

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 іонізатор води сріблом

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

(шифр і назва спеціальності)

Сінгур В.О.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник Дедів Л.Є.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Нормоконтроль Паляниця Ю.Б.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри Яворська Є.Б.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Рецензент Дунець В.Л.
(підпис) (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 Сінгур Владислав Олегович
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Модернізований іонізатор води сріблом

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 іонізації води сріблом

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

Аналіз технічного завдання, огляд аналогів та відомих рішень проектування іонізаторів води сріблом, вибір напрямку дослідження, конструкторська частина, вибір схемо-технічних рішень та розроблення конструкції іонізатора, технологічна частина, алгоритмічно-програмне забезпечення модернізованого іонізатора, 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. Аналіз технічних параметрів аналогів іонізатора води сріблом.

Математичне моделювання роботи іонізатора. 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)

Сінгур В.О.
_____ (прізвище та ініціали)

Керівник роботи _____
(підпис)

Дедів Л.Є.
_____ (прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Сінгур Владислав Олегович. Модернізований іонізатор води сріблом. –
Рукопис.

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

В роботі проаналізовано проблему дезінфекції та консервації питної
води та встановлено, що застосування методу іонізації води сріблом є
оптимальним способом вирішення цієї проблеми. Проаналізовано принцип
роботи та основні параметри промислових іонізаторів, які є присутні на ринку
медичної техніки та розроблено структуру іонізатора, запропоновано шляхи
його модернізації та розроблено конструкцію модернізованого іонізатора води
сріблом, який є значно меншим за аналоги і володіє більшою кількістю
функцій із можливістю налаштування нових шляхом перепрограмування
використаного в основі іонізатора мікроконтролера. Розроблено конструкцію
модернізованого іонізатора води сріблом.

Ключові слова: іонізатор води, іонно-обмінна реакція, імпульсний
струм, модель.

ANNOTATION

Singur Vladislav Olegovich. Upgraded silver ionize. - Manuscript.

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

The paper analyzes the problem of disinfection and conservation of drinking water and found that the use of the method of ionization of water with silver is the best way to solve this problem. The principle of operation and basic parameters of industrial ionizers present in the market of medical equipment are analyzed and the structure of the ionizer is developed, the ways of its modernization are offered and the design of the modernized water ionizer with silver is developed, which is much smaller than analogues and has more functions with the ability to configure new ones by reprogramming the microcontroller used in the ionizer. The design of an modernized silver ionizer of water has been developed.

Key words: water ionizer, ion exchange reaction, pulse current, model.

ЗМІСТ

ВСТУП	7
РОЗДІЛ 1. АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА	9
1.1 Аналіз технічного завдання	9
1.2 Огляд аналогів та відомих рішень проектування іонізаторів води сріблом	12
1.3 Вибір напрямку дослідження	17
1.4 Висновки до розділу 1	18
РОЗДІЛ 2. ОСНОВНА ЧАСТИНА	19
2.1 Конструкторська частина	19
2.2 Вибір схемо-технічних рішень та розроблення конструкції іонізатора	23
2.3 Технологічна частина	38
2.4 Висновок до розділу 2	45
РОЗДІЛ 3. НАУКОВО-ДОСЛІДНА ЧАСТИНА	46
3.1. Алгоритмічно-програмне забезпечення модернізованого іонізатора	46
3.2 Висновок до розділу 3	48
РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	49
4.1 Охорона праці	49
4.2 Безпека в надзвичайних ситуаціях	50
4.3 Висновок до розділу 4	57
ВИСНОВКИ	58
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	59
ДОДАТКИ	

ВСТУП

Актуальність теми. В умовах пандемії Covid-19, 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.

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 ультрафіолетом, 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. Найпоширеніш. 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. 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. 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.

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.

Мета і задачі дослідження. *Метою дослідження є модернізація іонізатора води сріблом.*

Досягнення цієї мети вимагає розв'язання таких задач:

- провести огляд ринку медичних іонізаторів води сріблом та проаналізувати їх функціональні можливості для вибору напрямку дослідження;
- провести аналіз способів побудови промислових іонізаторів води сріблом та вибрати спосіб модернізації;
- розробити математичну модель роботи іонізатора води сріблом;
- розробити схему структурну, функціональну та електричну принципову модернізованого іонізатора води сріблом та розробити його конструкцію.

Об'єкт дослідження: процес іонізації води сріблом.

Предмет дослідження: іонізатор води сріблом.

Практичне значення одержаних результатів. Отримані схемо-технічні рішення виконання іонізатора води сріблом можуть бути використані при розробленні конкурентно здатних прототипів такого іонізатора для реалізації їх на ринку медичної техніки.

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

Застосування різних форм срібла для дезінфекції та знезараження води є особливо ефективним в порівнянні із іншими методами знезараження та збереження питної води. Порівнюючи дію хлору з ефектом срібла [1] встановлено, що при взаємодії з органічними речовинами та іншими домішками води як срібло, так і хлор поступово інактивуються, але на відміну від хлору, активність срібла зберігається протягом тривалого періоду. Також введення хлору у воду, навіть у незначній кількості, знижує її органолептичні показники та подразнює слизові оболонки, тоді як срібло навіть у відносно високій концентрації не змінює органолептичні характеристики води та не створює жодного подразнюючого ефекту [1]. Окрім цього, хлор діє не тільки на бактерії, а й на личинки, глисти, одноклітинні гриби, віруси, срібло ж викликає загибель вегетативних форм бактерій, затримує розвиток спор, пригнічує ріст синьо-зелених водоростей, вірусів найпростіших тощо [1].

Срібло, діючи повільніше за хлор і зберігаючи бактерицидні властивості протягом тривалого часу, може успішно застосовуватися у випадках, коли використання хлору протипоказано, наприклад у басейнах, у польових умовах тощо [1].

Найпростішим способом знезараження води сріблом є спосіб, який полягає в зануренні у воду пластин із чистого металевого срібла.

Іншим способом є використання солей срібла [1]. При цьому для забезпечення необхідної бактерицидної дії низьких концентрацій солей срібла потрібно забезпечити тривалий контакт води з посрібленим піском, якщо останній використовується для дезінфекції. Вагомою вадою способу є тривалість часу насичення води сріблом, неможливість контролювати його

через те, що швидкість розчинення залежить від поверхні металу, складу солі, органічних домішок природної води тощо.

Метод контактного сріблення води в даний час практично не застосовується за винятком окремих випадків знезараження регенованої води шляхом пропускання її через вугілля та іоніти, оброблені AgNO_3 . Ппосріблені сорбенти (іонообмінні смоли та активоване вугілля різних марок) можуть застосовуватися як для очищення води від неорганічних та органічних домішок, так і для її дезінфекції [1].

Ще один спосіб обробки води сріблом полягає в додаванні в неї готових срібних препаратів. При обробці води готовими препаратами срібла забезпечується дозування срібла в будь-якій кількості, але самі препарати виявляються нестабільними: вони розкладаються на світлі та під час зберігання, а при відновленні срібла їх бактерицидні властивості різко зменшуються [1].

Найефективнішим методом приготування срібної води є електролітичний метод (збагачення води сріблом шляхом електролізу), який широко застосовується останнім часом [1]. Срібна вода, отримана електролітичним методом, використовується для знезараження питних та мінеральних вод, консервації певних харчових продуктів, ряду фармацевтичних препаратів та в лікувальних цілях [1].

Перші дослідження з отримання розчину срібла електролітичним методом були проведені в 1930 р. Було встановлено, що при проходженні постійного електричного струму через пару срібних електродів, занурених у воду, анод розчиняється і вода збагачується іонами срібла. Встановлено, що оптимальними умовами отримання срібної води є наступні: відстань між срібними пластинами 5-12 мм, густина струму 0,15-5,0 мА / см², напруга на електродах 3-12 В [1].

Крім того, необхідно періодично змінювати полярність електродів (кожні 5-10 хв) і розмішувати рідину навколо них.

Вихід срібла по струму в залежності від умов електролізу і сольового складу питної води змінюється в межах 50-95% (згідно з формулою Фарадея, при 1 А-год. розчиняється 4,023 г срібла) [1].

Проаналізувавши вищесказане для отримання срібної води використано метод електролітичного введення іонів срібла. Для цього необхідно розробити модернізований іонізатор води сріблом, який включатиме в себе кероване джерело струму, який протікатиме в колі срібних електродів, які занурені у воду, давачів струму для контролю його величини і відповідно виходу іонів срібла, давача температури, для контролю температури води в процесі іонізації та вузлів індикації. Також має бути передбачена можливість задання часу іонізації чи необхідне значення концентрації іонів срібла у воді в процесі іонізації, яке буде корелювати із часом іонізації та об'ємом води.

Основні технічні вимоги, яким повинен задовольняти іонізатор:

- напруга мережі електроживлення ($220 \pm 10\%$) В ($(50 \pm 5\%)$ Гц);
- значення напруги на електродах іонізатора – 12 В;
- форма напруги на електродах – однопівперіодні або двопівперіодні імпульси (>25 Гц);
- можливість регулювання струму, що протікає через електроди іонізатора в діапазоні 0...300мА;
- концентрація іонів срібла в водному розчині, не більше – 10 мг/л;
- можливість контролю температури водного розчину;
- індикація режимів роботи іонізатора.

Умови експлуатації іонізатора:

- діапазон робочих температур від $+10$ °С... $+35$ °С;
- межі зміни вологості до 80% при температурі $+20$ °С;
- межі зміни атмосферного тиску 80 кПа - 100 кПа;

Для забезпечення параметрів надійності іонізатора пропонується з можливої компонентної бази використати максимальну кількість елементів для SMD монтажу, що забезпечить мініатюризацію самого іонізатора та

підвищить надійність кріплення елементів на поверхні друкованої плати іонізатора.

Іонізатор може бути віднесений до стаціонарного класу радіоелектронної апаратури групи використання переносна. При використанні додатково акумуляторних батарей пристрій може бути портативним

Термін безвідмовної роботи повинен бути не менше 5 років.

1.2 Огляд аналогів та відомих рішень проектування іонізаторів води сріблом

Проаналізуємо деякі доступні сьогодні на ринку медичного обладнання типи іонізаторів води сріблом та їхні технічні параметри, щоб оцінити можливі шляхи реалізації модернізованого іонізатора.

Одним із таких іонізаторів є іонізатор води сріблом НЕВОТОН ІС-112

Розглянемо особливості та технічні характеристики іонізатора НЕВОТОН ІС-112 (Рис. 1.1) [2]. Іонізатор може використовуватись для приготування води, збагаченої іонами срібла з чітко визначеною концентрацією. Готувати може питну воду та концентрат.



Рис. 1.1. Іонізатор води сріблом НЕВОТОН ІС-112

Таблиця 1.1

Технічні характеристики іонізатора НЕВОТОН IC-112

Концентрація іонів срібла при приготуванні питної води	35 мкг/л
Концентрація іонів срібла при приготуванні концентрату	10 000 мкг/л (10 мг/л)
Маса срібного електрода	2,7 г
Напруга живлення іонізатора	220 В
Вихідна напруга блока живлення	12 В
Вихідний струм блока живлення	не більше 100 мА
Споживана потужність	не більше 5 Вт

Наступним з розглянутих аналогів є іонізатор Dr.Silver [3]

На рис. 1.2 наведено зовнішній вигляд іонізатора Dr.Silver.



Рис. 1.2. Іонізатор Dr.Silver

Прилад Dr.Silver призначений для дезінфекції водопровідної та джерельної води за допомогою збагачення води іонами срібла $Ag +$ [3]. Так само за допомогою приладу можна приготувати срібну воду в домашніх умовах для профілактики і лікування деяких захворювань.

Прилад являє собою мініатюрний пристрій у формі довгастого еліпсоїда. У герметичній частині корпусу розташований джерело живлення - літєві батареї та електронна схема, що управляє процесом електролітичного виділення срібних іонів ($Ag +$) у воду [3].

У передній частині корпусу, захищені ґратами, знаходяться три електроди - один виготовлений зі срібла високої проби - 99,999% і два з

медичної сталі Срібний електрод, в процесі електролізу поступово розчиняється у воді.

Пристрій включається автоматично при зануренні у воду. При витяганні приладу з води прилад автоматично вимикається.

Пристрій вимикається автоматично також через 10 хв. безперервної роботи для уникнення виробництва срібної води неконтрольованої концентрації, зносу срібних електродів і джерела живлення в разі, якщо ви забули вийняти прилад з води.

У зону електродної камери вмонтовані постійні магніти Nd: Fe: В (неодим: залізо: бор). Ці магніти формують магнітне поле специфічної конфігурації і напруги, яка сприяє посиленню бактерицидного ефекту срібла і структурують воду [3].

За допомогою приладу можна обробляти від 0,2 до 10 літрів води (тобто від 1 склянки до 1 відра), а в деяких випадках і у великих кількостях. Час обробки води приладом обчислюється виходячи з продуктивності приладу - 0,15 мг / хв, кількості оброблюваної води і бажаної концентрації срібних іонів.

Час роботи батарей і вага срібного електрода узгоджені таким чином, що в заміні одного або іншого немає необхідності батареї і срібний електрод працюють разом до вичерпання кількості та енергії і виділених іонів срібла.

Іншим розглянутим іонізатором є стаціонарна система для іонізації води сріблом у великих об'ємах «Прима».

На рис. 1.3 наведено зовнішній вигляд стаціонарної системи для іонізації води сріблом у великих об'ємах «Прима».



Рис. 1.3. Система для іонізації води сріблом «Прима»

Переваги іонізатора "Прима":

- Висока продуктивність дозволяє використовувати прилад для очищення води в басейнах, а також для виробництва безпечної та корисної питної "срібної" води в стаціонарних або пересувних резервуарах ємністю від 10 до 40 000 літрів.
- Безперервна робота від мережі 220 В + можливість заміни електродів. На відміну від невеликих іонізаторів води сріблом для особистого користування, ресурс роботи яких рано чи пізно вичерпується (так як кінчається заряд батарей), "Прима" можна використовувати роками навіть при дуже інтенсивному використанні – потрібно тільки час від часу замінювати срібний електрод.
- Зручна панель управління з дисплеєм і таймером дозволяє задавати час роботи іонізатора з точністю до хвилини.
- Режим підтримки заданого рівня іонізації служить для підтримки необхідної концентрації іонів срібла в басейні або резервуарі, який регулярно доливається звичайною водопровідною водою.

