

# КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

бакалавр

(назва освітнього ступеня)

на тему: Портативний дозиметр радіаційного випромінювання

Виконав(ла): студент(ка) 4 курсу, групи РАС-41  
спеціальності 172 Телекомунікації та радіотехніка

(шифр і назва спеціальності)

	<u>Курило А.О.</u> (прізвище та ініціали)
Керівник	<u>Дедів І.Ю.</u> (прізвище та ініціали)
Нормоконтроль	<u>Марценюк А.С.</u> (прізвище та ініціали)
Завідувач кафедри	<u>Дунець В.Л.</u> (прізвище та ініціали)
Рецензент	<u>Дозорський В.Г.</u> (прізвище та ініціали)

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

Факультет прикладних інформаційних технологій та електроінженерії  
(повна назва факультету)

Кафедра радіотехнічних систем  
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Дунець В.Л.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

«31» травня 2021 р.

**ЗАВДАННЯ  
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ**

на здобуття освітнього ступеня бакалавр  
(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 172 Телекомунікації та радіотехніка  
(шифр і назва спеціальності)

студенту Курилу Антону Олеговичу  
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Портативний дозиметр радіаційного випромінювання

Керівник роботи Дедів Ірина Юріївна, к.т.н., доц.  
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від « 31 » 05 2021 року № 4/7-435

2. Термін подання студентом завершеної роботи 21.06.2021 р.

3. Вихідні дані до роботи Діапазон гамма-випромінювання 1 - 999 мкЗв/год; Час вимірювання 23 с; Діапазон робочих температур -20. ..+60°C; Час виходу в робочий режим 40 с; Напруга живлення, 3,6 В; Максимально споживаний струм 100 мА.

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

1. Аналіз технічного завдання

2. Аналіз принципу роботи дозиметрів радіаційного випромінювання

3. Аналіз схемо-технічних варіантів розробки дозиметра

4. Розробка структурної та функціональної схеми дозиметра

5. Синтез та розрахунки схеми електричної принципової

6. Вибір елементної бази

7. Розробка компоновки друкованої плати дозиметра

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

1. Структурна схема;

2. Схема електрична принципова;

3. Друкована плата;

4. Друкований вузол.



## АНОТАЦІЯ

Тема кваліфікаційної роботи: «Портативний дозиметр радіаційного випромінювання». Кваліфікаційна робота бакалавра // Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, факультет прикладних інформаційних технологій та електроінженерії, група РАС-41. // Тернопіль, 2021р. // с.-57, рис.-15, табл.-2, бібліог.-11, додат.-3.

Ключові слова: ДОЗИМЕТР, РАДІАЦІЯ, ЛІЧИЛЬНИК ГЕЙГЕРА.

Роботу присвячено розробці портативного дозиметра радіаційного випромінювання. Проаналізовано завдання на роботу та принцип роботи дозиметрів. На основі цього розроблено структурну та функціональну схеми дозиметра, основним елементом якого є мікроконтролер. Проаналізовано варіанти схемного виконання дозиметрів різних типів та розроблено варіант конструкції. Проведено розрахунки елементів схеми електричної принципової та вибрано елементну базу, яка включає навісні та без корпусні елементи. На основі цього розроблено топологію друкованої плати та друкованого вузла. Основні технічні параметри, яким задовольняє дозиметр: діапазон гамма-випромінювання, мкЗв/год 1 – 999; час вимірювання, с 23; діапазон робочих температур, °С -20. ..+60; час виходу в робочий режим, с 40; напруга живлення, В 3,6; максимально споживаний струм, мА 100.

## SUMMARY

Theme of qualification work: "Portable radiation dosimeter". Bachelor's qualification work // Ternopil National Technical University named after Ivan Pulyuy, Faculty of Applied Information Technologies and Electrical Engineering, RA-41 group. // Ternopil, 2021 // p.-57, fig.-15, table-2, bibliog.-11, appendix-3.

Key words: DOSIMETER, RADIATION, GEIGER COUNTER.

The work is devoted to the development of a portable radiation dosimeter. Tasks for work and the principle of work of dosimeters are analyzed. Based on this, a structural and functional scheme of the dosimeter is developed, the main element of which is a microcontroller. Variants of circuit execution of dosimeters of different types are analyzed and a variant of design is developed. Calculations of elements of the electric basic scheme are carried out and the element base which includes hinged and without case elements is chosen. Based on this, the topology of the printed circuit board and the printed circuit board is developed. The main technical parameters satisfied by the dosimeter: gamma radiation range,  $\mu\text{Sv} / \text{h}$  1 - 999; measurement time, p 23; operating temperature range,  $^{\circ}\text{C}$  -20. .. + 60; time of exit to a working mode, with 40; supply voltage, B 3.6; maximum current consumption, mA 100.

## Зміст

Вступ.....	7
1 Основна частина.....	9
1.1 Аналіз технічного завдання.....	9
1.2 Аналіз принципу роботи дозиметрів радіаційного випромінювання.....	9
1.3 Аналіз схемо-технічних варіантів розробки дозиметра.....	11
1.4 Розробка структурної та функціональної схеми дозиметра.....	20
1.5 Синтез та розрахунки схеми електричної принципової.....	23
1.6 Вибір елементної бази.....	34
1.7 Розробка компоновки друкованої плати дозиметра.....	39
2 Безпека життєдіяльності, основи охорони праці.....	47
2.1 Особливості електротравматизму, електричний струм, як чинник небезпеки при виробництві портативного дозиметра радіоактивного випромінювання.....	47
2.2 Вимоги пожежної безпеки при гасінні електроустановок для виготовлення портативного дозиметра радіоактивного випромінювання.....	50
2.3 Здійснення заходів щодо зниження дії радіоактивних випромінювань.....	52
Висновки.....	56
Список використаних джерел.....	57
Додатки	

					КАО 2.087.001 ПЗ						
<i>Зм</i>	<i>Арк</i>	<i>№ докум</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дат</i>	Зміст			<i>Літ</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушів</i>	
<i>Розроб.</i>		Курило А.О.								6	57
<i>Перев.</i>		Дедів І.Ю.									
<i>Н.конт</i>					ТНТУ, ФПТ, РАс-41						
<i>Зав.каф</i>											

## Вступ

*Актуальність роботи.* На об'єктах атомної енергетики, медичних закладах та інших закладах застосовуються різні види радіаційного контролю. На всіх підприємствах, робота яких пов'язана з використанням радіоактивних матеріалів, проводиться контроль відповідно до діючих стандартів радіаційної безпеки.

Відомо, що іонізуюче випромінювання є особливо небезпечним та пошкоджує живі тканини по-різному, що залежить від дози опромінення, ступеня та типу зовнішнього впливу, площі людського тіла, що зазнає опромінення. Симптоми можуть бути місцевими (наприклад, опіки) або системними (наприклад, гостра променева хвороба).

Джерелами іонізуючого випромінювання є радіоактивні елементи та спеціальне обладнання, а також часто неправильно утилізоване обладнання чи відходи підприємств, що несе загрозу працівникам цих підприємств. До випромінювань належать електромагнітні хвилі високої енергії, зокрема рентгенівські та гама-промені, а також альфа- бета-частинки, потоки нейтронів.

Гама- та рентген випромінювання є високоенергетичним електромагнітним випромінюванням в ультракороткому діапазоні довжин хвиль, яке може проникати на багато сантиметрів у тканини. У той час як одні фотони віддають всю свою енергію тілу жертви, інші фотони з такою ж енергією можуть відмовлятися лише від частини енергії, а інша частина може повністю проходити через тіло без взаємодії.

Гама- та рентгенівське випромінювання можуть спричинити пошкодження на відстані від джерела та є частою причиною гострих променевих синдромів. Гострий радіаційний синдром може бути викликаний

					КАО 2.087.001 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дат		7

відповідною дозою деяких внутрішніх осаджених радіонуклідів, які широко поширені в тканинах і органах і мають високу питому активність.

На сучасному підприємстві процес радіаційного контролю включає численні вимірювальні прилади, за допомогою яких контролюються різні параметри: від окремих доз до загальної ситуації на ділянці або на відстані 10 км від ділянки. Також для забезпечення безпеки повинен бути виділений персонал необхідного розміру з достатньою кваліфікацією. Усі види діяльності мають досить жорстко визначену методологію, якої необхідно неухильно дотримуватися.

В роботі проводиться розробка портативного дозиметра радіаційного випромінювання, який якраз і може бути використаний на підприємствах з виробництва радіоелектронної апаратури чи на підприємствах, в роботі яких використовуються джерела іонізаційного випромінювання.

*Практичне значення отриманих результатів.* Отримані результати можуть бути використані при проектуванні портативних компактних дозиметрів з низькою собівартістю для щоденного використання на промислових підприємствах.

					КАО 2.087.001 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дат		8



## 1. Основна частина

### 1.1 Аналіз технічного завдання

В основі роботи пристрою повинен лежати апаратно-програмний спосіб вимірювання радіації. Дозиметр повинен бути виконаний на мікроконтролері і мати можливість запису даних вимірювання в пам'яті, відображення на екрані значень поточного та попереднього виміру, присутність різних типів індикації.

Технічні вимоги, що ставляться до дозиметра:

1. Діапазон гамма-випромінювання, мкЗв/год 1 - 999;
2. Час вимірювання, с 23;
3. Діапазон робочих температур, °С -20. ..+60;
4. Час виходу в робочий режим, с 40;
5. Напруга живлення, В 3,6;
6. Максимально споживаний струм, мА 100;
7. Нормальними погодними умовами навколишнього середовища для дозиметра є:
  - 7.1 Атмосферний тиск, мм.рт.ст 750;
  - 7.2 Відносна вологість повітря, %  $75\pm 5$ ;
  - 7.3 Вологостійкість, % (при 35°C) 98.
8. Оскільки розроблюваний прилад є переносною апаратурою, то до його конструкції висуваються високі вимоги по вібро- та ударостійкості.

### 1.2 Аналіз принципу роботи дозиметрів радіаційного випромінювання

В основі роботи дозиметра лежить використання лічильника Гейгера. Іонізаційна камера лічильника являє собою циліндричну трубу. Катодом є

					КАО 2.087.001 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дат		9

металізовані стінки а анодом – натягнутий по центру металевий провідник. Всередині міститься інертний газ.

Між анодом та катодом прикладається певна напруга, значення якої недостатньо, щоб між електродами протікав струм. Коли ж в середину камери потрапляє заряджена частинка, вона запускає процес ударної іонізації та виникнення короткого імпульсу струму між анодом та катодом.

Значення напруги на електродах кожної конкретної камери залежить від типу конструкції камери, та особливостей газу, який заповнює камеру, обумовлюється конструкцією, типом наповненого газу а також його тиском. На цьому значенні напруги камера має максимальну чутливість до дії іонізованих частинок.

При роботі камери струм насичення  $I_n$  залежить від інтенсивності випромінювання  $I$ . За одиницю часу в кожній одиниці обсягу газу утворюється  $N = BE / \varepsilon$  іонних пар. Тут під  $E$  розуміють енергію елементів випромінювання,  $B$  – та частина енергії випромінювання, що поглинається газом,  $\varepsilon$  енергія формування йонної пари. Оскільки об'єм окремої камери є постійним, тому струм насичення буде пропорційним до інтенсивності випромінювання  $I$ . Ця залежність лежить в основі вимірювання іонізуючих випромінювань. Вона виражається виразом (1.1).

$$I_n = aI \quad (1.1)$$

При проходженні рентгенівського випромінювання через обкладки конденсатора, що є еквівалентом камери лічильника гейгера, енергія, накопичена в ньому, зменшується пропорційно струму насичення. Це можна описати виразом (1.2).

$$\frac{CU^2}{2} = \frac{q^2}{2C} = \frac{1}{2C} \int i^2 dt \quad (1.2)$$

					КАО 2.087.001 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дат		10

Відповідно, залежність напруги на конденсаторові від струму втрат визначається виразом (1.3).

$$U = \frac{1}{C} \int i_n dt \quad (1.3)$$

Функція блока полягає в формуванні сигналу початку та кінця вимірювання, який являтиме собою функцію стану. Вона описується виразом (1.4).

$$U_{ст} = \begin{cases} 1 & U_{сигн} \geq U_{оп} \\ 0 & U_{сигн} < U_{оп} \end{cases} \quad (1.4)$$

Значення опорної напруги  $U_{оп}$  задається блоком керування та визначає дозу опромінення. Напруга  $U_{сигн}$  знімається з обкладок конденсатора іонізаційної камери лічильника.

### 1.3 Аналіз схемо-технічних варіантів розробки дозиметра

Існує велика кількість схем портативних дозиметрів, проаналізуємо їхні можливості.

На рис. 1.1 наведена схема індикатора, який призначений для сигналізації про радіоактивність. Тут працює лічильник СБМ-20.

