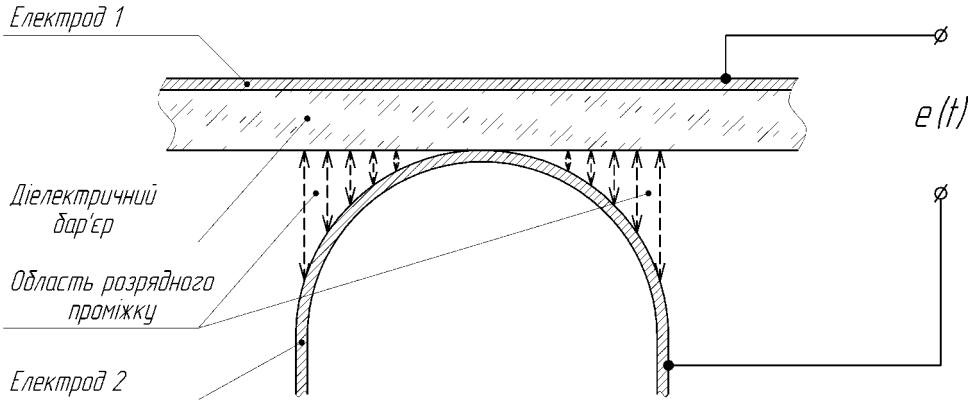


Рисунок 4.4 – Стрімери (короткочасні мікророзряди) в розрядному проміжку

Після зростання напруги стримерний розряд виникає також в інших ділянках із збільшеною напругою пробою. Відповідно до цього зі зростанням напруги площа бар'єрного розряду під внутрішнім електродом зростає. Треба відмітити, що внаслідок перезаряду бар'єрної ємності та перерозподілу напруги підчас існування стримеру, ділянка з меншою пробивною напругою має за одну напівхвилю вхідної напруги декілька стримерів. Зі збільшенням розрядного проміжку кількість і відповідно частота стримерів зменшується.

На рисунку 4.5 зображена блок-схема моделі одиничного стрімеру.

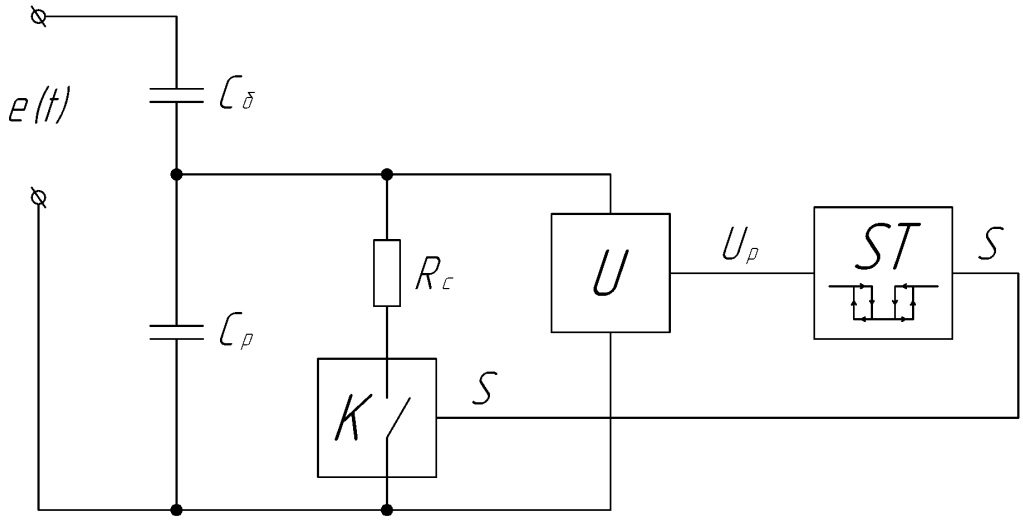


Рисунок 4.5 – Блок-схема моделі одиничного стрімеру

Модель одиничного стрімеру включає в себе конденсатор $C_б$, (ділянка бар'єрної ємності), конденсатор $C_р$ (ємність розрядного проміжку), ідеальний ключ К, датчик напруги U, пороговий елемент з петлею гістерезису ST і резистор $R_с$, що імітує активний опір стрімера. В якості джерела живлення застосоване джерело синусоїдальної ЕРС. Вихідний сигнал датчика напруги $U_р$, пропорційний напрузі на конденсаторі $C_р$, надходить на вхід порогового елемента ST. За досягнення на вході порогового елемента напруги, відповідної напрузі пробою ($–U_{р\ max}$ або $+U_{р\ max}$), на його виході формується сигнал включення ідеального ключа S.

При включенні ідеального ключа, конденсатор $C_р$, що імітує ємність розрядного проміжку розряджається на резистор $R_с$. Прохідна характеристика порогового елемента зображена на рисунку 4.9.

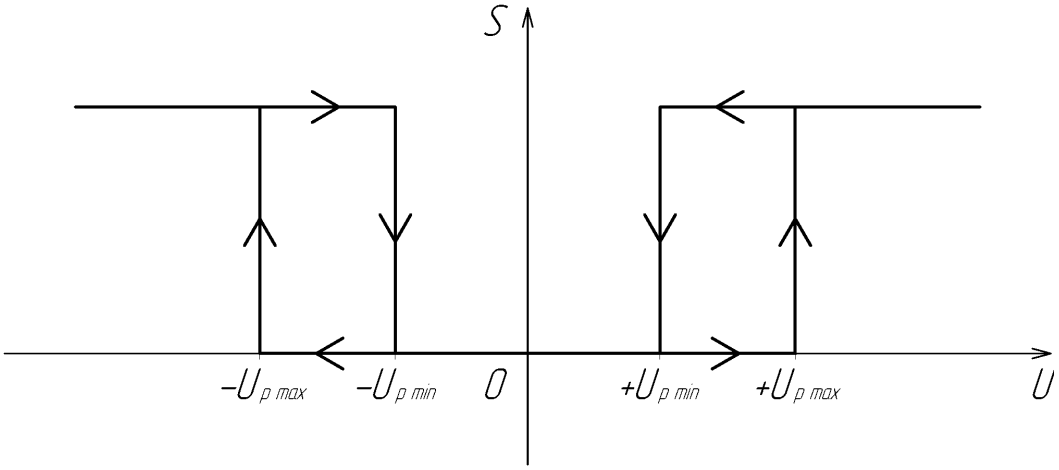


Рисунок 4.6 – Прохідна характеристика порогового елемента

Після розряду конденсатора до напруги відновлення розрядного проміжку ($–U_{р\ min}$ або $+U_{р\ min}$), на виході порогового елемента формується сигнал вимикання ідеального ключа S. Починається заряд конденсатора $C_р$ і процес повторюється знову.