Таблиця 1.2

Технічні характеристики системи для іонізації води сріблом «Прима»

Параметр	Величина
Матеріал електродів	срібло 999 проби, нержавіюча сталь
Маса сребла в електроді	50 г; 100 г.
Діапазон настройки таймера	від 1 хв до 9999 год
Параметри вхідних сигналів керування	30 В 0,05 А
Продуктивність вироблення іонів срібла	0,2 г/год (3,33 мг/хв)
Максимальний об'єм басейну	40 м ³
Сумарний об'єм оброблюваної води	1000 або 2000 м ³
Живлення	220 В 50 Гц

Споживана потужність	30 Вт
Габаритні розміри блоку керування	200 x 200 x 115 мм
Вага блоку керування	1,2 кг
Габаритні розміри погрузного іонатора	725 x 80 x 50 мм
Вага погрузного іонатора	1,5 кг
Ресурс електродів	з електродом вагою 50 г - 1 000 000 літрів води; з електродом вагою 100 г - 2 000 000 літрів води.

Іонізатор води "Срібне джерело" [4,5]. Пристрій "Срібне джерело" призначено для швидкого отримання води, насиченої найдрібнішими частинками срібла (іонами). Іонізатор "Срібне джерело" призначений для повсякденного використання і отримання у великій кількості води, насиченої іонами срібла. Розчинення (99,99%) надчистого срібла надає воді цілий ряд корисних властивостей: підвищує імунітет й лікує цілу групу хвороб: інфекційні (ГРВІ, грип), шкірні (вугрі, дерматит, псоріаз, екземи, лупа), шлункові (виразки, гастрит), проблеми стоматології (парадонтит, стоматит) і багато інших. З допомогою цього іонізатора можливим є отримання до трьох літрів збагаченої сріблом води в хвилину. Має автономний елемент живлення, це позбавляє від зайвих проводів і не прив'язує до електромережі. Термін служби елемента живлення при щоденному приготуванні води для пиття в середньому один рік. Протипоказань при захворюваннях не має.

На рис. 1.4 наведено зовнішній вигляд іонізатора води "Срібне джерело".



Рис. 1.4. Іонізатор води "Срібне джерело"

Характеристики пристрою:

Робоча температура 10-35 градусів

Напруга живлення 12 вольт

У пристрої застосовується батарея марки GP-27A 12V або 9V

Вміст срібла (3,0 +0,1) г

1.3 Вибір напрямку дослідження

Провівши аналіз технічних параметрів оглянутих іонізаторів води сріблом встановлено, що всі вони мають практично однотипну структуру та включають низьковольтне джерело живлення, яке забезпечує необхідний струм протікання в колі електродів, занурених у воду, регулятор струму та певні вузли індикації. В найпростішому випадку концентрація іонів срібла у воді визначається з часу самого процесу іонізації при заданому струмі в колі електродів. Напруга живлення електродів зазвичай не перевищує 12 В. В складніших іонізаторах використовується можливість або дискретного або плавного або програмованого задання величини струму, який протікатиме в колі електродів. При цьому в залежності від якості води, кількості присутніх органічних сполук чи солей змінюватиметься і провідність води, тому необхідним є кероване обмеження струму в колі електродів.

У випадку ж форсованого збагачення води сріблом можуть відбуватись процеси нагріву електродів та самої води, тому необхідно забезпечувати можливість контролю температури в процесі іонізації. Забезпечити ж такий форсований режим при однаковій провідності води та напрузі на електродах можна, використавши струм імпульсної форми для іонізації. При цьому реактивний опір між електродами зменшиться а сам струм зросте, що призведе до збільшення концентрації іонів срібла у воді та зменшить час самої іонізації.

Всі ці параметри та функції необхідно забезпечити у модернізованому іонізаторові води сріблом.

1.4 Висновки до розділу 1

Проаналізовано особливості знезараження та дезінфекції води і встановлено, що оптимальним є застосування методу знезараження сріблом. При цьому встановлено, що оптимальним з точки зору забезпечення можливості контролю концентрації срібла у воді є застосування методу електролітичного введення срібла у воду.

Проаналізовано особливості функціонування та можливості сучасних іонізаторів води сріблом. Встановлено, що усі вони мають практично однотипну структуру та виконувати функції.

Узагальнено функціональні можливості сучасних іонізаторів води сріблом та сформовано вимоги, яким повинен задовольняти модернізований іонізатор.

РОЗДІЛ 2

ОСНОВНА ЧАСТИНА

2.1 Конструкторська частина

2.1.1 Математичне моделювання роботи іонізатора.

Для використання води насиченої сріблом необхідно перш за все встановити дослідним шляхом [1]. Знаючи кількість води, що підлягає обробці, і необхідну дозу срібла, відповідно регулюють роботу іонатора.

Для контролю кількості срібла, що перейшла в розчин, використовується закон Фарадея із врахуванням значення струму в колі електродів та сольового складу води, її температури тощо.

Кількість переведеного срібла в міліграмах можна оцінити за формулою:

$$m = KIT(n/100)$$

де K - електрохімічний еквівалент срібла, рівний 1,118 мг / А-с; I - сила струму, що проходить через воду, А; T -час електролізу, с; n - вихід срібла, що залежить від сольового складу води, %.

Для живлення електродів іонізатора можна застосувати випрямлений струм мережевої частоти. При цьому можна застосувати як однопівперіодний так і двопівперіодний випрямлений струми, які характеризуватимуться відповідними (I_{B1} і I_{B2}) середніми значеннями [6,7]:

$$I_{B1} = \frac{1}{T} \int_{-T/2}^{T/2} i_{B1}(t) dt = \frac{1}{T} \int_{-T/4}^{T/4} I_m \cos \omega t dt = \frac{I_m}{\omega T} \sin \omega t \Big|_{-T/4}^{T/4} = \frac{I_m}{\pi};$$

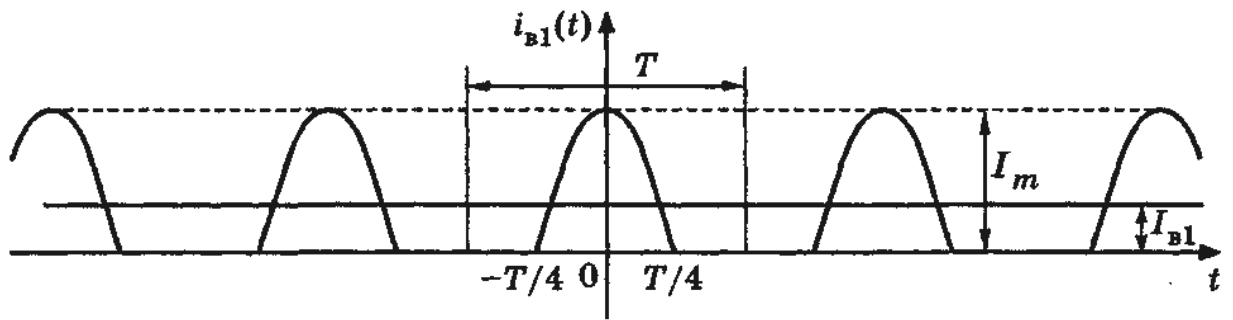


Рис. 2.1. Однонапівперіодний випрямлений синусоїдний струм

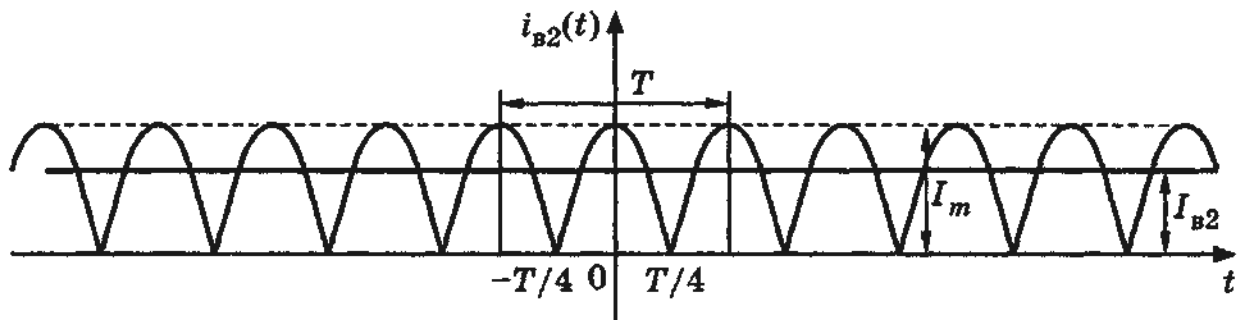


Рис. 2.2. Двопівперіодний випрямлений синусоїдний струм

$$I_{B2} = \frac{1}{T} \int_{-T/2}^{T/2} i_{B2}(t) dt = \frac{2}{T} \int_{-T/4}^{T/4} I_m \cos \omega t dt = \frac{2I_m}{\omega T} \sin \omega t \Big|_{-T/4}^{T/4} = \frac{2I_m}{\pi},$$

Однак, значення частоти пульсацій є низьким для значної зміни провідності води, тому пропонується використати пульсуючий струм у вигляді послідовності прямокутних імпульсів з підвищеною частотою, значення якої може встановлюватись з органів керування самого іонізатора або підбиратись іонізатором самостійно в залежності від величини необхідного струму в колі електродів.

Величина сили струму буде залежати від провідності води, яка залежить від сумарної концентрації всіх розміщених в 1 кг води катіонів та аніонів. Ця концентрація буде від 50 мг / кг до декількох грамів на кілограм [8].

Питомий електричний опір води під час дії на неї змінного електричного струму частотою 50 Гц може бути знайдений за виразом [8]:

$$\rho_{293} = \frac{U_3 \cdot A_3}{I \cdot h_3}$$

Також питомий електричний опір при температурі T слабких розчинів електролітів, в тому числі і природної води, описується гіперболічною функцією від температури [8]:

$$\rho_T = \frac{\rho_{293}}{1 + \alpha_T \cdot (T - 293)}$$

Для електродної системи з коаксіальними циліндричними електродами питомий електричний опір пароводяної суміші може бути визначений за формулою [8]:

$$\rho_{\text{пс}} = \rho_T \cdot \beta = \rho_T \cdot \left[1 + 27,4 \cdot \left(\frac{P}{d_{\text{в}} \cdot h \cdot r_{\theta} \cdot \rho_{\text{п}}} \right)^3 \right]$$

Дві останні формули показують значну різницю питомого опору і відповідно провідності води при кімнатній температурі та температурі початку кипіння. Таким чином необхідним є врахування температури води в процесі іонізації для ефективного контролю струму іонізації та концентрації іонів срібла у воді в кінцевому випадку.

2.1.2. Конструкторський аналіз схемо-технічних рішень модернізації

Структурна схема розробленого іонізатора води сріблом подана на рис. 2.3 та в додатку А.

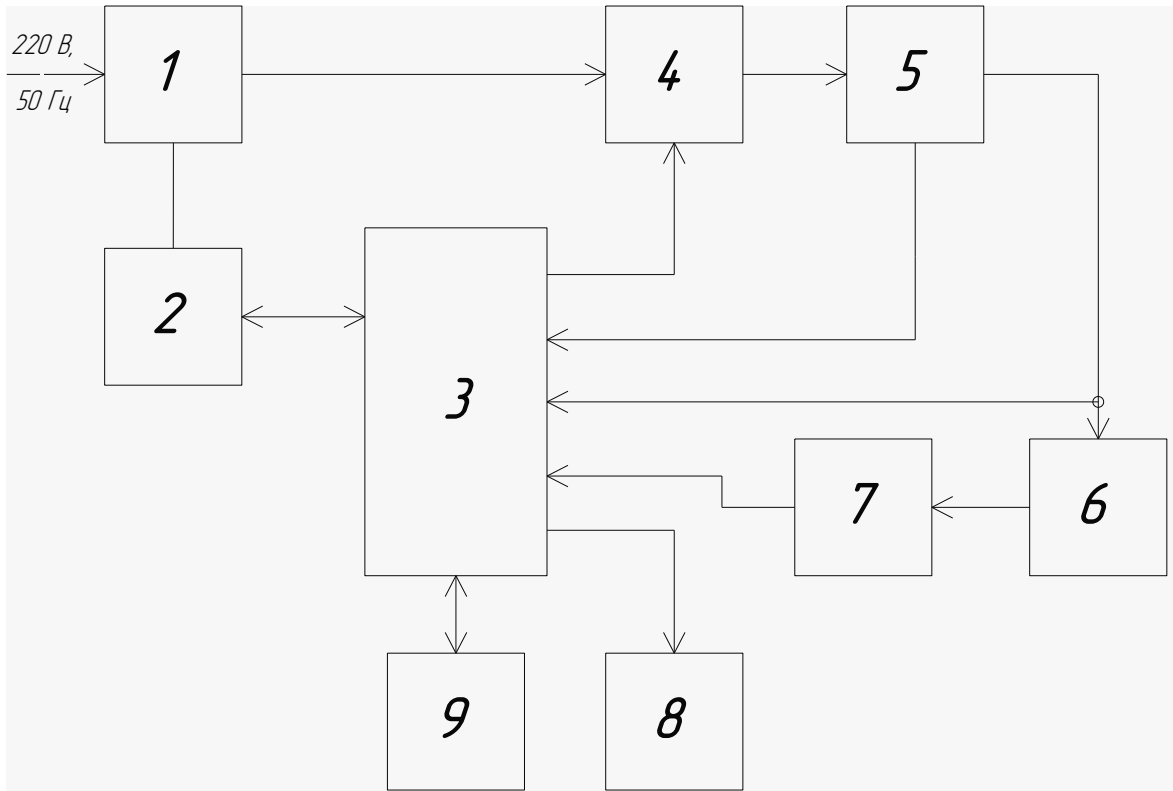


Рис. 2.3. Структурна схема іонізатора води сріблом:

- 1 – джерело живлення; 2 – стабілізатор напруги; 3 – мікроконтролер;
 4 – комутатор; 5 – датчик струму; 6 – срібні електроди; 7 – датчик
 температури; 8 – блок індикації; 9 – інтерфейс RS-232

Відповідно до структурної схеми, блок 1 являє собою джерело живлення іонізатора, блок 2 – стабілізатор напруги живлення мікроконтролера 3. Мікроконтролер керує роботою комутатора 4, який вмикає і вимикає процес протікання струму через срібні електроди 6. Блок 5 являє собою датчик струму. Сигнал з нього та сигнал про напругу на електродах поступає на мікроконтролер, який відповідно до режиму роботи керує комутатором 4. Блок 7 є датчиком температури. Сигнал з нього також надходить на мікроконтролер. Блок 8 є блоком індикації режимів роботи іонізатора. Блок 9 – інтерфейс RS-232 для можливості програмування мікроконтролера та зовнішнього керування роботою іонізатором.