					КАО 2.087.001 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дат		11

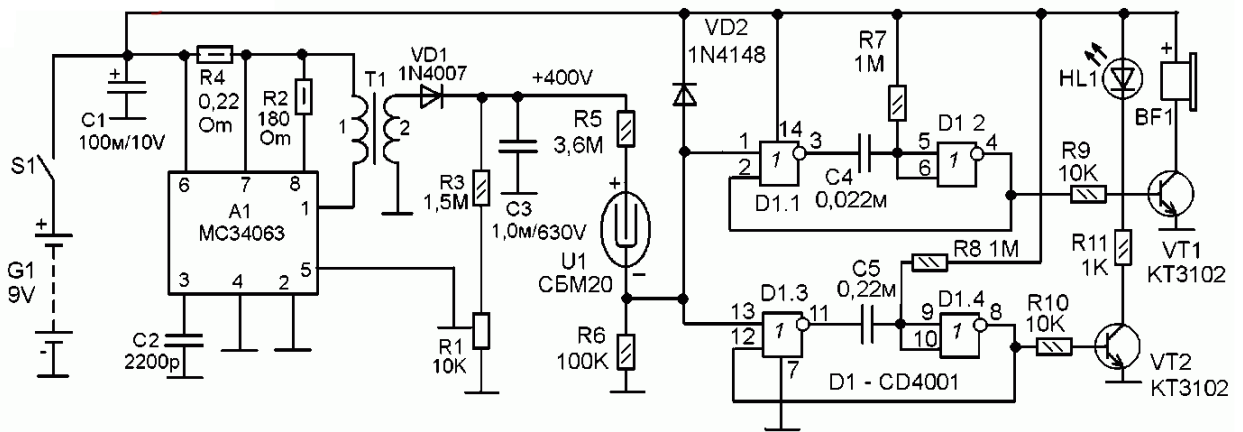


Рисунок 1.1 – Принципова схема індикаторно-сигнального пристрою радіоактивності

За його паспортними даними, виявляється, що при звичайному природному випромінюванні не повинно бути більше 15-20 скрипів - спалахів на хвилину. Якщо пристрій частіше видає звукові сигнали та блимає, коли наближається до певного місця чи предмета, це свідчить про забруднення цього місця чи предмета.

Перехід на постійний писк свідчить про значне перевищення.

Для роботи лічильника Гейгера на його виводи через постійний резистор, що обмежує струм, повинна подаватися постійна напруга 400 В.

Зазвичай в ланцюгах дозиметрів та індикаторів радіоактивності для живлення лічильників Гейгера використовують джерела на основі генератора блокування з одним транзистором. Звичайно, така схема проста, але вона має і недоліки - майже повну відсутність стабілізації вихідної напруги, яка подається на анод лічильника Гейгера.

Але чутливість лічильника Гейгера безпосередньо залежить від напруги між його електродами. Крім того, виникають труднощі з встановленням схеми джерела високої напруги, оскільки вихідна напруга ніяк не регулюється, і якщо її значення не відповідає необхідному, доведеться перемотати вторинну обмотку імпульсного трансформатора.

Тому тут джерело живлення для лічильника Гейгера виконано на перетворювачі напруги постійного / постійного струму з широтно-імпульсною модуляцією, який регулює вихідну напругу та підтримує її стабільність, на мікросхемі МС34063 з виходом трансформатора майже за типовою схемою її включення.

Стабілізація напруги здійснюється шляхом подачі зниженої напруги резистивним ділянком від виходу до входу компаратора мікросхеми (до виводу 5).

І величина вихідної напруги залежить від співвідношення плечей цього діляника напруги. Тут діляник утворений резисторами R3 і R1. А вихідна напруга 400В встановлюється R1.

Напруга 400 В подається на лічильник Гейгера U1 через обмежувач струму резистор R5. Цей резистор необхідний, оскільки в режимі очікування опір лічильника Гейгера прагне до нескінченності. Але коли крізь неї проходить заряджена частинка, відбувається її короткий пробій, під час якого її опір низький.

Лічильник Гейгера U1 навантажений резистором R6. У режимі очікування напруга на ньому є низькою, фактично, на логічному нульовому рівні. Але коли заряджена частинка проходить через U1, напруга різко зростає, і величина її зростання обмежується лише діодом VD2, який не дозволяє зростати вище напруги живлення, плюс пряме падіння на цьому діоді.

Імпульси лічильника Гейгера дуже короткі. Для того, щоб інформація краще сприймалася органами чуття людини, необхідно збільшити тривалість імпульсу, збільшити його до певного оптимального розміру. Це робиться тут мікросхемою D1 типу CD4001, на якій виготовлені два одинівбратори.

На рис. 1.2 наведено інший тип дозиметра. За допомогою цього пристрою можна виявити радіоактивні речовини, джерела випромінювання та так званий природний фон.

					КАО 2.087.001 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дат		13



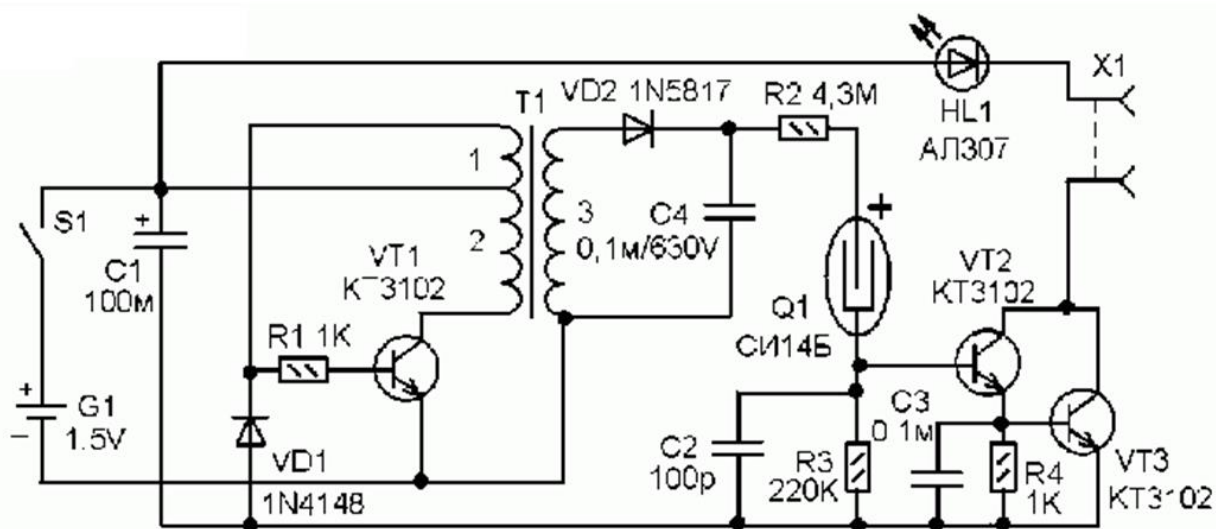


Рисунок 1.3 – Принципова схема індикатора радіоактивності

Індикатор живиться від одного гальванічного елемента 1,5 В. Датчик - лічильник Гейгера СИ14Б, це лічильник у скляній колбі.

Для того, щоб лічильник Гейгера запрацював, необхідно подати на нього відносно високу напругу 400 ... 450В. Для збільшення напруги тут використовується генератор блокування на транзисторі VT1 і трансформаторі T1. На додаток до функції джерела напруги 400-450 В, в цій схемі він також служить для збільшення напруги живлення вихідного каскаду на транзисторах VT2 і VT3.

Характер струму в первинній обмотці імпульсний, і напруга накачується по індуктивності, а амплітуда імпульсів у первинній обмотці значно перевищує напругу джерела живлення.

Коли іонізуюча частинка проходить через лічильник Гейгера, в ній виникає електропровідність. На резисторі R3 буде імпульс напруги. Він перейде до підсилювача на транзисторах VT2 і VT3, у навушниках, підключених до роз'єму X1, лунає клацання, а світлодіод HL1 блиматиме.

Розглянемо ще один варіант дозиметра на мікроконтролерові. Найчастіше у саморобних та багатьох заводських дозиметрах випромінювання імпульси спочатку відлічуються від лічильника приблизно за 30 секунд, а

потім проводиться індикація протягом декількох секунд. Для відображення результатів наступного вимірювання потрібно знову почекати закінчення підрахунку, принаймні півхвилини.

За тією ж схемою кількість імпульсів, отриманих від лічильника за кожну частину з останніх 30 секунд, запам'ятовується, тому покази оновлюються щосекунди. Кількість імпульсів, отриманих в останню секунду, замінює відповідне значення у списку 30 секунд тому.

Потім підсумовуються всі 30 збережених значень і отримується кількість імпульсів N за останні 30 секунд, що оновлюється щосекунди.

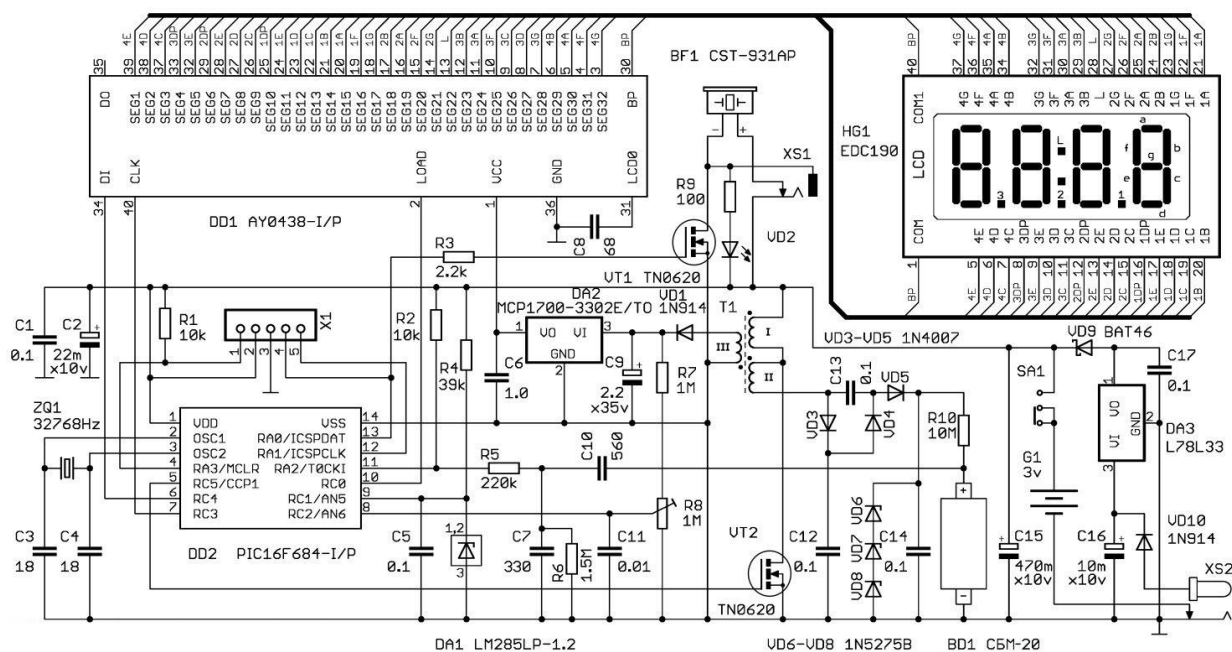


Рисунок 1.4 – Схема дозиметра

Прилад призначений для вимірювання іонізуючого випромінювання, спричиненого бета-та гамма-променями, і має такі параметри:

Діапазон вимірюваних доз: 0 - 250 мілірентген / годину

Напруга живлення: 2 - 3,3 В, дві батареї типу АА

Середнє споживання струму: 0,5 мА з відключеною звуковою індикацією

Час досягнення робочого режиму: 30 секунд



Період оновлення читання: 1 секунда

Пристрій складається з наступних функціональних блоків: високовольтного генератора для живлення газорозрядного лічильника, формувача лічильника імпульсів, блоку управління рідкокристалічним дисплеєм, блоку звукової індикації та стабілізаторів напруги для живлення різних ланцюгів пристрою.

Синхронне управління всіма блоками забезпечується мікроконтролером DD2. Висока напруга генерується перетворювачем на транзисторі VT2 і трансформатором T1. Затвор VT2 приймає імпульси з частотою 244 Гц і робочим циклом приблизно 4-15% від мікроконтролера DD2. У момент імпульсу транзистор відкритий і магнітна енергія накопичується в магнітному контурі T1.

Коли транзистор закритий, в обмотці I трансформатора утворюється ЕРС самоіндукції, що призводить до короткого імпульсу позитивної полярності з амплітудою близько 60 В на стоці VT2. Ця напруга збільшується обмоткою II і подається на потроювач напруги на діодах VD3-VD5 і конденсаторах C12-C14.

Застосування потроювача напруги зменшує вимоги до трансформатора та спрощує його конструкцію

Через підтягуючий резистор R10 до лічильника BD1 Гейгера подається висока напруга близько 400 В. При цій напрузі лічильник працює в середині плато свого робочого діапазону.

Стабілітрони VD6-VD8 обмежують напругу на виході триплера до 430 В і захищають конденсатори C11-C13 з номінальною робочою напругою 630 В від пробую. Такий захист необхідний під час процесу регулювання або коли дозиметр різко віддалений від джерела випромінювання.

Без стабілітронів напруга на конденсаторах може перевищувати 800-900 В і призводити до їх пробую. Середнє споживання струму в ланцюзі T1-VT2 не перевищує 0,3 мА при опорі навантаження 40 МОм і вище.

					КАО 2.087.001 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дат		17

Стабілізація вихідної напруги перетворювача забезпечується широтно-імпульсною модуляцією, що генерується мікроконтролером. Стабілізація необхідна для підтримання режиму роботи лічильника Гейгера при реєстрації значних доз випромінювання та для компенсації падіння напруги акумулятора під час розряду. Відстеження величини вихідної напруги здійснюється за допомогою обмотки зворотного зв'язку III.

Напруга на цій обмотці випрямляється діодом VD1 і фільтрується конденсатором C9. Ємність C9 в поєднанні з опором резисторів R7-R8 вибирається з умов його швидкого підзарядження при контролі вихідної напруги. Напруга приблизно 5 В від C9 подається через дільник R6-R7 на вхід аналого-цифрового перетворювача, вбудованого в мікроконтролер DD2.

