

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

факультет прикладних інформаційних технологій та електроінженерії

(повна назва факультету)

кафедра біотехнічних систем

(повна назва кафедри)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

магістр

(назва освітнього ступеня)

на тему: Модернізований опромінювач ультрафіолетовий бактерицидний

Виконав(ла): студент(ка) 6 курсу, групи РБм-61
спеціальності 163 Біомедична інженерія

(шифр і назва спеціальності)

(підпис)

Курило Б.В.

(прізвище та ініціали)

Керівник

(підпис)

Дедів Л.Є.

(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль

(підпис)

Паляниця Ю.Б.

(прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри

(підпис)

Яворська Є.Б.

(прізвище та ініціали)

Рецензент

(підпис)

Дунець В.Л.

(прізвище та ініціали)

Тернопіль
2020

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет прикладних інформаційних технологій та електроінженерії
(повна назва факультету)

Кафедра біотехнічних систем
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Яворська Є.Б.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

« »

20__ р.

**ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ**

на здобуття освітнього ступеня магістр
(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 163 Біомедична інженерія
(шифр і назва спеціальності)

студенту Курило Богдан Володимирович
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Модернізований опромінювач ультрафіолетовий бактерицидний

Керівник роботи Дедів Леонід Євгенович, к.т.н., доцент
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від «02» листопада 2020 року № 4/7-793

2. Термін подання студентом завершеної роботи 17 грудня, 2020 р.

3. Вихідні дані до роботи Технічне завдання, методи стерилізації та дезінфекції приміщень

4. Зміст роботи (перелік питань, які потрібно розробити)

Аналіз технічного завдання, Огляд відомих рішень проектування опромінювача.

Застосування ультрафіолетових світлодіодів для отримання ультрафіолетового випромінювання

Застосування кварцевих ламп для отримання ультрафіолетового випромінювання

Аналіз структури типового ультрафіолетового опромінювача. Вибір напрямку дослідження

Математичне моделювання роботи опромінювача. Конструкторський аналіз схемо-технічних

рішень модернізації опромінювача ультрафіолетового бактерицидного. Вибір компонентної

бази. Технологічна частина. Резистентність коронавірусу до дії різних середовищ.

Охорона праці. Безпека в надзвичайних ситуаціях.

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

Актуальність теми. Мета, задачі, предмет та об'єкт дослідження.

Аналітична частина. Математичне моделювання роботи опромінювача.

Схемо-технічне проектування. Конструкторська частина. Висновки.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	Зелінський І.М., доц. каф. ПВ		
	Стадник І.Я., проф. каф. ОХ		

7. Дата видачі завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналіз завдання на кваліфікаційну роботу		
2	Написання розділу 1		
3	Написання розділу 2		
4	Написання розділу 3		
5	Написання розділу 4		
6	Попередній захист		
7	Захист		

Студент

_____ (підпис)

Курило Б.В.

_____ (прізвище та ініціали)

Керівник роботи

_____ (підпис)

Дедів Л.Є.

_____ (прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Курило Богдан Володимирович. Модернізований опромінювач ультрафіолетовий бактерицидний. – Рукопис.

Кваліфікаційна робота магістра за спеціальністю 163 – біомедична інженерія, ТНТУ, Тернопіль, 2020.

В роботі шляхом аналізу стану проблеми стерилізації та дезінфекції приміщень проаналізовано технічне завдання щодо модернізації опромінювача ультрафіолетового бактерицидного та прикладі опромінювача «Дезар», проаналізовано особливості функціонування та способи реалізації таких опромінювачів, вибрано напрямок дослідження та обґрунтовано спосіб модернізації опромінювача, запропоновано математичну модель опромінювача та на основі її розроблено схемні рішення виконання модернізованого опромінювача. Розроблено конструкцію модернізованого опромінювача ультрафіолетового бактерицидного. Запропоновано технологічні способи реалізації конструкції модернізованого опромінювача.

Ключові слова: опромінювач ультрафіолетовий, імпульсний перетворювач, модель.

ANNOTATION

Kurilo B.V. Modernized ultraviolet bactericidal irradiator. - Manuscript.

Master's qualification work in specialty 163 - biomedical engineering, TNTU, Ternopil, 2020.

In the paper is analyzed the state of the problem of sterilization and disinfection of premises, analyzed the technical task of modernization of the ultraviolet bactericidal irradiator on the example of the irradiator "Dezar", the features of operation and methods of implementation of such irradiators, chooses it developed circuit solutions for the modernized irradiator are grounded. The design of the modernized ultraviolet bactericidal irradiator is developed. Technological methods of realization of the modernized irradiator construction are offered.

Key words: ultraviolet irradiator, pulse converter, model.

ЗМІСТ

ВСТУП	7
РОЗДІЛ 1. АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА	9
1.1 Аналіз технічного завдання	9
1.2 Огляд відомих рішень проектування опромінювача ультрафіолетового	12
1.3 Вибір напрямку дослідження	19
1.4 Висновок до розділу 1	20
РОЗДІЛ 2. ОСНОВНА ЧАСТИНА	21
2.1 Конструкторська частина	21
2.2 Технологічна частина	49
2.3 Висновок до розділу 2	54
РОЗДІЛ 3. НАУКОВО-ДОСЛІДНА ЧАСТИНА	55
3.1 Резистентність коронавірусу до дії різних середовищ	55
3.2 Висновок до розділу 3	58
РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	59
4.1 Охорона праці	59
4.2 Безпека в надзвичайних ситуаціях	61
4.3 Висновок до розділу 4	63
ВИСНОВКИ	64
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	66
ДОДАТКИ	

ВСТУП

Актуальність теми. Опромінювач ультрафіолетовий бактерицидний використовується для проведення заходів щодо стерилізації та дезінфекції приміщень. Особливо актуальним є його використання в умовах пандемії Covid-19 для стерилізації та дезінфекції медичних приміщень (палати, оглядові приміщення тощо) та боксів в лікувально-профілактичних закладах, епідеміологічних лабораторіях, аптеках, науково-дослідних і медичних закладах.

Також актуальність використання таких опромінювачів визначається постійним приростом медпрацівників, які захворіли на Covid-19 на робочих місцях. З іншої сторони, в новітніх розробках використання ультрафіолетового випромінювання застосовується для стерилізації медичних масок та інструменту без застосування високотемпературної обробки.

Основним і найбільш поширеним джерелом ультрафіолетового випромінювання для задач стерилізації та дезінфекції приміщень сьогодні залишаються кварцеві або бактерицидні лампи. При цьому такі лампи працюють аналогічно до ламп денного світла з відмінністю, що на внутрішній поверхні скляних стінок лампи відсутнє люмінофорне покриття. Недоліком ж їх як і ламп денного світла, є електричні кола запуску ламп, підтримання їх робочих режимів та відслідковування аварійних ситуацій, що визначає ресурс роботи самої лампи. Усі ці функції є покладені на так званий пуско-регулюючий пристрій, який може мати різні схемо-технічні варіанти виконання, масу, габарити, додаткові функції.

Одним із недоліків, пов'язаних із роботою таких пуско-регулюючих пристроїв, є наявність джерел високочастотних електромагнітних завад та завад, які потрапляють в мережу електроживлення. Останній недолік є особливо важливим та потребує усунення, оскільки опромінювані ультрафіолетові бактерицидні зачасту використовуються поряд із медичною діагностичною технікою, відповідно неприпустимим є вплив таких опромінювачів на роботу цієї техніки. Окрім цього, важливим є питання

оптимального використання електроенергії з електромережі, оскільки її споживання є нерівномірним в різних режимів роботи самої кварцової лампи.

Зазначені недоліки визначають актуальність задачі розроблення модернізованого опромінювача ультрафіолетового бактерицидного.

Мета і задачі дослідження. *Метою дослідження є модернізація опромінювача ультрафіолетового бактерицидного.*

Досягнення цієї мети вимагає розв'язання таких задач:

- провести аналітичний огляд відомих рішень щодо ефективного отримання ультрафіолетового випромінювання для задач дезінфекції та стерилізації приміщень;
- проаналізувати типи пуско-регулюючих пристроїв та обґрунтувати шляхи їх модернізації;
- розробити математичну модель роботи пуско-регулюючого пристрою;
- провести обґрунтування вибору схемо-технічних рішень модернізації опромінювача, розробити його конструкцію та розглянути технологічні особливості його виготовлення.

Об'єкт дослідження: процес отримання ультрафіолетового випромінювання з допомогою кварцевих ламп.

Предмет дослідження: пуско-регулюючий пристрій ефективного керування кварцовою лампою.

Практичне значення одержаних результатів. Модернізований опромінювач ультрафіолетовий бактерицидний володіє кращими експлуатаційними та технічними показниками, з нижчим рівнем випромінювання в мережу електроживлення завод та ефективного споживання електроенергії.

Апробація результатів дослідження. Викладені в кваліфікаційній роботі результати доповідалися і обговорювалися на VIII науково-технічній конференції «Інформаційні моделі, системи та технології» (м. Тернопіль, 2020 р.).

РОЗДІЛ 1

АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

1.1. Аналіз технічного завдання

В роботі необхідно розробити модернізований опромінювач ультрафіолетовий бактерицидний. Такий опромінювач є необхідний для проведення заходів щодо стерилізації та дезінфекції приміщень. Особливо актуальним є його використання в умовах пандемії Covid-19 для стерилізації та дезінфекції медичних приміщень (палати, оглядові приміщення тощо) та боксів. Також актуальність використання таких опромінювачів визначається постійним приростом медпрацівників, які захворіли на Covid-19 на робочих місцях. З іншої сторони, в новітніх розробках використання ультрафіолетового випромінювання застосовується для стерилізації медичних масок та інструменту без застосування високотемпературної обробки [1].

Для очищення поверхонь предметів та їх стерилізації сьогодні застосовують метод кварцування, який полягає у використанні для генерації ультрафіолетового випромінювання кварцевих ламп. Так, для дезактивації та руйнування одно ланкової рибонуклеїнової кислоти (РНК), зокрема і вірусів групи Covid, достатнім буде використання ультрафіолетового випромінювання в $340-430 \text{ мкВт}\cdot\text{с}/\text{см}^2$ при довжині хвилі в 254 нм [1]. Така ж доза опромінення повітря забезпечить його стерилізацію на понад 90% у закритих приміщеннях [2]. Однак від потужності випромінювання а відповідно і від потужності лампи залежатиме час дезінфекції, і зазвичай відповідає значенню в 15 хв. або менше. Таким чином, час знищення вірусу УФ лампою залежить від її потужності і зазвичай становить близько 15 хвилин [3-5].

Недоліком такого методу дезінфекції є негативний вплив на шкіру людини. При високих дозах ультрафіолетового випромінювання його потрапляння на поверхню шкіри може викликати появу еритем [6].

Використання ультрафіолетового випромінювання з меншою довжиною хвилі (наприклад 200-220 нм) є практично безпечними для пацієнтів та медпрацівників, які перебувають в оброблюваних приміщеннях [7-9]. Таке випромінювання може бути отримане з допомогою спеціальних світлодіодів, які характеризуватимуться значно вищим ККД в порівнянні із кварцовими лампами. Однак, для такої ж дезінфекції необхідно отримати випромінювання в 2 Дж/см^2 при часі опромінення більше пів години.. Типове час для дезінфекції - близько 30 хвилин.

Також одним із недоліків застосування ультрафіолетового випромінювання є те, що в процесі опромінення ультрафіолет розчеплює молекули кисню до атомів, які далі формують нестійкі молекули озону. Нехай і в незначних кількостях, але озон є шкідливим та небезпечним для людини. Тому в процесі дезінфекції все таки рекомендується усім особам покинути приміщення.

Таким чином довжина хвилі, на якій проводиться основне випромінювання ультрафіолету, є визначальним показником ефективності застосування такого методу дезінфекції. Для ультрафіолетових випромінювачів на основі ртутних ламп характерною є наявність змішаного спектру випромінювання, який включає різні спектральні під діапазони [7]. Однак і для таких джерел випромінювання час дезінфекції становить не більше пів години [7], а основний дезінфікуючий ефект буде отриманий від випромінювання з довжиною хвилі 280 нм або менше (UVC лампи) [8].

В кваліфікаційній роботі проводиться розробка модернізованого опромінювача ультрафіолетового бактерицидного.

Конструктивно модернізований пристрій є опромінювачем закритого типу, в якому бактерицидний потік від безозонових ламп розподіляється в невеликому замкнутому просторі, при цьому знезараження повітря здійснюється в процесі його прокачування з допомогою вентиляторів через зону з джерелами ультрафіолетового випромінювання та через фотокаталітичний фільтр, який включає в себе пористий носій з нанесеним фотокаталізатором.

Основні технічні вимоги, що ставляться до опромінювача:

- напруга живлення $U_c - (220 \pm 10\%) \text{ В}$, частота $(50 \pm 5\%) \text{ Гц}$;
- споживана потужність, не більше $P_c - 40 \text{ Вт}$ (включаючи живлення електровентиляторів);
- живлення ламп – послідовність прямокутних імпульсів частотою $f = 100 \text{ кГц}$, амплітудою – 308 В .
- діапазон робочих температур $t^\circ - +(5...35)^\circ \text{C}$;
- вузли запуску та керування лампами повинні бути виконані у вигляді імпульсних інверторів для забезпечення меншої ваги та розмірів усього виробу.

Вимоги до умов зберігання та транспортування опромінювача:

- пристрій зберігається в закритому приміщенні при температурі від $+5^\circ \text{C}$ до $+40^\circ \text{C}$;
- межі зміни вологості до 80% при температурі $+20^\circ \text{C}$;
- межі зміни атмосферного тиску $80 \text{ кПа} - 100 \text{ кПа}$;
- механічне навантаження повинне бути незначним і відповідати діючим стандартам.

Основними критеріями розроблення опромінювача є надійність і стійкість до зовнішніх впливів.

Для надійності опромінювача, при проектуванні, потрібно:

- забезпечити електричні, теплові режими всіх деталей та матеріалів конструкції;
- забезпечити захист від різних впливів;
- забезпечити ремонтоздатність опромінювача.

Пристрій повинен відноситися до стаціонарного класу апаратури групи використання переносна. Слід зауважити, що опромінювач використовується в медичному приміщенні і він повинен відповідати класу захисту II типу ВР.

Середній термін напрацювання на відмову повинен становити не менше 5 років.

1.2 Огляд відомих рішень проектування опромінювача ультрафіолетового

1.2.1 Застосування ультрафіолетових світлодіодів для отримання ультрафіолетового випромінювання

Одним із найбільш поширених сьогодні способів отримання випромінювання в діапазоні від інфрачервоного до ультрафіолетового є застосування світлодіодів з відповідним діапазоном випромінювання (відповідною спектральною характеристикою випромінювання). Однак, для отримання ультрафіолетового випромінювання в діапазоні 210-280 нм застосування світлодіодів є обмеженим [10].

Основними перевагами застосування світлодіодів для проведення дезінфекції є наступні:

- завдяки малим розмірам світлодіодів можна більш точно сфокусувати випромінювання на знезаражуючому об'єкті;
- регулювання потужності випромінювання в широких межах;
- можливість створення джерела з найбільш ефективною довжиною хвилі 265 нм; висока механічна міцність, значне зменшення маси установки.

Використовуючи світлодіоди можна отримати компактний знезаражувальний пристрій, який буде мати менше обмежень у використанні в порівнянні з вживаними зараз установками на основі бактерицидних ламп [10]. Зокрема, можливість точного фокусування, а також регулювання потужності в широких межах дозволять використовувати для знезараження в приміщеннях, де постійно перебувають люди, без шкоди для їх здоров'я.

Однак реалізація таких опромінювачів є складнішою з технічної точки зору, оскільки чим коротшою є випромінювана світлодіодом довжина хвилі, тим складнішим є процес виготовлення таких світлодіодів. Серійне виробництво UVC-світлодіодів для широкого застосування почалося тільки в другій половині 2010-х років [10].

Для UVC-світлодіодів використовуються напівпровідники зі збільшеною шириною забороненої зони. Найбільш поширеним матеріалом для таких світлодіодів був і залишається нітрид галію з додаванням алюмінію (AlGaN) [10]. Наприклад, світлодіоди на його основі випускає компанія California Eastern Lab (CEL). Але для цього матеріалу характерні деякі недоліки, зокрема високий рівень дефектів кристалічної решітки, що знижує ККД. Інша проблема - довжина хвилі випромінювання 275 нм, що не збігається з оптимальним значенням [10].

Компанія Seoul Viosys першою в світі провела випробування своїх UVC-світлодіодів на вірус COVID-19. Відповідно до проведених досліджень станом на 3 березня 2020 р вірус був знищений більш ніж на 90% [11].

Розглянемо потужний світло діод CL7003C2. Робочий струм становить 600 мА при прямій напрузі 5,2 В. При цьому потужність випромінювання становить 30 мВт. В результаті отримуємо ККД близько 1%. У той же час у кварцової лампи ККД становить 10-15%, а у бактерицидної - 35-50%. При цьому оптова ціна на світлодіод становить \$ 109 за штуку [11].

Про випуск свого UVC-світлодіода з потужністю випромінювання 30 мВт оголосила і компанія Everlight. Також світлодіоди на 275 нм випускає компанія Seoul Viosys, що є дочірньою структурою Seoul Semiconductor. Потужність випромінювання становить до 50 мВт, ККД - близько 1% [11].

Більш перспективним в якості матеріалу для UVC є нітрид алюмінію (AlN). У нього рідше, ніж в AlGaN, зустрічаються дефекти кристалічної структури, що обумовлює більш високий ККД. Цей напрямок розвиває компанія Klaran. Її світлодіод KL265-50U-SM-WD дає випромінювання потужністю 60 мВт з середньою довжиною хвилі 265 нм. ККД досягає 2% [12].

Так, в 2019 р. корпорація Nichia презентувала світлодіод NCSU334A, який придатний для отримання жорсткого ультрафіолетового випромінювання [13]. Як передбачалось компанією, такий тип світлодіодів повинен стати основою для розроблення малогабаритних та

високоєфективних знезаражувачів та дезінфекторів води та повітря. Завдяки невеликим розмірам (6.8 мм × 6.8 мм) і хорошим характеристикам (потужність оптичного випромінювання 55 мВт при струмі 350 мА), NCSU334A дозволить створювати мініатюрні системи з тривалим терміном служби, що було неможливо при використанні попередніх технологій. Однак, в силу складності технологічного процесу виготовлення світлодіодів жорсткого ультрафіолетового випромінювання саме висока вартість обмежує їх використання в системах опромінювачів бактерицидних як джерела такого випромінювання [13]. Тому більш поширеними сьогодні залишаються опромінювані на основі кварцевих та бактерицидних ламп.