2.2 Вибір схемо-технічних рішень та розроблення конструкції іонізатора

2.2.1. Розроблення схеми електричної принципової іонізатора. За основу побудови схеми електричної принципової іонізатора води сріблом використано схемні рішення побудови зарядних пристроїв Ni-Cd або Ni-Mg акумуляторів [9] невеликої ємності із розширенням значення вихідної напруги, яка подається на електроди іонізатора. Схема електрична принципова розробленого модернізованого іонізатора наведена на рис. 2.4 та в додатку Б.

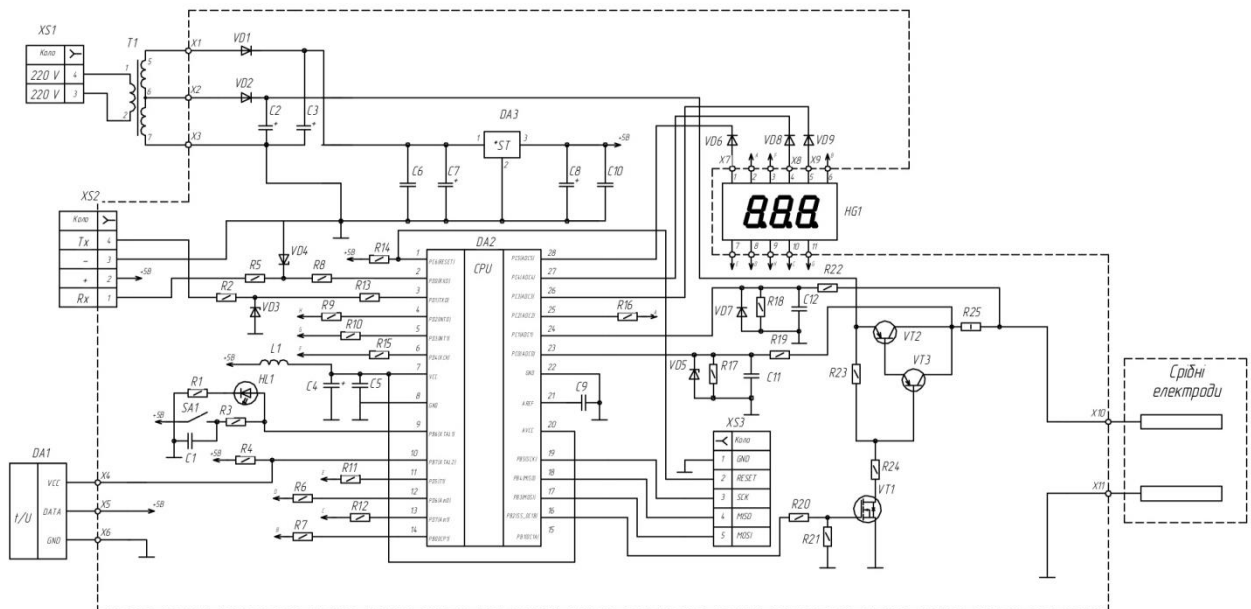


Рис. 2.4. Схема електрична принципова модернізованого іонізатора води сріблом

Особливістю роботи такої схеми є забезпечення можливості постійного вимірювання струму в процесі іонізації води, температури води та індивакії режимів роботи.

Керується іонізатор з допомогою мікроконтролера Atmega 8A. Виводи PC0 і PC1 контролера налаштовані як входи АЦП. Резистори R17, R19 і R18, R22 працюють як дільники напруги. Стабілітрони VD5, VD7 призначені для обмеження максимального значення вимірної напруги при подачі її на входи

мікроконтролера. Значення напруги буде пропорційним струму, що протікатиме в колі електродів.

Для вимірювання струму в колі електродів виконується вимірювання падіння напруги на резисторі R25, завдяки чому можливим стає забезпечення стабілізації струму в колі електродів незалежно від зовнішніх умов.

Для індикації режимів роботи використовується семи сегментний світлодіодний індикатор HG1, який підключений напряму до виходів мікроконтролера.

Елементи L1, C4, C5 являють собою ємнісно-індуктивний фільтр для подавлення високочастотних завад, які можуть з'являтися в колах живлення мікроконтролера. З допомогою роз'єму XS2 іонізатор може бути підключений до комп'ютера чи ноутбука. Резистори R2, R5, R8, R13 та стабілітрони VD3, VD4 виконують функції захисту портів мікроконтролера від збільшення напруги на них або неправильної полярності при перепутуванні при підключенні до комп'ютера чи ноутбука.

З допомогою нефіксованого перемикача SA1 можна проводити налаштування чи вибір режиму роботи іонізатора при його включенні. Світлодіод HL1 виконує функцію додаткового індикатора роботи іонізатора.

Елемент DS18B20 являє собою спеціалізовану мікросхему- давач температури, для вимірювання температури водного розчину. Його необхідно розташовувати якомога ближче до електродів.

На транзисторах VT1, VT2, VT3 та резисторах R20, R21, R23, R24 виконано регулятор струму в колі електродів. Сигнал керування подається із виходу мікроконтролера на подільник напруги R20, R21 та відкриває або закриває польовий транзистор VT1, який в свою чергу керує складеним транзистором, що включає транзистори VT2, VT3, які включені по схемі Дарлінгтона.

З допомогою конектора XS3 можна виконувати програмування мікроконтролера.

2.2.2 Розрахунок номіналів елементів схеми електричної принципової

Діоди VD1, VD2 випрямляють напругу від трансформатора низьковольтного живлення, тому зворотна напруга кожного діода повинна бути більшою за амплітудне значення напруги на вторинній обмотці трансформатора, тобто більше 8 В. Вибираємо діоди типу КД104, для яких максимальна зворотня напруга рівна 100 В, прямий струм – $i_{np} = 0.3$ А, максимальний прямий струм (при $\tau_m < 10\text{мс}$) $i_{np.m} = 3$ А.

Ємність конденсаторів С2 та С3 знаходимо за формулою:

$$C = \frac{P_n}{200 \cdot K_n \cdot U_{ж}^2} \quad (2.1)$$

де P_n - номінальна споживана потужність (3 Вт),

K_n - коефіцієнт пульсацій (5%),

$U_{ж}$ - напруга живлення (8 В),

$$C1 = \frac{3}{200 \cdot 0,05 \cdot 8^2} = 990\text{мкФ} \quad (2.2)$$

Приймаємо $C2=C3=1000$ мкФ.

Конденсатори С6 та С7 подавляють високочастотні завади, їх ємність приймається рівною 0,1 мкФ.

Для реалізації стабілізації напруги живлення використано інтегральний стабілізатор DA3 типу LM2940-5, з максимальним прямим струмом до 1А. Для нього за виразом (1.2) вибираємо ємності конденсаторів С7 та С8 рівними 1000 мкФ та 220 мкФ, а конденсаторів С10 та С11 – 0,1 мкФ відповідно.

Опір резистора R1 визначається максимальним прямим струмом світлодіода HL1, зворотною напругою та напругою живлення.

Оскільки напруга живлення в даному випадку становить 5В, зворотна напруга світлодіодів нехай буде рівна 1,5В, та прямий струм рівний 25мА, знайдемо опір резистора $R1$. Спад напруги рівний напрузі живлення мінус зворотну напругу світлодіода. Вона рівна 3,5В. Тоді згідно закону Ома:

$$R = \frac{U}{I} = \frac{U_{жс} - U_{звор.HL}}{2 \cdot I_{пр.HL}} = \frac{5 - 1,5}{25 \cdot 10^{-3}} \approx 540 \text{ Ом} \quad (2.3)$$

Приймаємо опір резистора рівним 560 Ом.

Аналогічно знаходиться опір резисторів $R6$, $R7$, $R9$, $R10$, $R11$, $R12$, $R15$, $R16$, призначених для обмеження струму через світлодіоди індикатора HG1. Тут напруга живлення визначається вихідною напругою портів мікроконтролера $DD1$.

2.2.3. Вибір елементної бази для конструкції іонізатора. Для конструкції іонізатора більшість елементів вибрано SMD типу для мініатюризації друкованого вузла та підвищення його надійності до зовнішніх механічних навантажень.

В даній схемі використовуються наступні елементи.

Резистори вибрані серії RC2512FK

Це металоплівкові резистори для поверхневого монтажу. Основою корпусу цих резисторів є особливо чиста кераміка Al_2O_3 , резистивний матеріал – металоксидна плівка, оптимізовані для автоматичного монтажу. Резистори призначені для роботи в ланках постійного струму.

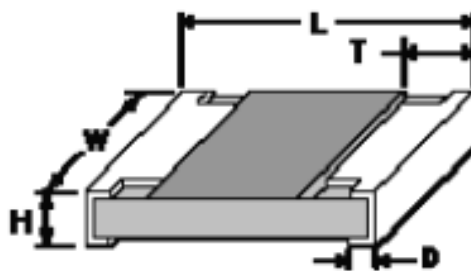


Рис. 2.5. Резистори серії RC2512FK

Технічні параметри резисторів:

- діапазон номінальних опірив, Ом	1...10000;
- максимальна робоча напруга, В	200;
- номінальна потужність, Вт	1;
- допустиме відхилення опору, %	±1;
- діапазон робочих температур, °С	-55...+155;
- довжина корпусу L, мм	6,3;
- ширина корпусу D, мм	3,2;
- спосіб монтажу,	SMD 2512.

Конденсатори вибрані серії ECJ-GVB0J106M.

Конденсатори серії ECJ – безвивідні керамічні неполярні конденсатори загального призначення. Дані конденсатори вибираємо для приладу тому, що вони підходять по параметрах для функціонування схеми, та є економічно вигідними.

Технічні параметри конденсаторів:

- номінальна напруга, В	6,3;
- діапазон номінальних ємностей, пФ	0,5...1000;
- діапазон робочих температур, °С	-55...+85;
- діапазон відхилення ємності, %	±10;

Габаритні розміри конденсаторів представлені на рисунку 2.6 та приведені в таблиці 2.1.

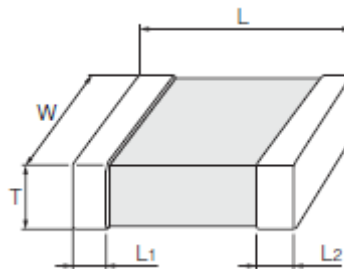


Рис. 2.6. Конденсатори серії ECJ

Таблиця 2.1

Габаритні розміри конденсаторів

L, мм	W, мм	T, мм	L ₁ , L ₂ , мм
2,0±0,2	1,5±0,2	0,85±0,1	0,5±0,25

В якості діодів було вибрано діоди КД522, стабілітрони ВZТ52С4V3 та світлодіоди АЛ307.

Діоди КД522 імпульсні, кремнієві, епітаксiально-планарні.

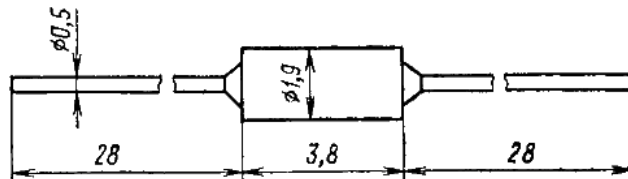


Рис. 2.7. Габаритні розміри діодів КД522

Стабілітрони ВZТ52С4V3, кремнієві, планарні.

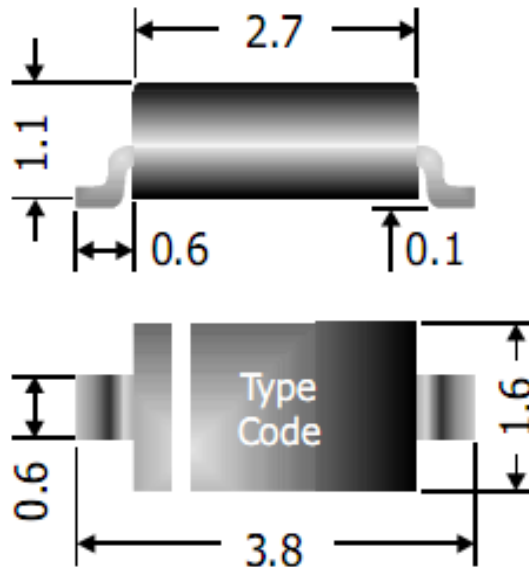


Рис. 2.8. Габаритні розміри стабілітрона ВZТ52С4V3

Основні технічні характеристики стабілітронів ВZТ52С4V3:

- напруга стабілізації, В ... 4,2-4,6;

- динамічний опір, Ом ... <130;
- розсіювана потужність, Вт ... 0,5;
- діапазон робочих температур: від -60°C до $+85^{\circ}\text{C}$.

Світлодіоди АЛ307.

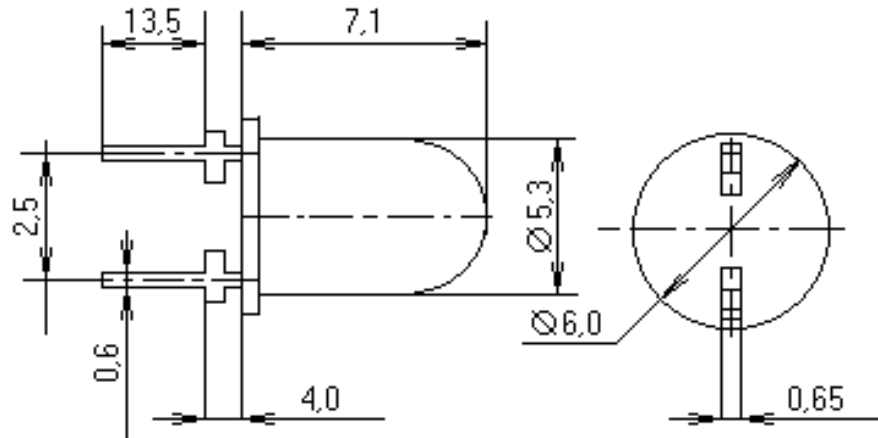


Рис. 2.9. Габаритні розміри світлодіода АЛ307

- сила світла, мкд, не менше ... 0,15-0,9;
- постійне пряме напруга ($U_{пр}$), В, не більше ... 2;
- при $I_{пр}$... 10;
- максимальний постійний прямий струм ($I_{пр}$), мА ... 20;

В виробі використані транзистори: КТ3107, IRL110 та КТ814.