Конденсатор C11 згладжує різкі піки сигналу зворотного зв'язку. Напруга, що подається від обмотки III, порівнюється мікроконтролером з опорною напругою 1,235 В, що генерується джерелом опорної напруги на DA1.

Ця мікросхема працює при стабілізаційному струмі 10 мкА, що дає змогу збільшити значення баластного резистора R4 і значно зменшити струм, споживаний цією ланцюгом, у порівнянні зі звичайними стабілітронами.

При реєстрації частинок на лічильнику Гейгера формується імпульс негативної полярності з амплітудою близько 100 В, який подається на вхід таймера TMR0 мікроконтролера через дільник і утворює ланцюг на резисторах R2, R5, R6 і конденсатори C7, C10. Кількість імпульсів, отриманих в останню секунду, зберігається в буфері мікроконтролера.

Буфер зберігає результати останніх 30 вимірювань, які обробляються мікроконтролером щосекунди за спеціальним алгоритмом перед їх відображенням. При використанні старих або тривало працюючих газорозрядних лічильників, з надходженням кожної частинки, замість одного імпульсу, вони можуть виробляти серію 5-50 коротких імпульсів. Ланцюг C7-R8 відфільтровує всі імпульси із серії, крім першого.

					КАО 2.087.001 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дат		18

Ємність  $C7$  слід вибрати таким чином, щоб висока напруга на лічильнику  $VD1$  якнайшвидше відновлювалося при фільтруванні імпульсної послідовності. Надмірне збільшення ємності  $C7$  призведе до зменшення швидкості всього пристрою і, як наслідок, верхньої межі вимірювання. При вказаній ємності  $C7$  час відновлення відповідає часу неактивності SBM-20.

РК-дисплеєм управляється в статичному режимі за допомогою мікросхеми  $DD1$ , підключеної до мікроконтролера  $DD2$  через послідовний інтерфейс SPI. Конденсатор  $C8$  визначає частоту оновлення РК-дисплея, яка для зазначеної ємності становить приблизно 80 Гц. Це повністю виключає мерехтіння дисплея. Для живлення РК-дисплея та  $DD1$  необхідна напруга 3.3 В, який витягується з обмотки зворотного зв'язку  $T1$  і стабілізується мікросхемою  $DA2$ . Таким чином, напруга 3,3 В на виході  $DA2$  не залежить від напруги акумулятора, що гарантує постійний контраст РК-дисплея.

Загальний струм, споживаний РК-дисплеєм та  $DD1$ , не перевищує 8 мкА, і використання мікропотужного стабілізатора типу MCP1700 є достатнім. Справа в тому, що власне споживання струму звичайних стабілізаторів, таких як L78L33, становить близько 5 мА навіть без навантаження. Покращені регулятори типу LDO зазвичай споживають близько 0,5 мА.

Коли доза випромінювання перевищує 100 мкР / год, пристрій починає видавати короткий звуковий сигнал щосекунди тривалістю 50 мс і частотою близько 2480 Гц.

Відповідні імпульси надходять від мікроконтролера до затвора  $VT1$ , а через нього до п'єзоелектричного випромінювача  $BF1$  або до телефонної капсули, підключеної через роз'єм  $XS1$ . У момент закриття  $VT1$  на його стоці формуються дуже короткі імпульси ЕРС самоіндукції емітера з амплітудою близько 50 В.

Ці імпульси використовуються для індикації світлодіода  $VD2$  на наявність випромінювання, що перевищує згаданий пороговий рівень, який

					КАО 2.087.001 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дат		19

можна встановити програмним забезпеченням. Резистор R9 обмежує імпульсний струм через світлодіод до 100 мА, що безпечно для більшості світлодіодів.

Таким чином, батареї для світлової індикації не витрачають додаткової енергії. У той же час R9 і VD2 обмежують піки напруги на стоці VT1 при 15 В.

Пристрій живиться від двох батарей АА або від зовнішнього випрямляча з вихідною напругою 5-15 В при струмі не менше 10 мА. Коли випрямляч підключений до роз'єму XS2, акумулятор автоматично від'єднується контактами роз'єму. Напруга випрямляча стабілізується мікросхемою DA3.

Діод VD9 усуває вплив DA3 на акумулятор і зменшує напругу живлення до 3 В, тобто до номінальної напруги батарей. Використання діода Шоттки продиктоване невеликим перепадом напруги на ньому. Діод VD10 захищає пристрій від помилкового підключення неправильної полярності зовнішнього випрямляча.

З'єднувач X1 використовується для програмування мікроконтролера на платі через інтерфейс ICSP.

#### 1.4 Розробка структурної та функціональної схеми дозиметра

На основі проведеного аналізу прийнято рішення про використання в основі дозиметра мікроконтролера для проведення підрахунків кількості спрацювань лічильника за визначений проміжок часу та переведення в еквівалентну дозу опромінення.

Основою приладу є електронно-обчислювальний блок, за допомогою якого здійснюється керування іншими складовими приладу, а саме: вимірювальним блоком, блоком заряду, ключем формувача звуку та блоком зв'язку з ЕОМ.

					КАО 2.087.001 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дат		20

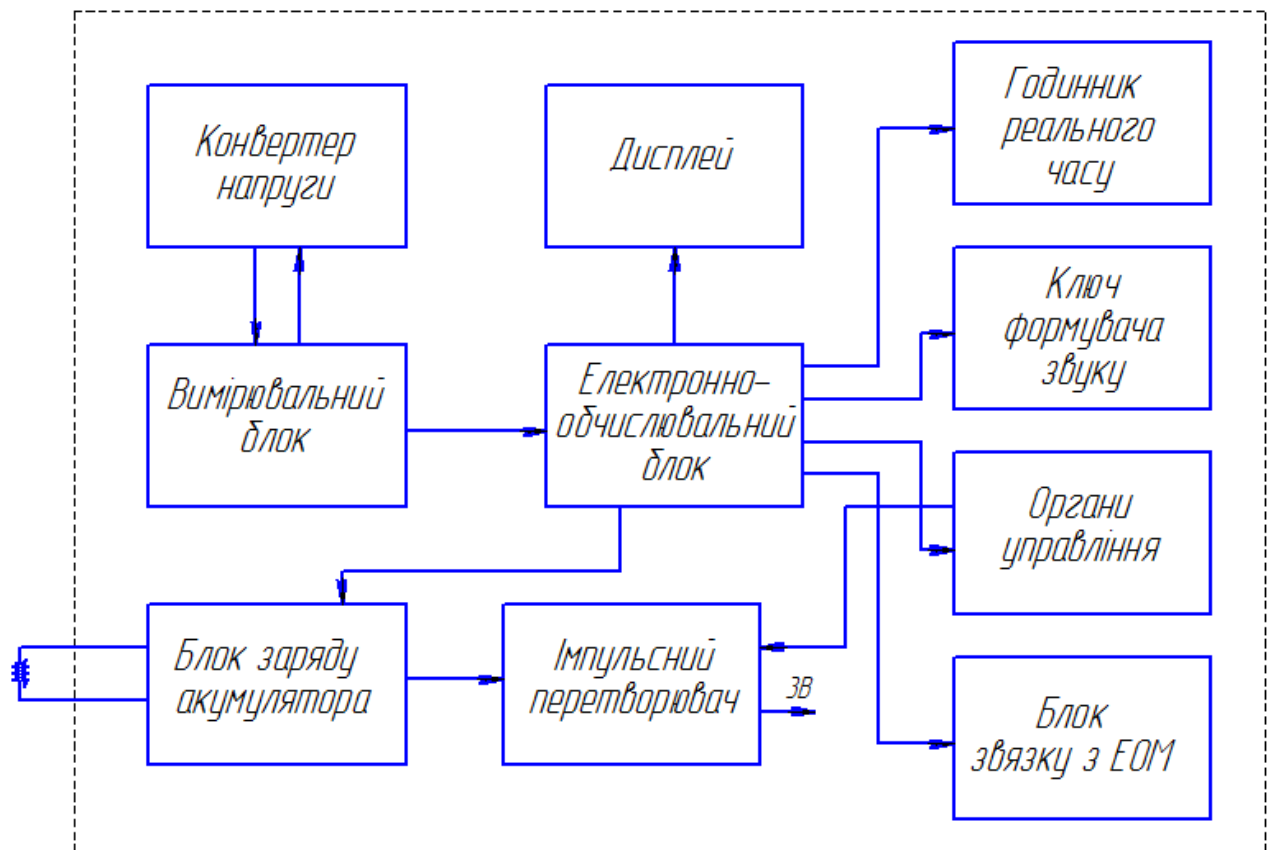


Рисунок 1.5 – Структурна схема дозиметра

Дозиметр відноситься до класу вимірюючих приладів, тому основною його задачею є перетворення іонізуючого випромінювання в електричний сигнал, зручний для обробки і вимірювання. Це здійснюється завдяки детектору випромінювання та схемі вимірювання. Іонізуюче випромінювання представляє собою потік заряджених часток, які випускають всі радіоактивні препарати. По кількості часток в довкіллі за період часу можна підрахувати дозу радіації, поглинену навколишніми предметами. Проникаючи в детектор, частки викликають електричний струм, який тим більше, чим більше часток проникає в детектор. Електронно-обчислювальний блок дозиметра обробляє отримані характеристики струму детектора і перетворить їх у візуальний вигляд, що відображується на табло приладу.

Основою пристрою є мікроконтролер. Для роботи вимірювального блоку необхідна висока напруга. Для її формування використовується

конвертер напруги. Перетворювач живиться від акумуляторної батареї і споживає від неї досить великий струм. На виході перетворювач видає високу напругу, якою заряджає конденсатор С42. Зазвичай вихідна напруга перетворювача - 1000В.

Основним завданням вимірювального блоку є генерування імпульсів при підвищенні рівня радіації в зоні приладу. При чому кількість даних імпульсів повинна прямо-пропорційно залежати від перевищення рівня випромінювання від заданого порогового значення.

На основі структурної схеми складаємо схему функціональну, яка зображена на рис. 1.6.

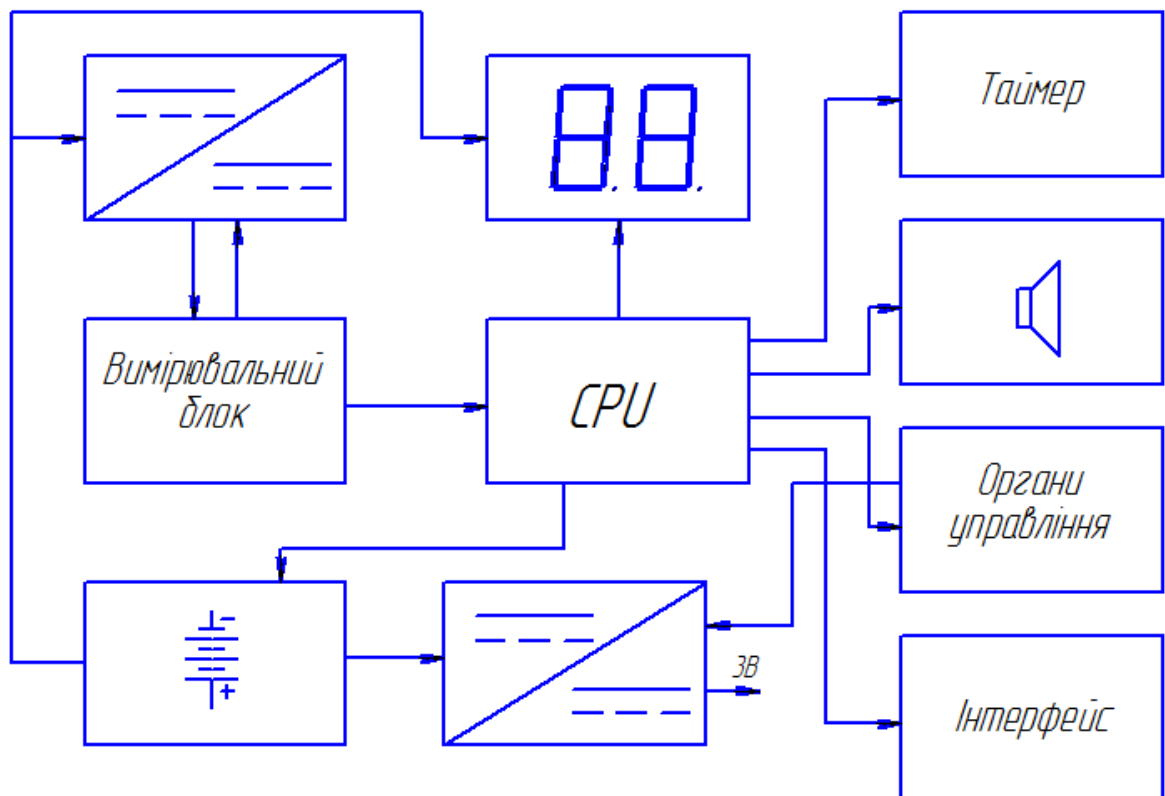


Рисунок 1.6 – Функціональна схема дозиметра

Відповідно до функціональної схеми дозиметр включає в себе центральний процесорний пристрій (CPU) який керує роботою

вимірювального блоку та формує сигнали звукової сигналізації та цифрової індикації. Додатково в дозиметрі реалізовано інтерфейс для зв'язку його з комп'ютером для передачі даних на нього та наступного їх опрацювання. З органів керування задається режим вимірювання дозиметра.

### 1.5 Синтез та розрахунки схеми електричної принципової

В основі вимірювальної частини приладу знаходиться лічильник Гейгера.