Модель генератора озону, що складається з n = і моделей одиничних стрімерів, включених паралельно, зображена на рисунку 4.10. Додатково на рисунку зображені джерело синусоїдальної ЕРС, датчик струму і осцилограф.

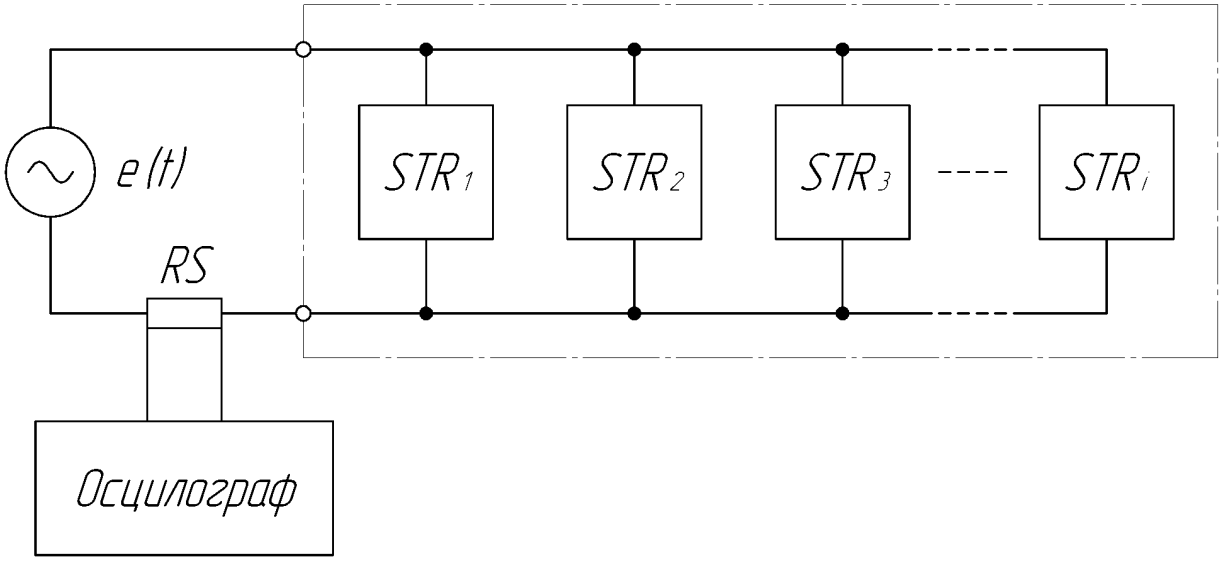


Рисунок 4.7 – Модель генератора озону

На рисунку 4.8 приведена реалізація моделі одиничного стрімера у програмному пакеті Matlab.

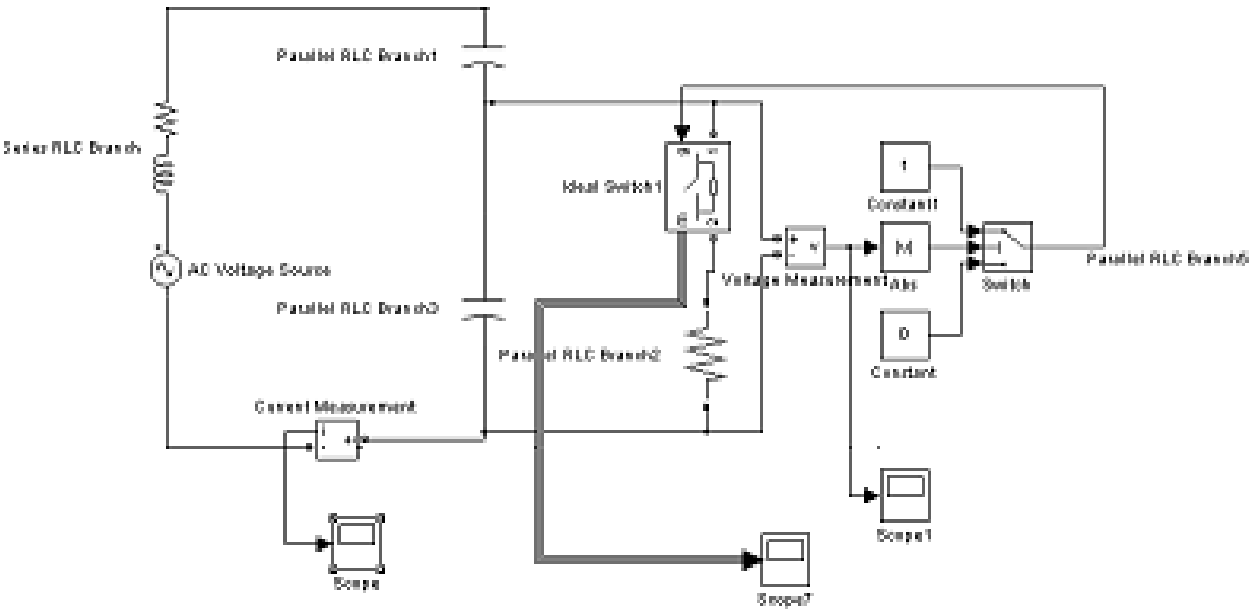


Рисунок 4.8 – Реалізація моделі одиничного бар’єрного розряду

На схемі напівпровідниковий перетворювач озонатора в вигляді джерела змінної напруги синусоїдальної форми. Внутрішній опір джерела та

індуктивність розсіювання вторинної обмотки трансформатора позначаються опором та індуктивністю, відповідно. Бар’єрний та розрядний проміжки позначаються на схемі у вигляді відповідних ємностей. Для спостерігання струму у контурі озонатора у нижній частині контуру підключений датчик струму. Його інформаційний вихід приєднаний до осцилографа.