Транзистор КТ3107 – транзистор р-п-р структури, кремнієвий епітаксіально-планарний в пластмасовому корпусі призначений для використання в низькочастотних пристроях апаратури широкого застосування з малим рівнем шумів та іншої радіоелектронної апаратури.

Транзистор IRL110 – потужні MOSFET транзистори.

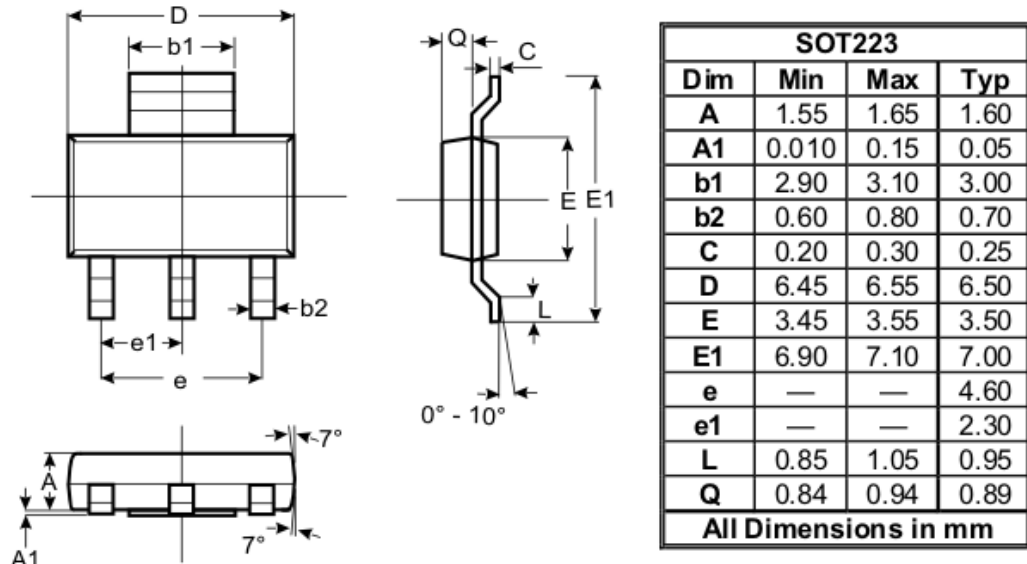


Рис. 2.10. Габаритні розміри транзистора IRLL110

Основні технічні характеристики транзистора IRLL110:

- максимальна напруга стік-витік, В ... 100;
- максимальна напруга затвор-стік, В ... 10;
- максимальний струм, А ... 12;
- максимальна розсіювана потужність колектора, Вт, ... 3,1.

Транзистори КТ814 – транзистори кремнієві меза-епітаксійно-планарні р-п-р універсальні низькочастотні потужні: Призначені для роботи в підсилювачах низької частоти, операційних та диференціальних підсилювачах, перетворювачах, імпульсних схемах. Випускаються в пластмасовому корпусі з гнучкими висновками.

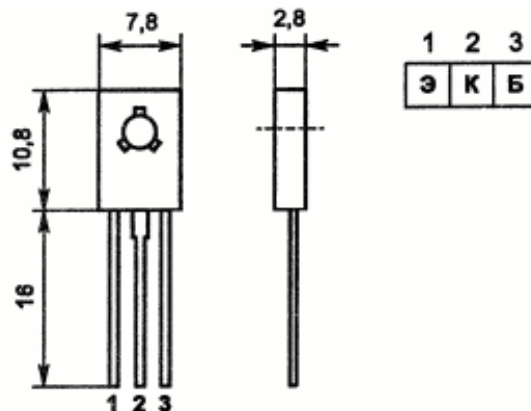


Рис. 2.11. Габаритні розміри транзистора КТ814

Наступними було вибрано мікросхеми DS18B20, Atmega8 та LM2940-5.

DS18B20 – 1-дротовий цифровий термометр, який має програмований дозвіл і має точність $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$.

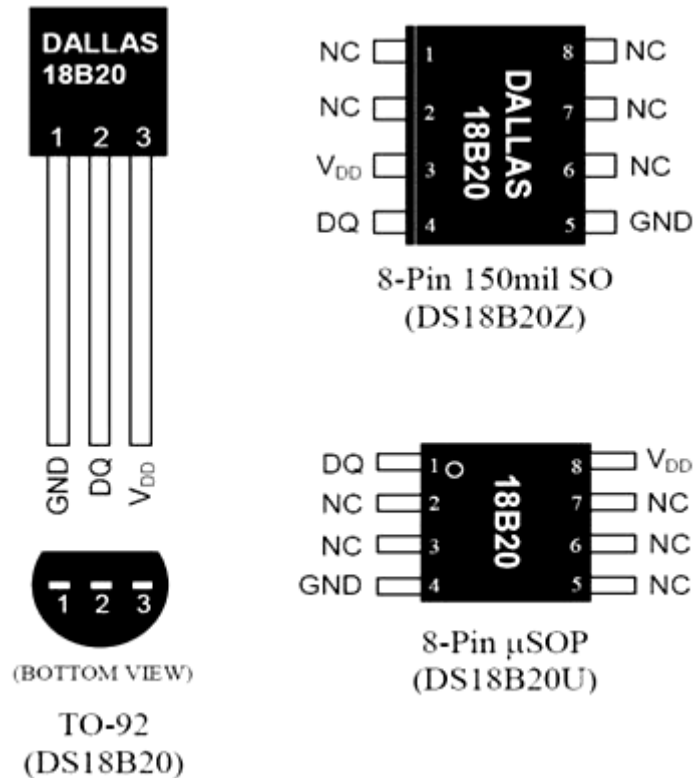


Рис. 2.12. Зовнішній вигляд і розміщення виводів термометра

Таблиця 2.2

Призначення виводів термометра

SO*	SOP*	TO-92	СИМВОЛ	ОПИС
5	4	1	GND	Загальний.
4	1	2	DQ	Вивід даних вводу/виводу (Input / Output pin). Open-drain 1-Wire interface pin. По цій лінії подається живлення в режимі роботи з паразитним живленням.
3	8	3	VDD	VDD Вивід живлення. Для режиму роботи з паразитним живленням VDD необхідно з'єднати з загальним проводом.

* всі інші виводи залишаються не підключеними.

На рис. 2.13 показана блок-схема DS18B20.

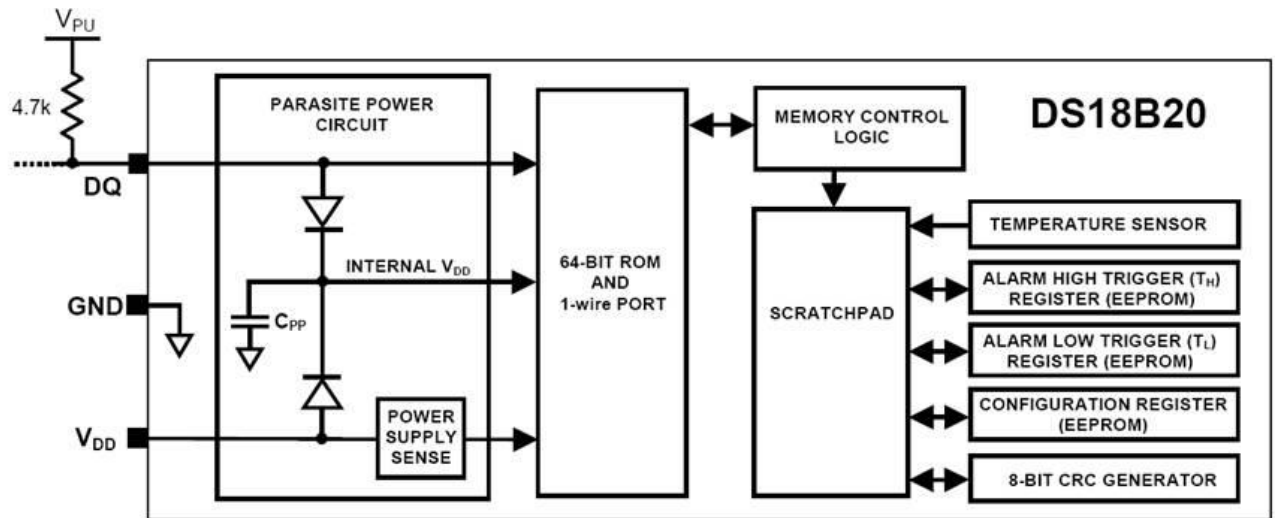


Рис. 2.13. Структурна схема датчика температури

DS18B20 використовує ексклюзивний 1-провідний протокол шини Далласа, який реалізує шинний зв'язок за допомогою одного керуючого сигналу. Для контрольної лінії необхідний слабкий витягувальний резистор, оскільки всі пристрої підключені до шини через 3-станційний або відкритий порт (штифт DQ у випадку DS18B20).

Ще однією особливістю DS18B20 є можливість роботи без зовнішнього джерела живлення. Натомість живлення подається через однопровідний резистор через штифт DQ, коли шина висока. Сигнал високої шини також заряджає внутрішній конденсатор (CPP), який потім подає живлення на пристрій, коли шина низька. Як альтернатива, DS18B20 може також живитися від зовнішнього джерела живлення на V_{DD} .

Основна функціональність DS18B20 - це прямий цифровий датчик температури.

Дані вихідної температури DS18B20 відкалібровані в градусах Цельсія; для програм за Фаренгейтом слід використовувати таблицю пошуку або процедуру перетворення. Дані про температуру зберігаються як 16-розрядне число доповнених знаків двох у температурному регістрі.

DS18B20 може живитися від джерела живлення підключеного ззовні на виводі V_{DD} , або він може працювати в режимі “паразитного живлення”. Паразитна потужність дуже корисна для застосувань, які потребують дистанційного зондування температури або дуже обмежені в просторі.

У режимі паразитного живлення однопровідна шина і CPP можуть подавати достатній струм на DS18B20 для більшості операцій, якщо виконуються зазначені вимоги щодо часу та напруги.

DS18B20 також може живитись звичайним методом підключення зовнішнього джерела живлення до виводу V_{DD} . Перевага цього методу полягає в тому, що не потрібна підтяжка MOSFET.

Використання паразитної потужності не рекомендується для температур вище 100°C , оскільки DS18B20 може не підтримувати зв'язок через більш високі струми витoku, які можуть існувати при цих температурах.

Для застосувань, в яких можливі такі температури, настійно рекомендується, щоб DS18B20 живився від зовнішнього джерела живлення.

У деяких ситуаціях майстер шини може не знати, чи є DS18B20 на шині з паразитними чи зовнішніми джерелами живлення. Ця інформація потрібна майстру, щоб визначити, чи слід використовувати сильну тягу шини під час перетворення температури. Щоб отримати цю інформацію, майстер може виконати команду Skip ROM [CCh], за якою слідує команда Read Power Supply [B4h], за якою йде «часовий інтервал читання». Під час часового інтервалу зчитування, паразитні DS18B20 будуть тягнути шину низько, а зовнішні DS18B20 дозволятимуть шині залишатися високою.

В роботі використано мікроконтролер ATmega8-16AU, що є 8-bit AVR – мікроконтролером. Містить ядро AVR. 8-ми розрядний. Тактова частота 16 МГц. Обсяг ROM-пам'яті 8К. Обсяг RAM-пам'яті 1К. 23 канали внутрішнього АЦП. Напруга живлення 4.5 ... 5.5 В. Тип корпусу – TQFP32.

LM2940-5 – інтегральний стабілізатор. Корпус – TO220; Номінальний вихідний струм 1,5 А. Максимальна вхідна напруга 40 В0. Вихідна напруга 5 В.

2.2.4 Опис і розробка друкованого монтажу іонізатора.

Як матеріал для виробництва друкованої плати вибрано двосторонній фольгований склотекстоліт СФ-2-35.

Електрорадіоелементи розміщуються у вузлах координатної сітки з кроком 0,625 мм, оскільки використовуються елементи поверхневого монтажу. У випадку навісних елементів в друкованій платі для їх монтажу передбачаються отвори, діаметр яких на 0,2-0,5 мм більший за діаметр виводів елементів.

Більшість елементів, що застосовуються для проектування даного приладу є елементами поверхневого монтажу, що виконані в корпусах SMD.

Для пайки SMD елементів може бути використано метод інфрачервоної пайки. Для ІЧ-нагріву використовуються спеціальні лампи розжарювання і рефлектори, як правило, еліптичні. Кількість тепла регулюється потужністю випромінювання (напругою живлення ламп) і швидкістю руху транспортера.

Недоліки ІЧ-пайки:

- поглинання енергії випромінювання компонентами і платою залежить від поглинаючої здатності матеріалів, з яких вони виготовлені;
- не всі виробники компонентів дозволяють нагрів компонентів до температур пайки. Але частка таких виробників постійно зменшується, оскільки використання їх компонентів збільшує трудоемкість складально-монтажних робіт;
- не всі поверхнево-монтажні компоненти піддаються ІЧ-пайці.

Наприклад, компоненти з J-виводами недоступні для ІЧ-нагріву, щоб нагріти пайку під корпусом компонента; ІЧ-пайка придатна тільки для поверхневого монтажу. Компоненти з виводами для пайки в отвори доводиться монтувати окремо; нерівномірне спектральне поглинання ІЧ-енергії різними поповерхнями і, як наслідок, нерівномірне нагрівання.

Для пайки елементів, що встановлюються в отвори (враховуючи їх невелику кількість) використовується локальна. Локальний нагрів при пайці має певну перевагу в порівнянні із загальним, так як є безпечним для ділянок виробів, що не піддаються пайці. У разі застосування елементної бази з

планарними виводами, які вимагають притиску кожного виводу в момент пайки, переважаючим є локальний нагрів паяних швів. Пайка зводиться до повторного розплавлення в присутності флюсу дози припою, попередньо нанесеного на вивід і контактну площадку під час лудіння. Механічну фіксацію навісних елементів здійснюють приклеюванням тіла елемента до підкладки. Локальність нагріву не виключає можливості проведення групового процесу пайки.

Локальний нагрів здійснюють трьома способами: контактним, струменевим, променевим.