Живлення всього пристрою здійснюється від літієвого акумулятора. Функції зарядки акумулятора, а також загальне керування живлення системи покладені на мікросхему DD1.

За наявності напруги на вході USB (лінія 20 DD1), що перевищує напругу повністю зарядженої батареї, починається процес заряду батареї, підключеної до площадок 1 і 2 плати. Процес заряду (його стадії) контролюється по значенню на виводах Stat1 і Stat2. Керуючи виводом Izeі можна задавати струм зарядки: 100 мА (якщо на виводі лог. 0) або 500 мА (якщо лог. 1). До роз'єму X3 підключається терморезистор, який використовується для контролю температури батареї і відключенню в разі аварії. Мікросхема DD1 відключає заряд акумулятора при досягненні на ньому напруги 4,2В, а також в разі перегріву батареї або по таймеру. За конфігурацію режимів роботи мікросхеми відповідають резистори R4, R6 та K9. В процесі заряду на виході мікросхеми (група виводів OUT) присутня напруга з входу USB, яка використовується для живлення системи, в останніх випадках на цих виводах є напруга акумуляторної батареї, таким чином мікросхема здійснює комутацію джерела живлення системи залежно від доступності джерел напруги, що є на даний момент. Місцевий акумулятор при початковому струмі заряду 500мА заряджається приблизно дві години.

					КАО 2.087.001 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дат		23

Як основне джерело живлення системи при роботі від акумулятора виступає простий імпульсний перетворювач DD8 із стабілізованою вихідною напругою 3В. Мікросхема вміє працювати як в знижувальному, так і в підвищувальному режимах, таким чином стабільна напруга на її виході зберігається в досить широкому діапазоні вхідних. Включення джерела здійснюється подачею лог.1 на вхід Vin через діод VD4 або від мікроконтролера по колу зворотного зв'язку, або (первинно) від кнопки по колу BM2.

За отримання високої напруги для живлення лічильників відповідає вузол на елементах DA3, TV11, R27, R32, VD7-VD9, C34, C35. До складу DA3 входить два польових транзистори, які комутують первинну обмотку високовольтного трансформатора TV1. Зі сторони вторинної обмотки трансформатора знаходиться випрямляючий діод VD9 та накопичувальні конденсатори C39, C42. Перетворювач дозволяє отримувати напругу до 450В на навантаженні 5M0м. Керування перетворювачем здійснюється по колу HV\_P.

До складу вимірювальної схеми входить два лічильники Гейгера, компаратор DA2, джерело опорної напруги DA1, та набір тригерів DD3.

В результаті пробою лічильника на резисторах R7, R8 з'являється імпульс напруги. Величина резисторів підібрана так, щоб амплітуда цього імпульсу не перевищувала 3В. Імпульси надходять одночасно на вхід ХО одного з тригерів DD3 і на інвертуючий вхід компаратора DA2. Тригер включений в режимі рахунку, тому з кожним новим імпульсом відбувається інвертування логічного сигналу на виході тригера в колі CNT0.

Очевидно, що амплітуда імпульсу залежить від напруги на лічильниках в момент пробою. Лічильники мають на своїй характеристиці так зване плато: область робочих напруг, в якій лічильник зберігає лінійність залежності кількості лічильних імпульсів від радіаційного фону. Таким чином, ми можемо працювати на всій протяжності цього плато, яке для СБМ-20 складає

					КАО 2.087.001 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дат		24



100В (робоча напруга лічильника за паспортом -400В). До його неінвертуючого входу підключений вихід джерела опорної напруги (допустима установка джерела із серії ISL21080) величиною 2,5В, що відповідає нижній межі плато лічильника (з урахуванням коефіцієнта діляника напруги, створеного лічильниками, навантажувальними резисторами ЮМОм і вимірювальним резистором R26-R27)..

Мікросхема DD4 є мікроконтролером ATTiny13, обслуговуючим вимірювальну частину схеми. Тепер розглянемо роботу вузла в цілому. Коло CNT\_OUTPUT підключене до входу переривання мікроконтролера, таким чином кожен новий імпульс пробуджує його зі сплячого режиму. Мікроконтролер генерує короткий імпульс 100 мкс на виводі PB2 в колі IMP\_OUT (для передачі для зовнішніх елементів) і далі аналізує стан кола LOV\_HV\_FLAG. Якщо амплітуда імпульсу перевищувала 2,5В, на виході компаратора був сформований імпульс негативної полярності, який привів до інвертування логічного сигналу на виході тригера в колі LOV\_HV\_FLAG, а точніше, до перемикання цього сигналу в стан лог.1 (вважаємо, що попередньо тригер був скинутий). Таким чином, якщо мікроконтролер після детектування імпульсу не виявляє на цій лінії лог.1, це свідчить про падіння напруги на лічильниках до нижньої позначки і необхідності запуску підвищувального перетворювача. В цьому випадку мікроконтролер виставляє відповідний внутрішній програмний прапор. Якщо напруга в межах норми, мікроконтролер скидає тригер в початковий стан (ось чому ми початково вважаємо, що тригер скинутий) по колу TRG\_RESET і переходить в режим сну до приходу наступного імпульсу. Якщо необхідний запуск підвищувального перетворювача, мікроконтролер формує в колі HV\_PUMP послідовність із 3500 імпульсів накачки, після чого переходить в режим сну.

Часові параметри імпульсів накачування і їх кількість визначалися емпірично по максимально ефективній генерації високої напруги на фоні мінімуму енергоспоживання. Природно, при включенні мікроконтролер

					КАО 2.087.001 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дат		25

здійснює первинне накачування перетворювача, інакше подальша робота неможлива. Експерименти показали, що запасів енергії в конденсаторах перетворювача в умовах природного радіаційного фону вистачає приблизно на 40-50 секунд роботи двох лічильників, тобто накачування включається, грубо кажучи, трохи частіше, ніж раз на хвилину на час близько 13 Омє - достатня скважність з точки зору енергоспоживання.

В Основі блоку керування знаходиться мікроконтролер DD7. Основна частота роботи – 11,0592МГц для сумісності зі стандартним рядом швидкостей RS-232. Передбачено часовий кварц на 32,768КГц.

Взаємодія з великим зовнішнім світом здійснюється через USB інтерфейс за допомогою мікросхеми FT232R.

Метою параметричного синтезу є розрахунок номіналів елементів схеми електричної принципової.

Розрахунок акустичної ланки (рис. 1.7).

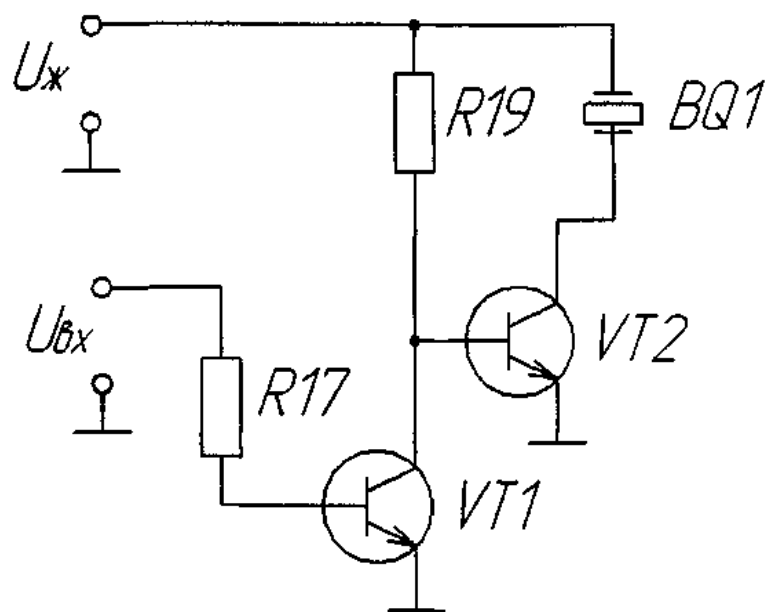


Рисунок 1.7 – Схема акустичної ланки

Для гальванічної розв'язки між п'єзовипромінювачем BQ1 та іншою частиною схеми вибираємо трансформатор BV2010142 із значенням опору первинної обмотки 24 Ом.

Визначимо потрібний струм колектора транзистора VT2:

$$I_{к.насVT2} = \frac{U_{ж} - U_{ке.насVT2}}{R_{к}}; \quad (1.5)$$

де,  $U_{ке.насVT2}$  - напруга насичення транзистора VT2,

$R_{к}$ - опір колекторного навантаження VT2,  $R_{к}=24\text{Ом}$ ;

$$I_{к.насVT2} = \frac{12 - 1}{24} = 0,46(\text{А}).$$

Виберемо транзистор VT2 по таким умовам:

$$f_{гр} \gg f_{роб};$$

$$I_{кмакс} > I_{н};$$

$$U_{ке.макс} > U_{ж}.$$

Для виконання цим вимог виберемо транзистор КТ972А із такими параметрами:  $I_{кмакс}=4\text{А}$ ,  $f_{гр} = 200\text{МГц}$ ,  $U_{ке.макс}= 15\text{В}$ .

Визначимо струм бази транзистора VT2:

					КАО 2.087.001 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дат		27

$$I_{\text{бVT2}} = \frac{I_{\text{кVT2}}}{h_{21e}}; \quad (1.6)$$

де,  $h_{21e} = 30$ ;

$$I_{\text{бVT2}} = \frac{0,46}{30} = 0,015(\text{A}).$$

Розрахуємо значення елементів ключа на транзисторі VT1. Визначимо значення резистора R19 в колекторному колі транзистора VT2:

$$R19 = \frac{U_{\text{к}} - U_{\text{кнасVT1}}}{I_{\text{к}}};$$

де,  $U_{\text{кнас}}$  - напруга насичення колектор-емітер транзистора VT1. Прийmemo

$$U_{\text{кнас}} = 1\text{В};$$

$I_{\text{к}}$  - струм колектора транзистора VT2:

$$I_{\text{кVT1}} = I_{\text{бVT2}} = 0,015(\text{A});$$

$$R19 = \frac{12 - 1,5}{0,015} = 700(\text{A}).$$

Отже прийmemo R19 -680 Ом потужністю 0.125Вт.

					КАО 2.087.001 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дат		28

Виберемо транзистор VT1 типу КТ3102 із такими параметрами  
 $I_{к.макс}=100\text{мА}$ ,  $f_{зр}=250\text{МГц}$ ,  $U_{кe.макс}=50\text{В}$ .

Визначимо струм бази транзистора VT1:

$$I_{бVT1} = \frac{I_{кVT1}}{h_{21e}}; \quad (1.7)$$

де,  $h_{21e}$  - коефіцієнт передачі транзистором струму в схемі із спільним емітером,  $h_{21e}=50$ ;

$$I_{бVT2} = \frac{0,015}{50} = 0,0003(\text{А}).$$

Визначаємо опір базового резистора R17 за формулою:

$$R17 = \frac{U_{бVT2} + U_{кeVT2}}{I_{бVT3}};$$

$$R17 = \frac{5 + 0,6}{0,0003} = 18666(\text{А})$$

Отже, згідно ряду номінальних опорів резисторів E24 вибираємо стандартне значення опору R17 - 18к0м із потужністю розсіювання 0.125Вт.

Розрахунок транзисторного ключа (рис. 1.8).

					КАО 2.087.001 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дат		29



$$I_{6VT3} = \frac{I_K}{h_{21}}$$

$$I_{6VT3} = \frac{0,0001}{20} = 5 \cdot 10^{-6} (A).$$

Вибір елементів тактового генератора мікроконтролера. Мікроконтролер ATmega128 може працювати з двома типами вбудованих генераторів на основі RC-, LC-ланок і кварцового резонатора. Найбільш стабільні за частотою тактуючі імпульси генеруються генератором на основі кварцового резонатора (рис. 1.9). Використання частот нижче 500кГц є недоцільним як із боку часу виконання програми так і з можливістю виникнення скидаючого імпульсу на гармоніках, коли перемикається біт 0 порту А.

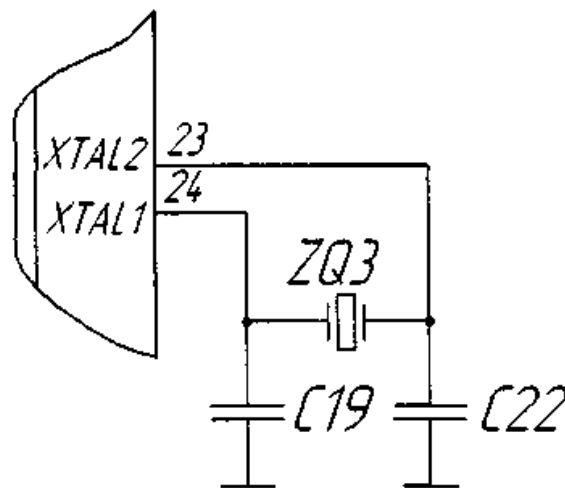


Рисунок 1.9 – Частотозадаюча ланка внутрішнього генератора мікроконтролера

Вибираємо наступні значення генератор: резонансна частота кварцу 32кГц, ємність конденсатора C19=22пФ, C22=22пФ.

Схема стабілізатора живлення (рис. 1.10) виконана на основі стандартної схеми включення мікросхеми стабілізатора напруги 78L05, що надається заводом виробником даної інтегральної схеми.