1.2.2. Застосування кварцевих ламп для отримання ультрафіолетового випромінювання. Принцип отримання ультрафіолетового випромінювання із застосуванням кварцевих ламп є відомим та добре описаним в спеціалізованій літературі. Основним додатковим вузлом, необхідним для коректної роботи лампи, є так званий пуско-регулюючий пристрій (рис.1.1) [14].

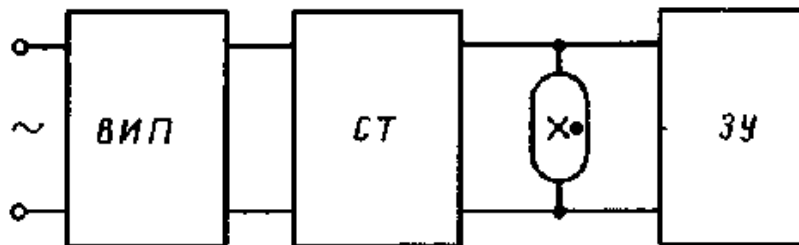


Рис. 1.1. Структура типового пуско-регулюючого пристрою

За типом конструкції такі пристрої можуть бути електромагнітними, резистивними, напівпровідниковими, комбінованими або так званими баластними для окремих типів ламп. Електромагнітний тип пуско-регулюючих пристроїв сьогодні практично не використовується через громіздкість конструкції, її значні масо-габаритні показники, неможливість реалізації кіл захисту та відслідковування аварійних ситуацій та належного забезпечення необхідних режимів роботи ламп, що значно впливає на термін їхньої експлуатації [14]. Ці ж недоліки стосуються і резистивних пуско-

регулюючих пристроїв.

Зазначені недоліки можуть бути усунені у випадку застосування так званих електронних пуско-регулюючих пристроїв, виконаних на напівпровідникових елементах. В таких пристроях реалізуються режими плавного запуску ламп, відслідковування аварійних ситуацій, зокрема виходу лампи з ладу, заколочування виводів лампи, температурна стабільність, захист від ураження електричним струмом. Попри значно більшу кількість використовуваних елементів в порівнянні з електромагнітними пуско-регулюючими пристроями, їхні маса та габарити є значно меншими. Вартість також є меншою а надійність роботи вищою, оскільки в конструкції таких пристроїв використовується стандартизована та уніфікована компонентна база. Тому саме конструкції такого типу сьогодні є найбільш поширеними. Розглянемо структуру типового опромінювача ультрафіолетового, виконаного на основі напівпровідникового пуско-регулюючого пристрою на прикладі двох промислових опромінювачів та виділимо спосіб реалізації модернізованого опромінювача.

1.2.3 Аналіз структури типового ультрафіолетового опромінювача

Основна функція пристрою відображається у його структурній схемі, яка повинна показувати принцип роботи виробу в самому загальному вигляді [15]. Структурна схема типового опромінювача ультрафіолетового бактерицидного «Аеролайф» [16] наведена на рис. 1.1.

Відповідно до рис. 1.2, вхідна змінна напруга 220 В, 50 Гц надходить на протизавадний фільтр (1), який блокує перешкоди, що виникають при роботі пристрою. Далі стоїть стандартний двохпівперіодний випрямляч або аналогічний за функцією (2), найпростіший ємнісний фільтр. Іноді може бути відсутнім і індуктивно-ємнісний протизавадний фільтр(3) (замість нього зазвичай використовується одиночний неполярний конденсатор невеликої ємності).

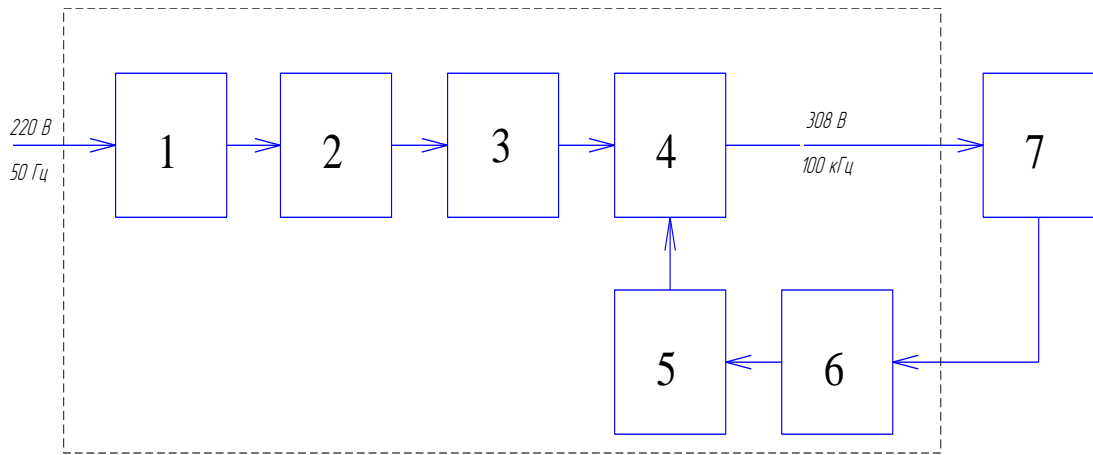


Рис. 1.2. Структурна схема знезаражувача та опромінювача "Аеролайф": 1 – протизавадний фільтр; 2 – випрямляч; 3 – фільтр; 4 – комутатор; 5 – ШІМ-драйвер; 6 – кола зворотного зв'язку; 7 – ультрафіолетова лампа

Комутатор (4) перетворює випрямлену напругу в високочастотні імпульси, керуючись сигналом з ШІМ-драйвера (5) (ШІМ-драйвера). Цими високочастотними імпульсами живиться лампа (7). Блок (6) введений для контролю справності ламп (стан спіралі розжарення – перегоріла/ні).

Для більш детального розуміння принципу роботи такого пуско-регулюючого пристрою розглянемо роботу інвертора та схеми керування. Інвертор перетворює випрямлену напругу в високочастотні імпульси, якими живиться лампа. У схемі рис. 1.4 точка «А» підключається за допомогою транзисторних ключів VT1 і VT2 періодично то до напруги живлення ($U_{in} = 310 \text{ В}$), то до «спільного виводу» схеми [17,18].

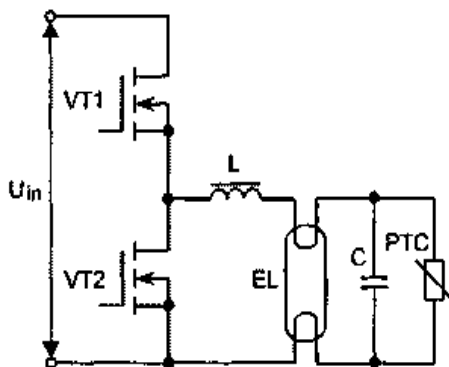


Рис. 1.3. Варіант побудови інвертора

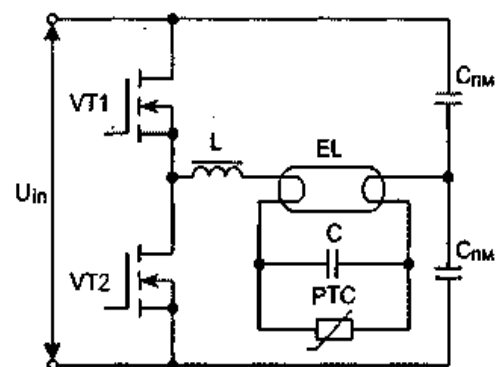


Рис. 1.4. Ще один варіант інвертора

У результаті в точці «А» виникають однополярні високочастотні імпульси напруги (частота комутації зазвичай знаходиться в межах 20 ... 120 кГц), які, по-перше, запалюють лампу, а по-друге, не дають газу деіонізуватися; світло, що випромінюється лампою, буде рівним. Регулюванням шпаруватості імпульсів комутації можна добитися регулювання яскравості світіння. Крім цього, зменшуються розміри індуктивності L . Як варіант реалізації електронного баласту іноді використовується півмостова схема (рис. 1.4) [17,18]. Втім, перший варіант сьогодні зустрічається частіше.

Щоб запалити лампу, потрібно розігріти її електроди. Оскільки в схемі електронного баласту відсутній стартер, необхідно якимось чином спочатку замкнути силове коло, щоб протікаючий струм розігрів електроди, а потім схему пуску відключити.

Функціональна схема включає в себе перетворювач вхідної змінної напруги в постійну (блок А1), силові ключі інвертора (блоки А2 та А3), ШІМ-драйвер (блок А4), накопичувальні дроселі (блоки А5 та А6) і власне лампи L1 і L2.

На резисторах R1-R4 виконано датчик стану спіралі УФ ламп. Резистори R3, R4 підключені до джерела живлення. З спіралей ламп, на протилежні виводи яких з'єднані з спільним проводом. Інші виводи резисторів R1, R2 з'єднані між собою і сигнал з них подається на вхід дозволу роботи ШІМ-драйвера. Працює це коло наступним чином: обидві пари резисторів утворюють подільники напруги. Опори резисторів повинні бути достатньо великими. Однак опір спіралі УФ ламп є набагато нижче опорів цих резисторів. Коли кожна УФ лампа справна вузли з'єднання пар резисторів R1, R3 та R2, R4 під'єднуються до спільного проводу. Сигнал на виході подільників R1, R3 та R2, R4 практично рівний нулю. Драйвер працює нормально. У випадку обриву спіралі якоїсь лампи на виході подільника буде формуватися сигнал з високою амплітудою та відключатиме драйвер.

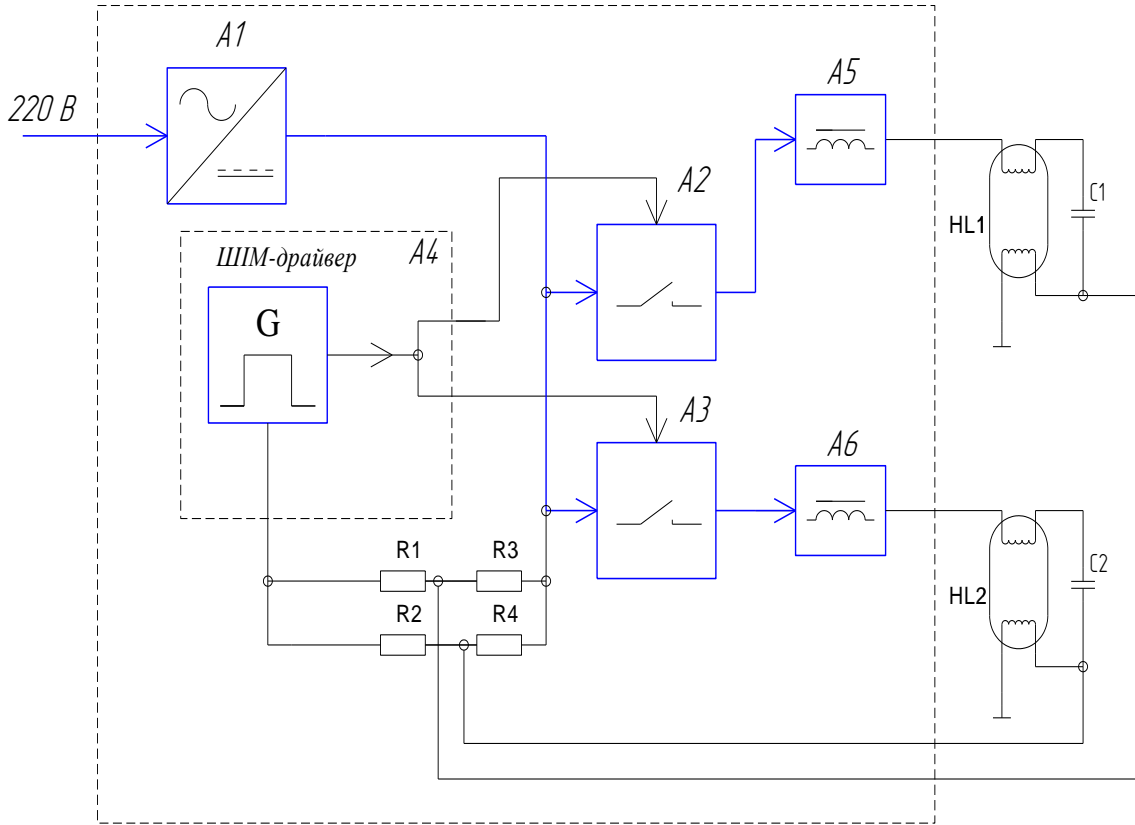


Рис. 1.5. Функціональна схема опромінювача "Аеролайф"

Схема електрична принципова опромінювача наведена на рис. 1.6 та в Додатку В.

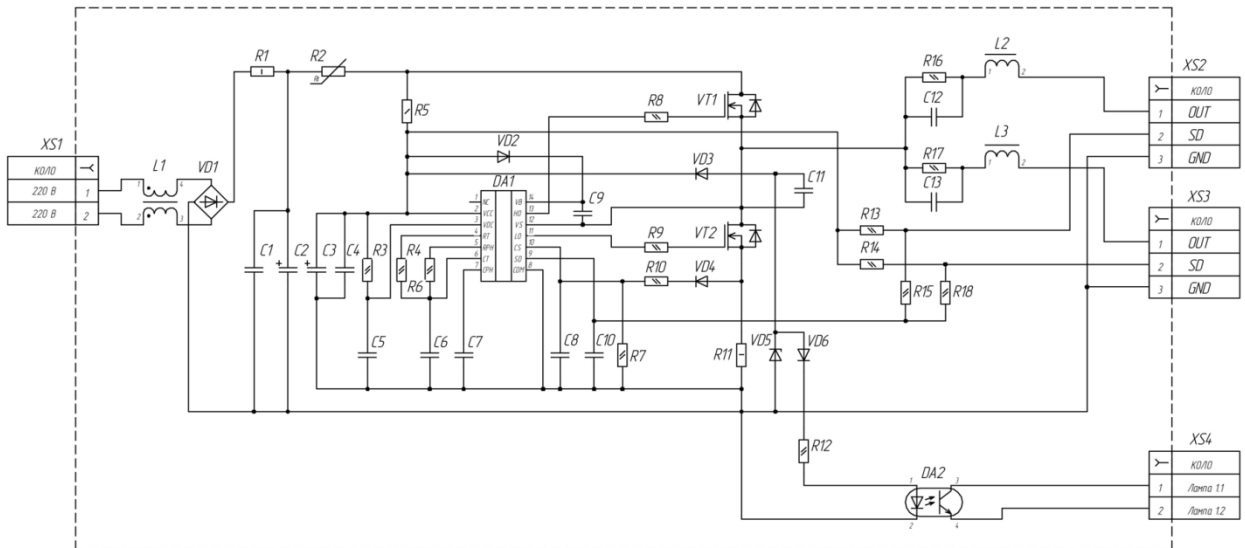


Рис. 1.6. Схема електрична принципова опромінювача "Аеролайф"

Схема включає в себе протизавадний фільтр, виконаний на дроселєві L1, випрямляч, який виконано на діодному мостові VD1, та ємнісний фільтр,

виконаний на конденсаторові C1 та C2. На мікросхемі DA1 виконано ШІМ драйвер керування силовими ключами інвертора – транзисторами VT1, VT2.

В якості ШІМ-драйвера використано мікросхему IR2156 [19]. До функцій IR2156 відносяться програмовані попередній розігрів і робоча частота, програмований час попереднього розігріву, програмований час паузи, а також програмований струмовий захист від перенавантаження.

У фазі передачі енергії в навантаження напруга між стоком і витоком ключових транзисторів VT1, VT2 складається з напруги живлення і напруги реакції струму у накопичувальних дроселях L2, L3.

Аналогічну структуру має і пуско-регулюючий пристрій опромінювача ультрафіолетового «Дезар», лише з відмінною компонентною базою (тип мікросхеми ШІМ-контролера та елементи обв'язки).

1.3 Вибір напрямку дослідження

Важливим при проектуванні модернізованого опромінювача є питання електромагнітної сумісності та оптимального споживання потужності. Як зазначається в [17], актуальною сьогодні при проектуванні будь-якої радіоелектронної апаратури є проблема найбільш повного використання електроенергії, оскільки практично кожен розроблений сьогодні електронний апарат включає в свою структуру або джерело електроживлення імпульсного типу або імпульсне джерело завад. Так, відповідно до стандарту МЭК ІЕС 1000-3-2 [17], коефіцієнт потужності працюючої апаратури повинен наближатися до одиниці для всіх споживачів потужністю більше 100 Вт. Однак, враховуючи той факт, що в моменти пуску або виникнення аварійних ситуацій споживана потужність опромінювача може наблизитись або і перевищити це значення, введення в кола пуско-регулюючого пристрою вузлів корекції коефіцієнта потужності є актуальним. Також, враховуючи, що опромінювач працюватиме поряд із медичною технікою, яка зачасту є чутливою до зовнішніх електромагнітних завад, введення вузлів корекції

коефіцієнта потужності дасть можливість зменшення рівня завад, які надходять в спільну мережу електроживлення.

1.4 Висновки до розділу 1

В розділі проаналізовано способи дезінфекції повітря та поверхонь зокрема в умовах пандемії COVID-19 та встановлено, що для цієї мети можуть бути використані методи опромінення ультрафіолетовим випромінюванням в діапазоні 220-280 нм.

Проаналізовано способи отримання такого випромінювання, зокрема застосування з цією метою напівпровідникових світлодіодів та кварцевих ламп. Встановлено, що в першому випадку отримання ультрафіолетового випромінювання є простим однак через значну вартість самих світлодіодів метод не набув поширення.

У випадку застосування кварцевих ламп важливим є забезпечення оптимальних режимів їх роботи. Для цього застосовують спеціальні пуско-регулюючі пристрої. Встановлено, що оптимальним з точки зору масо-габаритних показників та забезпечення необхідних режимів роботи є використання напівпровідникових пуско-регулюючих пристроїв.