При виборі паяльної пасти враховувались такі її властивості:

- схильність до грудкування – не повинно відбуватися розбрикування окремих нерозплавлених частинок припою в процесі пайки;
- хороша змочуваність – розплавлений припой повинен мати здатність до капілярного підйому та розтікання;
- відсутність окислення дрібних частинок припою;
- можливість відмивання місця пайки від флюсу, що входить до складу пасти;
- однорідність складу по всьому об'єму тари – схильність до розшарування пасти за рахунок більшої щільності припою має бути мінімальною протягом певного терміну зберігання за певних умов;
- прийнятні тиксотропні властивості - хороша формостійкість порцій пасти, нанесених на монтажні елементи плат;
- хороша клейкість, що забезпечує фіксацію компонентів на платі до її оплавлення і утворення паяної галтелі;
- здатність до зберігання, що забезпечує стабільність первісних характеристик протягом певного часу;
- стабільність технологічних властивостей паст в різних партіях поставки.

На основі цього використано паяльну пасту NC254.

При проектуванні друкованої плати і конструкції приладу використано САПР P-Cad, згідно чого побудовано схему електричну принципову та

зроблено розводку друкованої плати. При розміщенні радіоелементів на платах керувались принципами мінімізації зв'язків, зручності монтажу, можливістю легкого доступу до радіокомпонентів з метою їх заміни, необхідністю передбачення можливості конвекції повітря у зоні розташування елементів, які виділяють теплову енергію.

Компоновка друкованих вузлів і трасування друкованих плат виконані так, щоб вузол можна було кріпити до корпусу без діелектричних прокладок. Компоновка складових частин виробу передбачає легкий доступ до кожного елемента конструкції, що спрощує ремонт і налаштування виробу, а також його зборку.

Правильне розміщення і кріплення радіокомпонентів є запорукою стабільної і безвідмовної роботи пристрою на протязі визначеного йому періоду роботи. Дотримання вимог щодо взаємного розміщення радіокомпонентів дозволяє отримати параметри пристрою обумовлені в технічному завданні. Правильне кріплення запобігає відривання компонентів від друкованої плати в ході експлуатації.

Даний пристрій призначений для стаціонарного та портативного використання. Тому кріплення радіокомпонентів потрібно посилювати.

На друкованій платі радіокомпоненти розміщені певним чином і вжиті відповідні заходи, що дозволяє мінімізувати взаємозв'язки між компонентами і покращити характеристики пристрою.

Проведемо розрахунок провідних елементів друкованої плати іонізатора.

Проектована друкована плата повинна відповідати третьому класу точності. Розміри контактних площадок для SMD елементів є вказані в паспортах на ці елементи та розрахунку не потребують. Проведемо розрахунок провідних елементів для електрорадіоелементів, які монтуються в отвори. При цьому необхідно знати діаметри виводів електрорадіоелементів. Так, для резисторів, конденсаторів керамічних та електролітичних, стабілітронів, світлодіода, світлодіодного індикатора та роз'ємів діаметр

виводів становить 0,6 мм. Для транзисторів та мікросхеми стабілізатора напруги живлення 0,8 мм, а для мікросхеми – 0,5 мм.

Для спрощення проведення виготовлення друкованої плати виконаємо отвори одного діаметра – 0,9 мм.

Діаметр контактної площадки монтажного отвору з діаметром 0,9 мм визначаємо за формулою

$$D = (d + \Delta d_{\text{в.в.}}) + 2\text{в} + \Delta t_{\text{в.в.}} + 2\Delta d_{\text{мп}} + \sqrt{\delta d^2 + \delta p^2 + \Delta t_{\text{н.в.}}}, \quad (2.4)$$

де d – номінальний діаметр монтажного отвору,

$\Delta d_{\text{в.в.}}$ – максимальне відхилення діаметру отвору;

в – поясок;

$\Delta t_{\text{в.в.}}$ – максимальне відхилення ширини провідника,

$\Delta d_{\text{мп}}$ – допуск на підтравлення діелектрика;

δd – допуск на розміщення отворів;

δp – допуск на розміщення контактних площадок;

$\Delta t_{\text{н.в.}}$ – мінімальне відхилення ширини провідника.

Прийmemo $\delta d=0,3$ мм; $\delta p=0,2$ мм; $d_{\text{в.в.}}=0,1$ мм; $\Delta t_{\text{в.в.}}=0,1$ мм; $\Delta t_{\text{н.в.}}=0,1$ мм; $\Delta d_{\text{мп}}=0,03$ мм; $\text{в}=0,2$ мм.

Тоді мінімальний діаметр контактної площадки D навколо монтажного отвору діаметром $d=0,9$ мм, обчислений за формулою (1.11), буде рівний

$$D_1 = (0.9 + 0.1) + 2 \cdot 0.2 + 0.1 + 2 \cdot 0.03 + \sqrt{0.2^2 + 0.3^2 + 0.1^2} = 1.5 \text{ мм},$$

Розрахуємо ширину провідника:

$$t = t_{\text{м.д.}} + |\Delta t_{\text{н.о}}|, \quad (2.5)$$

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

$\Delta t_{н.о.}$ – допуск на ширину провідника, $\Delta t_{н.о.} = 0.1$ мм.

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

$$t = 0,45 + 0,1 = 0,55(\text{мм})$$

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

$$S = S_{м.д.} + \Delta t_{в.в.} \delta \ell, \quad (2.6)$$

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

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

Вибираємо $\delta \ell = 0.1$ мм, $\Delta t_{в.в.}, S_{м.д.} = 0,45$ мм. Тоді, за формулою знайдемо номінальне значення відстані між сусідніми елементами провідного рисунку:

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

2.3 Технологічна частина

2.3.1. Аналіз конструкції іонізатора. Розглянемо детальніше конструктивні особливості розроблюваного виробу. В конструкції друкованого вузла блоку використані безкорпусні радіоелементи, що відповідає технології поверхневого монтажу та корпусні навісні елементи.

На рис. 2.14 наведено особливості монтажу без корпусних та штирових елементів [11].

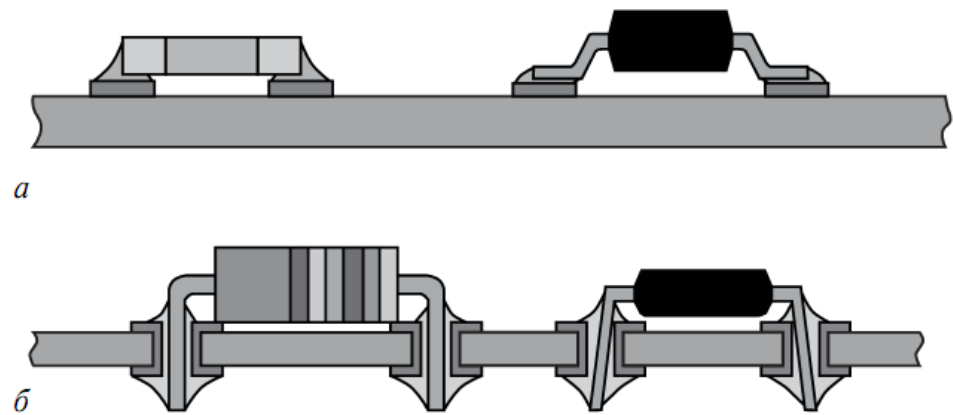


Рис. 2.14. Схеми встановлення і монтажу компонентів та друковані плати: а – поверхневий монтаж; б – монтаж виводів в отвори

В нашому випадку в конструкції ДП використано обидві технології виготовлення, оскільки в виробі присутні роз'єми, стабілізатор напруги, мікроконтролер, силові транзистори та діоди, що мають штиреві виводи. На одній стороні друкованої плати встановлені і SMD-, і PTH-компоненти (рис. 2.15).

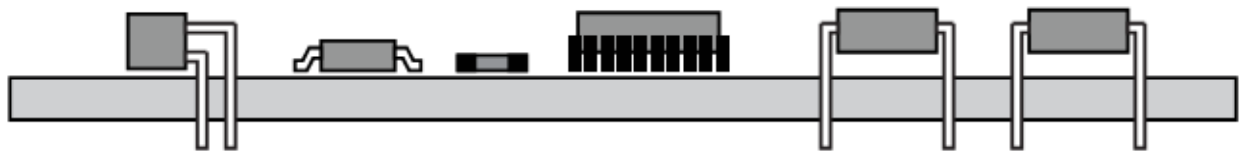


Рис. 2.15. Спосіб встановлення і монтажу компонентів та друковану плату електрокардіографа

Використана елементна база наведена в додатках – в специфікації. Основні технологічні операції при такій конструкції: підготовка радіоелементів (роз'єми, транзистори, мікросхеми, діоди), нанесення паяльної пасти на друковану плату методом трафаретного друку, розплавлення паяльної пасти методом конвекційного нагріву, ручне встановлення та паяння роз'ємів, транзисторів мікросхем та діодів (враховуючи незначну кількість таких радіоелементів в конструкції друкованого вузла).

На кожному з етапів необхідно проводити контроль виконання операції та в разі виявлення дефектів повертати друковану плату на

попередній етап чи відбракувати її.

Структурна схема типового технологічного процесу для такого типу компоновки наведена на рис. 2.16. На схемі вказане обладнання, яке може бути використане як альтернатива описаному вище.

У випадку ж використання обладнання, яке наведене на рис. 2.16, розглянемо детальніше його характеристики.

При даному типі виробництва ми використаємо наступне устаткування:

1. Підготовка друкованої плати. Ванна для знежирення (ГТ0867-4021). Ємність каністри 3-5л. Максимальний розмір кювети 280×340мм.
2. Нанесення на друковану плату паяльної пасти через трафарет. Пристрій трафаретного друку SR-2500. Паста Sn 62 PM 10 BAS 88 (Мультикор Солдерс). Товщина нанесення пасти 12,5 мікрон.

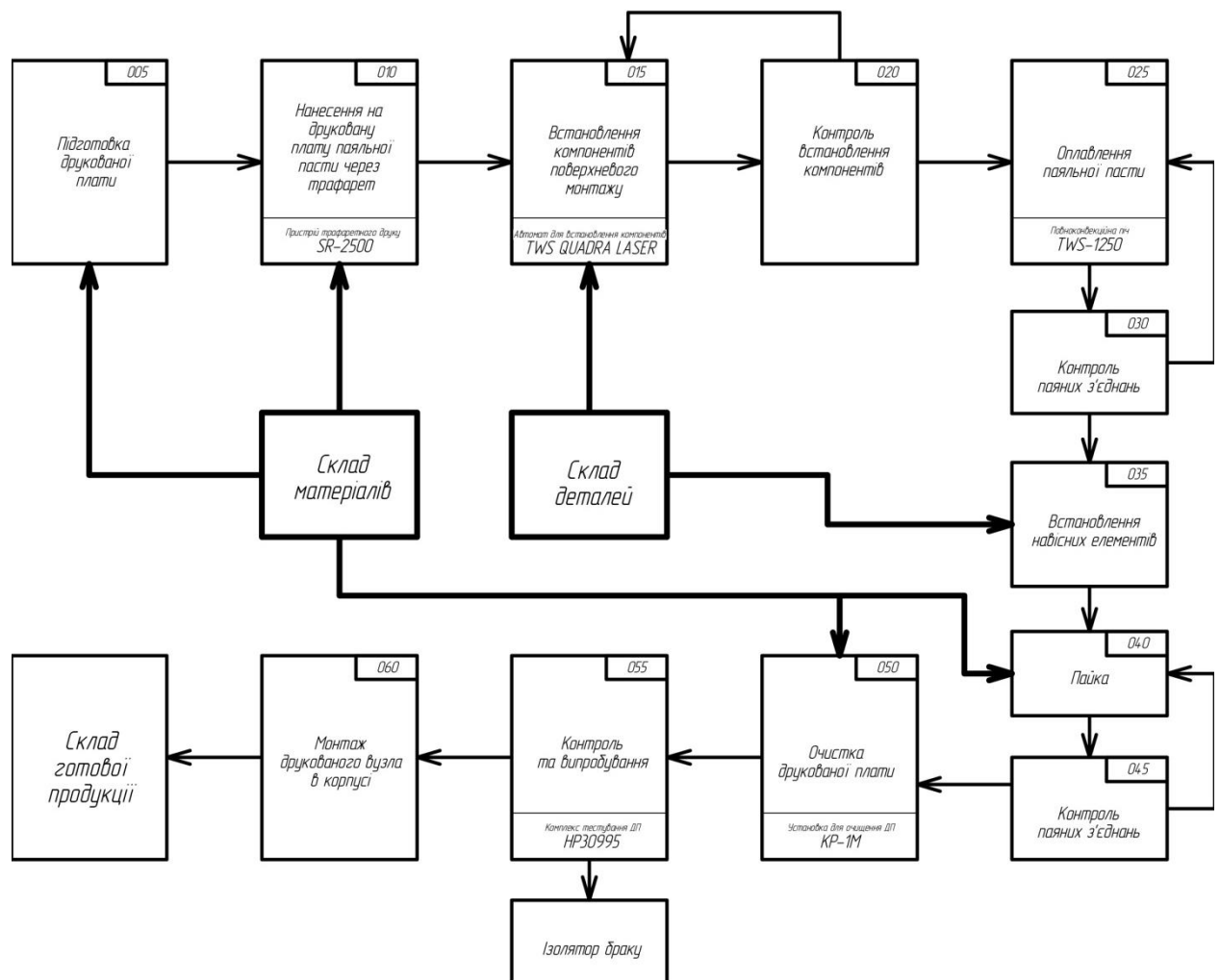


Рис. 2.16. Структурна схема технологічного процесу складання іонізатора води сріблом

Трафаретний принтер SR-2500 є недорогою напівавтоматичною настільною системою для нанесення паяльної пасти на друковані плати. Дану модель відрізняє надійність конструкції, простота в експлуатації і найкраще поєднання ціна / якість.

SR-2500 оснащений пневматичною системою підймання та опускання робочого столу для вертикального поділу трафарету і плати, двома металевими (за бажанням - поліуретановими) ракелями, системою постійного тиску на ракель з можливістю регулювання тиску та кута нахилу кожного ракеля. Вигляд установки наведено на рис. 2.17.



Рис. 2.17. Трафаретний принтер SR-2500

Основні технічні характеристики принтера:

- габаритні розміри ДП, мм 422×422
- максимальний розмір друку, мм 650×545
- товщина ДП, мм 1...25
- тип ракеля Метал
- швидкість друку, мм/с (10...25)
- маса, кг 70
- габаритні розміри, мм 850×900×600.

1. Встановлення компонентів поверхневого монтажу. Автомат-встановлювач компонентів TWS QUADRA LASER.

Автомат для встановлення компонентів TWS QUADRA LASER

Лазерна система центрування і система відеоцентрування автомата (рис. 2.18) забезпечують точну установку мікросхем з кроком висновків до 0,5 мм і чіпів 0402.