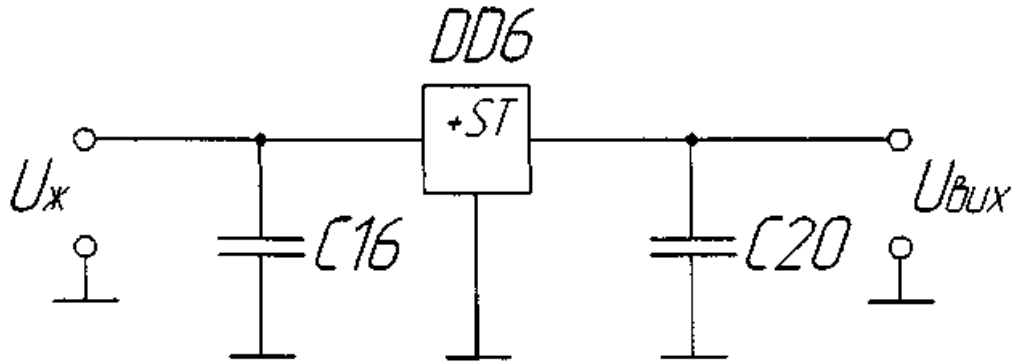


Рисунок 1.10 – Стабілізатор напруги живлення

Вхідні дані для розрахунку:

- номінальна вихідна напруга  $U_{вих.ном.} = 5В$ ;
- допустиме відносне падіння вихідної напруги в порівнянні з номінальною  $\Delta I = 10\%$ ;
- максимальний струм навантаження  $I_{н.мах} = 0,5А$ ;
- максимальна вхідна напруга  $U_{вх.мах.} = 5,5В$ .

Знаючи  $U_{вих} = 5В$ , по напрузі стабілізації вибираємо стабілізатор на мікросхемі LM1117 DA29, визначаємо диференційний опір  $r_{ст} = 15 \text{ Ом}$  та граничний струм стабілізації  $I_{ст.мах} = 0,5А$ .

Уточняємо вихідну напругу стабілізатора:

$$U_{вих} = U_{ст} = 5 \text{ В}$$

2) Задаємося коефіцієнтом стабілізації на виході стабілізатора



$$K_{п.вх} = \frac{U_{вх.мін}}{U_{вх}};$$

$$K_{п.вх} = 0,02...0,05;$$

Визначимо максимальний коефіцієнт стабілізації:

$$K_{ст.макс} = \frac{U_{вих} \cdot \left( \frac{1-a}{мін} - a \right)}{\left( I_{н.макс} + I_{ст.мін} \right) \cdot r_{ст}};$$

$$K_{ст.макс} = \frac{5 \cdot (1 - 0,1 - 0,05)}{\left( 0,5 + 0,05 \cdot 10^{-3} \right) \cdot 15} = 78;$$

Переконаємось що задана величина  $K_{ст} < K_{ст.макс}$ . Тобто  $50 < 78$ .

Вирахуємо номінальне, максимальне і мінімальне значення напруги стабілізатора:

$$U_{вх} = \frac{\frac{U_{вих}}{1-a} - a}{\left( \frac{K_{ст}}{1 - \frac{K_{ст}}{K_{ст.макс}}} \right) \cdot \frac{мін}{ст}};$$

Підставляємо значення в формулу:

$$U_{вх} = \frac{5}{\left( 1 - \frac{50}{78} \right)} = 8(B);$$

При коефіцієнті згладжування пульсацій, амплітуда пульсацій вихідної напруги:

$$U_{вих.пл} = a \cdot \frac{U_{вих}}{q};$$

$$U_{вих.пл} = 0,05 \cdot \frac{5}{12} = 0,02(B);$$

Визначаємо максимальний струм, який споживається від випрямляча:

$$I_a = \frac{U_{вх.макс} - U_n}{R};$$

$$I_a = \frac{5}{9 \cdot 10^3} = 2(мА);$$

Подібним чином розраховується решта елементів схеми електричної принципової.

### 1.6 Вибір елементної бази

Даний пристрій побудований на елементах загального вжитку призначених для використання в побутовій радіоапаратурі. В основному при виборі елементної бази керуються наступними основними принципами:

- універсальність радіоелементів;
- максимальна функціональність мікросхем;
- мінімальна вартість;
- мінімальна кількість типономіналів.

При цьому мають забезпечуватися необхідні електричні параметри в діапазоні заданих температур, вологості та механічних впливів.

					КАО 2.087.001 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дат		34

Зменшення кількості радіоелектронних елементів можливе лише у випадку використання мікросхем великої інтеграції. І в даному випадку найбільш доцільна інтеграція головного керуючих елементів у вигляді мікроконтролера.

Найбільш популярними мікроконтролерами на сьогоднішній час є 8-розрядні мікроконтролери, побудовані за RISC-структурою. В них команди в основному виконуються за два машинних цикли. Кожен машинний цикл складається з 12 періодів тактової частоти. Однак, поступово їх витісняють мікроконтролери побудовані за RISC -структурою. Це суттєво впливає на продуктивність цих мікроконтролерів на фоні зниження споживаної потужності. При цьому розширений набір периферійних пристроїв, які з'являються в цих контролерах, залишає далеко позаду своїх попередників. Серед таких пристроїв є необхідні для даного дозиметра, набір таймерів, лічильників на базі яких можна реалізувати частотомір, схема контролю за "зависанням" контролера, постійна енергонезалежна пам'ять EEPROM і різні інтерфейси. Однак, відсутність контролера виводу інформації на дисплей змушує використовувати дисплеї з вбудованим контролером, що спричиняє збільшення габаритів і споживання енергії.

Серед 8-розрядних мікроконтролерів найбільш поширеними є мікросхеми серії PIC16PX. Розглянувши перелік цих мікроконтролерів, вибирає мікросхему з флеш-пам'яттю PIC16P873.

Мікроконтролер випускається в стандартному корпусі DIP 16.

До елементної бази, яка використовується при проектуванні виробу, відносяться резистори, конденсатори, мікросхеми, транзистори, діоди, елементи комутації, елементи з'єднання тощо.

Мікроконтролер керує складовими приладу за допомогою мікросхеми 74VHC4066, яка містить чотири цифро-аналогові ключові елементи.

Параметри:

- напруга живлення, В +3...+ 18;

					КАО 2.087.001 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дат		35

- струм споживання, мкА 0,01 (тип.)/1 (макс);
- опір у відкритому стані, Ом 80;
- розкид опору у відкритому стані, Ом  $\pm 5$ ;
- час затримки поширення, нс 7-20;
- вхідна/вихідна ємність, пФ 8;
- струм втечі закритого ключа, мкА  $< \pm 10^{-3}$ ;
- температурний діапазон, °C -40 - +85°C;
- корпус DIP-14.

TL074 - чотириканальний IPET операційний підсилювач з низьким рівнем шумів.

Основні параметри мікросхеми:

- напруга живлення, В +3...+36;
- максимальний струм споживання на канал, мА 1,4;
- смуга пропускання частот, МГц 3;
- коефіцієнт підсилення, дБ 86;
- діапазон робочих температур, °C -40...+105.

Вибираємо символний дисплей марки RC1602B-YHY-CSXD фірми RAYSTAR із наступними характеристиками:

- 1) колір свічення екрану ..... жовтий;
- 2) колір символів ..... чорний;
- 3) кількість символів ..... 16 символів по 2 рядка;
- 4) габаритні розміри дисплея ..... 27 x 40 мм;
- 5) габаритні розміри ..... 80.0x36.0x13.2;
- 6) всекліматичного виконання.

Для стабілізації живлення мікроконтролера а також інших елементів схеми вибираємо інтегральний стабілізатор типу 75L05 фірми Philips Semiconductors який володіє наступними перевагами це 3 температурних регулятора які захищають стабілізатор від перегріву

Основні параметри:

					КАО 2.087.001 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дат		36

- 1) номінальна напруга стабілізації, В ..... 5;
- 2) максимальна вхідна напруга, В ..... 20;
- 3) мінімальна вхідна напруга, В ..... 7;
- 4) максимальний струм, мА ..... 300;
- 5) діапазон робочих температур, °С ..... -25... 150.

В імпульсному ключі використано транзистор IRF740:

- 1) Верхнє значення напруги стік-витік, В.....399;
  - 2) Максимальний струм стік-витік при 25 °С, В..... 10;
  - 3) Опір каналу у відкритому стані, мОм.....550;
  - 4) Тип корпусу..... TO220AB;
- Крутизна характеристики, мА/В      5800;
- 5) Максимальна напруга затвор-витік, В.....4;
  - 6) Максимальна розсіювальна потужність, Вт..... 12.

2N5551 - транзистори кремнієво-планарні підсилювальні, структури п-р-п. Призначені для встановлення в підсилювачах, перемикаючих пристроях. Корпус пластмасовий із жорсткими виводами, типу ТО-92. Маса 1,5г.

Електричні параметри:  $h_{21e}$  при  $U_{кe} = 5В$ ,  $I_c = 50мА$ ,  $T = +25^{\circ}C$  - 120...220, при  $T = 25^{\circ}C$  - не менше 100, веренє значення частоти  $h_{21e}$  при  $U_{к6}=5В$ ,  $I_e=50мА$  - не менше 100МГц; напруга насичення при  $I_k = 100мА$ ,  $V_6 = 2В$  - не більше 0,6В; ємність колекторного переходу при  $U_{к6}=10В$  - не більше 12пФ.

Основні параметри ЕРЕ:

- 1) максимальна напруга колектор-емітер, В..... 30;
- 2) температура навколишнього середовища, °С..... -50.. +175;
- 3) максимальний колекторний струм, мА..... 500;
- 4) максимальна розсіювальна потужність, Вт..... 1.

1N4148 - кремнієвий випрямляючий діод фірми Philips Semiconductors малої потужності, призначений для роботи в колах змінного,

					КАО 2.087.001 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дат		37

імпульсного і постійного струмів. Використання діодів такого типу дає можливість зменшити габарити виробу. Даний діод виготовлений на основі кремнію, тому характеризується хорошою стабільністю параметрів.

Основні параметри EPE:

- 1) максимальна зворотна напруга, В ..... 100;
- 2) температура навколишнього середовища, °С ..... -40...+150;
- 3) максимальний прямий струм, мА ..... 200;
- 4) діапазон робочих температур, °С ..... -25...150.

Завдяки використанню кварцового резонатора в якості задаючого частоту елемента точність і стабільність часових параметрів роботи мікроконтролера збільшується. Отже вибираємо кварц марки HC49/S оскільки володіє малими габаритами широким діапазоном робочих температур - 10...+70°C, малою нестабільністю частоти  $\pm 5 \cdot 10^{-6}$  год.

Постійні резистори призначені для забезпечення режимів транзисторів і мікросхем по постійному струму доцільно використати резистори типу РН1-12. Дані резистори призначені для апаратури широкого вжитку, мають діапазон номіналів від 1 Ом до 10 МОм і потужність розсіювання 0,125-2 Вт, допуск відхилення від номіналу  $\pm 2\%$ ,  $\pm 5\%$ ,  $\pm 10\%$ .

Конденсатори вибираємо типу К50-35 так, як вони є широкоживаними, мають малі габарити і вартість. Дані конденсатори є полярними електролітичними конденсаторами з діапазоном ємності від 1 до 10000 мкФ і номінальними напругами від 6,3 до 450 В, вони призначені для використання в ланках фільтрів живлення частотою 50 Гц.

Конденсатори типу В37940 використані в ланках фільтрів живлення та перехідних колах виходячи із вартості, номіналів і процентного допуску на номінал  $\pm 5\%$ . ТКЄ М47 вибрано із розрахунку компенсації відхилення частоти при зміні температури. Це керамічні конденсатори на номінальну напругу нижче 200В постійної ємності. Діапазон номіналів 1пФ-3,3мкФ.

					КАО 2.087.001 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дат		38

## 1.7 Розробка компоновки друкованої плати дозиметра

Компоновка друкованої плати має відповідати вимогам діючих стандартів. Зокрема, при проектуванні необхідно забезпечити мінімальні розміри конструкції, що означає максимальну щільність заповнення площі елементами.

Коефіцієнт заповнення площі елементами:  $K_s = S_e / S_{pl} = 0,5 \dots 0,7$ .

Для конструкцій з дискретним ERE  $K_s \geq 0,5$ .

Плату рекомендується виготовляти прямокутної конфігурації, тобто.  $a/b < 3$ .

Кожна сторона друкованої плати за своїми розмірами повинна бути кратною кроку координатної сітки. Крок сітки становить 2,5 мм. Для точних і щільних плат на мікросхемах використовується крок сітки 1,25 мм, 0,625 мм.

Сітка прикріплена до початку координат, або до нижнього лівого кута плати, або до нижнього лівого отвору. Координатна сітка вздовж координатних ліній нумерується або вздовж кожної лінії, або через кілька прямих.

Для плат мікроелектронного обладнання із усього діапазону розмірів рекомендується обмежена вибірка стандартних розмірів.

Широко використовуваний односторонній та двосторонній монтаж компонентів плати, виготовлених з дротяними виводами, має такі конструктивні недоліки:

- необхідність кріплення отворів на площині плати;
- обмежена можливість кріплення в двох площинах плати;
- втрата площі на монтажному полі для виводів елементів та зменшення щільності упаковки.

Для виготовлення модулів з використанням технології поверхневого монтажу необхідно виготовити плати з двостороннього текстиліту, покритого фольгою, відповідно до 3-го класу точності.

					КАО 2.087.001 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дат		39

Технологія поверхневого монтажу має ряд незаперечних переваг:

- збільшення функціональної складності на одиницю площі;
- здатність повністю автоматизувати процес складання та монтажу;
- вдосконалення вагових і розмірних показників.