Встановлено, що основним недоліком таких пристроїв є забезпечення належного рівня електромагнітної сумісності та питання ефективного споживання потужності з мережі електроживлення. Це і використано за основу розроблення модернізованого опромінювача бактерицидного ультрафіолетового.

РОЗДІЛ 2

ОСНОВНА ЧАСТИНА

2.1 Конструкторська частина

2.1.1 Математичне моделювання роботи опромінювача. В основі роботи

опромінювача лежить процес фотокаталізу, що є процесом зміни швидкості протікання хімічних реакцій під дією світла в присутності певних фотокаталізаторів, які поглинають кванти світла і беруть участь в хімічних перетвореннях учасників реакції, багаторазово вступаючи з ними в проміжні взаємодії та регенерують свій хімічний склад після кожного циклу таких взаємодій [20].

Ефективність фотокаталізатора визначається квантовим виходом реакції і спектром дії фотокаталізатора. Квантовий вихід фотореакції є відношення числа молекул продукту, що утворюється, до поглинутих квантів світла. Для напівпровідникових частинок як фотокаталізаторів зазвичай розглядають кілька стадій процесу: а) поглинання світла - народження електрон - діркових пар, б) дифузія електронів і дірок до поверхні напівпровідника, в) об'ємна рекомбінація електронів і дірок, г) поверхнева рекомбінація електронів і дірок, д) корисні реакції електронів і дірок з адсорбованими молекулами [20].

Активація процесу фотокаталізу відбувається під дією ультрафіолетового випромінювання [20]. Для цього використовуються ультрафіолетові лампи, що керуються імпульсними пуско-регулюючими пристроями. Розглянемо моделювання основних процесів, що відбуваються в таких пристроях.

Представимо такий пристрій у вигляді чорного ящика, як показано на рис. 2.1.

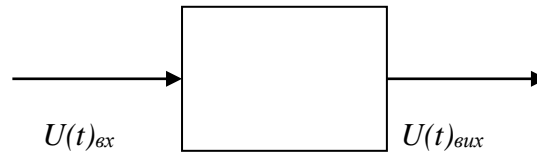


Рис. 2.1. Представлення пуско-регулюючого пристрою у вигляді чорного ящика

Вхідною напругою пристрою (рис. 2.1) є змінна напруга мережі електроживлення $U(t)_{ex}$, що може бути записана через тригонометричні функції наступним чином:

$$U(t)_{ex} = U_0 \cdot \sin(\omega t) \quad (2.1)$$

де: U_0 – амплітудне значення напруги в мережі електроживлення – $U_0 = 308V$, $\omega = 2\pi f$, $f = 50Гц$.

Оскільки вхідна напруга пуско-регулюючого пристрою, який в нашому випадку є імпульсним інвертором, наближено може вважатись гармонічною функцією, а вихідна – послідовністю прямокутних імпульсів, змінюючи щільність яких можна регулювати яскравість ламп опромінювача та забезпечувати плавний розігрів, то необхідно спочатку перетворити змінну напругу в постійну, потім в послідовність прямокутних імпульсів та підсилити по потужності. Математично такі перетворення можна описати наступним чином:

1) перетворення $|U(t)_{ex}|$ описує процес випрямлення вхідної напруги;

2) перетворення $\int_0^T |U(t)_{ex}| dt$ описує процес фільтрації (виділення

постійної складової) випрямленої напруги. T – період коливань вхідної напруги.

3) генерування прямокутних імпульсів можна описати у вигляді

множення одержаної випрямленої напруги $\int_0^T |U(t)_{\text{ex}}| dt$ на функцію Гевісайда

$g(t)$, періодично повторену (так як функція Гевісайда описує лише один

імпульс прямокутної форми). Це описується виразом: $\left(\int_0^T |U(t)_{\text{ex}}| dt \right) \cdot g(t)$

4) множення $\left[\left(\int_0^T |U(t)_{\text{ex}}| dt \right) \cdot g(t) \right] \cdot A$ описує процес підсилення

послідовності прямокутних імпульсів $\left(\int_0^T |U(t)_{\text{ex}}| dt \right) \cdot g(t)$ по амплітуді в A разів.

Тоді роботу імпульсного інвертора постійного струму можна описати виразом:

$$U(t)_{\text{aux}} = \left[\left(\int_0^T |U(t)_{\text{ex}}| dt \right) \cdot g(t) \right] \cdot A \quad (2.2)$$

Вираз (2.2) можна вважати математичною моделлю імпульсного інвертора, оскільки він описує послідовність дій, якими можна з вхідного сигналу отримати вихідний, або закон, за яким вхідна напруга змінюється до вихідної. Також вираз (2.2) можна назвати функцією передачі інвертора при зображенні його у вигляді чорного ящика.

2.1.2. Конструкторський аналіз схемо-технічних рішень модернізації опромінювача ультрафіолетового бактерицидного. Врахувавши необхідність введення коректора коефіцієнта потужності в структуру пуско-регулюючого пристрою опромінювача та його математичну модель розроблено його схему функціональну, що зображена на рис. 2.2.

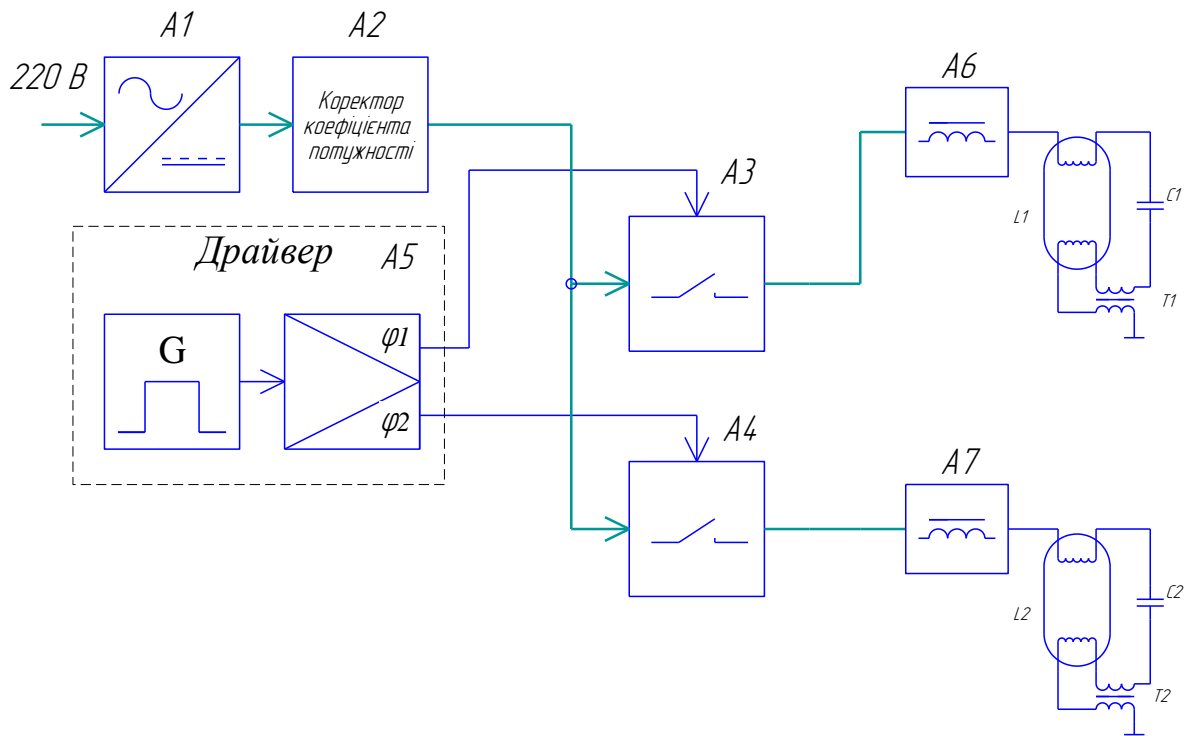


Рис. 2.2. Функціональна схема пристрою пуско-регулюючого

Функціональна схема включає в себе перетворювач вхідної змінної напруги в постійну (блок A1), блок корекції коефіцієнта потужності (блок A2), силові ключі інвертора (блоки A3 та A4), ШІМ-драйвер (блок A5), накопичувальні дроселі (блоки A6 та A7) і власне лампи L1 і L2.

На основі схеми функціональної побудовано схему електричну принципову, що наведена на рисунку 2.3.

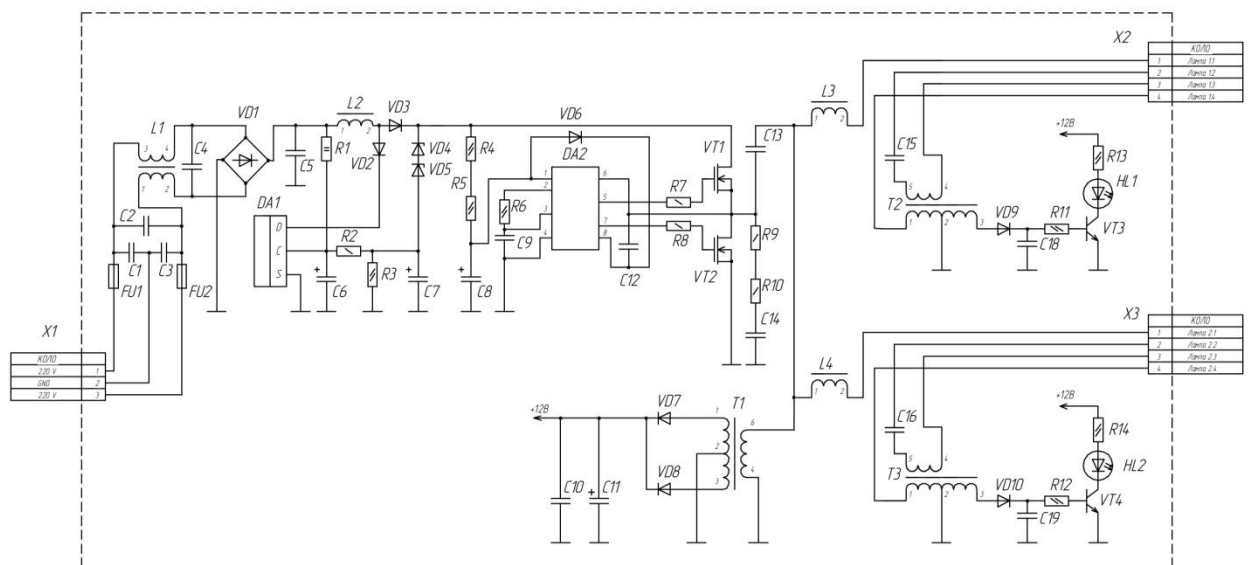


Рис. 2.3. Електрична принципова схема пристрою пуско-регулюючого

Відповідно вона включає в себе фільтр електромагнітної сумісності, виконаний на елементах C1, C2, C3, C4, L1. Випрямляч виконано на елементах VD1 та C5. На мікросхемі DA1 та дроселів L2 виконано коректор коефіцієнта потужності.

На мікросхемі DA2 виконано ШІМ драйвер керування силовими ключами інвертора – транзисторами VT1, VT2.

У фазі передачі енергії в навантаження напруга між стоком і витком ключових транзисторів складається з напруги живлення і напруги реакції струму у накопичувальних дроселях L3, L4.

Величина перенапруги може становити подвоєну величину напруги живлення і навіть більше. Напруга на ключових транзисторах, хоч і на короткий час, підвищується: з'являється значний індуктивний викид. Схема стабілізації, звичайно, відстежить зміну навантаження, тобто зменшить коефіцієнт заповнення або підвищить частоту перетворення. Однак реакція схеми управління ніколи не буває миттєвою, оскільки вона завжди володіє деякою інерційністю. Встежити ж за короткими індуктивними викидами принципово неможливо.

В роботі використано снабер в колі стік-витік, що реалізований на елементах R9, R10, C14. На елементах VD9, VD10, C17, C18, R11, R12, VT3, VT4, HL1, HL2, R13, R14 виконано індикацію роботи ламп, що підключаються до роз'ємів X2 та X3.

2.1.3 Параметричний синтез біотехнічної системи. Розрахунок номіналів елементів схеми електричної принципової є метою проведення параметричного синтезу. Проведемо розрахунки значень номіналів елементів окремих кіл схеми.

Діодний міст VD1 випрямляє напругу мережі живлення, тому зворотна напруга кожного діода повинна бути більшою за амплітудне значення напруги мережі, тобто більше 308 В. Вибираємо діоди типу KBU6G, для яких максимальна зворотня напруга рівна 600 В, прямий струм – $i_{np} = 6$ А, імпульсний максимальний прямий струм (при $\tau_m < 10\text{мс}$) $i_{np.m} = 50$ А [16,17].

Ємність конденсатора $C5$ знаходимо за формулою [16,17]:

$$C5 = \frac{P_n}{200 \cdot K_n \cdot U_{жс}^2} \quad (2.3)$$

Тут P_n – номінальна споживана потужність (36 Вт),

K_n – коефіцієнт пульсацій,

$U_{жс}$ – напруга живлення (308 В),

$$C5 = \frac{36}{200 \cdot 0,1 \cdot 308^2} = 18,9(\text{мкФ}).$$

Приймаємо $C5=22$ мкФ.

Проведемо розрахунки елементів ШІМ – драйвера IR21531 [21], який є самотактованим драйвером півмостової схеми імпульсного інвертора.

Драйвер має можливість задання величини часової затримки між фронтами імпульсів на виходах HO і LO. Вона задається конденсатором $C9$ та визначається з формули:

$$t_{DT} = C9 \cdot 2000(c). \quad (2.4)$$

В паспорті мікросхеми цієї серії формула (2.4) не наводиться але вона наводиться для мікросхем аналогічних серій, зокрема IR2156.

Відомо [17], що час переключення польових транзисторів менше 0,5 мкс, а використання часу близько 10 мкс в імпульсній техніці практично не використовується. Тому вибираємо час затримки на рівні 1 мкс. Знайдемо значення конденсатора $C9$:

$$C9 = \frac{t_{DT}}{2000} = \frac{1 \cdot 10^{-6}}{2000} = 0,5 \cdot 10^{-9} \quad (\text{Ф}).$$

Прийmemo значення конденсатора $C9$ рівним 470 пФ.

Робоча частота ШІМ-драйвера задається конденсатором $C9$ та резистором $R6$, і визначається за формулою:

$$f = \frac{1}{2 \cdot C9(0.51 \cdot R6 + 1475)} \quad (\text{Гц}). \quad (2.5)$$

Згідно з паспортними даними на мікросхему IR21531 [21] її типова робоча частота повинна становити 100 кГц [21]. Знайдемо опір резистора $R6$ за формулою:

$$R6 = \frac{1}{1.02 \cdot C9 \cdot f} - 2892 = \frac{1}{1.02 \cdot 470 \cdot 10^{-12} \cdot 100 \cdot 10^3} - 2892 \approx 17967(\text{Ом}).$$

Прийmemo опір резистора $R6$ рівним 20 кОм.

Вибір значень цих двох елементів можна провести на основі графічної залежності номіналів $C9$, $R6$ та необхідного значення частоти роботи перетворювача. Ця залежність наведена в паспорті на цю мікросхему і зображена на рис. 2.4.

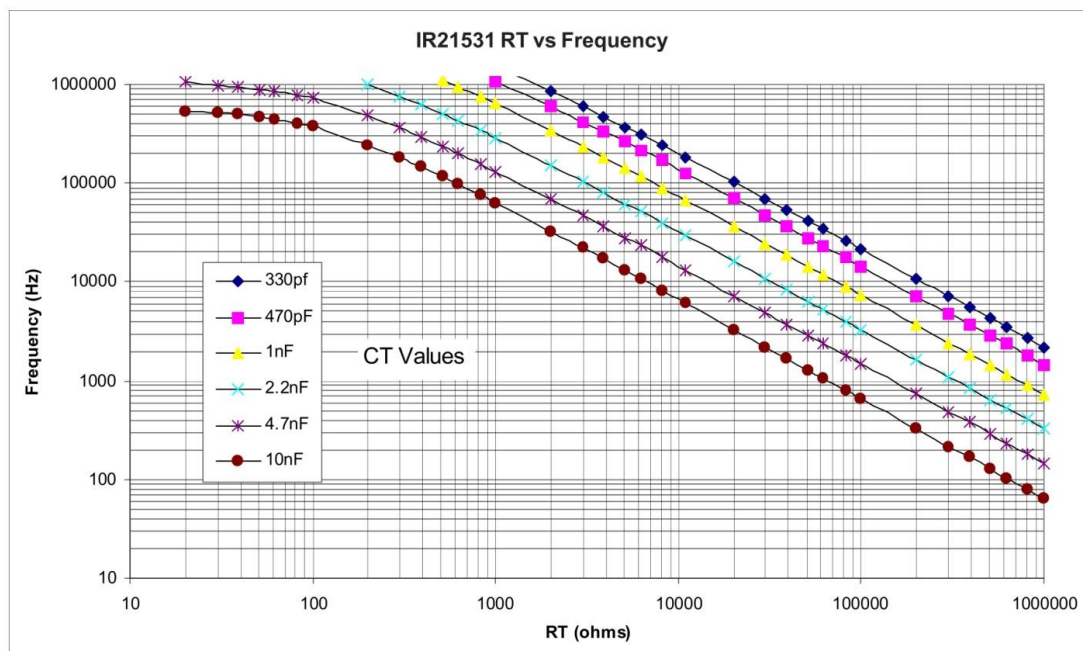


Рис. 2.4. Графічна залежність номіналів $C9$, $R6$ та необхідного значення частоти роботи перетворювача

Справді, якщо прийняти ємність конденсатора $C9$ рівною 470 пФ отримаємо наближено $R6$ рівним 20 кОм.

Номінали решти елементів обв'язки ШІМ-драйвера вибираються згідно з рекомендаціями, що наведені в [21] відповідно до напруги мережі – 210-230 В та частоти мережі – 50 Гц.

Резистори $R7$, $R8$ служать для обмеження струму в колах джерла транзисторів $VT1$ і $VT2$. Амплітуда сигналу на виході ШІМ-драйвера – 5 В, напруга відкриття транзисторних ключів – 4 В. Відповідно на резисторах $R7$, $R8$ повинно падати по 1 В. Струм відкриття транзисторних ключів повинен становити 40-50 мА. Відповідно опір резисторів $R8$, $R9$ становитиме:

$$R7=R8=U/i_R=1/0,05=20 \text{ (Ом)}.$$

Прийmemo опір резисторів $R7$, $R8$ рівним 22 Ом.