Для моделювання стрімеру розрядна ємність зашунтована ключем, що управляється за допомогою спеціальної схеми, яка реалізує нелінійну вольт-амперну характеристику розрядного проміжку. Вона складається з датчика напруги та порогового елементу.

Вольт-амперна характеристика порогового елемента зображена на рисунку 4.6. Вона являє собою характеристику гістерезисного типу.

Характеристика має чотири порога два включення та два виключення, відповідно. Включений стан порогового елемента відповідає одиниці, виключений – нулю. Характеристика має симетрію відносно вісі напруги.

На рисунку 4.8 датчик напруги також використовується для спостерігання під час моделювання значення напруги на бар’єрному проміжку. Для урахування втрат енергії у стрімері послідовно з ключем що управляється включений опір. Потрібно зазначити, що у процесі формування струму озонатора приймають участь усі стрімери. Для імітаційного моделювання розглянута вище модель використовується для побудови більш розширеної моделі. Вона включає в себе декілька стрімерних сегментів. Для імітації різноманітності умов стрімерного розряду варіативність моделі кожного стрімеру відноситься до величини стрімерної ємності та величини порога спрацьовування схеми управління ключем кожного стрімеру. Ця модель зображена на рисунку 4.9. В даному випадку вона складається з трьох підсистем.

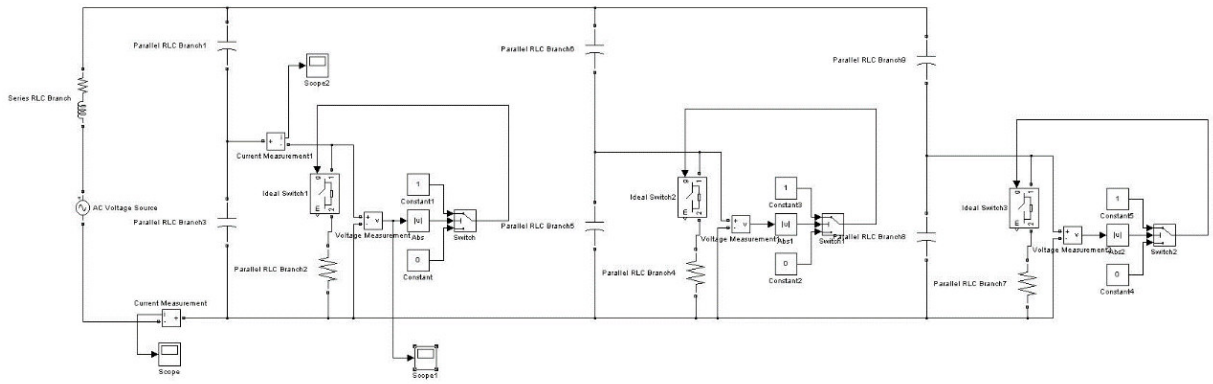


Рисунок 4.9 – Модель генератора озону в Matlab

Результати моделювання струму генератора озону наведені на рисунку 4.10.

На цьому рисунку видно виникнення стрибків струму які відповідають виникненню стрімера. Фактично кожен з цих сплесків є перехідний процес перерасподілу заряду між бар’єрним та розрядним проміжком який відбувається через джерело живлення, що і видно на рисунку. Тобто ці процеси фіксуються за допомогою датчика струму та осцилографу.

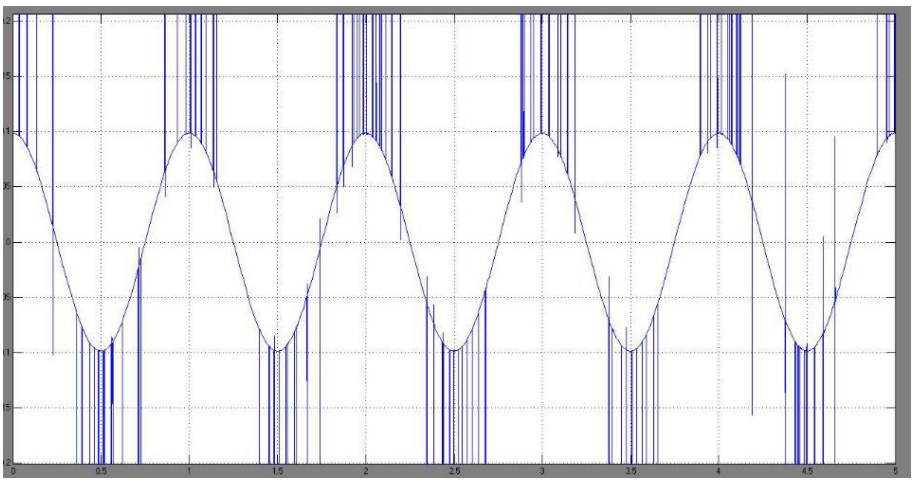


Рисунок 4.10 – Результат моделювання струму генератора озону

Зображений імітаційний процес збігається по візуальному виду з процесом що отриманий на реальному макеті на осцилографі. Зокрема ділянка

виникнення стрімерів має назву «вуаль». Що підтверджує адекватність запропонованої моделі.

На рисунку 4.11 зображені результати моделювання напруги стрімеру.

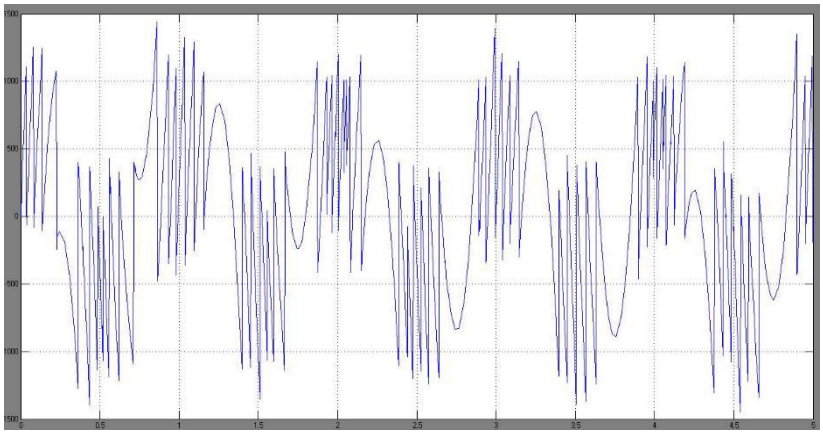


Рисунок 4.11 – Результат моделювання напруги стрімеру генератора озону

З рисунка видно, що за одну напівхвилю напруги джерела живлення в одній стрімерній області виникає декілька послідовних стрімерних розрядів, що абсолютно збігається з фізичними уявленнями про природу стрімерного розряду бар’єрного типу.