Очевидно, що вибір технології поверхневого монтажу цілком виправданий. Можливий також варіант змішаного монтажу, в якому розташовані компоненти для поверхневого монтажу з одного боку плати, а елементи з осьовими виводами - з іншого.

Цей варіант розташування значно збільшить щільність упаковки друкованої плати та використовує паяння подвійною хвилею для монтажу як поверхневих компонентів, так і елементів із виводами.

При формуванні загальних контактних площадок на елементах SMD, вони повинні бути з'єднані вузькими доріжками. Це пов'язано з тим, що внаслідок дії сил поверхневого натягу елементи починають рухатися уздовж площадки, і можна закортити сусідні несполучені контактні площадки.

На друкованій платі необхідно передбачити металізовані кріпильні отвори для установки елементів із виводами.

Зазор між клемами звичайних і SMD -компонентів повинен бути не менше 1 мм, а між виводом звичайного компонента і комутаційною доріжкою - не менше 0,5 мм.

Оскільки в конструкції дозиметра використана елементна база як SMD так і монтажу в отвори, то для SMD компонентів розміри контактних площадок є відомі і визначаються паспортними даними на ці компоненти. Для компонентів, що встановлюються в отвори вибрано наступні значення отворів та контактних площадок:

- діаметри отворів 0,5; 0,7; 0,9; 1,1 мм.
- відповідні діаметри контактних площадок 1,1; 1,3; 1,5; 2,7 мм.

					КАО 2.087.001 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дат		40



Ширина друкованих провідників розраховується на основі густини струму,  $j = 20 \text{ А / мм}^2$ . У наземній установці з ізоляцією густина струму становить  $10 \text{ А / мм}^2$ .

Залежно від сили струму, що проходить через провідник, ширину провідника обчислюють за формулою:  $j = I / (t \cdot \delta)$ ,  $t = I / (\delta \cdot j)$ , де  $t$  - ширина;  $\delta$  - товщина.

При  $\delta=50\text{мкм}$ , то для кожного ампера струму потрібно 1 мм ширини провідника. Якщо струми невеликі, то ширина провідника вибирається виходячи з виробничих можливостей.

Відстань між провідниками та контактними накладками вибирається з значення напруги між ними (табл. 1.1).

Таблиця 1.1. Мінімальна відстань між друкованими елементами залежно від напруги

Расстояние, мм	0,15	0,25	0,45	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
Напряжение, В	20	30	100	125	150	175	200	250

Якщо напруги невеликі, тоді зазор вибирається виходячи з можливостей обраного класу точності.

При розміщенні друкованих трас провідників повинні бути дотримані такі вимоги: довжина друкованих провідників повинна бути мінімальною, що означає, що з'єднані елементи з підключеними проводами повинні розташовуватися поруч.

Якщо провідники у вузькому місці під час прокладання можуть перетинатися, що не допускається колом, тоді вузьке місце можна розвести такими методами:

1) Друкований провідник переривається у вузькому місці, пропонуються перехідні отвори, провідник виконується з іншого боку підвісним дротом (перемичкою). Кількість проводів перемичок повинна бути мінімальною.

2) Пропонується раціональне розташування елементів, коли маршрут у вузькому місці проходить між елементами компонентів.

3) Друкований провідник може бути розміщений не тільки вздовж ліній координатної сітки, але також між лініями та під кутом, кратним  $15^\circ$ .

На основі вказаних вимог проведено розводку друкованої плати з допомогою САПР P-CAD. Усі креслення оформлено в САПР Компас. Вигляд креслення друкованої плати наведено на рис. 1.11.

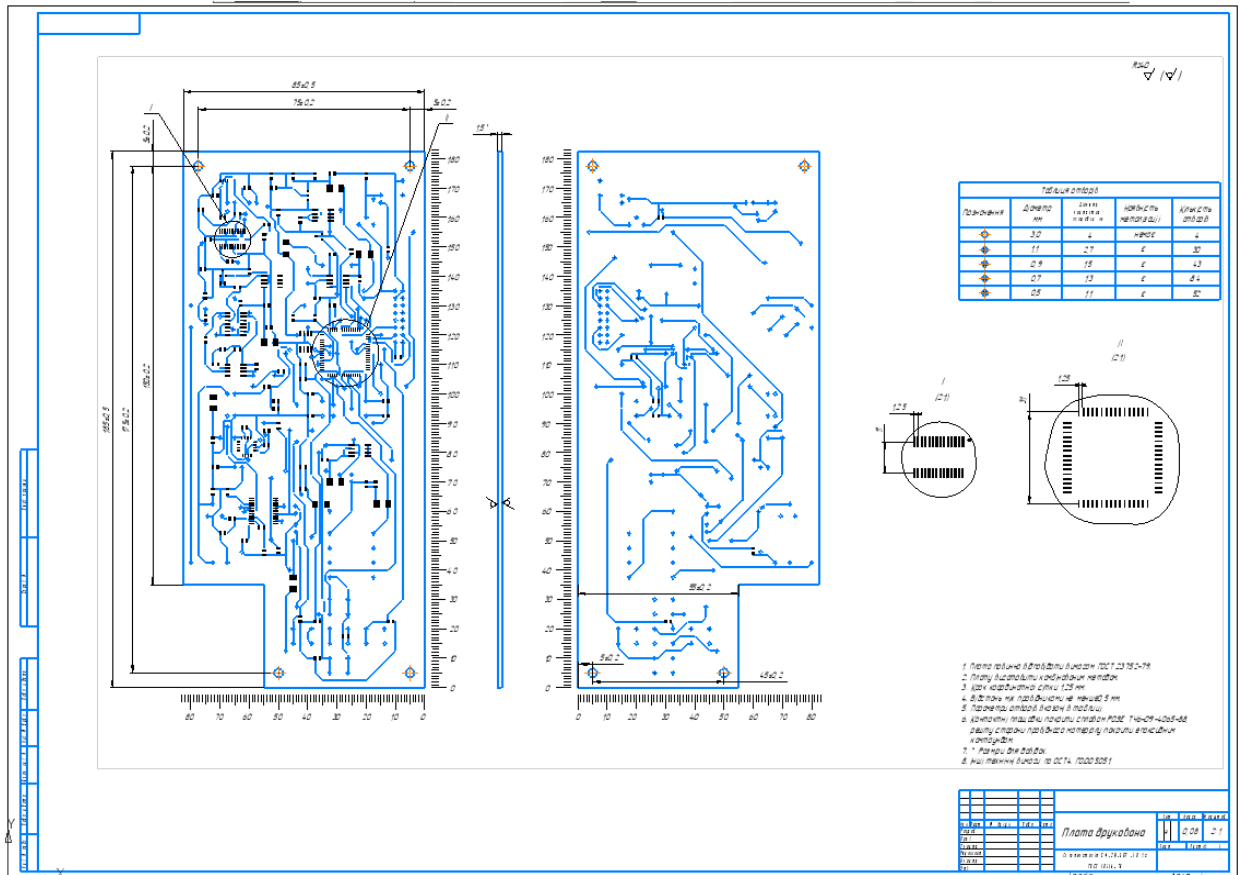


Рисунок 1.11 – Креслення друкованої плати

На кресленні окрім основних елементів конструкції плати, таких як розміри із допусками, лінії координатної сітки по периметру базових сторін, способи обробки поверхні тощо, додатково вказано параметри отворів та відповідних контактних площадок.






<i>Таблиця отворів</i>				
<i>Позначення</i>	<i>Діаметр, мм</i>	<i>Діаметр контактної площадки, мм</i>	<i>Наявність металізації</i>	<i>Кількість отворів</i>
	3,0	4	немає	4
	1,1	2,7	Є	30
	0,9	1,5	Є	43
	0,7	1,3	Є	84
	0,5	1,1	Є	52

Рисунок 1.12 – Параметри отворів та відповідних контактних площадок

Також окремо винесено параметри контактних площадок для монтажу мікросхем в SMD виконанні.

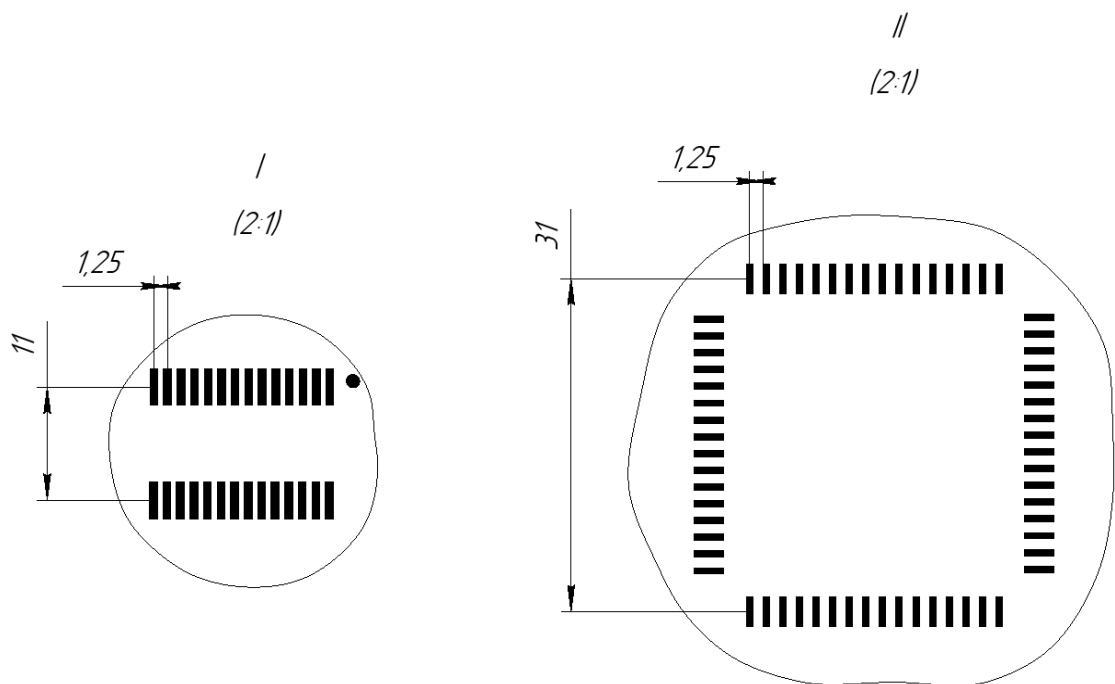


Рисунок 1.13 – Параметри контактних площадок для монтажу мікросхем в SMD виконанні

Також було отримано креслення друкованого вузла (рис. 1.14). На ньому показано область монтажу та способи монтажу елементів.

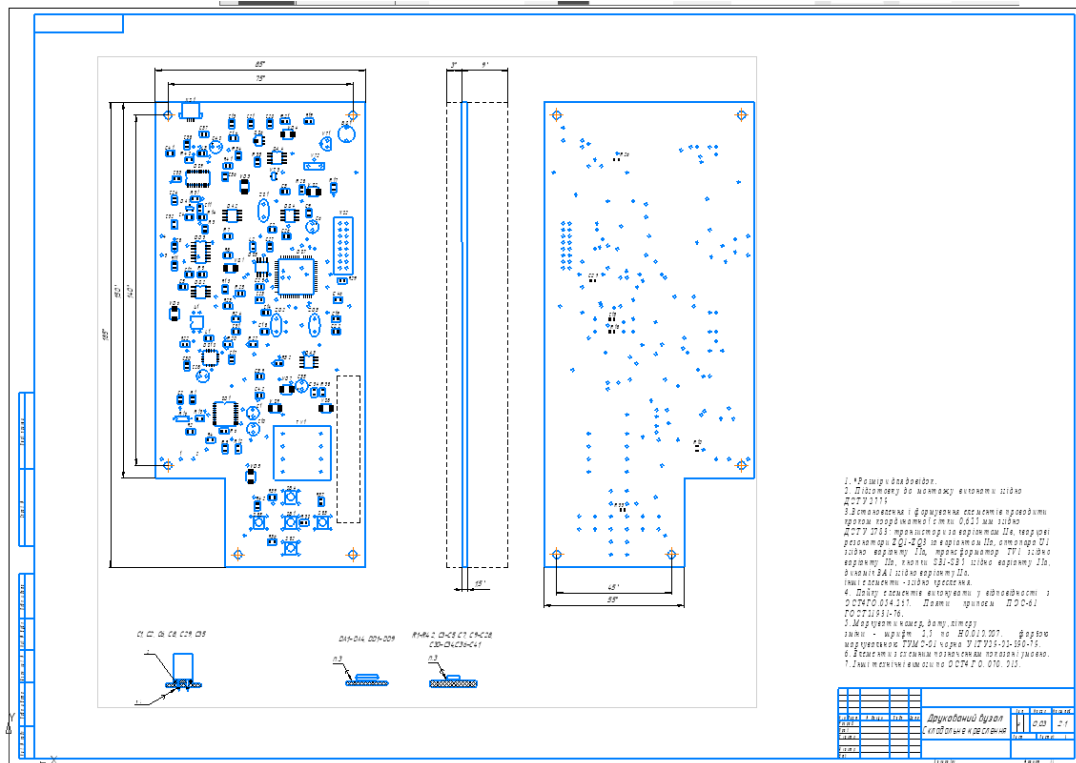


Рисунок 1.14 – Складальне креслення друкованого вузла

Практично усі, за винятком декількох конденсаторів, елементи встановлюються з однієї сторони друкованої плати. При цьому в технічних вимогах вказано варіанти встановлення цих елементів. Варіанти встановлення решти елементів вказано на кресленні.