Рис. 2.18. Автомат для встановлення компонентів TWS QUADRA LASER

Максимальна продуктивність до 4000 компонентів на годину. На автоматі одночасно можна розмістити до 120 стрічкових живильників. Можлива установка дозуючої головки для нанесення паяльної пасти або SMT-клею.

Доступне програмне забезпечення дозволяє легко і швидко створювати програми установки компонентів. Програмування автомата здійснюється шляхом трансляції з CAD-систем або введенням за допомогою планшетного координатного оцифровувача.

2. Оплавлення паяльної пасти. Повноконвекційна піч TWS-1250.

TWS-1250 є прогресивною повноконвекційною піччю конвеєрного типу середнього розміру, оснащеною підлоговою підставкою. Це проста в експлуатації піч має робочий тунель довжиною 2 метри і забезпечує оптимальні режими пайки при високій продуктивності та низьких затратах енергії. Точна підтримка заданої температури здійснюється мікропроцесором допомогою термопар, розташованих в кожній зоні. Піч оснащена пристроєм для вимірювання температури з 4-ма зовнішніми термопарами, який може бути підключений до комп'ютера для відображення температурних профілів під час процесу пайки. Завдяки 4 зонам нагрівання і цифровому регулюванню швидкості конвеєра можна отримати будь необхідний термопрофіль. У пам'яті одночасно може зберігатися до 14 програм пайки, які завантажуються в будь-який момент на вимогу оператора. Всі робочі параметри відображаються на кольоровому РК-моніторі.

Піч TWS-1250 (рис. 2.19) комплектується сітчастим конвеєром

Печі TWS-1250 / TWS-1390 сумісні з безсвинцевою технологією.



Рис. 2.19. Піч TWS-1250

Технічні характеристики:

Зони нагріву: 4

Зони охолодження: 1

Середня споживана потужність: 4 кВт

Електроживлення: 380 В, 50 Гц

Передача тепла: примусова конвекція

Робоча ширина конвеєра: 40 - 325 мм 60 - 290 мм

Максимальна висота компонентів на платі: 35 мм

Швидкість конвеєра мінімальна / максимальна: 100 - 500 мм / хв

Габаритні розміри: 800x3000x600 мм

Вага: 275 кг

3. Установка для очищення друкованого вузла КР-1М. Використовує спирто-фреонову суміш СФС 1:19.
4. 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.
5. Ванна для знежирення, флюсування і відмивки флюсу (ГГ0867-4021). Ємність каністри 3-5л. Максимальний розмір кювети 280×340мм.
6. Паяльник електричний імпульсний з тепловідводом і блоком живлення ПТТ (ГГ0839-4002). Тривалість імпульсу – 0,1 до 1,5с. Потужність – 20 Вт.
7. Плоскогубці ПУГ-150 (ГТ17814-1020).
8. Гострогубці бокові ОБ-1-125 (ГТ7814-1020)
9. Пінцет ППМ-150-2 (ИЖ4.094.000)
10. Лупа ГОСТ 25706-83.
11. Трафарет РД 3082-3901 (для маркування).
12. Кісточка ТУУ 1.280.315.
13. Викрутка регулювальника 3×120 ГОСТ 812113-73.
14. Стіл монтажника КПМ4.135.010 – має всі необхідні зручності для проведення монтажних робіт.
15. Візок.

Для регулювання виробу використовують комплекс тестування ДП НР30995, що містить джерела живлення, функціональний генератор,

сигнальний генератор, частотомір, багатофункціональний тестовий комутаційний блок (Hewlett Packard, Philips).

2.4 Висновки до розділу 2

В розділі розглянуто питання математичного опису протікання процесу електролітичного розчинення іонів срібла у воді. На основі цього зроблено висновок, що використання імпульсного струму підвищеної частоти забезпечить можливість швидкої іонізації. Але при цьому необхідно враховувати температурні зміни води в процесі такої іонізації.

Ці фактори враховано при розробленні схем структурної та електричної а також компоновки друкованого монтажу конструкції іонізатора.

Також запропоновано структуру технологічного процесу виготовлення іонізатора, та обладнання, яке при цьому використовується.

РОЗДІЛ 3

НАУКОВО-ДОСЛІДНА ЧАСТИНА

3.1. Алгоритмічно-програмне забезпечення модернізованого іонізатора

В роботі іонізатора застосовується мікроконтролер, який окрім керування струмом в колі електродів може виконувати додаткові функції. Зокрема вимірювати значення температури води в процесі іонізації. Однією з відмінностей пропонованої структури модернізованого іонізатора від аналогів є те, що він здатен проводити коректування струму в колі навантаження в процесі іонізації як в швидкому так і в звичайному режимах оцінюючи значення температури води та її зміни. Це важливо, бо із зміною температури відбуватиметься і зміна провідності води а відповідно і величина струму в колі електродів. Якщо ж врахувати, що зміна температури буде результатом самого процесу електролізу і при зміні температури струм в колі електродів зростатиме, це призведе до недостатності лише обмеження струму мікроконтролером, оскільки важко буде контролювати вількість перенесеного у воду срібла. Тому в пропонованому іонізаторові власне і використано процес вимірювання температури та за її змінами корегувати величину струму в колі електродів.

Для реалізації цієї функції розроблено алгоритм роботи мікроконтролера. Він наведений на рис. 3.1.

Після увімкнення іонізатора проводиться ініціалізація тактування та периферії для оцінювання наявності та справності датчика температури. Після цього зчитується значення порогової напруги, яка повинна відповідати температурі води на початку іонізації. Після цього запускається цикл роботи мікроконтролера, протягом якого безперервно зчитуються дані з термоперетворювача у вигляді певного значення напруги, яка порівнюється із опорною. На основі цього приймається рішення про підвищення чи не підвищення температури води.

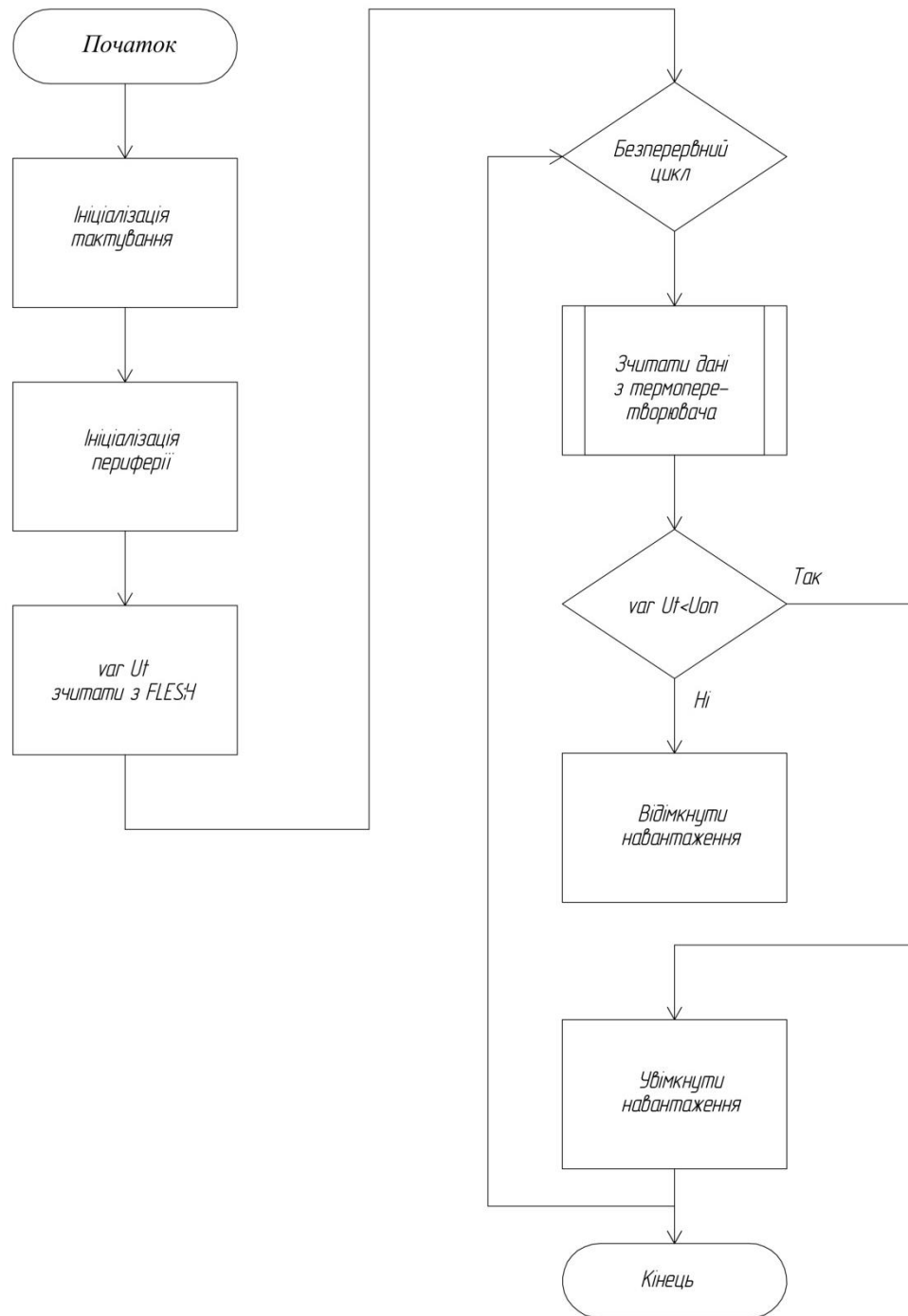


Рис. 3.1. Алгоритм роботи мікроконтролера при вимірюванні температури води

Якщо температура води підвищилась вище допустимого значення, то навантаження відключається від джерела живлення. В іншому випадку продовжується процес іонізації. Це найпростіший спосіб використання значення температури в процесі іонізації води. Можливим є забезпечення постійного коректування струму в колі електродів залежно від температури води.

3.2 Висновки до розділу 3

В розділі проведено розроблення алгоритму роботи мікроконтролера в режимі вимірювання температури води в процесі іонізації. Запропоновано варіант такого алгоритму та шляхи його удосконалення з метою розширення функціональних можливостей модернізованого іонізатора.

РОЗДІЛ 4

ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

4.1 Охорона праці

Акустичне середовище є важливим компонентом середовища існування: людина живе у світі звуків. Параметри акустичного середовища можуть суттєво впливати на загальний стан людини та її працездатність і успіхи діяльності (у системах зв'язку робота оператора пов'язана з прийманням сигналів). Екстремальні умови виникають, якщо людина через сторонній звуковий тиск не може розпізнати корисні сигнали і якщо рівень звукового тиску наближається до больової межі.

Величина звукового тиску звичайно оцінюється в децибелах (дБ). Шепіт людини, який сприймається на відстані 1,5...2 метри від того, хто говорить, становить 1...18дБ; шум у приміщенні, де працюють люди, але нема машин (студентська аудиторія без чутної лекторської мови), - 40дБ; мова людини середньої нормальної гучності, що приймається людиною, котра стоїть поруч - 60 дБ; шум двигуна легкового автомобіля - 75дБ; шум електропоїзда метро, який сприймається на віддалі 3 м від нього - 95дБ; шум реактивного літака - 115дБ.

Вже при рівні звуку 100 дБ виникає загальна втома, знижується працездатність та якість праці. При рівні звуку 100...110 дБ шум та звук викликають гнітючу дію. При рівні звуку (шуму) 110 дБ неможливе мовне спілкування. Больова межа рівня звуку становить 120-130 дБ.

При проектуванні робочих місць рівень звуку понад 80 дБ вважається недопустимим. Рекомендований рівень звуку в приміщеннях для конструкторських та теоретичних робіт і опрацювання експериментальних даних - 50 дБ, в приміщеннях керування, робочих кімнатах- 60 дБ, на робочих місцях у виробничих приміщеннях - не більше 80 дБ.

Якщо рівень звукового тиску перевищує допустимий, використовують індивідуальні та колективні засоби захисту (ізоляція джерела звуку чи робочих приміщень) - вушні заглушки, навушники, шоломи.

Механічні коливання, які виникають при роботі працюючих машин, можуть викликати не лише звуки та шуми, але й вібрації.

Вібрація - це механічні коливання пружних тіл, які характеризуються амплітудою, швидкістю та прискоренням.

За характером дії вібрацію поділяють на загальну та місцеву. Загальні вібрації діють на все тіло людини. Внутрішні органи людини утворюють коливні системи з власною частотою коливань (в межах десятків та сотень Гц). Резонансна частота серця, живота та грудної клітки - 5 Гц, голови - 20 Гц, очних яблук - 60 Гц, центральної нервової системи - 250 Гц. Дія зовнішніх коливань з кратними частотами може викликати резонансні явища та призвести до зміщення та механічних ушкоджень внутрішніх органів. Частота власних коливань людей, що сидять, складає 4...8 Гц.

Вібрація сприймається людиною як природне навантаження, що подібне на важку працю. Вібрації частотою понад 200 Гц перевантажують нервову систему людини, потребують підвищеної психічної напруги.

4.2 Безпека в надзвичайних ситуаціях

Порядок дій у разі виникнення надзвичайних ситуацій

Хімічна небезпека.

Аварії (катастрофи) на підприємствах, транспорті та продуктопроводах можуть супроводжуватися викидом (вилівом) в атмосферу і на прилеглу територію сильнодіючих отруйних речовин (СДОР), таких як хлор, аміак, синильна кислота, фосген, сірчаний ангідрид та інші. Це являє серйозну небезпеку для населення, заражене повітря уражає органи дихання, а також очі, шкіру та інші органи.

Фактори небезпеки викиду (розливу) хімічно небезпечних речовин: забруднення навколишнього середовища, небезпека для всього живого, що

опинилося на забрудненій місцевості (загибель людей, тварин, знищення посівів та ін.), крім того, внаслідок можливого хімічного вибуху виникнення сильних руйнувань на значній території.

Дії у випадку загрози виникнення хімічної небезпеки:

1. Сирени і переривчасті гудки підприємств - це сигнал "Увага всім". негайно ввімкніть приймач радіотрансляційної мережі або телевізор. Слухайте інформацію про надзвичайну ситуацію та порядок дій.

2. При оголошенні небезпечного стану уникайте паніки.

3. Попередьте сусідів, надайте допомогу інвалідам, дітям та людям похилого віку.

4. Виконайте заходи щодо зменшення проникнення отруйних речовин в квартиру (будинок): щільно закрийте вікна та двері, щілини заклейте.