Ці результати також підтверджуються моделюванням струму стрімеру, що зображений на рисунку 4.12.

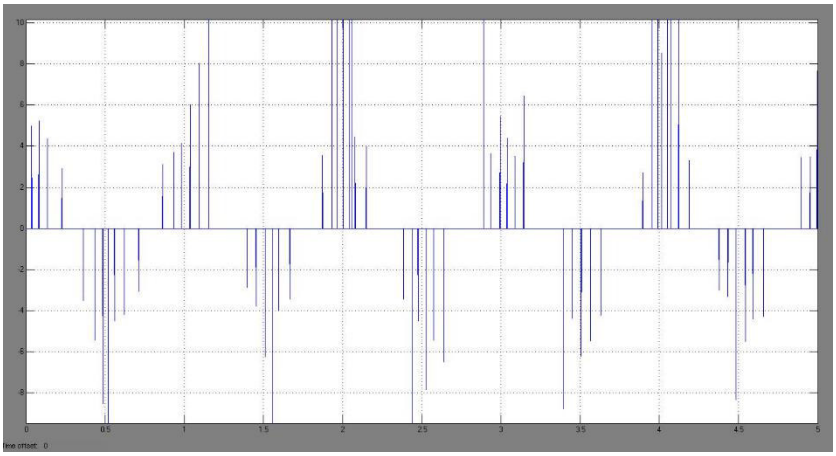


Рисунок 4.12 – Результат моделювання струму стрімеру генератора озону

Запропонована математична модель та її реалізації за допомогою персонального комп’ютера має високий рівень адекватності, підтверджується теоретичними уявленнями про фізику бар’єрного розряду та підтверджуються результатами експериментальних досліджень реального бар’єрного розряду.

4.3 Охорона праці в лабораторії

Лабораторія, де збирають і випробують озонатори, є приміщенням в якому розміщуються робочі місця, оснащені необхідними приладами і пристроями: для припаювання електронних та електричних компонентів на плату столи оснащені електропаяльником; для збірки виробу у корпус – електроінструментом. Випробування озонатору відбувається на столі де розташовані вимірювальні пристрої: стенд і осцилограф. 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, озонаторна станція).

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 [17, 18].

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 на людину змінного струму

Струм, мА	Змінний струм (дія на людину)
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
0,5	При t > 3 с – 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 лабораторії є в кількості значно меншій

граничнодопустимих концентрацій.

Категорія робіт по ступені тяжкості 1б – легка, роботи виконуються сидячи і супроводжуються незначною фізичною напругою [19].

Заходи по усуненню небезпечних та шкідливих чинників

Для захисту від поразки електричним струмом у лабораторії пропонується використовувати захисне заземлення.

Від шкідливих речовин в повітрі лабораторії пропонується природне провітрювання, застосовування примусової вентиляції – кондиціонер.

Для підтримки мікрокліматичних умов в лабораторії пропонується настінний кондиціонер Gree Knight GWHN24FA-NK1A1A потужністю 7 кВт, який дозволяє охолоджувати від 15 м^2 до 70 м^2. Внутрішній блок настінного кондиціонеру встановити у верхній частині стіни, недалеко від вікна, а зовнішній – під вікном. Для живлення кондиціонеру використовується змінна напруга живленої мережі – 220В. Кондиціонер Gree Knight GWHN24FA-NK1A1A застосовується для охолоджування, вентиляції і нагріву повітря [20].

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

Пропонується застосовувати центральне водяне опалювання з радіаторами. Такий вид опалювання забезпечує рівномірність нагріву приміщення; можливість централізованого регулювання температури теплоносія (води); відсутність запаху гару; підтримка відносної вологості повітря [21].

Від напруженості праці в лабораторії окрім перерви на обід пропонується ввести короткі – п’ятнадцяти хвилинні – перерви після кожної години роботи.

Виробнича санітарія

Об'єм приміщення на кожне робоче місце в лабораторії, згідно [20] повинен складати не менше 15 м^3, а площа – 4,5м^2. Ширина основних проходів не менше 1,5 м. Висота приміщення не менше 3,2 м, ширина виходів з приміщення не менше 1 м.

В лабораторії постійно знаходиться не більше п’яти людей.

Площа лабораторії 42м^2, довжина 7м; ширина 6 м; висота 3,5м.

На кожне робоче місце в лабораторії приходиться:

- площі 7×6=42/5=8,4 м^2;

- об’єму 42×3,5=147/5=29,4 м^3.

Вимоги виробничої санітарії [20] в лабораторії виконуються.

Вироблювані роботи відносяться до робіт середньої точності (найменший розмір об'єкту більше 0,5мм до 1 мм), розряд робіт IV, підрозряд В. В таблиці 4.2 приведені нормативні значення освітленості

Таблиця 4.2 – Норми освітленості [21]

Найменування	Розряд зорової роботи	Освітленість, (лк) і коефіцієнт запасу			Аварійне освітлення, лк	
		при використанні люмінесцентних ламп				
		Система комбінов. освітлен.	Система загального освітлення	Коефіцієнт запасу	для продовження робіт	для евакуації
Лабораторія	IVв	1000	300	1,2	10	1лк на виходах

Пропонується використовувати як природне, так і штучне освітлення. Природне освітлення здійснюється через вікна в бічних стінах. Стекла потрібно регулярно очищати і робити білення стін і стелі.

Штучне освітлення в лабораторії пропонується загальне і таке, що відповідає нормам, приведеним в таблиці 4.2.

Пропонується використовувати для освітлення газорозрядні лампи (денного світла – ЛД: температура нагріву 30…60ºС; світлова віддача – 40–100лм/ Вт), що розміщуються у верхній зоні приміщення.