Важливою є оптимізація конструкції друкованого вузла для забезпечення можливості серійного виробництва дозиметра.

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.

Уніфіковані технологічні процеси дозволяють ефективно застосовувати найпрогресивніший підхід до розробки технологічних процесів з пошуком оптимальних варіантів. Залучення висококваліфікованих фахівців до розробки уніфікованих технологічних процесів дозволяє глибоко вивчити, узагальнити та впровадити в практику виробництва наукові і технологічні досягнення в

галузі вибору методу організації процесів, технологічного устаткування, оснащення та пристосування.

До технологічного устаткування належать знаряддя виробництва, в яких для виконання певної частини технологічного процесу розміщують матеріал, засоби впливу на них і при необхідності джерела енергії. Знаряддя виробництва, що додають до технологічного устаткування для виконання визначеної частини процесу, становить власне технологічне оснащення, а засоби виробництва, в яких ручна праця частково або повністю замінена машиною, відносять до засобів механізації. В засобах автоматизації функції керування надають машинам та приладам.

Основні технологічні операції при такій конструкції: нанесення захисної маски, нанесення паяльної пасти, встановлення SMD елементів, інфрачервона пайка, підготовки навісних елементів, встановлення їх, паяння хвилею припою. Відповідно, технологічний процес виготовлення блоку повинен включати етапи підготовки виводів навісних 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.

Вибір обладнання і устаткування для виготовлення пристрою необхідно проводити із врахуванням програми випуску, типу виробництва і особливостей конструкції виробу. При цьому вибране обладнання повинно забезпечувати якісне виконання необхідних операцій і бути постійно завантажене.

В нашому випадку в конструкції ДП використано технології монтажу в отвори та технології поверхневого монтажу, оскільки в виробі присутні роз'єми, трансформатор, кварцевий резонатор тощо, що мають штиреві виводи. На одній стороні друкованої плати встановлені і SMD-, і РТН-

					КАО 2.087.001 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дат		45

компоненти (рис. 1.15).

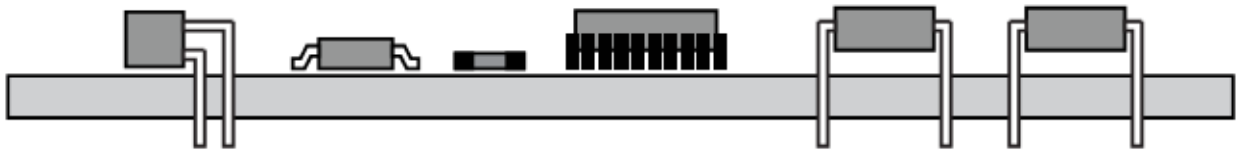


Рисунок 1.15 – Спосіб встановлення і монтажу компонентів та друковану плату дозиметра

Використана елементна база наведена в додатках – в переліку елементів та специфікації.

Розглянемо процес поверхневого монтажу, який для випадку крупносерійного виробництва повинен бути автоматизований. Процес підготовки, встановлення та паяння корпусних радіоелементів (роз'єми, резонатор, котушка індуктивності тощо) буде проводитись вручну монтажником, оскільки використовувати автоматичне обладнання для такої кількості радіоелементів є економічно не вигідним. Також не вигідним є включення цих операцій в технологічний процес поверхневого монтажу без корпусних елементів, який є повністю автоматизованим. Операції підготовки та встановлення корпусних елементів будуть проводитись після завершення основного процесу монтажу безкорпусних елементів.

					КАО 2.087.001 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дат		46

## 2. Безпека життєдіяльності, основи охорони праці

### 2.1 Особливості електротравматизму, електричний струм, як чинник небезпеки при виробництві портативного дозиметра радіоактивного випромінювання

Електротравми відбуваються при потраплянні людини під напругу в результаті доторкання до елементів електроустановки з різними потенціалами, чи потенціал яких відрізняється від потенціалу землі, в результаті утворення електричної дуги між елементами електроустановки безпосередньо, або між електроустановкою і людиною, яка має контакт з землею, а також в результаті дії напруги кроку.

Електротравматизм як соціальна категорія характеризується сукупністю електротравм за певний проміжок часу, їх абсолютними і відносними показниками, розподілом за тяжкістю, галузями виробництва тощо.

Як попередньо зазначалось, електротравми в загальному виробничому травматизмі складають біля 1%, а в смертельному - біля 15-20%. Останнє свідчить про зміщення виду електротравм у бік тяжких, що є однією з особливостей електротравматизму.

Особливістю електротравматизму є також те, що на електроустановки напругою до 1 кВ припадає до 70-80% електротравм зі смертельними наслідками, а на електроустановки, напругою понад 1 кВ, - до 20-30%. Наведений розподіл електротравм за величиною напруги електроустановок обумовлюється не тільки більшою розповсюдженістю електроустановок напругою до 1 кВ, але більшою мірою, ще й тим, що такі установки доступні більшому загалу працівників, які мають недостатньо чіткі уявлення щодо небезпеки електричного струму та вимог безпеки при експлуатації електроустановок.

					КАО 2.087.001 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дат		47

До установок, напругою понад 1 кВ, має доступ обмежена кількість працівників, які повинні мати достатній рівень підготовки з питань електробезпеки відповідний вимогам чинних нормативів групи з електробезпеки.

Крім зазначеного, в порівнянні з іншими видами травматизму, електротравматизму характерні такі особливості:

- людина не в змозі дистанційно, без спеціальних приладів, визначити наявність напруги, а тому дія струму, зазвичай, є раптовою, і захисна реакція організму проявляється тільки після потрапляння під напругу;

- струм, що протікає через тіло людини, діє на тканини і органи не тільки в місцях контакту зі струмовідними частинами і на шляху протікання, але й рефлекторно, як надзвичайно сильний подразник, впливає на весь організм, що може призводити до порушення функціонування життєво важливих систем організму — нервової, серцево-судинної систем, дихання;

- електротравми можливі без дотику людини до струмовідних частин — внаслідок утворення електричної дуги при пробі повітряного проміжку між струмовідними частинами, або між струмовідними частинами і людиною, чи землею;

- розслідуванню, обліку і аналізу, в основному, доступні тяжкі електротравми та електротравми зі смертельними наслідками, що негативно впливає на профілактику електротравм.

Суттєво впливає на результат поразення шлях струму через тіло людини. Небезпека ураження особливо велика, якщо струм, проходячи через життєво важливі органи - серце, легені, головний мозок, - діє безпосередньо на ці органи. Якщо струм не проходить через ці органи, то його дія на них тільки рефлекторна і ймовірність ураження менша. Встановлено найбільш часто зустрічається шлях струму через людину, так звана «петля струму». У більшості випадків струму через людину протікає у напрямку права рука - ноги. Однак втрату працездатності більше ніж на три робочих дні

					КАО 2.087.001 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дат		48



викликає протікання струму по шляху рука - рука - 40%, шлях струму права рука - ноги - 20%, ліва рука - ноги - 17%, решта шляху зустрічаються рідше.

Загальні електричні травми або електричні удари - це порушення діяльності життєво важливих органів чи всього організму людини як наслідок збудження живих тканин організму електричним струмом, яке супроводжується мимовільним судомним скороченням м'язів. Результат негативної дії на організм цього явища може бути різний: від судомного скорочення окремих м'язів до повної зупинки дихання і кровообігу. При цьому зовнішні місцеві ушкодження можуть бути відсутні.

Залежно від наслідків ураження розрізняють чотири групи електричних ударів:

I - судомні скорочення м'язів без втрати свідомості;

II - судомні скорочення м'язів із втратою свідомості без порушень дихання і кровообігу;

III - втрата свідомості з порушенням серцевої діяльності чи дихання або серцевої діяльності і дихання разом;

IV - клінічна смерть, тобто відсутність дихання і кровообігу. Клінічна смерть - це перехідний стан від життя до смерті. В стані клінічної смерті кровообіг і дихання відсутні, в організм людини не постачається кисень. Ознаки клінічної смерті: відсутність пульсу і дихання, шкіряний покрив синювато-блідий, зіниці очей різко розширені і не реагують на світло.

При роботі імпульсного блока живлення використовується небезпечна напруга 220В, що може призвести до ураження електричним струмом і травмування людей, тому необхідно враховувати особливості електротравматизму при розробці та експлуатації блока живлення.

					КАО 2.087.001 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дат		49

## 2.2 Вимоги пожежної безпеки при гасінні електроустановок для виготовлення портативного дозиметра радіоактивного випромінювання

Для формування вимог пожежної безпеки при гасіння електроустановок використовують «Інструкцію з гасіння пожеж на енергетичних об'єктах України» НАПБ В.05.024-2005/111.

У цій інструкції викладено основні вимоги щодо розроблення, затвердження та коригування планів і карток пожежогасіння з урахуванням специфіки енергетичних об'єктів Мінпаливенерго України й рекомендації щодо гасіння пожеж на електроустановках, що перебувають під напругою.

Під час гасіння пожеж на електроустановках слід використовувати вимоги ГКД 34.03.303-99 (НАПБ В.01.034-99/111) (розділ 14 "Порядок дій при пожежі").

1. Як вогнегасні речовини під час гасіння пожеж в електроустановках під напругою доцільно використовувати компактні та розпилені струмені води, газові вогнегасні речовини - інертні розріджувачі (на основі інертних газів), вогнегасний порошок.

2. Застосовувати усі види піни під час гасіння пожеж на електроустановках під напругою ручними засобами за участю людей забороняється.

3. Під час пожежі в дослідній лабораторії перша особа, яка виявила загоряння, зобов'язана негайно повідомити телефоном пожежну охорону, начальника зміни станції (чергового або диспетчера станції), старшого зміни і приступити до гасіння пожежі наявними засобами пожежогасіння, дотримуючись правил техніки безпеки.

4. До прибуття відомчої пожежної охорони начальник зміни особисто або із залученням чергового персоналу зобов'язаний виконати такі роботи:

					КАО 2.087.001 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дат		50

- визначити місце осередку вогнища, оцінити ситуацію на пожежі, спрогнозувати поширення пожежі і можливість утворення нових осередків горіння на іншому електрообладнанні;
- розпочати гасіння пожежі і охолодження будівельних конструкцій силами і засобами дослідної лабораторії;
- за можливості зняти напругу з установки, яка горить, або сусіднього з нею електрообладнання, якщо це не спричинить більш тяжких наслідків;
- перевірити вмикання системи автоматичного пожежогасіння, а у випадку відмови - задіяти її в ручному режимі;
- організувати зустріч пожежних підрозділів і визначити місця заземлення пожежної техніки і розташування пожежних гідрантів;
- проінформувати відомчу пожежну охорону про безпечні маршрути прямування пожежників на бойові позиції.

5. Загоряння (займання) в електроустановках під напругою ліквідується персоналом дослідної лабораторії за допомогою переносних і пересувних вогнегасників: порошкових - при напрузі до 1,0 кВ, вуглекислотних - при напрузі до 10 кВ.

Відстань від насадки (розтруба) вогнегасника до струмопровідних частин електроустановок не може бути менше ніж 1 м. Застосування пінних вогнегасників не допускається.

6. Гасіння пожежі в приміщеннях на електроустановках, які знаходяться під напругою до 10 кВ, всіма видами піни за допомогою ручних засобів забороняється, оскільки піна і розчин піноутворювача мають підвищену електропровідність порівняно з розпиленою водою.

7. Для гасіння пожеж електроустановок, які знаходяться під напругою, допускається використовувати воду з водопровідних мереж, а також з природних і штучних водойм.

Розроблений блок живлення працює від мережі 220В тому існує імовірність його загоряння внаслідок несправності. В разі загорянні блок

					КАО 2.087.001 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дат		51

живлення потрібно гасити порошковим вогнегасником ОП-1, який знаходиться на пожежному щиті у дослідній лабораторії.

### 2.3 Здійснення заходів щодо зниження дії радіоактивних випромінювань

Оцінка уразливості лабораторного блока живлення від радіоактивного забруднення і проникаючої радіації починається з визначення максимальних очікуваних значень рівня радіації і дози проникаючої радіації. За показник стійкості об'єкта приймається допустима доза радіації, яку можуть одержати люди за час робочої зміни.

Для характеристики радіоактивного забруднення застосовують ступінь (щільність) забруднення, який характеризується поверхневою щільністю забруднення радіонуклідами і вимірюється активністю радіонукліда на одиницю площі (об'єму). Основною дозиметричною величиною, за допомогою якої оцінюється дія радіації, є доза випромінювання - кількість енергії, яка поглинута одиницею маси опроміненого середовища. Експозиційна доза визначається тільки для повітря при гама і рентгенівському випромінюванні. Поглинута доза визначається для речовин. Місцевість, що забруднюється внаслідок радіаційної аварії, за щільністю забруднення радіонуклідами умовно поділяють на зони: зону відчуження, зону безумовного (обов'язкового) відселення, зону гарантованого (добровільного) відселення і зону підвищеного радіоекологічного контролю.

За дозами опромінення зону забруднення поділяють на наступні зони: надзвичайно-небезпечного забруднення, небезпечного забруднення, сильного забруднення, помірного забруднення, і зону радіаційної небезпеки.

Також радіоактивне забруднення буде безпосередньо впливати лабораторного блока живлення, але і на його конструкцію, оскільки, до його складу входять метічні провідники з ізоляційним покриттям, металічний

					КАО 2.087.001 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дат		52

корпус, пласмасові роз'єми і самі радіоелементи (резистори, транзистори, мікросхема, конденсатори, діод).