5. Підготуйте запас питної води: наберіть воду у герметичні ємності, підготуйте найпростіші засоби санітарної обробки (мильний розчин для обробки рук).

6. Дізнайтеся у місцевих органів влади про місце збору мешканців для евакуації та уточніть час її початку. Підготуйтеся: упакуйте у герметичні пакети та складіть у валізу документи, цінності та гроші, предмети першої необхідності, ліки, мінімум білизни та одягу, запас консервованих продуктів на 2-3 доби.

7. Перед виходом з будинку вимкніть джерела електро-, водо- і газопостачання, візьміть підготовлені речі, одягніть засоби захисту.

Дії у випадку раптового виникнення хімічної небезпеки:

1. Уникайте паніки. З одержанням повідомлення (по радіо або іншим засобам оповіщення) про викид (розлив) в атмосферу СДОР та про небезпеку хімічного зараження, виконайте передбачені заходи.

2. Надягніть засоби індивідуального захисту органів дихання та найпростіші засоби захисту шкіри.

3. По можливості негайно залишіть зону хімічного забруднення.

4. Якщо засобів індивідуального захисту немає і вийти із району аварії неможливо, залишайтеся у приміщенні і негайно та надійно герметизуйте

приміщення! Зменшить можливість проникнення СДОР (парів, аерозолів) у приміщення: щільно закрийте вікна та двері, димоходи, вентиляційні люки, щілини в рамах вікон та дверей заклейте, вимкніть джерела газо-, електропостачання та загасіть вогонь у печах. Чекайте повідомлень органів влади з питань надзвичайних ситуацій через засоби зв'язку.

5. Знайте, що вражаюча дія конкретної СДОР на людину залежить від її концентрації у повітрі та тривалості, тому якщо немає можливості покинути небезпечну зону, не панікуйте і продовжуйте вживати заходи безпеки.

6. Швидко зберіть необхідні документи, цінності, ліки, продукти, запас питної води та інші необхідні речі у герметичну валізу та підготуйтеся до евакуації.

7. Попередьте сусідів про початок евакуації. Надайте допомогу дітям, інвалідам та людям похилого віку. Вони підлягають евакуації в першу чергу.

8. Залишаючи приміщення (квартиру, будинок) вимкніть джерела електро-, водо- і газопостачання, візьміть підготовлені речі, одягніть засоби захисту.

9. Виходьте із зони хімічного зараження в бік, перпендикулярний напрямку вітру та обходьте тунелі, яри, лощини - в низинах може бути висока концентрація СДОР.

10. При підозрі на ураження СДОР уникайте будь-яких фізичних навантажень, необхідно пити велику кількість рідини (чай, молоко, сік, вода) та звернутися до медичного закладу.

11. Вийшовши із зони зараження, зніміть верхній одяг, ретельно вимийте очі, ніс та рот, по можливості прийміть душ.

12. З прибуттям на нове місце перебування, дізнайтеся у місцевих органів державної влади та місцевого самоврядування адреси організацій, що відповідають за надання допомоги потерпілому населенню.

Надання першої допомоги при ураженні СДОР

В першу чергу негайно захистіть органи дихання від подальшої дії СДОР. Надягніть на потерпілого протигаз або ватно-марлеву пов'язку, попередньо змочивши її водою або 2% розчином питної соди у випадку

отруєння хлором, а у разі отруєння аміаком - водою або 5% розчином лимонної кислоти. Винесіть потерпілого із зони зараження та забезпечте йому спокій і тепло.

Радіаційна небезпека

Факторами небезпеки радіації є: забруднення навколишнього середовища, небезпека для всього живого, що опинилося на забрудненій місцевості (загибель людей, тварин, знищення посівів та ін.), крім того, внаслідок можливого атомного вибуху виникнення сильних руйнувань на значній території.

Дії у випадку загрози виникнення радіаційної небезпеки:

1. При оголошенні небезпечного стану не панікуйте, слухайте повідомлення.

2. Попередьте сусідів, надайте допомогу інвалідам, дітям та людям похилого віку.

3. Дізнайтеся про час та місце збору мешканців для евакуації.

4. Уменшіть проникнення радіаційних речовин в квартиру (будинок): щільно закрийте вікна та двері, щілини заклейте.

5. Підготуйтеся до можливої евакуації: упакуйте у герметичні пакети та складіть у валізу документи, цінності та гроші, предмети першої необхідності, ліки, мінімум білизни та одягу, запас консервованих продуктів на 2-3 доби, питну воду. Підготуйте найпростіші засоби санітарної обробки (мильний розчин).

6. Перед виходом з приміщення від'єднайте всі споживачі електричного струму від електромережі, вимкніть газ та воду.

Дії у випадку раптового виникнення радіаційної небезпеки:

1. З одержанням повідомлення про радіаційну небезпеку негайно укрийтеся в будинку. Стіни дерев'яного будинку послаблюють іонізуюче випромінювання в 2 рази, цегляного - у 10 разів; заглиблені укриття (підвали): з покриттям із дерева у 7 разів, з покриттям із цегли або бетону - у 40-100 разів.

2. Уникайте паніки. Слухайте повідомлення органів влади з питань надзвичайних ситуацій.

3. Уменшіть можливість проникнення радіаційних речовин в приміщення.

4. Проведіть йодну профілактику. Йодистий калій вживати після їжі разом з чаєм, соком або водою 1 раз на день протягом 7 діб: дітям до двох років - по 0,040 г на один прийом; дітям від двох років та дорослим - по 0,125 г на один прийом. Водно-спиртовий розчин йоду приймати після їжі 3 рази на день протягом 7 діб: дітям до двох років - по 1-2 краплі 5% настоянки на 100мл молока або годувальної суміші; дітям від двох років та дорослим - по 3-5 крапель на стакан молока або води. Наносити на поверхню кінцівок рук настоянку йоду у вигляді сітки 1 раз на день протягом 7 діб.

5. Уточніть місце початку евакуації. Попередьте сусідів, допоможіть дітям, інвалідам та людям похилого віку. Вони підлягають евакуації в першу чергу.

6. Швидко зберіть необхідні документи, цінності, ліки, продукти, запас питної води, найпростіші засоби санітарної обробки та інші необхідні вам речі у герметичну валізу.

7. По можливості негайно залишіть зону радіоактивного забруднення.

8. Перед виходом з будинку вимкніть джерела електро-, водо- і газопостачання, візьміть підготовлені речі, одягніть протигаз (респіратор, ватно-марлеву пов'язку), верхній одяг (плащ, пальто, накидка), гумові чоботи.

9. З прибуттям на нове місце перебування, проведіть дезактивацію засобів захисту, одягу, взуття та санітарну обробку шкіри на спеціально обладнаному пункті або ж самостійно (зняти верхній одяг, ставши спиною проти вітру, витрясти його; повісити одяг на перекладину, віником або щіткою змести з нього радіоактивний пил та вимити водою; обробити відкриті ділянки шкіри водою. Для обробки шкіри можна використовувати марлю чи просто рушники.

10. Дізнайтеся у місцевих органів державної влади адреси організацій, що відповідають за надання допомоги потерпілому населенню.

Повінь, паводок

Фактори небезпеки повеней та паводків: руйнування будинків та будівель, мостів; розмив залізничних та автомобільних шляхів; аварії на інженерних мережах; знищення посівів; жертви серед населення та загибель тварин.

Внаслідок повені, паводку починається просідання будинків та землі, виникають зсуви та обвали.

Дії у випадку загрози виникнення повені, паводка:

1. Уважно слухайте інформацію про надзвичайну ситуацію та інструкції про порядок дій, не користуйтеся без потреби телефоном, щоб він був вільним для зв'язку з вами.

2. Зберігайте спокій, попередьте сусідів, надайте допомогу інвалідам, дітям та людям похилого віку.

3. Дізнайтеся у місцевих органах державної влади та місцевого самоврядування місце збору мешканців для евакуації та готуйтеся до неї.

4. Підготуйте документи, одяг, найбільш необхідні речі, запас продуктів харчування на декілька днів, медикаменти. Складіть все у валізу. Документи зберігайте у водонепроникному пакеті.

5. Від'єднайте всі споживачі електричного струму від електромережі, вимкніть газ.

6. Перенесіть більш цінні речі та продовольство на верхні поверхи або підніміть на верхні полиці.

7. Переженіть худобу на підвищену місцевість.

Пожежа

Щорічно внаслідок пожеж гине та страждає значна кількість людей. В дим та попіл перетворюються цінності на мільярди гривень.

Якщо виникла пожежа - рахунок часу йде на секунди. Не панікуйте та остерігайтеся: високої температури, задимленості та загазованості, обвалу конструкцій будинків і споруд, вибухів технологічного обладнання і приладів, падіння обгорілих дерев і провалів. Знайте, де знаходяться засоби пожежогасіння, та вмійте ними користуватися.

Заходи щодо рятування потерпілих з будинків, які горять, та під час гасіння пожежі:

1. Перед тим, як увійти в приміщення, що горить, накрийтеся мокрою ковдрою, будь-яким одягом чи щільною тканиною.
2. Відкривайте обережно двері в задимлене приміщення, щоб уникнути посилення пожежі від великого притоку свіжого повітря.
3. В сильно задимленому приміщенні рухайтесь поповзом або пригинаючись.
4. Для захисту від чадного газу необхідно дихати через зволожену тканину.
5. У першу чергу рятуйте дітей, інвалідів та старих людей.
6. Пам'ятайте, що маленькі діти від страху часто ховаються під ліжку, в шафу та забиваються у куток.
7. Виходити із осередку пожежі необхідно в той бік, звідки віє вітер.
8. Побачивши людину, на якій горить одяг, зваліть її на землю та швидко накиньте будь-яку ковдру чи покривало (бажано зволожену) і щільно притисніть до тіла, при необхідності, викличте медичну допомогу.
9. Якщо загорівся ваш одяг, падайте на землю і перевертайтеся, щоб збити полум'я, ні в якому разі не біжіть - це ще більше роздуває вогонь.
10. Під час гасіння пожежі використовуйте вогнегасники, пожежні гідранти, воду, пісок, землю, кошму та інші засоби гасіння вогню.
11. Бензин, гас, органічні масла та розчинники, що загорілися, гасіть тільки за допомогою пристосованих видів вогнегасників, засипайте піском або ґрунтом, а якщо осередок пожежі невеликий, накрийте його азбестовим чи брезентовим покривалом, зволоженою тканиною чи одягом.
12. Якщо горить електричне обладнання або проводка, вимкніть рубильник або електричні пробки, а потім починайте гасити вогонь.

4.3 Висновки до розділу

В розділі «Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях» описано екстремальні умови, пов'язані з впливом шуму та порядок дій у разі виникнення надзвичайних ситуацій

ВИСНОВКИ

В кваліфікаційній роботі розроблено модернізований іонізатор води сріблом. При цьому отримано наступні результати.

Проаналізовано особливості знезараження та дезінфекції води і встановлено, що оптимальним є застосування методу знезараження сріблом. При цьому встановлено, що оптимальним з точки зору забезпечення можливості контролю концентрації срібла у воді є застосування методу електролітичного введення срібла у воду.

Проаналізовано особливості функціонування та можливості сучасних іонізаторів води сріблом. Встановлено, що усі вони мають практично однотипну структуру та виконувати функції.

Узагальнено функціональні можливості сучасних іонізаторів води сріблом та сформовано вимоги, яким повинен задовольняти модернізований іонізатор.

Розглянуто питання математичного опису протікання процесу електролітичного розчинення іонів срібла у воді. На основі цього зроблено висновок, що використання імпульсного струму підвищеної частоти забезпечить можливість швидкої іонізації. Але при цьому необхідно враховувати температурні зміни води в процесі такої іонізації.

Ці фактори враховано при розробленні схем структурної та електричної а також компоновки друкованого монтажу конструкції іонізатора.

Також запропоновано структуру технологічного процесу виготовлення іонізатора, та обладнання, яке при цьому використовується.

Проведено розроблення алгоритму роботи мікроконтролера в режимі вимірювання температури води в процесі іонізації. Запропоновано варіант такого алгоритму та шляхи його удосконалення з метою розширення функціональних можливостей модернізованого іонізатора.

Також виконано розділ охорони праці та безпека в надзвичайних ситуаціях.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Л.А. Кульский. Серебряная вода. К.: Наукова думка, 1987. 136 с.
2. <https://star-shop.com.ua/ua/p71745417-oserebritel-ionizator-dlya.html>
3. <https://ua.bizorg.su/ionizatory-serebra-dlya-vody-r/p4436050-ionizator-serebra-dlya-vody-dr-silver-volcano>
4. <https://impulse-tm.com/ua/p774403049-ionizator-vody-serebryanyj.html>
5. <https://faqukr.ru/izha-ta-napoi/157935-sribna-voda-vlastivosti-vidguki-shkoda-i-korist.html>
6. Коваль Ю.О. Основи теорії кіл : Підручник для вищих навчальних закладів. У 2-х Ч. / Ю.О. Коваль, Л.В. Гринченко, О.І.Милютченко, О.І.Рибін. – Харків: Компанія СМІТ, 2008.
7. Гумен М.Б. Основи теорії електричних кіл : У 3 кн. Підручник / М.Б. Гумен. – К.:Вища школа, 2004.
8. <https://diasel.ru/article/elektroprovodnost-vody/>
9. <https://сhem.net/mc/mc56.php>
10. Виноградов Н.А. Справочник по устройствам цифровой обработки информации / Н.А. Виноградов, В.Н. Яковлев, В.В. Воскресенський. – К.: Техника, 1988. – 415 С.
11. Справочник по схемотехнике / В.П. Боровский, В. Й. Костенко, В.М. Михайленко, О.Н. Партала; Под ред. В.П. Боровского. – К.: Техніка, 1987. – 432 с.
12. Мальцева Л.А. Основи цифровой техники / Л.А. Мальцева, З.М, Фломберг, В.С. Ямпольский. – М.: Радио и связь, 1987. – 128 с.
13. Вибір електронних приладів і компонентів. Навчальний посібник / Под. ред, Захарова В.К. – Л.: изд. ЛПІ, 1986.
14. Основи виробництва електронної апаратури / методичні вказівки і завдання до практичних робіт. – Тернопіль: ТДТУ ім. Івана Пулюя, 1999 р – 48 с.
15. Хоровиц П. Искусство схемотехники / П. Хоровиц, У. Хилл – М: Мир, 1986. – 590 с.