Робочі місця повинні бути розміщені на відстані не менше 1,5 м від стіни з вікнами, від решти стін – на відстані не менше 1м.

Електробезпека

Приміщення лабораторії 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 [17, 18].

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

При збірці та випробуванні озонатора в приміщенні лабораторії пропонується строго дотримуватися правил техніки безпеки, зокрема правила електробезпеки:

– 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 [17, 18].

Захисне заземлювання лабораторії виконується зовні, а в лабораторії електроустаткування приєднується болтовим з'єднанням до металевої смуги опором <4 Ом заземлюючими проводами [17, 18].

4.4 Пожежна та техногенна безпека

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

По пожежній небезпеці будівля, де знаходиться приміщення лабораторії, відноситься до категорії Д – матеріали в холодному стані [22].

Можливі причини виникнення пожежі:

1) Несправність електричної проводки;
2) Несправність приладів і устаткування, що живляться від мережі;
3) Несправність захисного заземлення.
4) Необережне поводження з вогнем.

Для запобігання утворенню горючого середовища передбачені наступні заходи:

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

б) 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) [23].

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.

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 [24]. Максимальна відстань від найбільш віддаленого робочого місця до евакуаційного виходу та необхідний час евакуації людей з приміщення категорії Д не нормується [24]. В лабораторії на видному місці пропонується вивісити план евакуації, який наводиться на рисунку 4.13.



Рисунок 4.13 – План евакуації людей з лабораторії у разі пожежі

5 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ

Одним з основних показників, за допомогою якого оцінюється економічна ефективність нової техніки, є величина капітальних вкладень [25].

До таких капітальних вкладень відносяться витрати на науково-дослідні і дослідно-конструкторські 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) [26].

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 трифазного джерела живлення електроприводу постійного струму.

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 електрична принципова	схема ф.А1	1	24	24	1	3	500,00	1500,00
2	Схема комбінована структурна	схема ф.А1	1	8	8	1	1	500,00	500,00
3	Складальне креслення	ф.А1	1	16	16	1	2	500,00	1000,00
4	Креслення друкованої плати	ф.А1	1	24	24	1	3	500,00	1500,00
5	Специфікація	ф.А4	4	2	8	1	1	500,00	500,00
6	Розрахунки	ф.А4	10	8	80	1	10	500,00	5000,00
7	Програмне забезпечення	ф.А4	3	5	15	1	1,9	500,00	950,00
8	Записка пояснення	ф.А4	80	1	80	1	10	500,00	5000,00
	Разом:						30		15950,00

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 100% проти 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	70,00	700,00
2	Монтажні	6	10	70,00	700,00
3	Регулювальні	6	5	70,00	350,00
Разом:					1750,00

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	Стеклотекстоліт 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

Продовження таблиці 5.3

1	2	3	4	5	6
4	Флюс	л	0,020	150,00	3,00
Разом:					79,50

Таблиця 5.4 – Витрати на куповані комплектуючи вироби

№	Найменування	Кількість, шт.	Ціна одиниці, грн.	Сума, грн.
1	Корпус виробу	1	350	350
2	Компресор	1	200	200
3	Вентилятор	1	100	100
4	Дріт 1.5mm^2	5 м	15,00	75,00
5	Дріт 0.5mm^2	5 м	5,00	25,00
6	Резистори	40	0,10	4,00
7	Конденсатори	23	2,00	46,00
8	Перемикачі	3	15,00	45,00
9	Діоди	7	4,00	28,00
10	Транзистори	9	10,00	90,00
11	Мікросхеми аналогові	5	20,00	100,00
12	Мікросхеми цифрові	2	50,00	100,00
13	Дроселі	2	3,00	6,00
14	Трансформатори	2	150,00	300,00
15	Клемники	14	3,00	42,00
16	Світлодіоди	4	1,50	6,00
17	Звуковий випромінювач	1	15,00	15,00
18	Симістор	1	10,00	10,00
19	Запобіжники	2	1,50	3,00
Разом:				1545,00

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	79,50
2	Куповані комплектуючи вироби	1545,00
3	Транспортні витрати (5% (п.1+п.2))	81,23
4	Заробітна платня виробничих робочих	1750,00
5	Додаткова заробітна плата (10%п.4)	175,00
6	Нарахування на зарплату (37%(п.4+п.5))	712,25
7	Накладні витрати (120% п.4)	2100,00
Всього собівартість:		6442,98

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	15950,00
2	Зарплата на коректування технічної документації за наслідками випробувань дослідного зразка (15% п.1)	2392,50
3	Разом:	18342,50
4	Нарахування на зарплату (37% п.3)	6786,73
5	Накладні витрати (120% п.3)	22011,00
6	Собівартість дослідного зразка	6442,98
7	Інші витрати (5% п.6)	322,15
Всього вартість розробки:		53905,36

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	5	60,00	300,00
2	Монтажні	5	5	60,00	300,00
3	Регулювальні	5	2	60,00	120,00
	Разом:				720,00

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	2	3
1	Матеріали	79,50
2	Куповані комплектуючи вироби	1545,00
3	Транспортні витрати (5% п.1+п.2)	81,23
4	Основна заробітна плата виробничих робочих (табл. 5.7)	720,00
5	Додаткова заробітна плата (10% п.4)	72,00
6	Нарахування на зарплату (37%(п.4+п.5))	293,04
7	Загальновиробничі витрати (100% п.4)	720,00
8	Разом собівартість	3510,77

Продовження таблиці 5.8

1	2	3
9	Прибуток (30% п.8)	1053,23
Ціна виробника:		4564,00

5.2 Розрахунок терміну окупності розробки

Річний економічний ефект від впровадження нових виробів розраховується по формулі [22]:

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

де $П$ - прибуток на одиницю продукції (з табл. 5.8 $П$=1053,23);

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:

$$K_V = \frac{K}{A_P} \,, \qquad (5.2)$$

де K - капіталовкладення в розробку виробу (з табл. 5.6 K=*53905,36*).