Для світлодіода HL1 падіння напруги має становити 1,3 В, максимальний прямий струм становить 6,5 мА. Розрахуємо опір обмежуючого резистора $R13$.

$$U_{R13}=12\text{В}-U_{\text{HL}}-U_{\text{VT3}},$$

де U_{HL} – падіння напруги на світлодіодові – 1,3В, U_{VT3} – падіння напруги на переході емітер-колектор транзистора $VT1$ в відкритому стані – 0,9В. Тоді:

$$U_{R13}=12-1,3-0,9=9,8 \text{ В}$$

Тоді опір резистора становитиме:

$$R13=U/I=9,8/6,5 \cdot 10^{-3}=1,5 \text{ Ом}$$

Знайдемо потужність, що розсіюється на ньому:

$$P=U I=9,8 \cdot 6,5 \cdot 10^{-3}=0,063 \text{ Вт}$$

Відповідно можна використати резистори, потужністю 0,125 Вт із запасом по потужності.

Знайдемо номінал резистора R8. Використаємо для комутування світлодіода HL1 транзистор КТЗ102. Для введення транзистора VT3 в відкритий стан необхідно, щоб падіння напруги на переході база-емітер становило 1 В та струм – 1 мА. Тоді:

$$U_{R11}=5-1=4 \text{ В}$$

$$R=U/I=4/1 \cdot 10^{-3}=4 \text{ кОм}$$

Приймаємо R11 рівним 4,3 кОм.

Подібним чином розраховуються номінали решти елементів схеми електричної принципової.

2.1.4 Вибір компонентної бази. Проведемо відповідно до проведених розрахунків вибір конкретних типів компонентів. Вибір типів резисторів і конденсаторів. Для пристрою було вибрано наступні компоненти з врахуванням економічності, універсальності, мініатюризації та простоти.

Із великого ряду резисторів було вибрано резистори С2–23 тому, що вони за своїми параметрами (потужність розсіювання, габаритні розміри, напрацювання на відмову, робочій температурі) підходять найкраще, вони є найбільш поширеними і дешевшими в порівнянні з аналогами.

Резистори С2–33 – постійні з металодіелектричним провідним шаром, загального призначення, неізольовані. Рівень шумів 1; 5 мкВ/В. Ряд Е96.

Основні технічні параметри резисторів С2-33:

- діапазон номінальних опорів: 1 – $3,01 \cdot 10^6$ Ом (допуск $\pm 0,5\% \div \pm 5\%$);
- діапазон робочих температур: від -60°C до $+70^\circ\text{C}$;
- рівень власних шумів: 5 мкВ/В;
- гранична робоча напруга постійного та змінного струму: 100 В;

- мінімальне напрацювання на відмову: 15000 год.;

В опромінювачеві використовуються резистори як низької потужності 0,125 Вт так і вищі значення (2 Вт), які є присутні в ряді значень номінальної потужності.

Із існуючої та доступної номенклатури конденсаторів мною було вибрано конденсатори типу К10–17 та К50–35 тому що вони за своїми параметрами (допуск, температурний коефіцієнт ємності, габаритні розміри, напрацювання на відмову, робоча температура) найкраще підходять.

Конденсатори К10–17–2б – керамічні постійної ємності.

Основні технічні параметри конденсаторів К10-17-2б:

- діапазон номінальних ємностей: $2,2-1 \cdot 10^4$ пФ (допуск $\pm 10\%$)
- група за температурним коефіцієнтом ємності: Н50
- граничні експлуатаційні дані:
 - діапазон робочих температур: від -60°C до $+125^\circ\text{C}$;
 - гранична робоча напруга 100 В;
 - мінімальне напрацювання на відмову: 40000 год.;
 - маса: не більше 0,05 г

Конденсатори К50–35 – оксидні полярні. Є в трьох варіантах: 1 – для автоматизованої зборки, 2 і 3 – для ручної зборки.

Основні технічні параметри конденсаторів К50-35:

- діапазон номінальних ємностей: 10–100 мкФ (проміжні значення номінальних ємностей для допуску $\pm 20\%$ відповідають ряду Е24)
- граничні експлуатаційні дані:
 - діапазон робочих температур: від -60°C до $+85^\circ\text{C}$;
 - мінімальне напрацювання на відмову: 40000 год.;
 - маса: не більше 0,05 г

Вибрані типи резисторів і конденсаторів володіють хорошими температурними і іншими параметрами, тому їх застосування є обґрунтованим.

В якості діодів було вибрано діоди КВU6G, КД522, КД106А, 1N4937, MUR460, P6KE180A.

Основні технічні параметри діодного моста KBU6G:

- максимальна постійна зворотна напруга, В – 400;
- максимальна імпульсна зворотна напруга, В – 480;
- максимальний прямий (випрямлений за напівперіод) струм, А – 6;
- максимальний допустимий прямий імпульсний струм, А – 250;
- максимальний зворотний струм, мкА – 10;
- робоча температура, С – -55 ... 125.

Діоди 1N4937 – кремнієві. Технічні параметри:

- максимальна постійна зворотна напруга, В – 600;
- максимальна імпульсна зворотна напруга, В – 720;
- максимальний прямий (випрямлений за напівперіод) струм, А – 1;
- максимально допустимий прямий імпульсний струм, А – 30;
- максимальний зворотний струм, мкА 25гр – 5;
- максимальний час зворотного відновлення, мкс – 0.250;
- загальна ємність Сд, пФ – 5;
- робоча температура, С – -65 ... 150.

Діоди MUR460 – кремнієві, ультрашвидкі. Технічні характеристики:

- максимальна постійна зворотна напруга, В – 200;
- максимальна імпульсна зворотна напруга, В – 600;
- максимальний прямий (випрямлений за напівперіод) струм, А – 4;
- максимально допустимий прямий імпульсний струм, А – 125;
- максимальний зворотний струм, мкА 25гр – 10;
- максимальний час зворотного відновлення, мкс – 0.075;
- загальна ємність Сд, пФ – 55;
- робоча температура, С – -65 ... 175.

Діоди R6KE180A – кремнієві, захисні. Технічні характеристики:

- розсіювана потужність 5 Вт;
- пікова розсіювана потужність 600 Вт;
- напруга обмеження (номінальна) 180 В;
- напруга обмеження (діапазон) 171 ... 189 В;

- максимальна імпульсна напруга 246 В;
- максимальний імпульсний струм 2.5 А;
- кількість ліній обмеження 1.

Діоди КД522 імпульсні, кремнієві, епітаксіально-планарні.

Основні технічні характеристики діодів КД522:

- максимальна зворотна напруга, В ... 50;
- максимальний прямиий струм, mA ... 100;
- максимальна робоча частота, МГц ... 100;
- діапазон робочих температур: від -60°C до $+85^{\circ}\text{C}$.

Діоди КД106А імпульсні, кремнієві, епітаксіально-планарні.

Основні технічні характеристики діодів КД106А:

- максимальна зворотна напруга, В ... 100;
- максимальний прямиий струм, mA ... 300;
- діапазон робочих температур: від -60°C до $+85^{\circ}\text{C}$.

В виробі використані транзистори: КТ3102А та IRF720S.

Транзистор КТ3102 – транзистор n-p-n структури, кремнієвий епітаксіально-планарний в пластмасовому корпусі призначений для використання в низькочастотних пристроях апаратури широкого застосування з малим рівнем шумів та іншої радіоелектронної апаратури.

Основні технічні характеристики транзистора КТ3102:

- максимальна напруга колектор-база, В ... 20-50;
- максимальна напруга колектор-емітер, В ... 20-50;
- статичний коефіцієнт передачі емітера по струму ... 10-100;
- максимальний струм колектора, mA ... 200;
- максимальна розсіювана потужність колектора, мВт, ... 250.

Транзистор IRF720S – потужні MOSFET транзистори.

Основні технічні характеристики транзистора IRF720S:

- максимальна напруга стік-витік, В ... 400;
- максимальна напруга затвор-стік, В ... 20;
- максимальний струм, А ... 3,3;
- максимальна розсіювана потужність колектора, Вт, ... 50.

Наступними було вибрано мікросхеми TOP202YAP та IR21531S.

TOP202YAP – трьохвивідна мікросхема серії TOPSwitch.

Технічні характеристики мікросхем TOP202YAP:

- серія TOPSwitch ®;
- ізоляція виходу – Either;
- частотний діапазон – 90 ~ 110 кГц;
- напруга вихідна – 700 В;
- потужність (Ватт) – 30 Вт;
- робоча температура – -40 °С ~ 150 °С;
- корпус (розмір) – ТО-220-3.

Потужність навантаження, рекомендована для підключення до коректорів з різними представниками мікросхем TOPSwitch, наведена в табл. 1.1. Слід врахувати, що діапазон вхідних напруг в даному випадку становить 230 ... 277 В, а вихідна постійна напруга – 420 В.

Таблиця 2.1

Рекомендований діапазон потужностей навантаження для мікросхем TOPSwitch

Назва	Потужність навантаження, Вт
TOP200YAP	0...25
TOP201YAP	20...50
TOP202YAP	30...75
TOP203YAP	45...100
TOP214YAP	60...125
TOP204YAP	75...150

Мікросхема IR21531S – це ШІМ драйвер керування півмостовим імпульсним перетворювачем з робочою напругою 600В, струмом 25 мА, розсіюванню потужністю до 1 Вт.

2.1.5. Конструкція опромінювача. Матеріалом друкованої плати є склотекстоліт з двостороннім фольгованим шаром.

Вибраний склотекстоліт СФ-2-35 для виробництва друкованих плат має характеристики:

- низьке водопоглинання (0.2...0.8%);
- стійкість до жолоблення;
- підвищена жорсткість і міцність;
- питомий поверхневий опір $\rho_S = 10^{10} \dots 10^{11}$ Ом;
- питомий об'ємний опір $\rho_V = 10^{11} \dots 10^{13}$ Ом * см;
- діапазон робочих температур - 60... +105 °С;
- діелектрична проникність $\mu = 6$.

Розглянемо детальніше конструктивні особливості розроблюваного пристрою. Найпоширенішою сьогодні вважається так звана SMT-технологія встановлення компонентів (Surface Mounted Technology) (рис. 2.5, б) [22]. Однак в роботі використовується технологія монтажу виводів компонентів у металізовані отвори (PTH – Plated Through Hole) [22], що наведений на рис. 2.5,а.

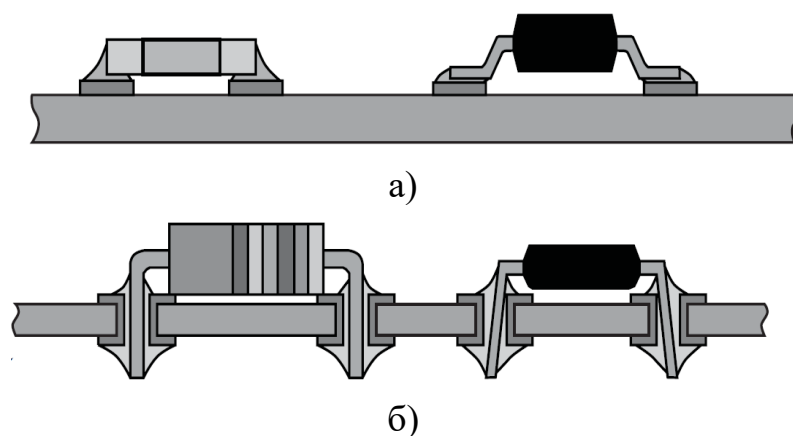


Рис. 2.5. Схеми встановлення і монтажу компонентів на друкованій платі: *а* – поверхневий монтаж (SMT-монтаж); *б* – монтаж виводів в отвори (PTH-монтаж) [22]

Виробництва електронних модулів стають перед питанням вибору оптимальної конфігурації технологічної лінії: модулів збірки (встановлення електронних компонентів), пайки, контролю, виправлення виробничих дефектів, сертифікації виробництва. Природньо при цьому виборі використовувати відомі критерії оптимізації: максимальна продуктивність, мінімальні капітальні вкладення, можливість швидкого переналаштування лінії при переході з одного типу модуля на інший, здатність реалізації модулів з різноманітними схемами складання, технологічне забезпечення якості та надійності [22].

Все розмаїття конструкцій електронних модулів зводиться до шести типів збирання. Кожному типу відповідає певна послідовність операцій, реалізована технологічними лініями. Така різноманітність обумовлена тим, що не завжди розробник модуля враховує необхідність оптимізації збірки з метою мінімізації числа операцій та зменшення виробничих витрат. Але в ряді випадків це виправдано необхідністю максимальної щільності компоновки електронних виробів, там де мініатюризація – головне завдання проектування.

Класифікувати типи збірок можна за їх конструкціями або за технологічним маршрутом їх реалізації. Але оскільки ознайомлення з об'єктом виробництва починається з аналізу проекту, наведемо класифікацію типів збірок з позицій розміщення компонентів і їх виводів на монтажній основі (друкованій платі) [22].

В роботі використовується тип 1А монтажу елементів (рис. 2.6). Компоненти з виводами в отвори (РТН-компоненти) встановлені на одній стороні монтажної основи (рис. 2.6).

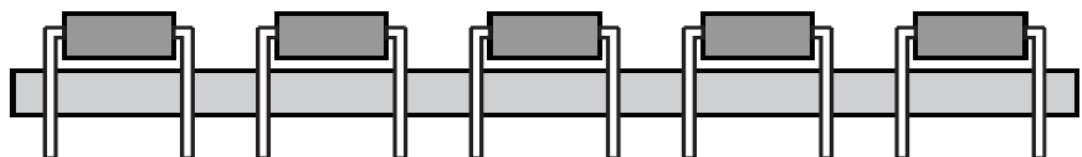


Рис. 2.6. Компоновка типу 1А

Для автоматизації процесу виготовлення плати на станках з комп'ютерним управлінням компоненти розміщуються у вузлах координатної сітки з кроком 0,25 мм. Діаметр усіх отворів вибирається з умови: при діаметрі виводу радіоелементу до 0,8мм діаметр отвору на 0,2-0,3мм більший діаметру виводу, при діаметрі виводу більше 0,8мм – на 0,3-0,5мм більше, що забезпечує надійну фіксацію компонентів на друкованій платі. Для виключення можливості відривання контактних площадок від друкованої плати потрібно вибрати мінімальний їх діаметр, що забезпечує потрібну міцність кріплення.

Друкована плата має розміри елементів провідного рисунку: номінальні розміри діаметрів монтажних отворів, мінімальні діаметри контактних площадок, мінімальні відстані провідників між двома отворами.

Номінальні величини монтажних отворів для 2-го класу точності визначаються за виразом (2.7):

$$d = d_e + |\Delta d_{н.г}|r, \quad (2.7)$$

де d_e – максимальний діаметр виводу елемента;

$\Delta d_{н.г}$ – нижнє граничне значення відхилення від номінального значення діаметра монтажного отвору;

r – різниця між мінімальним діаметром отвору і максимальним діаметром виводу (0,1÷0,4 мм).

Згідно ГОСТ 10314–79 допускається використання монтажних, перехідних і механізованих отворів з ряду 0,4; 0,5; 0,6; 0,7; 0,8; 0,9; 1,0; 1,1; 1,2; 1,3; 1,5; 1,6; 1,7; 1,8; 2,0; 2,1; 2,2; 2,4; 2,5; 2,6; 2,7; 2,8; 3,0 мм.

Значення максимальних діаметрів виводів:

- для резисторів С2–23:

$$d_e = 0,6 \text{ мм};$$

- для конденсаторів К10–17:

$$d_e = 0,5 \text{ мм};$$

- К50–35:

$$d_e = 0,5 \text{ мм};$$

- для діодів:

$$d_e = 0,6 \text{ мм};$$

- для транзисторів КТ3102:

$$d_e = 0,6 \text{ мм};$$

- IRF720S:

$$d_e = 0,8 \text{ мм};$$

- для мікросхем

$$d_e = 0,5 \text{ мм}.$$

Значення r вибираємо рівним 0,2 мм, вибираємо $\Delta d_{н.в.} = 0,1 \text{ мм}$. Тоді за формулою (2.4) отримуємо наступні значення номінальних діаметрів монтажних отворів:

- для резисторів $d_1 = 1 \text{ мм};$

- для конденсаторів $d_2 = 0,8 \text{ мм}; \quad d_3 = 0,8 \text{ мм};$

- для діода $d_4 = 1 \text{ мм};$

- для транзисторів $d_5 = 1 \text{ мм}; \quad d_6 = 1 \text{ мм}; \quad d_7 = 1,1 \text{ мм};$ – приймаємо 1,3 мм;

- для мікросхем $d_8 = 0,8 \text{ мм};$

Значення мінімальних діаметрів контактних площадок навколо монтажних отворів визначаємо за формулою

$$D = (d + \Delta d_{с.с.}) + 2e + \Delta t_{с.с.} + 2\Delta d_{mp} + \sqrt{\delta d^2 + \delta p^2 + \Delta t_{н.в.}}, \quad (2.8)$$

де d – номінальний діаметр монтажного отвору,

$\Delta d_{\varepsilon,\varepsilon}$ – верхнє граничне відхилення діаметру отвору;

ε – гарантований поясок на зовнішньому шарі;

$\Delta t_{\varepsilon,\varepsilon}$ – верхнє граничне відхилення ширини провідника,

Δd_{mp} – допуск на підтравлення діелектрика;

δd – допуск на розміщення отворів;

δp – допуск на розміщення контактних площадок;

$\Delta t_{\text{н.с.}}$ – нижнє граничне відхилення ширини провідника.