ДОДАТКИ

Додаток А
Технічне завдання

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

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ
до кваліфікаційної роботи магістра на тему:

МОДЕРНІЗОВАНИЙ ІОНІЗАТОР ВОДИ СРІБЛОМ

Узгоджено:
Керівник дипломної роботи

_____ Дедів Л.Є.
“ ” _____ 2020р.

Виконавець:
студент групи РБм-61

_____ Сінгур В.О.
“ ” _____ 2020р.

Тернопіль 2020р.

1 НАЗВА РОБОТИ І ПІДСТАВА ДЛЯ ВИКОНАННЯ

1.1 Модернізований іонізатор води сріблом (далі виробу).

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

2 ВИКОНАВЕЦЬ

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

3 МЕТА РОБОТИ

3.1 Метою роботи є розроблення модернізованого іонізатора води сріблом.

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 мережі електроживлення ($220\pm 10\%$) В ($(50\pm 5\%)$ Гц);
- значення напруги на електродах іонізатора – 12 В;
- форма напруги на електродах – однопівперіодні або двопівперіодні імпульси (>25 Гц);
- можливість регулювання струму, що протікає через електроди іонізатора в діапазоні 0...300мА;
- концентрація іонів срібла в водному розчині, не більше – 10 мг/л;
- можливість контролю температури водного розчину;
- індикація режимів роботи іонізатора.

5.4 Умови експлуатації по ГОСТ 15150-82:

а) температура навколишнього середовища 0...+40⁰С;

б) відносна вологість повітря до 85% при +25⁰С;

в) атмосферний тиск 101,3±4кПа(760±30)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 номіналів елементів;
 - б) розрахунок друкованого монтажу.
- 6.6 Компоновка друкованої плати виробу.
- 6.7 Розробка конструкції виробу.

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 ⁶⁴
	<u>Конденсатори</u>					
	K50-35 ОЖ0.464.096 ТУ					
	ECJ-GVB0J106M					
C1	ECJ-63B-0,1мкФ±5%				1	
C2,C3,C7	K50-35-16B-1000мкФ±20%				3	
C4	K50-35-16B-100мкФ±20%				1	
C5,C6,C10	ECJ-63B-0,1мкФ±5%				3	
C8	K50-35-16B-220мкФ±20%				1	
C9,C11,C12	ECJ-63B-0,1мкФ±5%				3	
	<u>Мікросхеми</u>					
DA1	DS18B20				1	
DA2	Atmega8				1	
DA3	LM2940-5				1	
HG1	<u>Індикатор</u> КООНІ E30361LC8W				1	
L1	<u>Дросель</u> ЧАП.4.700.001				1	
	<u>Резистори</u>					
	RC2512FK					
R1	RC2512FK-0.125-560 Ом±5%				1	
R2,R5,R8	RC2512FK-0.125-100 Ом±5%				3	
R3	RC2512FK-0.125-330 Ом±5%				1	
R4	RC2512FK-0.125-4.7 кОм±5%				1	
R6,R7	RC2512FK-0.125-1 кОм±5%				2	
R9,R10	RC2512FK-0.125-1 кОм±5%				2	
R11,R12	RC2512FK-0.125-1 кОм±5%				2	
					ФІТ 2.893.001 ПЕЗ	
<u>Змн.</u>	<u>Арк.</u>	<u>№ докум.</u>	<u>Підпис</u>	<u>Дата</u>		
<u>Розроб.</u>	Сінгур В.О.				<u>Літ.</u>	<u>Арк.</u>
<u>Перевір.</u>	Дедів Л.Є.					<u>Аркушіє</u>
<u>Н. Контр.</u>					ФІТ гр. РБм-61	
<u>Затверд.</u>						
<u>Реценз.</u>						
					Модернізований іонізатор води сріблом Перелік елементів	

Форма	Зона.	Поз.	Найменування	Найменування	Кіл.	Примітка
				<u>Документація</u>		
A1			ФПТ 3.893.001 СК	Складальне креслення		
A2			ФПТ 2.893.001 Е3	Схема електрична		
A2			ФПТ 2.893.001 Е1	Схема структурна		
				<u>Деталі</u>		
		1	ФПТ 7.102.001	Плата друкована	1	
				<u>Інші вироби</u>		
		2		Прокладка	1	
		3		Прокладка	1	
				<u>Конденсатори</u>		
				К50-35 ОЖ0.464.096 ТУ		
				ЕСJ-GVB0J106M		
		4		ЕСJ-63В-0,1мкФ±5%	1	С1
		5		К50-35-16В-1000мкФ±20%	3	С2,С3,С7
		6		К50-35-16В-100мкФ±20%	1	С4
		7		ЕСJ-63В-0,1мкФ±5%	3	С5,С6,С10
		8		К50-35-16В-220мкФ±20%	1	С8
		9		ЕСJ-63В-0,1мкФ±5%	3	С9,С11,С12
				<u>Мікросхеми</u>		
		10		DS18B20	1	DA1
		11		Atmega8	1	DA2
				ФПТ 3.893.001		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		
Розроб.		Сінгур В.О.			Модернізований іонізатор води сріблом	ФПТ, гр. РБм-61
Перевір.		Дедів Л.Є.				
Н. Контр.						
Затверд.						
Рецензент						
					Друкований вузол	

Форма	Зона.	Поз.	Позначення	Назва	Кіл.	Примітка	
		12		LM2940-5	1	DA3	
		13		<u>Індикатор</u> КООНІ	1	HG1	
				Резистори			
				RC2512FK			
		14		RC2512FK-0.125-560	1	R1	
		15		RC2512FK-0.125-100	3	R2,R5,R8	
		16		RC2512FK-0.125-330	1	R3	
		17		RC2512FK-0.125-4.7	1	R4	
		18		RC2512FK-0.125-1	2	R6,R7	
		19		RC2512FK-0.125-1	2	R9,R10	
		20		RC2512FK-0.125-1	2	R11,R12	
		21		RC2512FK-0.125-100	2	R13,R20	
		22		RC2512FK-0.125-10	2	R14,R21	
		23		RC2512FK-0.125-1	2	R15,R16	
		24		RC2512FK-0.125-3	2	R17,R18	
		25		RC2512FK-0.125-1,5	2	R19,R22	
		26		RC2512FK-0.125-1	2	R23,R24	
		27		RC2512FK-0.125-100	1	R25	
		28		RC2512FK-0.125-10	1	R26	
		29		RC2512FK-1-0,33 Ом±5%	2	R27,R28	
				<u>Трансформатор</u>			
		30		ТП 112-19	1	T1	
		31		<u>Дросель</u>	1	L1	
				<u>Діоди</u>			
		32		КД104 ДР3.680.422 ТУ	2	VD1,VD2	
		33		BZT52C4V3	2	VD3,VD4	
				ФПТ 3.893.001			Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат			

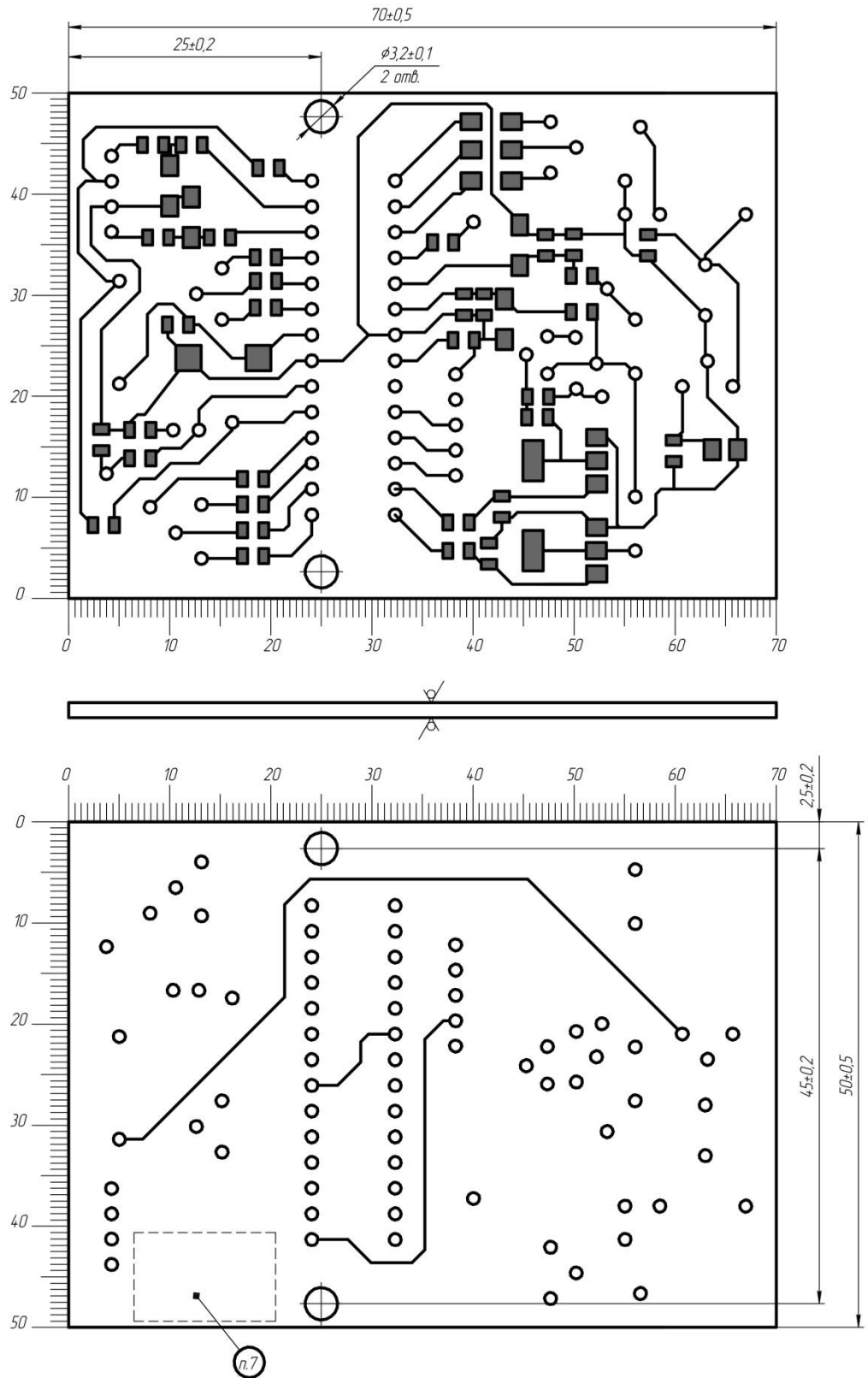


Рис. 1.Г. Топологія друкованої плати

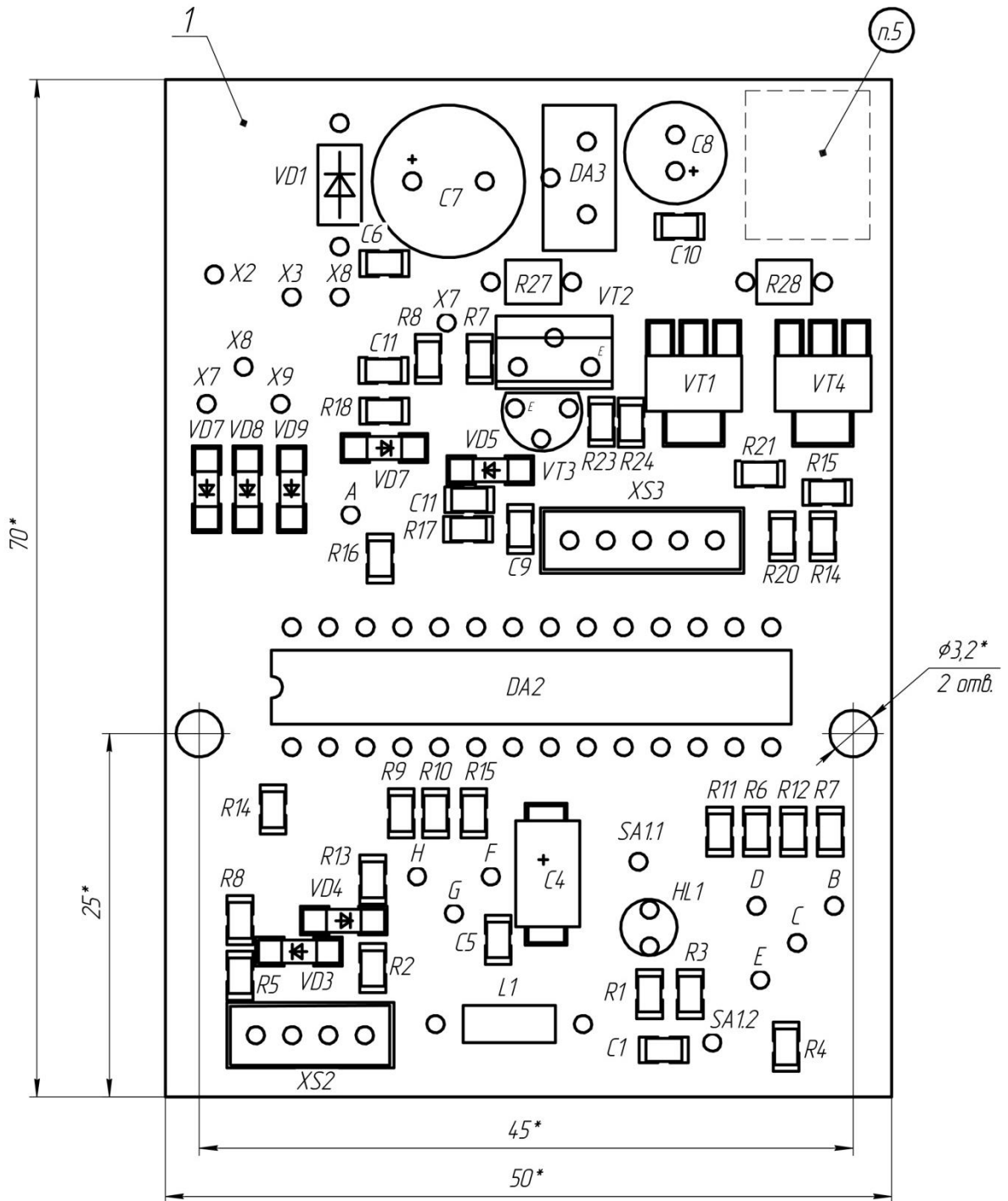


Рис. 2.Г. Компоновка друкованого вузла

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. Dediv, 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). *Анали Мечниковського Інституту*, № 1, 2006. С. 1–11.