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

$$K_V = \frac{53905{,}36}{120} = 449{,}21$$

Тоді передбачуваний річний економічний ефект:

$$E_P = (1053{,}23 - 0{,}15 \cdot 449{,}21) \cdot 120 = 118301{,}82$$

Ефективність розробки визначається згідно:

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

$$E = \frac{118301{,}82}{53905{,}36} = 2{,}2$$

Термін окупності продукції рівний зворотній величині ефективності:

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

$$T = \frac{1}{2{,}2} = 0{,}46 \text{ року}$$

В таблиці 5.9 приводяться загальні економічні показники розробленої системи передачі інформації по оптичним каналам.

Таблиця 5.9 – Економічні показники

№	Показники	Один. виміру	По проектованому виробу
1	2	3	4
1	Витрати на КПП	грн.	53905,36
2	Собівартість розробки	грн.	18342,50

Продовження таблиці 5.9

1	2	3	4
3	Ціна підприємства	грн.	4564,00
4	Річний обсяг випуску	шт.	120
5	Річний економічний ефект	грн.	118301,82
6	Ефективність розробки		2,2
7	Термін окупності додаткових капітальних вкладень	років	0,46

Економічні розрахунки підтвердили доцільність розробки озонаторної станції водопідготовки в умовах надзвичайних ситуацій.

Висновки

Під час розробки дипломного проекту було проведено аналіз ринку озонаторів та озонаторних станцій. Виконано огляд вимог, які пред'являються до озонаторних станцій

Розроблено комбіновану структурну та електричну принципову схеми озонаторної станції водопідготовки в умовах надзвичайних ситуацій. Електроживлення виробу здійснюється від промислової мережі напругою 220 В частотою 50 Гц. Потужність, споживана станцією не перевищує 16 ВА. Озон синтезується у високочастотному бар'єрному електричному розряді з кисню компримованого повітря. Ймовірна продуктивність станції по озону становить 2 г / год. Охолодження станції – примусове повітряне. Виконані розрахунки елементів основних функціональних вузлів виробу.

Розроблена методика налаштування виробу. Виконано моделювання електромагнітних процесів в системі «трансформатор – генератор озону».

Описано заходи щодо охорони праці та техногенної безпеки в лабораторії, де планується проводити випробування розробленої озонаторної станції. Розроблено план евакуації людей з лабораторії у разі пожежі.

Надано економічний розрахунок вартості виготовлення озонаторної станції водопідготовки. Економічні розрахунки підтвердили доцільність виготовлення проектованого виробу.

Перелік джерел посилання

1. Нанофільтрація води, питна вода, ультрафільтрація : веб-сайт. URL: https://aqua-life.ua/ (дата звернення 05.06.2025р.)

2. Драгінський В.Л., Алексєєва Л.П., Корабельников В.М., Рапопорт Я.Д. Лабораторія технології та обладнання для очищення природних вод. «Водопостачання та санітарна техніка», 1995 № 6, с. 10 – 12.

3. Філіппов Ю.В. Електросинтез озону/ Філіпов Ю.В., Воблікова В.А., Пантелєєв В.І. - М.: Вид-во Московського університету, 1987. - 245с.

4. Лунін В.В. Фізична хімія озону/ Лунін В.В., Попович М.П., Ткаченко С.Н. -М.: Вид-во Московського університету, 1998. - 196с.

5. Пічугін Ю.П. Структура бар'єрного розряду та синтез озону: зб. наук. праць/ наук. ред. Ю.П. Пічугін. - Москва: Наук. кн., 2005. - 215 с.

6. Е. Сілкін, к. т. н. Синтез озону в електричних розрядах та підвищення його ефективності // Нові технології. – Випуск №6 – Київ, 2008. – С. 136 - 143.

7. Вековой Восток : веб-сайт. URL: https://vekvostok.com.ua/vekovoj-vostok/ (дата звернення 05.06.2025р.)

8. АскоУкрем : веб-сайт. URL: https://techno-med.com.ua/ua/askoukrem/ (дата звернення 05.06.2025р.)

9. Doctor-101 : веб-сайт. URL: https://techno-med.com.ua/ua/doctor-101/ (дата звернення 05.06.2025р.)

10. Завод «Конвектор» : веб-сайт. URL: https://convector.info/produkciya/ (дата звернення 05.06.2025р.)

11. Озонатор от вирусов Турмалиновый многофункциональный : веб-сайт. URL: https://vekvostok.com.ua/ozonator-ot-virusov-turmalinovyj-mnogofunkcionalnyj (дата звернення 05.06.2025р.)

12. Озонатор води та повітря GL-3210 : веб-сайт. URL: https://techno-med.com.ua/ua/ozonator-vody-i-vozduha-gl-3210.html/ (дата звернення 05.06.2025р.)

13. Озонатор Cyclone-101 : веб-сайт. URL: https://techno-med.com.ua/ua/ozonator-cyclone-101.html/ (дата звернення 05.06.2025р.)

14. Озонатор 400 мг/г : веб-сайт. URL: https://convector.info/product/ozonator-400-mg-g/ (дата звернення 05.06.2025р.)

15. Білий О., Туришев К.О. Концепція побудови бортового озонатора. XVI університетська науково-практична конференція студентів, аспірантів, докторантів і молодих вчених «Молода наука-2023» Запоріжжя: ЗНУ, 2023. Т. 5 С. 51-53.

16. Тархова А., Туришев К.О. Озонаторна станція водопідготовки в умовах надзвичайних ситуацій. XVIII університетська науково-практична конференція студентів, аспірантів, докторантів і молодих вчених «Молода наука-2025» Запоріжжя: ЗНУ, 2025. Т. 5 С. 376-378.

17. Правила технічної експлуатації електроустановок споживачів. К. 2009 р.

18. ПУЕ-2017 - Правила улаштування електроустановок

19. 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.

20. ДСТУ EN 482:2016 Повітря робочої зони. Загальні вимоги до характеристик методик вимірювання вмісту хімічних речовин (EN 482:2012+A1:2015, IDT)

21. ДБН В.25-28-2006. Природне і штучне освітлення.

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

23. НАПБ Б.03.001-2004. Типові норми належності вогнегасників.

24. НАПБ А.01.001-2014 Правила пожежної безпеки в Україні.