Органічні речовини вельми чутливі до радіації. Вплив радіації призводить до перетворення молекул, що супроводжується хімічними реакціями, що викликають незворотні зміни природи речовини і її механічних властивостей.

Перетворення супроводжується виділенням газів, які в поєднанні з вологою утворюють кислоти, які здійснюють шкідливий вплив на ізоляційні матеріали. Більшість пластмас отримує механічне пошкодження навіть при малих дозах радіації.

Фенолформальдегід і метилметакрилат стають крихкими і деформуються. Поліетилен і полістирол - спочатку збільшується опір розриву і твердість, а потім вони стають крихкими. Більшість пластмас темніє і знебарвлюється. Просочення і ізоляційні масла псується, як і оргматеріали. Синтетичний каучук і кремнійорганічна гума твердіють

Зміна електричних властивостей органічних речовин (провідність, діелектрична проникність, кут втрат) має оборотний характер. Час відновлення залежить від природи матеріалу та умов опромінення.

На неорганічні речовини (матеріали) радіація впливає менше, ніж на органічні. При опроміненні нейтронами можливо об'ємне розширення. Кварц і скло втрачають прозорість при великих дозах.

Вплив радіації на напівпровідниковий діод залежить від того, який ефект використаний в основі його роботи, виду матеріалу, питомого опору його, а також конструктивних особливостей діода. Оскільки в підсилювачі використані лише кремнієві діоди то розглянемо лише їхню реакцію.

Під впливом нейтронної радіації провідність точково-контактних діодів зменшується в прямому і зворотному напрямках; у площинних діодів провідність у прямому напрямку також зменшується. Пошкодження діодів

					КАО 2.087.001 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дат		53

обумовлюється зміною характеристик провідності в прямому напрямку. Вплив  $\gamma$  - опромінення викликає оборотні зміни зворотного струму.

Характеристика впливу радіоактивного забруднення на транзистор. Вплив опромінення викликає порушення кристалічної решітки матеріалу (основний ефект) і іонізацію (вторинний ефект). Внаслідок цього змінюються параметри напівпровідникових матеріалів - час життя основних носіїв, питома провідність, швидкість поверхневої рекомбінації дірок з електронами. Внаслідок зміни вищевказаних параметрів зменшується коефіцієнт підсилення по струму, збільшується зворотний струм колектора, зростають шуми транзистора.

Іонізація, створювана радіацією, інjektується надлишок носіїв у транзистор, внаслідок чого виникають значні шуми. Зміна коефіцієнта посилення є незворотнім, а зміни зворотного струму можуть бути оборотними і необоротними. Як бачимо змінюється основний із електричних параметрів підсилювача – коефіцієнт підсилення, а отже вихідна потужність.

Потрібно зазначити, що більшу радіаційну стійкість мають германієві транзистори в порівнянні з кремнієвими.

До основних методів захисту радіоелектронної апаратури відносять такі конструктивні рішення:

- правильно підбирати і розташовувати елементи;
- ширше використовувати керамічні ізолятори в частинах перемикачів, роз'ємах, гніздах і т.д.;
- застосовувати склотканина та інші неорганічні матеріали для манжет, кабельної ізоляції тощо;
- застосування елементів з неорганічних матеріалів, слюдяних і керамічних конденсаторів;
- застосовувати плівкові і металлопленочні опору;
- ретельно продумувати схему розташування, для зменшення струмів витoku і пробую;

- екранувати найбільш чутливі елементи;
- правильно вибирати матеріали деталей конструкції;
- правильно вибирати напівпровідникові прилади (надавати перевагу германієвим).

- Для захисту від  $\gamma$  - променів добре екранують, захищають - свинець, вісмут, вольфрам, золото, платина, ртуть і деякі інші важкі матеріали.

					КАО 2.087.001 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дат		55

## Висновки

В роботі розглянуто задачу проектування портативного дозиметра радіаційного випромінювання. Відзначено актуальність роботи зокрема для контролю дози опромінення на робочих місцях підприємств.

Проведено аналіз технічного завдання та уточнено вимоги, яким повинен задовольняти дозиметр.

Проведено аналіз принципу роботи різних конструкцій дозиметрів радіаційного випромінювання та встановлено, що найбільш прогресивними є дозиметри на основі використання мікроконтролерів у вимірювальному блоці. На основі цього розроблено структурну та функціональну схеми дозиметра.

Проведено синтез схеми електричної принципової та проведено розрахунки її вузлів та номіналів елементів.

На основі цього проведено вибір компонентної бази та розроблено топологію провідного рисунка друкованої плати в САПР P-CAD. На основі нього розроблено складальне креслення друкованого вузла та оформлено усі креслення в середовищі Компас.

Також проведено аналіз охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях.

					КАО 2.087.001 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дат		56



## Список використаних джерел

1. Войшвилло Г. Усилительные устройства. / Г.Войшвилло – М.: Радио и связь, 1983. – 264с.
2. Воловин Г.В. Схемотехника аналогових и аналого-цифровых электронных устройств / Г.В.Воловин – М: Радио и связь, 2005. – 530с.
3. Усатенко С.Т. Выполнение электрических схем по ЕСКД / С.Т. Усатенко, Т.К. Каченюк, М.В. Терехова. – М., Издательство стандартов, 1989. – 325 с.
4. Семенов Б.Ю. Силовая электроника для любителей и профессионалов. / Б.Ю. Семенов. – М.:СОЛОН Р, 2001. – 321с.
5. Семенов Б.Ю. Силовая электроника: от простого к сложному. / Б.Ю. Семенов. – М.:СОЛОН-Пресс, 2005. – 416 с.
6. Прохоренко В.А. Полупроводниковые приборы: Справочник / В.А. Прохоренко, В.И. Галкин. – М.: Беларусь, 1987. – 285с.
7. Хоровиц П. Искусство схемотехніки / П. Хоровиц, У. Хилл. – М: Мир, 1986. – 590 с.
8. Справочник по устройствам цифровой обработки информации / Н.А. Виноградов, В.Н. Яковлев, В.В. Воскресенский й др. - К.:Тэхника, 1988.-415С.
9. Справочник по схемотехнике / В.П. Боровский, В. Й. Костенко, В.М. Михайленко, О.Н. Партала; Под ред. В.П. Боровского -К.: Техніка, 1987.-432с., ил.-Библиогр.: с.422-423.-(В пер.).
10. Основы цифровой техники Л.А. Мальцева, -З.М, Фломберг, В.С. Ямпольский.-М.: Радио й связь, 1987.-128с.: ил.- (Массоваярадиобиблиотека. Вып. 1097).
11. Полупроводниковые приемно-усилительные устройства:Справ, радиолобителя/ Р.М. Терещук, К.М. Терещук, С.А. Седов. - 4-е изд., стер.-Киев: Наук. думка, 1988,-800с.: ил.-Библиогр.: с. 765-800.

					КАО 2.087.001 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дат		57

# ДОДАТКИ

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

**ЗАТВЕРДЖУЮ**  
Завідувач кафедру РТ  
\_\_\_\_\_ к.т.н. Дунець В.Л.  
“ \_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2021 р.

**ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ**

на кваліфікаційну роботу бакалавра

На тему: «Портативний дозиметр радіаційного випромінювання»

Узгоджено:

Керівник кваліфікаційної роботи

Дедів І.Ю. \_\_\_\_\_

“ \_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2021 р.

“ВИКОНАВЕЦЬ”

Студент групи РАС-41

Курило А.О. \_\_\_\_\_

“ \_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2021 р.

Тернопіль 2021

# 1 НАЗВА КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ Й ПІДСТАВА ДЛЯ ВИКОНАННЯ

1.1 Назва: “Портативний дозиметр радіаційного випромінювання”

1.2 Підставою для виконання кваліфікаційної роботи є наказ по університету на затвердження дипломного проекту № 4/7-435 від 31.05.2021 р.).

## 2 ВИКОНАВЕЦЬ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

2.1. Студент Курило А.О. групи РАс-41, кафедри радіотехнічних систем, Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя.

## 3 МЕТА КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

Метою роботи є розробка портативного дозиметра радіаційного випромінювання, що включає в себе:

- вибір апаратного забезпечення для даного пристрою;
- вибір елементної бази розроблювального пристрою;
- розрахунок і вибір компонентів для оптимальної роботи пристрою;
- розробку друкованої плати та друкованого вузла.

## 4 ТЕХНІЧНІ ВИМОГИ

1. Діапазон гамма-випромінювання, мкЗв/год 1 - 999;
2. Час вимірювання, с 23;
3. Діапазон робочих температур, °С -20. ..+60;
4. Час виходу в робочий режим, с 40;
5. Напруга живлення, В 3,6;
6. Максимально споживаний струм, мА 100;
7. Нормальними погодними умовами навколишнього середовища для

дозиметра є:

7.1 Атмосферний тиск, мм.рт.ст 750;

7.2 Відносна вологість повітря, % 75±5;

7.3 Вологостійкість, % (при 35°C) 98.

## 5 ВИМОГИ ДО ДОКУМЕНТАЦІЇ

5.1 Конструкторська документація повинна відповідати вимогам ЄСКД та ДСТУ.

5.2. Комплект конструкторської документації повинен складатися з:

- Пояснювальна записка;
- Структурна схема пристрою;
- Функціональна схема пристрою;
- Принципова схема пристрою;
- Друкована плата;
- Друкований вузол.

## 6 ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

Таблиця 6.1 - Стадії та етапи виконання кваліфікаційної роботи

№ етапу	Назва етапу виконання	Термін виконання
1	Розробка та затвердження технічного завдання	22.02. 2021
2	Аналіз технічного завдання, підбір бібліографічних матеріалів, необхідних для виконання роботи	1.03. 2021
	Вибір власних схемо-технічних рішень	16.03.2021
3	Вибір елементної бази для розроблюваного пристрою;	29.03.2021
4	Розрахунок основних вузлів у схемі пристрою.	12.04.2021
5	Створення допоміжної документації	26.04.2021
6	Розроблення креслень	26.04.2021

7	Розділ охорони праці та безпеки життєдіяльності	10.05.2021
8	Спеціальна частина	10.05.2021
9	Нормоконтроль	24.05.2021
10	Попередній захист	31.05.2021
11	Захист	23.05.2021

## 7 ДОДАТКОВІ УМОВИ ВИКОНАННЯ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

7.1 Під час виконання кваліфікаційної роботи в дане технічне завдання можуть вноситися зміни та доповнення.

Поз. познач.	Найменування				Кіл.	Примітка
	<u>П'єзоелементи</u>					
BQ1	HSM1206A				1	
	<u>Конденсатори</u>					
	0408 AVX					
	K50-35 OЖ0.464.079 TУ					
C1,C2	K50-35-16B-10мкФ±5%				2	
C3	0408-16B-22пФ±5%				1	
C4,C5	0408-16B-0.1нФ±5%				2	
C6	K50-35-16B-10мкФ±5%				1	
C7	0408-16B-22пФ ±5%				1	
C8	K50-35-16B-10мкФ±5%				1	
C9-C13	0408-16B-0,1нФ±5%				5	
C14	0408-16B-22пФ±5%				1	
C15	0408-16B-0,1нФ±5%				1	
C16	0408-16B-10пФ±5%				1	
C17	0408-16B-0,1нФ±5%				1	
C18,C19	0408-16B-22пФ±5%				2	
C20	0408-16B-0,1нФ±5%				1	
C22	0408-16B-22пФ±5%				1	
C23	0408-16B-0,1нФ±5%				1	
C24	0408-16B-10пФ±5%				1	
C25-C28	0408-16B-0,1нФ±5%				4	
					КАО 2.087.001 ПЕЗ	
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	Дозиметр Перелік елементів ТНТУ, ФПТ, РАс-41	
<i>Розроб.</i>	Курило А.О.					
<i>Перевір.</i>	Дедів І.Ю.					
<i>Н. Контр.</i>	Марценюк А.С.					
<i>Затверд.</i>	Дунець В.Л.					
<i>Реценз.</i>						
					<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>
						1
						5











Форма	Зона	Поз.	Найменування	Найменування	Кіл.	Примітка
				<b><u>Документація</u></b>		
A1			КАО 2.087.001 СК	Складальне креслення		
A2			КАО 2.087.001 ЕЗ	Схема електрична принципова		
				<b><u>Деталі</u></b>		
		1	КАО 7.161.001	Плата друкована	1	
		2	КАО 8.002.001	Прокладка	6	
				<b><u>Стандартні вироби</u></b>		
				<b><u>Інші вироби</u></b>		
				Діоди		
		3		BZV55C3V0	1	VD1
		4		BAT54C	2	VD2, VD3
		5		10BQ015	1	VD4
		6		BAT54C	2	VD5, VD6
		7		10BQ015	1	VD7
		8		60APU02PBF	2	VD8, VD9
		9		<u>Індикатор</u> WG12664A	1	HG1
				<b><u>Кварцові резонатори</u></b>		
		10		HC-49S 10,0МГц	1	ZQ1
<b>КАО 2.087.001</b>						
<b>Змн.</b>	<b>Арк.</b>	<b>№ докум.</b>	<b>Підпис</b>	<b>Дат</b>		
<b>Розроб.</b>		Курило А.О.			<b>Літ.</b>	<b>Арк.</b>
<b>Перевір.</b>		Дедів І.Ю.				<b>Аркушів</b>
<b>Н. Контр.</b>		Марценюк А.С.				1
<b>Затверд.</b>		Дунець В.Л.			ТНТУ, ФПТ, РАс-41	
<b>Рецензент</b>						
Дозиметр						
Друкований вузол						