Для отворів діаметром $d= 0,8 \text{ мм}, 1 \text{ мм}$:

$$\delta d=0,3 \text{ мм}; \delta p=0,2 \text{ мм}; d_{\varepsilon,\varepsilon}=0,1 \text{ мм}; \Delta t_{\varepsilon,\varepsilon}=0,1 \text{ мм}; \Delta t_{\text{н.с.}}=0,1 \text{ мм};$$

$$\Delta d_{mp}=0,03 \text{ мм}; \varepsilon=0,2 \text{ мм}.$$

Тоді мінімальний діаметр контактної площадки D навколо монтажного отвору діаметром $d=0,8 \text{ мм}$, обчислений за формулою (1.5), буде рівний

$$D_1 = (0.8 + 0.1) + 2 \cdot 0.2 + 0.1 + 2 \cdot 0.03 + \sqrt{0.2^2 + 0.3^2 + 0.1^2} = 1.8 \text{ мм},$$

а для отворів діаметром $d=1 \text{ мм}$

$$D_2 = (1 + 0.1) + 2 \cdot 0.2 + 0.1 + 2 \cdot 0.03 + \sqrt{0.2^2 + 0.3^2 + 0.1^2} = 2 \text{ мм}.$$

Для отворів діаметром $d=1,3 \text{ мм}$:

$$\delta d=0,2 \text{ мм}; \delta p=0,3 \text{ мм}; d_{\varepsilon,\varepsilon}=0,15 \text{ мм}; \Delta t_{\varepsilon,\varepsilon}=0,1 \text{ мм}; \Delta t_{\text{н.с.}}=0,1 \text{ мм}; \Delta d_{mp}$$

$$=0,03 \text{ мм}; \varepsilon=0,2 \text{ мм}.$$

Тоді мінімальний діаметр контактної площадки навколо монтажного отвору діаметром $d=1,3 \text{ мм}$, обчислений за формулою (1.5), буде рівний

$$D_3 = (1,3 + 0,15) + 2 \cdot 0,2 + 0,1 + 2 \cdot 0,03 + \sqrt{0,2^2 \cdot 0,3^2 \cdot 0,1^2} = 2,4 \text{ мм.}$$

Визначення номінального значення ширини провідника t здійснюється за формулою:

$$t = t_{\text{м.д.}} + |\Delta t_{\text{н.о.}}|, \quad (2.9)$$

де $t_{\text{м.д.}}$ – мінімальна допустима ширина провідника, яка визначається класом точності і можливим струмовим навантаженням,

$\Delta t_{\text{н.о.}}$ – допуск на ширину провідника, $\Delta t_{\text{н.о.}} = 0,1 \text{ мм}$.

Сумарний струм споживання, при споживаній потужності 36 Вт, становить:

$$I_{\text{сн}\Sigma} = 0,17 \text{ А}$$

Приймаємо $t=0,3 \text{ мм}$. Згідно вибраного 2–го класу точності вибираємо $t_{\text{м.д.}}=0,45 \text{ мм}$, тоді:

$$t = 0,45 + 0,1 = 0,55 (\text{мм})$$

Номінальне значення відстані між сусідніми елементами провідного рисунка визначаємо, користуючись формулою:

$$S = S_{\text{м.д.}} + \Delta t_{\text{в.в.}} \delta \ell, \quad (2.10)$$

де $S_{\text{м.д.}}$ – мінімальна допустима віддаль між сусідніми елементами провідного рисунку;

$\delta \ell$ – допуск на розміщення провідників.

Вибираємо $\delta\ell = 0,1\text{мм}$, $\Delta t_{\text{в.в.}}, S_{\text{м.д.}} = 0,45\text{мм}$. Тоді, за формулою знайдемо номінальне значення відстані між сусідніми елементами провідного рисунку:

$$S = 0,45 + 0,1 + 0,1 = 0,65(\text{мм})$$

Для знаходження відстані ℓ , яка буде мінімальною для n провідників між двома отворами з контактними площадками діаметром D_1 і D_2 визначаються за формулою :

$$\ell = \frac{D_1 + D_2}{2} + t_n + S(n + 1) + \delta\ell, \quad (2.11)$$

де n – число провідників,

t_n – мінімальне значення номінальної ширини провідника;

$\delta\ell$ – допуск на розміщення провідників;

S – відстань між елементами.

Для $D_1 = 1,8\text{ мм}$ і $D_2 = 2\text{ мм}$.

$$\ell = \frac{1,8 + 2}{2} + 0,45 + 0,45 \cdot 2 + 0,1 = 3,35(\text{мм})$$

Для отворів $D_1 = 2\text{ мм}$ і $D_2 = 2,4\text{ мм}$.

$$\ell = \frac{2 + 2,4}{2} + 0,45 + 0,45 \cdot 2 + 0,1 = 3,65(\text{мм})$$

Для отворів однакового діаметру:

$$D_1 = D_2 = 1,8\text{мм}: \ell_{11} = 3,25(\text{мм}), \quad D_1 = D_2 = 2\text{мм}: \ell_{22} = 3,45(\text{мм}),$$

$$D_1 = D_2 = 2,4 : l_{33} = 3,85(\text{мм}),$$

Знаючи всі конструктивні параметри елементів друкованого вузла проведено проектування топології друкованої плати та власне друкованого вузла пристрою з допомогою САПР P-CAD 2002.

Механічні розрахунки стійкості та міцності. Розрахунок на вібростійкість несучих конструкцій типу плати зводиться до визначення найбільших напружень виходячи з виду деформації, що визвана вісью вібрацій у визначеному діапазоні частот і порівняння одержаних значень з допустимим. Для цього необхідно знайти власну частоту f_0 , при якій плата з визначеними розмірами і механічними характеристиками витримує допустимі навантаження. При цьому частота коливань плати не повинна бути близькою до її резонансної частоти f_0 .

Власну резонансну частоту друкованої плати знайдемо за формулою

$$f_0 = \left(\frac{1}{\sqrt{1 + \frac{m_e}{m_n}}} \right) \cdot \left(\frac{\pi}{4\sqrt{3}} \right) \cdot (1 + \Delta^2) \cdot \left(\frac{\lambda\rho}{b^2} \right) \cdot \sqrt{\frac{E}{\rho}} \quad (2.12)$$

де m_e – маса електрорадіоелементів;

m_n – маса друкованої плати;

Δ – відношення меншої сторони плати до більшої;

b – розмір більшої сторони плати;

E – модуль Юнга, $E = 3,3 \cdot 10^{10} \text{ Н/м}^3$;

ρ – густина матеріалу друкованої плати, для склотекстоліту

$$\rho = 2,5 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3;$$

λ – коефіцієнт, що залежить від способу кріплення друкованої плати.

Для плати опромінювача, маса елементів становить наближено 150 г, маса друкованої плати 45 г, товщина плати становить 1,5 мм, розмір більшої сторони 145 мм.

$\Delta = 55/145 = 0.38$, для використання закріплення плати $\lambda = 2.2$.

$$f_0 = \left(\frac{1}{\sqrt{1 + \frac{150}{45}}} \right) \cdot \left(\frac{3.14}{4\sqrt{3}} \right) \cdot (1 + 0.38^2) \cdot \left(\frac{2.2 \cdot 0.025}{0.15^2} \right) \cdot \sqrt{\frac{3.3 \cdot 10^{10}}{2.5 \cdot 10^3}} = 643.6 \text{ Гц}$$

Згідно з технологічним процесом монтажу плата після складання покривається лаком, який підвищує резонансну частоту на 20%.

Звідси:

$$f_0 = 128.7 + 643.6 = 772 \text{ Гц}$$

Відомо, що друковані плати, які входять в склад радіоелектронної апаратури без амортизації не повинні мати резонансних частот нижче 60 Гц. Як видно з розрахунку проєктований виріб задовольняє цю умову.

Крім цього для забезпечення вібростійкості, плата повинна мати необхідну втомлюваність при впливі вібрації, тобто витримувати допустимі значення віброприскорень. Для цього необхідно, щоб резонансна частота плати задовольняла умову:

$$f_0 \geq \sqrt[3]{\left(\frac{\gamma_{g_0} \cdot g \cdot j_{\max}}{0.003 \cdot a} \right)^2} \quad (2.13)$$

де γ_{g_0} – коефіцієнт, числове значення якого залежить від значення частоти власних коливань і впливаючих прискорень;

j_{\max} – максимальне навантаження в одиницях g ;

g – прискорення вільного падіння, $g = 9.8 м/с$

a – розмір меншої сторони плати, $a = 90 мм$.

Для $f_0 = 772 Гц$ та віброприскорень до $2g$ значення коефіцієнта $\gamma_{g_0} = 52$.

Для визначення максимально допустимих вібраційних навантажень на плату запишемо співвідношення у вигляді

$$j_{\max} \leq \frac{\sqrt{f_0^3} \cdot 0.003 \cdot a}{\gamma_{g_0} \cdot g} \quad (2.14)$$

Підставивши значення, отримаємо

$$j_{\max} \leq 2.3g$$

Оскільки згідно вимог до пристрою, він повинен витримувати вібрації в діапазоні частот 10-60 Гц і прискоренням $2g$, то з розрахунків бачимо, що конструкція приладу задовольняє вимогам вібростійкості і придатна до експлуатації в заданих умовах.

Ударні впливи на блок характеризуються формою і параметрами ударного імпульсу. Згідно вимог механічного впливу при транспортуванні блок повинен витримати ударні імпульси тривалістю 10 мс, пікове прискорення $H_y = 10g$. Максимальний вплив на апаратуру має імпульс прямокутної форми, проведемо розрахунок міцності приладу до дії таких ударів.

Умовна частота ударного імпульсу:

$$\omega = \frac{\pi}{\tau} \quad (2.15)$$

де τ – тривалість ударного імпульсу, $\tau = 10\text{мс}$.

$$\omega = \frac{3,14}{10 \cdot 10^{-3}} = 314\text{Гц}$$

Коефіцієнт передачі при ударі:

$$K_y = 2 \cdot \sin\left(\frac{\pi}{2 \cdot \nu}\right) \quad (2.16)$$

де ν – коефіцієнт розстрочки.

$$\nu = \frac{\omega}{2 \cdot \pi \cdot f_0} \quad (2.17)$$

Підставивши значення отримаємо:

$$\nu = \frac{314}{2 \cdot 3,14 \cdot 772} = 0,066$$

$$K_y = 2 \cdot \sin\left(\frac{3,14}{2 \cdot 0,065}\right) = 0,841$$

Максимальне відносне прискорення приладу:

$$a_y = H_y \cdot K_y \quad (2.18)$$

Максимальне відносне переміщення

$$Z_{\max} = \frac{2 \cdot H_y}{2 \cdot \pi \cdot f_0} \cdot \sin\left(\frac{\pi}{2 \cdot \nu}\right) = \frac{a_y}{2 \cdot \pi \cdot f_0} \quad (2.19)$$

Умова ударної міцності для радіоелементів має вигляд

$$a_y < a_{y \text{ доп}}$$

де $a_{y \text{ доп}}$ – допустиме прискорення удару, $a_{y \text{ доп}} = 10g$

Оскільки $8.45g < 10g$, то умова ударної міцності виконується.

Для друкованої плати умова ударної міцності має вигляд:

$$Z_{\text{max}} < 0.003b < 0.705$$

Умова виконується, отже пристрій придатний для роботи і транспортування при дії ударів.

Розрахунок теплових режимів. З точки зору теплофізики радіоелектронний блок є нескладною системою з невеликою кількістю джерел тепла.

Для розрахунку вважаємо, що нехай моделлю буде однорідна нагріта зона, яка розміщується в герметичному корпусі. Дану модель можна прийняти, так як на платі не має потужних джерел тепла, крім того заповнення плати є досить однорідним і рівномірним.

Визначимо для розрахунку теплового режиму в такому випадку питому потужність розсіювання блоком в цілому q_k і нагрітого q_3

$$q_k = \frac{P_0}{S_k} \quad (2.20)$$

$$q_3 = \frac{P_0}{S_3} \quad (2.21)$$

де P_0 – потужність, що розсіюється блоком у вигляді теплоти;

S_k – площа зовнішньої поверхні корпусу блоку;

S_3 – умовна площа нагрітої зони.

Обчислимо площу поверхні корпусу апарату за формулою (з врахуванням того, що габаритні розміри повинні бути на 5мм більші за розміри друкованого вузла):

$$S_K = 2(L_1L_2 + L_2L_3 + L_1L_3) \quad (2.22)$$

де L_1 – довжина корпусу пристрою ($0,145+0,005=0,150$), L_2 – ширина корпусу пристрою ($0,055+0,005=0,060$), L_3 – висота корпусу пристрою ($0,04+0,005=0,045$):

$$S_K = 2(0,15 \cdot 0,06 + 0,06 \cdot 0,045 + 0,15 \cdot 0,045) = 0,019 \text{ м}^2$$

Тоді питома потужність корпусу апарату

$$q_K = \frac{20}{0,019} \approx 1052 \text{ Вт / м}^2$$

Обчислимо площу чорної зони за формулою:

$$S_3 = 2(L_1 \cdot L_2 + (L_1 \cdot L_2)L_3 \cdot K_3) \quad (2.23)$$

де K_3 – коефіцієнт заповнення об'єму $K_3 = 0,3$.

$$S_3 = 2(0,15 \cdot 0,06 + (0,15 \cdot 0,06)0,045 \cdot 0,3) = 0,018 \text{ м}^2$$

Тоді питома потужність нагрітої зони:

$$q_3 = \frac{20}{0,018} = 1111 \text{ Вт / м}^2$$

По обчислених значеннях питомої потужності знаходимо коефіцієнт перегріву корпусу та нагрітої зони: $Q_1 = 1$, $Q_3 = 1.2$.

Коефіцієнт залежності від тиску та середовища в середині корпусу пристрою:

$$Q_k = Q_1 \cdot K_{H1} \quad (2.24)$$

$$Q_k = 1K$$

Перегрів нагрітої зони пристрою:

$$Q_{zn} = Q_k + (Q_3 - Q_1) \cdot K_{H1} \quad (2.25)$$

$$Q_{zn} = 1 + (1.2 - 1) = 1.2$$

Визначимо середній перегрів повітря в пристрої

$$T_n = Q_{нов} + T_c \quad (2.26)$$

де T_c – температура оточуючого середовища (20°C).

$$T_n = 1,1 + 20 = 21,1$$

Температура корпусу пристрою:

$$T_k = Q_k + T_c \quad (2.27)$$

$$T_k = 1 + 20 = 21$$

Температура нагрітої зони

$$T_3 = Q_3 + T_c \quad (2.28)$$

$$T_3 = 1,2 + 20 = 21,2^{\circ}C$$

Оскільки значення температури нагрітої зони менше допустимого значення температури елементів та пропоєю, то проєктований пристрій придатний до роботи в даному тепловому режимі без додаткового тепловідводу. Теплообмін здійснюється шляхом вентиляційних отворів в корпусі приладу.

Розрахунок надійності плати пристрою. Одним із факторів, що впливає на надійність апаратури в цілому є надійність елементів. Вірогідність відмов елементів залежить від їх конструкції, якості виготовлення, умов експлуатації. Вплив зовнішніх факторів на надійність елементів характеризується коефіцієнтом навантаження, тобто відношенням фактичного значення діючого фактора до його номінального значення. Вплив на надійність фактичного значення зовнішніх факторів і коефіцієнтів навантаження можна визначити за допомогою відповідних коефіцієнтів впливу a . Температурний коефіцієнт впливу a_t показує у скільки разів змінюється інтенсивність відмов при зміні температури від номінального значення до наявного. Інтенсивність відмови елемента при температурі t : $\lambda = a_t \times \lambda_0$. Приведемо надійність елементів у вигляді таблиці 2.2.

Таблиця 2.2

Надійність елементів

Назва ЕРЕ	К-ть, n	λ_0 , 1/год
Конденсатор електролітичний	4	$0,003 \cdot 10^{-6}$
Конденсатор керамічний	14	$0,05 \cdot 10^{-6}$
Резистор постійний	14	$0,05 \cdot 10^{-6}$
Транзистор	4	$0,4 \cdot 10^{-6}$
Діоди	10	$0,35 \cdot 10^{-6}$
Мікросхеми	2	$0,01 \cdot 10^{-6}$

Роз'єм	3	$0,01 \cdot 10^{-6}$
Пайка	128	$0,02 \cdot 10^{-6}$
Разом		$0,893 \cdot 10^{-6}$

Розрахуємо інтенсивність відмов системи:

$$\lambda_c = \sum \lambda_0 \cdot n = 4 \cdot 0.003 \cdot 10^{-6} + 14 \cdot 0.05 \cdot 10^{-6} + 14 \cdot 0.05 \cdot 10^{-6} + 4 \cdot 0.4 \cdot 10^{-6} + 10 \cdot 0.35 \cdot 10^{-6} + 2 \cdot 0.01 \cdot 10^{-6} + 3 \cdot 0.01 \cdot 10^{-6} + 128 \cdot 0.02 \cdot 10^{-6} = 11,2 \cdot 10^{-6}$$

Підрахуємо ймовірність безвідмовної роботи системи на протязі часу, що рівний 1000 годин:

$$P_c(t) = \exp(-\lambda_c \cdot t_p) = \exp(-11,2 \cdot 10^{-6} \cdot 1000) \approx 0.92$$

Визначимо середнє напрацювання на відмову системи:

$$T_c = \frac{1}{\lambda_c} = \frac{1}{11,2 \cdot 10^{-6}} = 89285 \text{ год.}$$

Надійність апаратури залежить від правильного спостереження і дотримання заданих умов експлуатації; від своєчасного і якісного проведення профілактичного огляду і ремонту. Високу надійність може мати та апаратура, при виробництві якої застосовується автоматизація і механізація виробничих процесів. В зв'язку з цим найбільшу надійність має РЕА, в якій застосовуються мікросхеми і мікрозборки.

2.2 Технологічна частина

Конструкція друкованого вузла являє собою друковану плату розміром 145x55 мм, на якій розміщені радіоелементи. Товщина плати становить 1,5 мм, топологія друкованих провідників двостороння. Радіоелементи

використано з мінімальною кількістю типорозмірів корпусів для забезпечення зручності їх монтажу на друковану плату. В корпусі друкований вузол кріпиться до пластмасового шасі, в якому зроблено виріз в місцях проходження провідників друкованого вузла. Кріплення виконується з допомогою гвинтів, шайб та гайок. В конструкції блока використано елементну базу з такими елементами:

Мікросхеми:

IR21531S;

TOP202YAP;

Резистори:

C2-33

Конденсатори:

K50-35

K10-17

Діоди:

DF10S

KBU6G

1N4932

MUR460

P6KE180A

КД522Б

КД106А

Світлодіоди АЛ307Б

Дроселі

Трансформатор

Транзистори

IRF720S

КТ3102

Вилка:

PLS2.