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

26. 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		
А1			ЕІСПЗ ДП.22079.00.00.00.00.Д1	Озонаторна станція водопідготовки в умовах надзвичайних ситуацій Аналіз ринку		
А1			ЕІСПЗ ДП.22079.00.00.00.00.С1	Озонаторна станція водопідготовки в умовах надзвичайних ситуацій Схема комбінована структурна		
А1			ЕІСПЗ ДП.22079.00.00.00.00.Е3	Озонаторна станція водопідготовки в умовах надзвичайних ситуацій Схема електрична принципова		
А4			ЕІСПЗ ДП.22079.00.00.00.00.ПЕ3	Озонаторна станція водопідготовки в умовах надзвичайних ситуацій Перелік елементів		
А1			ЕІСПЗ ДП.22079.00.00.00.00.Д2	Озонаторна станція водопідготовки в умовах надзвичайних ситуацій Осцилограми напруг і струмів		
А1			ЕІСПЗ ДП.22079.00.00.00.00.Д3	Озонаторна станція водопідготовки в умовах надзвичайних ситуацій План евакуації у разі пожежі		

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

Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата
Розроб.		Тархова		20.06
Перевір.		Туришев		20.06
Нконтр.		Туришев		20.06
Затверд.		Критська		20.06

ЕІСПЗ ДП.22079.00.00.00.00

Озонаторна станція водопідготовки в умовах надзвичайних ситуацій

Літ.	Аркуш	Аркушів
	1	2

ІННІ ім Ю.М. Потебні ЗНУ 6.1711

Копіював

Формат А4

продовження Додатку А

Формат	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	Кіл.	Примітка
А1			ЕІСПЗ ДП.22079.00.00.00.00.Д4	Озонаторна станція водопідготовки в умовах надзвичайних ситуацій		
				Економічні показники		

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

Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата	ЕІСПЗ ДП.22079.00.00.00.00	Арк. 2

Копіював Формат А4

Додаток Б

Зона	Поз. позначення	Найменування	Кіл.	Примітка
	A1	Панель управління та індикації ЕІСПЗ ДП.22079.00.01.00.00	1	
	AC1	Перемикач мережевий з підсвіткою R19-201 R Switronic	1	червоний
	SB1	Перемикач кнопковий без фіксації R13-502A SPST G Switronic	1	зелений
	SB2	Перемикач кнопковий без фіксації R13-502A SPST R Switronic	1	червоний
	VD1	Світлодіод GNL-5013 UBW G-NOR Optoelectronics	1	ARL-5613UBW
	VD2	Світлодіод GNL-5013 URW G-NOR Optoelectronics	1	ARL-5613URW
	VD3	Світлодіод GNL-5013 UYW G-NOR Optoelectronics	1	ARL-5613PYW
	VD4	Світлодіод GNL-5013 UGW G-NOR Optoelectronics	1	ARL-5613PGW
	A2	Джерело живлення генератора озону ЕІСПЗ ДП.22079.00.02.00.00	1	
	C1, C2	Конденсатор SK 4 700,0 мкФ 35 В Jamicon 1835	2	1626...1636
	C3	Конденсатор GRM42-6 X5R 105 ±20% 50 muRata	1	1,0 мкФ 1206
	C4	Конденсатор R15 X7R 104 ±10% 50 H 5 muRata	1	К10-17Б 0,1 мкФ
	C5	Конденсатор R15 X7R 332 ±10% 50 H 5 muRata	1	К10-17Б 3,3 нФ
	C6	Конденсатор GRM42-6 X5R 105 ±20% 50 muRata	1	1,0 мкФ 1206
	C7, C8	Конденсатор SK 470,0 мкФ 25 В Jamicon 0817	2	330,0 мкФ
	C9	Конденсатор GRM42-6 X5R 104 ±20% 50 muRata	1	0,1 мкФ 1206
	C10	Конденсатор SK 100,0 мкФ 25 В Jamicon 0612	1	
	C11	Конденсатор GRM42-6 X5R 104 ±20% 50 muRata	1	0,1 мкФ 1206

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

ЕІСПЗ ДП.22079.00.00.00.00.ПЕЗ

Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата
Розроб.		Тархова		20.06
Перевір.		Туришев		20.06
Н.контр.		Туришев		20.06
Затверд.		Критська		20.06

Озонаторна станція водопідготовки в умовах надзвичайних ситуацій
Перелік елементів

Літ.	Аркуш	Аркушів
	1	5

ІНМІ ім Ю.М. Потебні ЗНУ
6.1711

Копіював

Формат А4

продовження Додатку Б

Зона	Поз. позначення	Найменування	Кіл.	Примітка
	C12	Конденсатор SK 100,0 мкФ 25 В Jamicon 0612	1	
	C13	Конденсатор К78-2 1000 пФ ±10% 1000 В ОЖО.461.112 ТУ	1	
	C14	Конденсатор GRM42-6 X5R 105 ±20% 50 muRata	1	1,0 мкФ 1206
	C15	Конденсатор SK 470,0 мкФ 35 В Jamicon 1021	1	1000,0 мкФ 25 В
	C16	Конденсатор МКР X2 0,1 мкФ 275 В TDK	1	R_m = 15 мм
	C17, C18	Конденсатор SK 100,0 мкФ 25 В Jamicon 0612	2	
	C19..C21	Конденсатор GRM42-6 X5R 104 ±20% 50 muRata	3	0,1 мкФ 1206
	C22	Конденсатор SK 100,0 мкФ 25 В Jamicon 0612	1	
	C23	Конденсатор GRM42-6 X5R 104 ±20% 50 muRata	1	0,1 мкФ 1206
	DA1	Діодний міст RS201 DC Components	1	
	DA2	Мікросхема LM2596T-12 Texas Instruments	1	
	DA3	Мікросхема КР1181ЕН5А АДБК 431420.542 ТУ	1	L78L05AC
	DA4	Мікросхема КР1006ВИ1 БК0.348.685 ТУ	1	LM555, SA555N
	DA5	Мікросхема АОУ179Б АДКБ.432220.086 ТУ	1	5П51, MOC3061-M
	DD1	Мікросхема IR4427 International Rectifier	1	DIP-8
	DD2	Мікросхема ATtiny13 ATMEL	1	SOIC-8
	FU1	Запобіжник плавкий 32S-0250H Hollyland	1	
	FU2	Запобіжник MF-R025 Bourns	1	
	HA1	П'єзоелектричний випромінювач HPM14AX JL World	1	KPX-1212B
	L1	Дросель RLB0914-330K Bourns	1	
	L2	Дросель RLB0914-100K Bourns	1	
	R1	Резистор R-0805 1% 220 Ом muRata	1	
	R2	Резистор змінний 3296W 10,0 кОм ± 10% Bourns	1	
	R3	Резистор R-1206 1% 10 кОм muRata	1	

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

Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата	ЕІСПЗ ДП.22079.00.00.00.00.ПЕЗ	Арк. 2

Копіював Формат А4

продовження Додатку Б

Зона	Поз. позначення	Найменування	Кіл.	Примітка
	R4	Резистор змінний 3296W 5,0 кОм ± 10% Bourns	1	
	R5	Резистор R-1206 1% 8,2 кОм muRata	1	
	R6	Резистор R-0805 1% 10 кОм muRata	1	
	R7	Резистор R-0805 1% 7,5 кОм muRata	1	
	R8	Резистор R-0805 1% 1,0 кОм muRata	1	
	R9	Резистор R-1206 1% 8,2 Ом muRata	1	
	R10	Резистор R-1206 1% 1,0 кОм muRata	1	
	R11	Резистор MF-100 100 Ом ± 5% muRata	1	100 Ом ... 620 Ом
	R12	Резистор R-1206 1% 1,0 кОм muRata	1	
	R13	Резистор R-1206 1% 510 Ом muRata	1	R13 + R33 = 1,5 кОм
	R14, R15	Резистор R-0805 1% 5,1 кОм muRata	2	
	R16	Резистор R-0805 1% 100 Ом muRata	1	51 Ом ... 150 Ом
	R17, R18	Резистор R-0805 1% 100 Ом muRata	2	
	R19	Резистор R-0805 1% 180 Ом muRata	1	
	R20	Резистор R-0805 1% 1,0 кОм muRata	1	
	R21..R24	Резистор R-0805 1% 3,6 кОм muRata	4	
	R25..R28	Резистор R-0805 1% 1,0 кОм muRata	4	
	R29	Резистор R-0805 1% 3,6 кОм muRata	1	
	R30	Резистор R-0805 1% 1,0 кОм muRata	1	R30 + R31 = 2,5 кОм
	R31	Резистор R-1206 1% 1,5 кОм muRata	1	R30 + R31 = 2,5 кОм
	R32	Резистор R-0805 1% 1,0 кОм muRata	1	
	R33	Резистор R-0805 1% 1,0 кОм muRata	1	R13 + R33 = 1,5 кОм
	R34	Резистор R-1206 1% 620 Ом muRata	1	
	R35	Резистор R-1206 1% 6,2 кОм muRata	1	
	R36	Резистор MF-200 51 Ом ± 5% muRata	1	
	R37	Резистор MF-200 100 Ом ± 5% muRata	1	51 Ом ... 100 Ом
	R38	Резистор R-1206 1% 360 Ом muRata	1	
	R39	Резистор 491-0 1% 39 Ом muRata	1	
	RU1	Варистор S14K275 Epcos	1	

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

Зм. Арк. № докум. Підп. Дата

ЕІСПЗ ДП.22079.00.00.00.00.ПЕЗ

Арк. 3

Копіював Формат А4

продовження Додатку Б

Зона	Поз. позначення	Найменування	Кіл.	Примітка
	T1	Трансформатор мережевий ТН 48/25 G 220/15 50 Гц		
		ДСТУ IEC 61558-2-1	1	
	VD1, VD2	Діод DL4148 MIC	2	
	VD3	Діод 1N5822 ON Semiconductor	1	
	VD4, VD5	Діод HER203 DC Components	2	
	VD6	Діод 1N4001 MIC	1	
	VD7	Діод DL4148 MIC	1	
	VT1	Транзистор BC848A VISHAY Semiconductors	1	n-p-n, SOT-23
	VT2	Транзистор BC636 ON Semiconductor	1	p-n-p, TO-92
	VT3	Транзистор IRFB11N50A International Rectifier		
		(допускається заміна на IRF740)	1	TO-220
	VT4	Транзистор BC858A VISHAY Semiconductors	1	p-n-p, SOT-23
	VT5...VT7	Транзистор BC848A VISHAY Semiconductors	3	n-p-n, SOT-23
	VT8	Транзистор BC858A VISHAY Semiconductors	1	p-n-p, SOT-23
	VT9	Транзистор BC848A VISHAY Semiconductors	1	n-p-n, SOT-23
	VS1	Симістор BT136X-600 Philips	1	TO-220
	X1	Клемник WJ142V-07P 5.08 CIXI WANJIE ELECTRONIC	1	
	X2	Клемник DG308-02P 2.54 Degson	1	
	X3, X4	Клемник DG308-03P 2.54 Degson	2	
	X5	Вилка на плату пряма PLS-6 AMP	1	
	X6...X8	Клемник DG308-02P 2.54 Degson	3	
	X9	Клемник WJ950-03P CIXI WANJIE ELECTRONIC	1	
	XP1	Вилка на плату пряма PLS-2 AMP	1	
	XP2, XP3	Вилка на плату пряма PLS-1 AMP	2	

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

Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата	ЕІСПЗ ДП.22079.00.00.00.00.ПЕЗ	Арк. 4

Копіював Формат А4

продовження Додатку Б

Зона	Поз. позна-чення	Найменування	Кіл.	Примітка
	A3	Блок електросинтезу озону ЕІСПЗ ДП.22079.00.03.00.00	1	
	EG1	Генератор озону ГО-50-20-18-15 ПП "НВКФ "ЕКОТЕХ"	1	
	M1	Вентилятор JF 04 10 S 1 M JAMICON	1	
	T2	Трансформатор вихідний сигнальний ТВС90-П4. УП «ЗАВОД БЕЛТ»	1	
	X1	Вилка мережна плоска тип C CEE 7/16 (Europlug) 2,5 А/250 В	1	
	YA1	Компресор повітряний AC-9600 Resun	1	

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

Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата	ЕІСПЗ ДП.22079.00.00.00.00.ПЕЗ	Арк. 5

Копіював

Формат А4