Використана елементна база включає в себе 14 неелектролітичних конденсаторів з двома типорозмірами корпуса та 4 електролітичних конденсатори з двома типорозмірами корпуса, 14 резисторів з трьома типорозмірами корпуса. Також в блоці використано одну мікросхему з типом корпуса DIP-8. Також в конструкції друкованого вузла використано 10 діодів з

трьома типорозмірами корпусу. Транзистори використано з типом корпусу ТО220 та КТ-28. Більшість елементів можуть встановлюватись автоматизованим способом. Електролітичні конденсатори додатково встановлюються на прокладки з проклеюванням.

2.2.1 Аналіз конструкції та вибір технологічного маршруту

Серійне виробництво характеризується обмеженою номенклатурою виробів, що виготовляють періодично та порівняно великим обсягом випуску.

Із збільшенням виробництва економія від поглибленої розробки технологічних процесів підвищується. Поглиблена розробка технологічного процесу стає вигідною.

Виробництво РЕА характеризується предметною спеціалізацією складальних цехів, в кожному з яких здійснюється замкнутий процес складання однорідної продукції.

Необхідно врахувати ступінь типізації технічних процесів складання, програму випуску, трудомісткість складання, а також форми спеціалізації цеху та його кооперування з іншими складальними цехами підприємств.

На підприємстві серійного випуску РЕА використовуються однопредметні безперервно поточні лінії. Ритм ліній дорівнює або кратний ритму випуску предмета.

Кожен з технологічних процесів вибирається з кількох можливих і повинен бути найекономнішим при реалізації. У зв'язку з цим при розробці нових та удосконаленні відомих технологічних процесів велике значення має вибір раціональних методів їх проектування.

Для високих рівнів організації виробництва доцільно застосовувати уніфіковані процеси. Роботи по їх уніфікації ведуть до впровадження групових та типових процесів. Типізація технологічних процесів полягає в класифікації їх деталей та технологічних процесів їх виробництва.

На етапі ТПВ приділяється увага вирішенню комплексу питань щодо технологічного оснащення. Відповідно до ГОСТу 1.4301-83 до засобів технологічного оснащення належать: технологічне устаткування, власне технологічне оснащення, засоби механізації та автоматизації виробничих

процесів.

При підготовці виробництва приділяють увагу уніфікації та стандартизації засобів технологічного оснащення, виявляють необхідність в оригінальному оснащенні процесу. Оснащення робочих місць здійснюють у відповідності з розробленими типовими та груповими технологічними процесами.

З позицій розміщення компонентів і їх виводів на монтажній основі використовується Тип 1А, коли компоненти з виводами в отвори (РТН-компоненти) встановлені на одній стороні ДП (рис. 2.8).

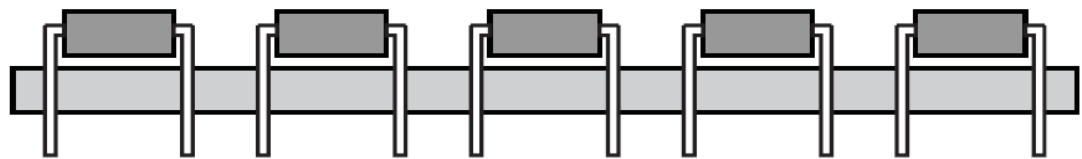


Рис. 2.8. Компоновка типу 1А

Використана елементна база наведена в додатках – в специфікації.

Основні технологічні операції при описаній вище конструкції [22]: підготовлення радіоелементів, встановлення їх, паяння хвилею припою. Відповідно, технологічний процес виготовлення пристрою повинен включати етапи підготовки виводів більшості електрорадіоелементів (ЕРЕ), а саме: формування та лудіння їх, встановлення ЕРЕ на друковану плату, паяння хвилею припою, очищення друкованої плати від флюсу, нанесення захисного покриття тощо. На кожному з етапів необхідно проводити контроль виконання операції та в разі виявлення дефектів повертати друковану плату на попередній етап чи відбракувати її.

2.2.2 Вибір обладнання для виробництва виробу

Технологічний процес складання та монтажу модернізованого опромінювача складається з наступних операцій:

1. Підготовча – включає отримання та перевірку комплектації.
2. Формування виводів елементів.
3. Лудження виводів елементів.

4. Встановлення елементів на плату.
5. Паяння.
6. Контроль складання та монтажу на відповідність складальному кресленню.
7. Промивання друкованого вузла від залишків флюсу.
8. Контроль якості відмивання плати.
9. Регулювання вузла.
10. Лакування (покриття вологозахисними лаками).
11. Контроль якості лакування.
12. Сушіння.

При крупносерійному виробництві ми використовуємо наступне устаткування:

1. Напівавтомат формування Н. Streckfuck (Німеччина) – С-043 – формування виводів ЕРЕ з осьовим виводами діаметром 2–15 мм, довжина 6–15 мм, установочний розмір 7,5–50 мм, продуктивність – 7000 шт/год.
2. Автомат для установки ЕРЕ – NM-2050 (Японія), продуктивність – 14000 шт/год., установочні розміри 5-12,5 мм
3. Шафа витяжна 2Ш-НЖ. Застосовується для прискорення процесу сушки матеріалів після промивки та нанесення різних рідких речовин за рахунок одночасного завантаження партії друкованих плат, регулюється доступ повітря.
4. Автомат лудження ЕРЕ з осьовими виводами – ДМВМ 2.241.003. Продуктивність – 3500 шт/год.
5. Установка для пайки 6TF/160 Kirston (Швейцарія). Пайка плат шириною до 160 мм. Електромагнітний нагнітач припою. Настільне виконання. Маса припою – 15 кг. Продуктивність – 0,3-3 м/хв.
6. Лінія промивки плат ЛПП-901. Групове 4-ри стадійне відмивання плат в розчинниках. Потужність – 30 кВт. Продуктивність – 0,3-3 м/хв.
7. Піч ДЛДН-2 – для сушки лаку.
8. Плоскогубці ПУГ-150 (ГТ17814-1020).
9. Гострогубці бокові ОБ-1-125 (ГТ7814-1020)

10. Пінцет ППМ-150-2 (ИЖ4.094.000)
11. Лупа ГОСТ 25706-83.
12. Трафарет РД 3082-3901 (для маркування).
13. Кісточка ТУУ 1.280.315.
14. Викрутка регулювальника 3×120 ГОСТ 812113-73.
15. Світломонтажний стіл УПСП-904 – ЕРЕ з 60 комірок на плату 300×200, слайдопроектор.
16. Візок.

Для регулювання виробу використовують набір контрольно-вимірювальної апаратури.

2.3 Висновок до розділу 2

В розділі проведено аналіз способів реалізації опромінювача ультрафіолетового бактерицидного на прикладі промислових аналогів та вибрано шляхи його модернізації. Проведено проектування схеми функціональної та електричної принципової модернізованого опромінювача, проведено параметричний синтез та вибрано компонентну базу, розроблено конструкцію опромінювача та розглянуто технологічні питання його виготовлення.

РОЗДІЛ 3

НАУКОВО-ДОСЛІДНА ЧАСТИНА

3.1 Резистентність коронавірусу до дії різних середовищ

Коронавіруси відносяться до вірусів з суперкапсидом. Всі такі віруси мають високу заразність і опірність імунітету, але з іншого боку мають відносно вірусів в звичайному капсиді порівняно низькою живучістю поза господаря і високою вразливістю для засобів дезінфекції [1]. Чутливість до антисептиків, температурі і ультрафіолету у різних коронавірусів незначно відрізняється, тому підходи до дезінфекції використовуються універсальні для всіх видів і мутацій коронавірусів.

Коронавіруси легко руйнуються більшістю антисептиків і слабо стійкі навіть до помірного нагрівання, але при помірній температурі можуть збережуватися на поверхнях кілька діб. При аналізі даних на живучість вірусу слід виходити з того, що практично всі дослідження проводилося ПЛР-тестом, тобто вказано не на часі, необхідне для деактивації вірусу, а його повне руйнування - до знищення всіх копій його РНК. ПЛР тест не оцінює ступінь пошкодження суперкапсиду вірусу і його здатність до розмноження; ПЛР тест визначає, зруйнована чи РНК вірусу.

Резистентність на різних матеріалах поверхонь.

Різні поверхні мають різну стійкість і залежність від температури. На папері вірус «тримається» 3 години, на грошах 4 дні, на дерев'яних виробах та одязі 2 дні, на склі 4 дні, на металах і пластику 7 днів. На використаній масці(з середини) 7 днів, а на зовні маски понад 7 днів. Дані відповідні для температури +22 ° С і вологості 65% [1].

Резистентність до температури.

Коронавіруси зберігають інфекційну активність протягом кількох років в ліофілізованому стані при +4° С, тобто після м'якого висушування в лабораторії після попередньої заморозки. У замороженому стані при -70° С

коронавіруси також успішно зберігають в лабораторіях кілька років. У зовнішньому середовищі коронавіруси зазвичай інактивуються з поверхонь при $+33^{\circ}\text{C}$ за 16 годин, при $+56^{\circ}\text{C}$ за 10 хвилин [1].

Спеціальні дослідження встановили, що збудник COVID-19 дуже стабільний тривалий час при температурі $+4^{\circ}\text{C}$. При такій температурі вірус руйнується дуже повільно і навіть через 14 днів ПЛР тест виявляє цілісний геном вірусу. Вірус руйнується до повної деструкції РНК після півгодинної обробки при $+56^{\circ}$. При кімнатній температурі близько 22°C ПЛР тест виявляє вірус по генному вповодж 7 днів, а через 14 днів відбувається повне руйнування вірусу до РНК. При температурі тіла людини ($+37^{\circ}\text{C}$) вірус руйнується протягом 1 дня.

Інше дослідження показало, що вірус COVID-19 при нагріванні до 60°C С живе протягом години. Руйнування при 92°C відбувається через 15 хвилин.

Чутливість коронавірусів до ультрафіолету від Сонця і підвищенню температури робить їх сезонними захворюваннями, але істотним фактором є поєднання температури з вологістю і кутом падіння сонячного світла, що дозволяє вказати міста з несприятливим кліматом, де можна очікувати сплеску захворюваності коронавірусами. Дослідження американських вчених [1] виявило, що до великих міст з кліматом, що сприяє поширенню коронавірусів, відносяться: Лондон, Нью-Йорк, Варшава, Київ, Берлін, Прага. У цих містах інфекціоністи прогнозують сплеск пандемії COVID-19 через сприятливих кліматичних умов для коронавірусів.

Резистентність до антисептиків

Різні дослідження впливу антисептиків на коронавіруси показують кілька варіюються результати. Дослідження італійських вчених показує, що етанол (70%), гіпохлорит натрію ($\geq 0,05\%$) і хлоргексидин (1%) дуже швидко (менш, ніж за 2 хвилини) пошкоджують капсид вірусу, і він втрачає здатність розмножуватися [1]. В іншому дослідженні [1] тестувалися популярні знезаражувачі рук на основі ізопропанолу (45%), н-пропанолу (30%) і мезетронія етілсульфат (0,2%); на основі 80-процентного етанолу; гель на основі 85-процентного етанолу; антивірусний гель на основі 95-процентного

етанолу. Всі кошти обробки рук протягом 30 секунд знищували вірус нижче порога виявлення. Таким чином, використання засобів для знезараження рук ефективно проти коронавірусів. ВООЗ рекомендує використовувати проти коронавірусів спиртовмісні антисептики для рук [1].

Спеціальні дослідження по збудника COVID-19 показали, що в цілому він реагує на антисептики так само, як і інші коронавіруси. Етанол (70%), хлоргексидин (0,05%), хлороксіленол (0,05%), бензалконію хлорид (0,1%), повідон-йод (7,5%) знищували вірус протягом 5 хвилин. Стандартні методи дезінфекції приміщень з використанням хлорвмісних антисептиків в концентрації навіть 1:99 також протягом 5 хвилин вбивали вірус [1].

Коронавіруси в повітрі і на відкритих поверхнях можуть бути знищені «кварцовими» ультрафіолетовими випромінювачами на базі ртутних газорозрядних ламп.

Агентство з охорони навколишнього середовища США почало вести роботу по сертифікації антисептиків проти коронавіруса COVID-19 із зазначенням швидкості спрацьовування антисептика для конкретних продуктів від виробників [1]. Швидше за все (за 30 секунд) вбивають вірус антисептики на базі хлориду натрію, гіпохлориду натрію, перекису водню, четвертинного амонію, етилового спирту і молочної кислоти. Але слід враховувати, що на відміну від попередніх досліджень антисептиків це не отримане експериментально час знищення коронавірусів, а підвищений гарантований час знищення виходячи з дії антисептика на інші віруси [1].

Резистентність до озону

Озон досить токсичний для всіх вірусів з суперкапсидом, включаючи коронавіруси, так як є найсильнішим окислювачем і денатурує білки на суперкапсиду вірусів. [23] Перевагою озонування є також досить висока швидкість дезінфекції, якщо згенерована велика концентрація озону. У чистому озоне 99,9% вірусів і бактерій гинуть протягом 15-60 секунд. При великому насиченні озоном приміщень вдавалося домогтися знищення 99,22% коронавіруса атипової пневмонії, тому медики очікують подібних результатів по Коронавіруси Covid-19 [23].

У статті, опублікованій в The New England Journal of Medicine («Медичному журналі Нової Англії»), дослідники оцінили здатність дрібної аерозолі з COVID-19 зависати експериментально. Експеримент показав, що аерозоль з живими вірусами здатний мінімум 3 години висіти в повітрі. [1].

Промислові озонатори для генерації великої кількості озону для дезінфекції

Проте, перевищення допустимої дози озону може викликати серйозне отруєння людини з пошкодженням нервової системи. Тому застосування потужних генераторів озону має виробляється за відсутності людей і виконуватися провітрювання приміщення після дезінфекції. Безпечна доза озону для людини - 0,2 мг/м³. Агентство з охорони навколишнього середовища США відзначає, що слабкі побутові озонатори мало ефективні проти коронавірусів, так як концентрація озону необхідна для початку будь-якої ефективної дезінфекції проти вірусів набагато вище, ніж гранично допустима доза для вдихання людиною [1].

3.2 Висновки до розділу 3

Враховуючи наявність пандемії Covid-19 та карантинних обмежень, а також постійне зростання кількості медичних працівників, які захворіли на корона вірус на робочих місцях (в медичних приміщеннях) проаналізовано резистентність цього вірусу до дії різних середовищ, зокрема різних типів поширених сьогодні антисептиків, озону, ультрафіолетового випромінювання, температури. Встановлено, що з точки зору вартості та часу, необхідного для повної дезінфекції приміщень, оптимальним є використання саме ультрафіолетового випромінювання. Цей факт додатково підтвердив актуальність розробки модернізованого опромінювача ультрафіолетового бактерицидного.

РОЗДІЛ 4

ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

4.1 Охорона праці

Електромагнітне випромінювання в оптичній області, що примикає з боку коротких хвиль до видимого світла і має довжину хвиль в діапазоні 200...400 нм, називають ультрафіолетовим випромінюванням (УФВ). Вплив його на людину оцінюють еритемною дією (почервоніння шкіри, що приводить через 48 годин до її пігментації - засмазі).

Проблема ультрафіолетового випромінювання як виробничого та екологічного чинника обумовлена широким використанням джерел постачання в народному господарстві, збільшенням рівнів сонячного випромінювання у зв'язку зі зменшенням озонового шару, зростанням кількості захворювань, зокрема злоякісних і доброякісних пухлин шкіри, та інших порушень стану здоров'я, що викликаються ультрафіолетовою радіацією.

При тривалій відсутності УФВ в організмі розвивається «світлове голодування». Тому воно необхідно для нормальної життєдіяльності людини. Однак, при тривалому впливі великих доз УФВ можуть наступити серйозні поразки очей і шкіри. Зокрема, це може призвести до розвитку раку шкіри, кератитів (запалень рогівки) і помутніння кришталіка очей (фотокератиту, який характеризується прихованим періодом від 0,5 до 24 годин). Для профілактики несприятливих наслідків, викликаних дефіцитом УФВ, використовують сонячне випромінювання, влаштовуючи солярії, інсоляцію приміщень, а також застосовуючи штучні джерела УФВ.

На промислових підприємствах джерелами ультрафіолетових випромінювань є дуга електрозварювання, ртутно-кварцові лампи, лазери, інші прилади та установки. Формування й вплив на працюючих оптичного випромінювання в ультрафіолетовій області відбувається при електрогазозварювальних процесах, на роботах з плазменними технологіями

(різка металу, напилювання, наплавлення металу), при використанні різних світильників та випромінювачів з кварцовими, ртутними, галогенними лампами, інших спектральних джерел. У різних галузях економіки та народного господарства широке застосування знаходять такі сучасні технології, як ультрафіолетове сушіння, установки для знезараження повітря, поверхонь та води, різні медичні та інші випромінювачі (перукарське устаткування, манікюрні лампи, солярії та інші).

Професіональному впливу УФВ піддаються електрогазозварювальники, копіювальники друкованих форм, працівники тепличних господарств, медичний персонал (фізіотерапевти, стоматологи, педіатри) та інші працівники, обслуговуючі різні джерела ультрафіолетового випромінювання. З іншого боку, при дорожніх, сільськогосподарських, будівельних та інших видах робіт, виконуваних на свіжому повітрі, відбувається вплив на працюючих природного УФ-випромінювання, як складової сонячної радіації. Окремо слід виділити групу працівників різних професій (звані "прихвачувальники"), які виконують спільні зі зварником роботи з фіксації деталей великогабаритних конструкцій в останній момент накладення первинного шва. Ці роботи виконують самі зварювальники (різних спеціальностей), і працівники інших професій - слюсарі механозбиральних робіт, монтажники та інші. Особливість таких робіт - короткочасність використання зварювальної дуги, її "імпульсний" характер під час "прихвачування" деталей зварювальної конструкції. Зазначені роботи, необхідно виконувати в окулярах із захисними фільтрами.

При впливі надлишкового ультрафіолетового випромінювання можливий розвиток низки захворювань і патологічних станів, насамперед, із боку органу зору, серед яких найчастіше відзначаються катаракта чи помутніння кришталика очі, запалення роговиці (кератит), слизових оболонок (фотоофтальмія). УФ-переопромінювання може призвести до хвороб шкірних покривів: запалювальне почервоніння шкіри чи еритема, прискорення старіння шкіри, алергічні реакції, пухлини шкіри, в тому числі злоякісні (рак шкіри, меланома).

До засобів колективного захисту від УФВ відносяться різні пристрої (огороджувальні, вентиляційні, автоматичного контролю і сигналізації, дистанційного управління), а також знаки безпеки. Індивідуальний захист від УФВ здійснюють різними екранами: фізичними (у вигляді різних предметів, що поглинають, розсіюють або відображають промені) і хімічними (хімічні речовини та захисні креми, що містять інгредієнти, які поглинають УФВ). Для захисту також використовують виготовлений із тканини (попліну та ін) спеціальний одяг, окуляри із захисними фільтрами. Повний захист від УФВ усіх хвиль забезпечує флінтглас (скло, що містить окис свинцю) товщиною 2 мм. При влаштуванні приміщень враховують, що відображуюча властивість різних оздоблювальних матеріалів для УФВ і видимого світла різна.

4.2 Безпека в надзвичайних ситуаціях

Режим зони надзвичайної екологічної ситуації

Режим зони надзвичайної екологічної ситуації - це особливий правовий режим, який може тимчасово запроваджуватися в окремих місцевостях у разі виникнення надзвичайних екологічних ситуацій і спрямовується для попередження людських і матеріальних витрат, відвернення загрози життю і здоров'ю громадян, а також усунення негативних наслідків надзвичайної екологічної ситуації.

Запровадження відповідного правового режиму передбачає виділення державою (або органами місцевого самоврядування) додаткових фінансових та інших матеріальних ресурсів, достатніх для нормалізації екологічного стану і відшкодування завданих збитків, запровадження спеціального режиму поставок продукції для державних потреб, реалізації комплексних та цільових програм громадських робіт.

Законодавство про зону надзвичайної екологічної ситуації становлять:

- Закон України від 25 червня 1991 року "Про охорону навколишнього природного середовища";
- від 14 грудня 1999 року "Про аварійно-рятувальні служби";

- від 16 березня 2000 року "Про правовий режим надзвичайного стану";
- від 13 липня 2000 року "Про зону надзвичайної екологічної ситуації";
- а також прийняті відповідно до них нормативно-правові акти.

Підставами для оголошення окремої місцевості зоною надзвичайної екологічної ситуації можуть бути:

- значне перевищення гранично допустимих норм показників якості навколишнього природного середовища, визначених законодавством;

- виникнення реальної загрози життю та здоров'ю великої кількості людей або заподіяння значної матеріальної шкоди юридичним, фізичним особам чи навколишньому природному середовищу внаслідок надмірного забруднення навколишнього природного середовища, руйнівного впливу стихійних сил природи чи інших факторів;

- негативні зміни, які сталися у навколишньому природному середовищі на значній території і які неможливо усунути без застосування надзвичайних заходів з боку держави, або які суттєво обмежують чи виключають можливість проживання населення і провадження господарської діяльності на відповідній території;

- значне збільшення рівня захворюваності населення внаслідок негативних змін у навколишньому природному середовищі. Окрема місцевість України оголошується зоною надзвичайної екологічної ситуації Указом Президента України, затвердженим Верховною Радою України за пропозицією Ради національної безпеки і оборони України або за поданням Кабінету Міністрів України.

В такому Указі Президента України має бути зазначено:

- обставини, що стали причиною та обґрунтуванням необхідності оголошення окремої місцевості зоною надзвичайної екологічної ситуації;

- межі території, на якій вона оголошується;

- заходи щодо організаційного, фінансового та матеріально-технічного забезпечення життєдіяльності населення в такій зоні;

- основні заходи, що запроваджуються для подолання наслідків надзвичайної екологічної ситуації;

- обмеження на певні види діяльності в цій зоні;
- час, з якого окрема місцевість оголошується зоною надзвичайної екологічної ситуації;
- строк, на який ця територія оголошується такою зоною.

За наявності достатніх підстав у межах зони надзвичайної екологічної ситуації може бути введений правовий режим надзвичайного стану в порядку, встановленому відповідним законом із запровадженням додаткових заходів.

Юридичні та фізичні особи, винні у порушенні правового режиму в зоні надзвичайної екологічної ситуації, несуть відповідальність згідно з законами України.

4.3 Висновки до розділу

В розділі «Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях» описано вплив ультразвуку на організм людини, також режими зони надзвичайної екологічної ситуації.

ВИСНОВКИ

В кваліфікаційній роботі розроблено модернізований опромінювач ультрафіолетовий бактерицидний. При цьому отримано наступні результати.

Проаналізовано способи дезінфекції повітря та поверхонь зокрема в умовах пандемії COVID-19 та встановлено, що для цієї мети можуть бути використані методи опромінення ультрафіолетовим випромінюванням в діапазоні 220-280 нм.

Проаналізовано способи отримання такого випромінювання, зокрема застосування з цією метою напівпровідникових світлодіодів та кварцевих ламп. Встановлено, що в першому випадку отримання ультрафіолетового випромінювання є простим однак через значну вартість самих світлодіодів метод не набув поширення.

У випадку застосування кварцевих ламп важливим є забезпечення оптимальних режимів їх роботи. Для цього застосовують спеціальні пуско-регулюючі пристрої. Встановлено, що оптимальним з точки зору масо-габаритних показників та забезпечення необхідних режимів роботи є використання напівпровідникових пуско-регулюючих пристроїв.

Встановлено, що основним недоліком таких пристроїв є забезпечення належного рівня електромагнітної сумісності та питання ефективного споживання потужності з мережі електроживлення. Це і використано за основу розроблення модернізованого опромінювача бактерицидного ультрафіолетового.

Проведено аналіз способів реалізації опромінювача ультрафіолетового бактерицидного на прикладі промислових аналогів та вибрано шляхи його модернізації. Проведено проектування схеми функціональної та електричної принципової модернізованого опромінювача, яка полягає в використанні в якості коректора коефіцієнта потужності ШІМ-регулятора TOP223, проведено параметричний синтез та вибрано компонентну базу, розроблено конструкцію опромінювача та розглянуто технологічні питання його виготовлення.

Проаналізовано резистентність коронавірусу до дії різних середовищ, зокрема різних типів поширених сьогодні антисептиків, озону, ультрафіолетового випромінювання, температури. Встановлено, що з точки зору вартості та часу, необхідного для повної дезінфекції приміщень, оптимальним є використання саме ультрафіолетового випромінювання. Цей факт додатково підтвердив актуальність розробки модернізованого опромінювача ультрафіолетового бактерицидного.

Також виконано розділ охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D1%80%D0%BE%D1%84%D0%B8%D0%BB%D0%B0%D0%BA%D1%82%D0%B8%D0%BA%D0%B0_C OVID-19
2. Miriam E. R. Darnell, Kanta Subbarao, Stephen M. Feinstone, Deborah R. Taylor. Inactivation of the coronavirus that induces severe acute respiratory syndrome, SARS-CoV // *Journal of Virological Methods*. — 2004-10-01. — Vol. 121
3. Filippo Ansaldi, F Banfi, P Morelli, L Valle, Paolo Durando. SARS-CoV, influenza A and syncytial respiratory virus resistance against common disinfectants and ultraviolet irradiation // *Journal of Preventive Medicine and Hygiene*. — 2004-03-01. — T. 45.
4. Boris Pastorino, Franck Touret, Magali Gilles, Xavier de Lamballerie, Remi N. Charrel. Evaluation of heating and chemical protocols for inactivating SARS-CoV-2 // *bioRxiv*. — 2020.
5. Christopher M. Walker, GwangPyo Ko. Effect of Ultraviolet Germicidal Irradiation on Viral Aerosols. — 2007-08-01.
6. David Welch, Manuela Buonanno, Veljko Grilj, Igor Shuryak, Connor Crickmore. Far-UVC light: A new tool to control the spread of airborne-mediated microbial diseases // *Scientific Reports*. — 2018-02-09. — Vol. 8, iss. 1. — P. 1—7.
7. Willie Taylor, Emily Camilleri, D. Levi Craft, George Korza, Maria Rocha Granados. DNA damage Kills Bacterial Spores and Cells Exposed to 222 nm UV Radiation // *Applied and Environmental Microbiology* — American Society for Microbiology русск., 2020-02-07.
8. Kouji Narit, Krisana Asano, Yukihiro Morimoto, Tatsushi Igarashi, Akio Nakane,. Chronic irradiation with 222-nm UVC light induces neither DNA damage nor epidermal lesions in mouse skin, even at high doses // *Narita*. — 2018.
9. Non-pharmaceutical public health measures for mitigating the risk and impact of epidemic and pandemic influenza // *ВОЗ*. — 2019.

10. http://www.azimp.ru/catalogue/UV_LED/777/
11. <https://www.rlocman.ru/datasheet/pdf.html?di=165691&p=5>
12. <https://www.digikey.com/en/products/detail/crystal-is/KL265-50U-SM-WD/12153386>
13. <https://www.rlocman.ru/datasheet/data.html?di=589467&/NCSU334A>
14. Савинов Е.Н. Фотокаталитические методы очистки воды и воздуха / Соросовский образовательный журнал. – Соросов, 2000р. – Т.6, №11. – с. 52-56.
15. Усатенко С.Т. Выполнение электрических схем по ЕСКД / С.Т. Усатенко, Т.К. Каченюк, М.В. Терехова. – М., Издательство стандартов, 1989. – 325 с.
16. Обеззараживатель и очиститель воздуха фотокаталитический «Аэролайф-Л» (рециркулятор): Паспорт.
17. Семенов Б.Ю. Силовая электроника для любителей и профессионалов. / Б.Ю. Семенов. – М.:СОЛОН Р, 2001. – 321с.
18. Семенов Б.Ю. Силовая электроника: от простого к сложному. / Б.Ю. Семенов. – М.:СОЛОН-Пресс, 2005. – 416 с.
19. IR2156(S)PbF. International IOR Rectifier – <http://www.irf.com/product-info/datasheets/data/ir2156.pdf>.
20. Савинов Е.Н. Фотокаталитические методы очистки воды и воздуха / Соросовский образовательный журнал. – Соросов, 2000р. – Т.6, №11. – с. 52-56.
21. <http://www.gaw.ru/html.cgi/txt/ic/IR/control/drivers2/1/IR21531.htm>
22. Технология радиоэлектронных устройств и автоматизация производства / [А.П. Достанко, В.Л. Панин, А.А. Хмыль, Л.П. Ануфриев]. – Минск: Высшая школа, 2002. – 414 с.
23. A. M. Elvis, J. S. Ekta. Ozone therapy: A clinical review // Journal of Natural Science, Biology, and Medicine. — 2011. — Т. 2, вып. 1. — С. 66—70.

ДОДАТКИ

Додаток А
Технічне завдання

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедру БТ
_____ С.Б. Яворська
“ ” _____ 2020р.

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ
до кваліфікаційної роботи магістра на тему:

Модернізований опромінювач ультрафіолетовий бактерицидний

Узгоджено:
Керівник дипломної роботи

_____ Дедів Л.Є.
“ ” _____ 2020р.

Виконавець:
студент групи РБм-61

_____ Курило Б.В.
“ ” _____ 2020р.

Тернопіль 2020р.

1 НАЗВА РОБОТИ І ПІДСТАВА ДЛЯ ВИКОНАННЯ

1.1 Модернізований опромінювач ультрафіолетовий бактерицидний (далі виріб).

1.2 Підставою для виконання роботи є затверджена на засіданні кафедри тема дипломної роботи

2 ВИКОНАВЕЦЬ

2.1 Студент групи РБм-61 кафедри БТ Тернопільського національного технічного університету ім. Івана Пулюя Курило Б.В.

3 МЕТА РОБОТИ

3.1 Метою роботи є розроблення модернізованого опромінювача ультрафіолетового бактерицидного.

4 ВИХІДНІ ДАНІ ДО ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТУ

4.1 Схема структурна виробу;

4.2 Схема електрична принципова виробу;

4.3 Вузли і блоки радіоелектронної апаратури.

4.4 ГОСТ 15150-82, ГОСТ 20790-82 виконання електронної апаратури відповідно до умов експлуатації.

5 ТЕХНІЧНІ ВИМОГИ ДО ВИРОБУ

Виріб повинен відповідати наступним вимогам:

5.1. ГОСТ 122025-76 клас захисту 1, тип УХЛ .

5.2 Виріб повинен забезпечувати ряд характеристик, а саме:

- напруга живлення $U_c - (220 \pm 10\%)$ В, частота $(50 \pm 5\%)$ Гц;

- споживана потужність, не більше $P_c - 40$ Вт (включаючи живлення електровентиляторів);

- живлення ламп – послідовність прямокутних імпульсів частотою $f = 100$ кГц, амплітудою – 308 В.

- діапазон робочих температур $t^\circ - +(5...35)^\circ\text{C}$;

- вузли запуску та керування лампами повинні бути виконані у вигляді імпульсних інверторів для забезпечення меншої ваги та розмірів усього виробу.

5.4 Умови експлуатації по ГОСТ 15150-82:

а) температура навколишнього середовища $0...+40^\circ\text{C}$;

б) відносна вологість повітря до 85% при $+25^\circ\text{C}$;

в) атмосферний тиск $101,3 \pm 4 \text{ кПа} (760 \pm 30) \text{ мм.рт.ст.}$

5.6 Вимоги до надійності:

- а) виріб повинен відповідати вимогам ГОСТ 23256-86;
- б) час напрацювання на відмову не менше 5000 годин.

6 ПРОЕКТНІ ЗАДАЧІ

6.1 Аналіз технічного завдання

6.2 Аналіз структурної схеми.

6.3 Аналіз схеми електричної принципової.

6.4 Вибір елементної бази.

6.5 Розрахунки:

а) розрахунок частотозадаючих кіл пристрою для забезпечення ним генерування робочої частоти передачі сигналу, що повинна становити 900 ± 2 мГц;

б) розрахунок друкованого монтажу.

6.6 Компоновка друкованої плати виробу.

6.7 Розробка конструкції виробу.

6.8 Розрахунок надійності.

7 ВИМОГИ ДО ДОКУМЕНТАЦІЇ

7.1 Конструкторська документація повинна відповідати вимогам ЄСКД, ДСТУ, ЄСТД.

7.2 Комплект конструкторської документації повинен складатися з:

- а) пояснювальна записка;
- б) схема структурна виробу;
- в) схема електрична принципова виробу;
- г) креслення друкованої плати;
- д) складальне креслення друкованого вузла;

8 Виконавець зобов'язаний представляти результати роботи згідно календарного плану.

9 Під час виконання дипломного проекту в дане технічне завдання можуть вноситися зміни та доповнення по узгодженні сторін.

Поз. познач.	Найменування				Кіл.	Примітка 72		
	<u>Конденсатори</u>							
	К50-35 ОЖ0.464.096 ТУ							
	К73-17 ОЖ0.461.104 ТУ							
C1,C3	К73-17-630В-15 нФ ±5%				2			
C2,C4	К73-17-630В-0,15 мкФ ±5%				2			
C5	К73-17-630В-2 мкФ ±5%				1			
C6, C8	К50-35-16В-4,7 мкФ ±20%				2			
C7	К50-35-16В-220 мкФ ±20%				1			
C9	К73-17-63В-0,1 мкФ ±5%				1			
C10,C12	К73-17-63В-0,22 мкФ ±5%				2			
C11	К50-35-16В-4,7 мкФ ±20%				1			
C13	К73-17-630В-1 мкФ ±5%				1			
C14	К73-17-630В-1 нФ ±5%				1			
C15,C16	К73-17-630В-0,01 мкФ ±5%				2			
C17,C18	К73-17-63В-0,1 мкФ ±5%				2			
	<u>Мікросхеми</u>							
DA1	TOP202YAP				1			
DA2	IR21531S				1			
	<u>Резистори</u>							
	С2-23 ОЖ0.467.173 ТУ							
R1	С2-23-2-200 кОм±5%				1			
R2	С2-23-0,125-200 Ом±5%				1			
R3,R4,R5,R6	С2-23-0,125-47 кОм±5%				4			
R7,R8	С2-23-0,25-22 Ом±5%				2			
R9,R10	С2-23-0,25-5.1 Ом±5%				2			
R11, R12	С2-23-0,125-4,3 кОм±5%				2			
R13, R14	С2-23-0,125-1,5 кОм±5%				2			
					ФПТ 3.013.001 ПЕЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.	Курило Б.В.				Модернізований опромінювач ультрафіолетовий бактерицидний Перелік елементів	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.	Дедів Л.Є.							
Н. Контр.						ФПТ, гр. РБм-61		
Зав. кат.								
Реценз.								

Поз. познач.	Найменування			Кіл.	Примітка 73
				1	
L1	<u>Дросель</u> ФПТ 4.7.001			2	
L2	<u>Дросель</u> ФПТ 4.7.002			1	500 мкГн
L3,L4	<u>Котушка індуктивності</u> ФПТ 4.7.003			2	
T1	<u>Трансформатор</u> ФПТ 4.7.004			1	
T2,T3	<u>Трансформатор</u> ФПТ 4.7.005			2	
<u>Діоди</u>					
VD1	КВU6G			1	
VD2	1N4932			1	
VD3	MUR460			1	
VD4,VD5	P6KE180A			2	
VD6,VD9, VD10	КД522Б			3	
VD7,VD8	КД106А			2	
<u>Транзистори</u>					
VT1, VT2	IRF720S			2	
VT3, VT4	КТ3102			2	
X1-X3	<u>Роз'єм</u> PLS			3	
<u>ФПТ 3.013.001 ПЕЗ</u>					
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Арк.

Форма	Зона.	Поз.	Найменування	Найменування	Кіл.	Примітка		
				<u>Документація</u>				
A1			ФПТ 3.013.001 СК	Складальне креслення				
A2			ФПТ 3.013.001 Е3	Схема електрична				
A2			ФПТ 3.013.001 Е1	Схема структурна				
				<u>Деталі</u>				
		1	ФПТ 7.103.001	Плата друкована	1			
		2	ФПТ 8.600.001	Прокладка	4			
				<u>Стандартні вироби</u>				
				<u>Інші вироби</u>				
				Конденсатори				
				К50-35 ОЖО.464.096 ТУ				
				К73-17 ОЖО.461.104 ТУ				
				К73-17-630В-15 нФ ±5%	2	C1, C3		
				К73-17-630В-0,15 мкФ ±5%	2	C2, C4		
		3		К73-17-630В-2 мкФ ±5%	1	C5		
		4		К50-35-16В-4,7 мкФ ±20%	2	C6, C8		
		5		К50-35-16В-220 мкФ ±20%	1	C7		
		6		К73-17-63В-0,1 мкФ ±5%	1	C9		
		7		К73-17-63В-0,22 мкФ ±5%	2	C10, C12		
		8		К50-35-16В-4,7 мкФ ±20%	1	C11		
				ФПТ 3.013.001				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат				
Розроб.		Курило Б.В.			Модернізований опромінювач ультрафіолетовий бактерицидний Друкований вузол	Літ.	Арк.	Аркуші
Перевір.		Дедів Л.Є.						
Н. Контр.						ФПТ, гр. РБм-61		
Затверд.								
Рецензент								

Форма	Зона	Поз.	Позначення	Назва	Кіл.	Примітка	
		9		K73-17-630В-1 мкФ ±5%	1	C13	
		10		K73-17-630В-1 нФ ±5%	1	C14	
		11		K73-17-630В-0,01 мкФ ±5%	2	C15,C16	
		12		K73-17-63В-0,1 мкФ ±5%	2	C17,C18	
		13					
		14		<u>Мікросхеми</u>			
				TOP202YAP	1	DA1	
				IR21531S	1	DA2	
		15					
				<u>Резистори</u>			
				C2-23 ОЖО.464.080 ТУ			
				C2-23-2-200 кОм±5%		R1	
				C2-23-0,125-200 Ом±5%		R2	
		16		C2-23-0,125-47 кОм±5%	3	R3,R4,R5,R6	
		17		C2-23-0,25-22 Ом±5%	2	R7,R8	
		18		C2-23-0,25-5,1 Ом±5%	2	R9,R10	
		19		C2-23-0,125-4,3 кОм±5%	2	R11, R12	
		20		C2-23-0,125-1,5 кОм±5%	2	R13, R14	
		21		<u>Дросель</u> ФПТ4.7.001	1	L1	
				<u>Дросель</u> ФПТ4.7.002		L2	
		22		<u>Котушка індуктивності</u>	2	L3,L4	
		23		<u>Трансформатор</u> ФП4.7.004	1	T1	
				<u>Трансформатор</u> ФП4.7.004	2	T2,T3	
		24					
				<u>Діоди</u>			
				KBU6G	1	VD1	
		25		1N4932	1	VD2	
		26		MUR460	1	VD3	
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат	ФПТ 3.013.001		Арк.

Форма	Зона	Поз.	Позначення	Назва	Кіл.	Примітка
		27		P6KE180A	2	VD4,VD5
		28		КД522Б	3	VD6,VD9, VD10
		29		КД522Б	2	VD7,VD8
				<u>Світлодіоди</u> АЛ307Б	2	HL1,HL2
		30		<u>Транзистори</u>		
		31		IRF720S	2	VT1, VT2
				КТ3102	2	VT3, VT4
		32		<u>Роз'єм</u> PLS	3	X1-X3
					ФПТ 3.013.001	
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		Арк.

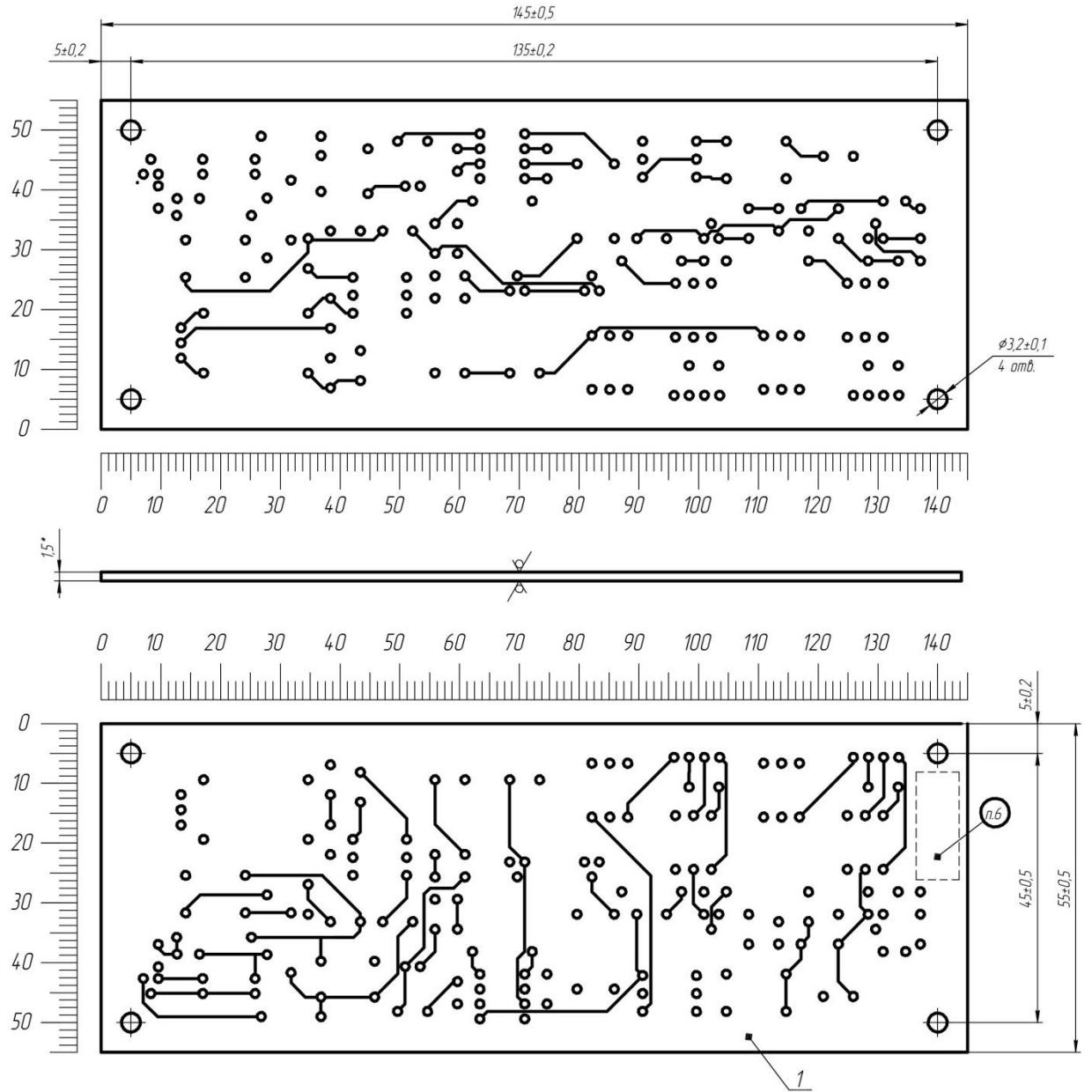


Рис. 1.Г. Топологія друкованої плати

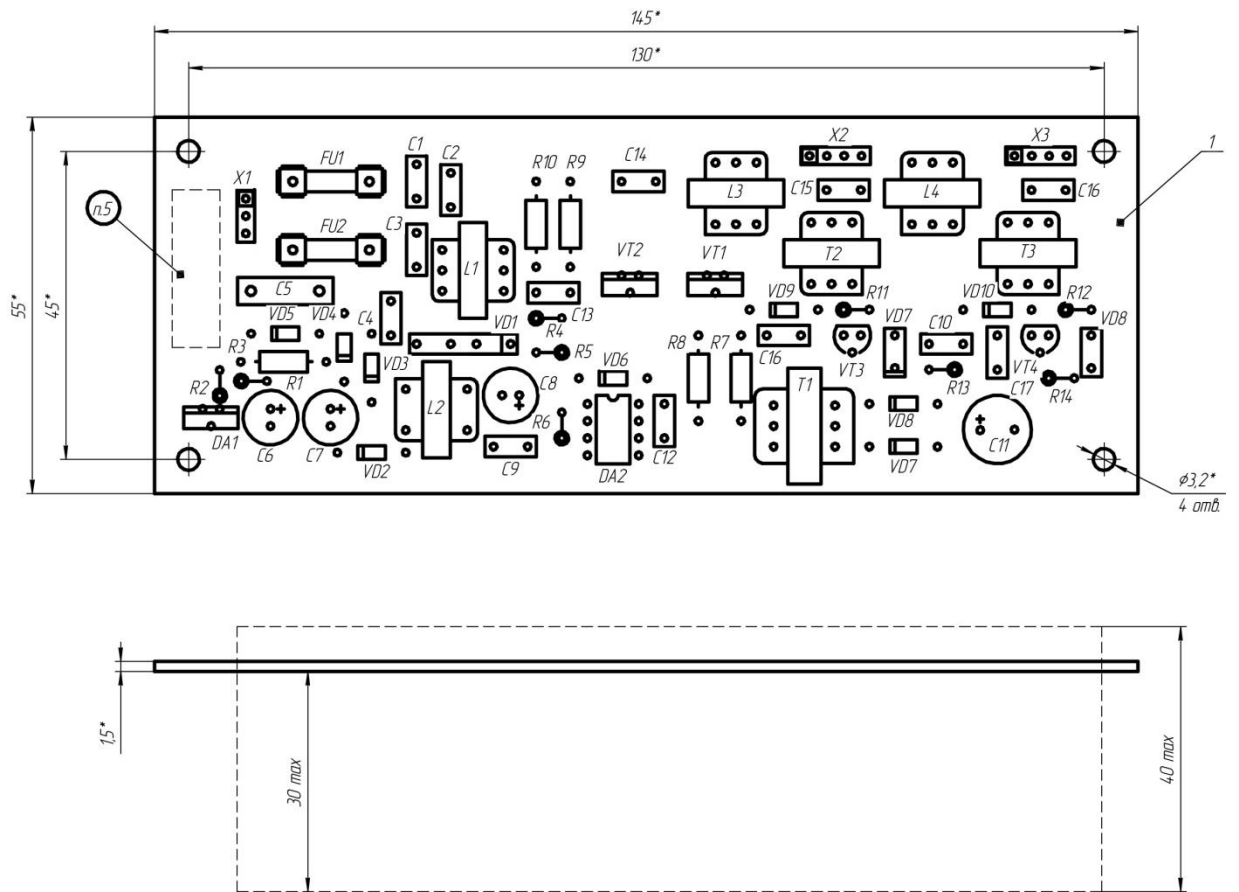


Рис. 2.Г. Компоновка друкованого вузла

Додаток Д
Тези конференції

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ТЕРНОПІЛЬСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ІВАНА ПУЛЮЯ

МАТЕРІАЛИ

VIII НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ

«ІНФОРМАЦІЙНІ МОДЕЛІ,
СИСТЕМИ ТА ТЕХНОЛОГІЇ»



9–10 грудня 2020 року

ТЕРНОПІЛЬ
2020

Р. Карабін, Я. Литвиненко ОГЛЯД БІБЛІОТЕК МАШИННОГО НАВЧАННЯ ДЛЯ МОВИ PYTHON R. Karabin, I. Lytvynenko REVIEW OF MACHINE LEARNING LIBRARIES FOR PYTHON LANGUAGE	165
О.О. Лилик, А.О. Мацюк, О.Б. Назаревич, Т.О. Назаревич, Т.О. Масвський СТАНДАРТИЗАЦІЯ: СТАНДАРТИ ІНТЕРНЕТУ РЕЧЕЙ ТА РОЗУМНИХ МІСТ O. Lylyk, O. Matsiuk, O. Nazarevych, T. Nazarevych, T. Mayevs'kyu STANDARDIZATION: STANDARDS IOT AND SMART CITIES	166
СЕКЦІЯ 5. НОВІТНІ ФІЗИКО-ТЕХНІЧНІ ТА ОСВІТНІ ТЕХНОЛОГІЇ	
Р. Бартошевський СУЧАСНІ ОСВІТНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА МЕТОДИ. ЗАСТОСУВАННЯ КЕЙС-МЕТОДУ ДЛЯ ЗАОХОЧЕННЯ СТУДЕНТІВ ДО НАВЧАННЯ R. Bartoshevskyi MODERN EDUCATIONAL TECHNOLOGIES AND METHODS. APPLICATION OF THE CASE METHOD TO ENCOURAGE STUDENTS TO STUDY	168
В. Бойко АНАЛІЗ ДОСЛІДЖЕННЯ ОБРІЗУВАЧІВ ГИЧКИ КОРЕНЕПЛОДІВ V.A. Voiko ANALYSIS OF RESEARCH OF ROOT TOPS TRIMMERS	170
В. Бойчун ОГЛЯД ІНФОРМАЦІЙНОЇ МОДЕЛІ УПРАВЛІННЯ НАВЧАЛЬНИХ СИСТЕМ ЗА СТАНДАРТОМ IMS ENTERPRISE INFORMATION MODEL V. Boychun OVERVIEW OF THE INFORMATION MODEL OF LEARNING SYSTEMS MANAGEMENT ACCORDING TO THE IMS ENTERPRISE INFORMATION MODEL	172
С.В. Якущенко¹, докт. філософії, К.Ю. Юренін¹, аспірант, Д.В. Житник¹, аспірант, І.Є. Клементьєв², студент СТВОРЕННЯ МОДИФІКОВАНОЇ ПОЛІМЕРНОЇ МАТРИЦІ ДЛЯ ЗАХИСТУ ДЕТАЛЕЙ І МЕХАНІЗМІВ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ A. Buketov, Dr., Prof., M. Brailo, Ph.D., Assoc. prof., S. Yakushchenko, Ph.D. K. Yurenin, D. Zhytnyk, I. Klementiev THE CREATION OF MODIFIED POLYMER MATRIX TO PROTECT DETAILS AND MECHANISMS OF TRANSPORT VEHICLES	173
Р. Грицеляк, А. Онисько ВПЛИВ НИЗЬКОАМПЛІТУДНИХ ВІБРАЦІЙ НА СТАН КОНСТРУКЦІЙ БУДІВЕЛЬ ТА НА САМОПОЧУТТЯ МІЖАНЦІВ R. Grytseliak, A. Onysko INFLUENCE OF LOW AMPLITUDE VIBRATIONS ON THE CONDITION OF BUILDING STRUCTURES AND ON THE WELL-BEING OF RESIDENTS	174
М. Дембічак, В. Черній, Г. Химич ОБґРУНТУВАННЯ ОПТИЧНОГО (ЛАЗЕРНОГО) МЕТОДУ ДОСЛІДЖЕННЯ КОСМІЧНИХ ОБ'ЄКТІВ M. Dembichak, V.C herniy, G. Khymych SUBSTANTIATION OF THE OPTICAL (LASER) METHOD SPACE OBJECT RESEARCH	175
Б. Курило, В. Сінгур, Л. Дедів ІОНІЗАЦІЯ ВОДИ СРІБЛОМ ДЛЯ ЇЇ ЗНЕЗАРАЖЕННЯ B. Kurylo, V. Sinhur, L. Dediv IONIZATION OF WATER BY SILVER FOR ITS DISINFECTION	177

УДК 57.04:579.64

Б.В. Курило, В.О. Сінгур, Л.Є. Дедів, к.т.н., доц.

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

ІОНІЗАЦІЯ ВОДИ СРІБЛОМ ДЛЯ ЇЇ ЗНЕЗАРАЖЕННЯ

UDC 57.04:579.64

B.V. Kurylo, V.O. Sinhur, L.Ye. Dediw, Ph.D., Assoc. Prof.

IONIZATION OF WATER BY SILVER FOR ITS DISINFECTION

В умовах пандемії Covid-19 особливо актуальними стають питання дезінфекції та знезараження. Зокрема, враховуючи постійне зростання кількості інфікованих медичних працівників це важливо для медичних закладів та установ. При цьому, як частковий випадок, актуальним є питання знезараження питної води, як місця активного розмноження та тривалого зберігання не тільки Covid-19 а і різних форм бактерій та грибків [1].

Перспективним при цьому є застосування методів, які забезпечують надійну дезінфекцію води та не погіршують її питних властивостей. До таких методів можна віднести термообробку, опромінення води ультрафіолетовим випромінюванням жорсткого діапазону, озонування чи іонізацію. Перший спосіб є найбільш ефективним, однак потребує значних енергозатрат та часу на обробку. Застосування Ультрафіолету є вартісним та малодоступним у випадку дезінфекції води. Озонування також є вартісним та потребує складного обладнання. Застосування процедури іонізації є відносно простим, недорогим та доступним способом дезінфекції. Найпоширенішим при цьому є так звана іонізація води сріблом.

Здавна відомими є специфічні бактерицидні властивості срібла, зокрема для дезінфекції питної води особливо при присутності у воді у формі іонів. За результатами досліджень вітчизняних та закордонних науковців був установлений високий бактерицидний ефект іонів срібла при концентрації 0,05 мг/л [1]. При цьому, практично використовується в основному електролітичне або анодорозчинне срібло. Застосування методу електролітичного введення срібла забезпечує можливість автоматизації процесу дезінфекції води, а додаткові типи іонів, що утворюються при цьому на аноді, підсилюють бактерицидну дію анодорозчинного срібла. За сучасними уявленнями, іони срібла збираються клітинною оболонкою і після досягнення надлишкової концентрації проникають у мікробну клітину. Іони срібла блокують функціональні групи основних ферментних систем клітини. Необхідний бактерицидний ефект при концентрації срібла 0,06-0,1 мг/л досягається після експозиції 2–6 годин, а в ряді випадків – через 24 години [1]. Разом із тим, важливим є контроль значення концентрації іонів срібла у воді, оскільки високі концентрації будуть небезпечними для людини. Так, надлишки срібла відкладаються у вигляді його солей, що негативно впливає на опорно-руховий апарат людини. Так, прийнято, що рівень гранично допустимої концентрації іонів срібла у воді не повинен перевищувати 0,05 мг/л. Цей норматив прийнятий не тільки в нашій країні, але й у більшості країн світу, наприклад у США [1].

При цьому важливим технічним завданням є розроблення дешевих портативних іонізаторів води сріблом, які на відміну від відомих, мали б можливість автоматизації процедури контролю концентрації іонів срібла у воді в процесі іонізації.

Література.

3. Хірна Т.В. Ефективність та відповідність гігієнічним вимогам фізико-хімічних способів знезаражування води (огляд літератури). Аналі Мечниковського Інституту, № 1, 2006. С. 1–11.