

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

Приладобудівний факультет

Кафедра автоматизації та систем неруйнівного контролю

До захисту допущено:

Завідувач кафедри

_____ **Юрій КИРИЧУК**

«__» _____ **2023** р.

**Дипломний проєкт
на здобуття ступеня бакалавра
за освітньо-професійною програмою «Роботизовані і автоматизовані
системи неруйнівного контролю та діагностики»
спеціальності 151 «Автоматизації та систем неруйнівного контролю»
на тему: «Автоматизований портативний радіометр»**

Виконав:

студент IV курсу, групи ПК-91

Півень Назар Олександрович _____

Керівник:

доцент, к.т.н.,

Богдан Галина Анатоліївна _____

Рецензент:

доцент, к.т.н, доцент

Філіппова Марина В'ячеславівна _____

Засвідчую, що у цьому дипломному
проєкті немає запозичень з праць інших
авторів без відповідних посилань.

Студент _____

Київ – 2023 року

ВІДОМІСТЬ ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТУ

№ з/п	Формат	Позначення	Найменування	Кількість листів	Примітка
1	A4	ДП 91.15. 00.000 ПЗ	Пояснювальна записка	67	
2	A1	ДП 91.15. 01.001 Е1	Схема структурна	1	
3	A1	ДП 91.15. 02.002 ЕЗ	Схема електрична принципова	1	
4	A1	ДП 91.15. 03.003 СК	Складальний креслений	1	
5	A1	ДП 91.15. 04.004	Плакат	1	
6	A1	ДП 91.15. 05.005	Плакат	1	

				ДП ПК91 15.000.00				
	ПІБ	Підп.	Дата	Відомість дипломного проекту				
Розробник	ПівеньНІ. О.						Лист	Листів
Керівник	Богдан Г.А.						1	1
Консульт.							КПІ ім. Ігоря Сікорського Каф. АСНК Гр. ПК-91	
Н/контр.								
Зав. каф.	Киричук Ю.В.							

**Пояснювальна записка
до дипломного проєкту
на тему: «Автоматизований портативний радіометр»**

Київ – 2023 року

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
Приладобудівний факультет

Кафедра автоматизації та систем неруйнівного контролю

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

Спеціальність – 151 «Автоматизація та системи неруйнівного контролю»

Освітньо-професійна програма «Роботизовані і автоматизовані системи неруйнівного контролю та діагностики»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ Юрій КИРИЧУК

«__» _____ 20__ р.

ЗАВДАННЯ

на дипломний проєкт студенту

Півню Назару Олександровичу

1. Тема проєкту «Автоматизований портативний радіометр», керівник проєкту Богдан Галина Анатоліївна, кандидат технічних наук, доцент, затверджені наказом по університету від «30» 05 2023р. №2057-с
2. Термін подання студентом проєкту 15.06.2023
3. Вихідні дані до проєкту: Діапазон вимірювань потужності експозиційної дози випромінювання – $1 \div 1000$ мкР/год; тривалість виміру - не більше 36 с; похибка виміру - $\pm 10\%$
4. Зміст пояснювальної записки:
 1. Аналітичний огляд
 2. Вибір та обґрунтування структурної схеми та підбір компонентів
 3. Конструкторська частина

Висновки

Список використаних джерел

5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслеників, плакатів, презентацій тощо)

1 – Схема електрична структурна

2 – Схема електрична принципова

3 – Складальний кресленик

4 – Плакат 1

5 – плакат 2

7. Дата видачі завдання 01.03.2023

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проекту	Термін виконання етапів проекту	Примітка
1	Формулювання завдання проекту	01.03.2023	
2	Проведення аналітичного огляду	01.04.2023	
3	Розробка структурної схеми	21.05.2023	
4	Підбір компонентів	28.05.2023	
5	Розробка креслиників	01.06.2023	

Студент

Назар ПІВЕНЬ

Керівник

Галина БОГДАН

Київ – 2023 року

АНОТАЦІЯ

Дипломний проєкт присвячений розробці портативного радіометра, який забезпечує точне та надійне вимірювання радіаційного поля в реальному часі. У контексті зростаючої важливості радіаційної безпеки, портативний радіометр може стати цінним інструментом для контролю та моніторингу радіаційного стану навколишнього середовища. В проєкті проведено аналіз принципів функціонування портативних радіометрів та існуючих рішень. Досліджено різноманітні типи датчиків для вимірювання радіоактивного випромінювання, а також алгоритми обробки та аналізу даних. Розглядаються потенційні застосування портативного радіометра в галузях ядерної енергетики, медицини, промисловості, екологічного моніторингу та безпеки населення. Основною метою дипломного проєкту є вдосконалення портативного радіометра шляхом оптимізації алгоритмів обробки та аналізу даних, розробки нових типів датчиків та їх інтеграції. Також розглядається можливість розширення функціональних можливостей пристрою, включаючи додаткові параметри вимірювання та можливість безпроводового передавання даних.

Обсяг роботи складається з 67 сторінок (без додатків), 3 розділів, загальних висновків, списку використаної літератури, містить 1 таблицю, 20 рисунків та 16 літературних джерела.

Ключові слова: цифровий вимірювач радіації, неруйнівний контроль, автоматизація.

ABSTRACT

The diploma project is dedicated to the development of a portable radiometer that provides accurate and reliable measurement of radiation fields in real-time. In the context of increasing importance of radiation safety, the portable radiometer can become a valuable tool for monitoring and controlling the radiation environment. The project includes an analysis of the principles of operation of portable radiometers and existing solutions. Various types of sensors for measuring radioactive radiation, as well as data processing and analysis algorithms, are investigated. Potential applications of the portable radiometer in nuclear energy, medicine, industry, environmental monitoring, and population safety are discussed. The main objective of the diploma project is to enhance the portable radiometer by optimizing data processing and analysis algorithms, developing new types of sensors and their integration. Furthermore, the possibility of expanding the device's functionality, including additional measurement parameters and wireless data transmission, is considered.

The work comprises 67 pages (excluding appendices) and consists of three chapters, general conclusions, a list of references, one table, 20 figures, and 16 literature sources.

Keywords: digital radiation meter, non-destructive testing, automation.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ	9
ВСТУП	10
Розділ I АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД	12
1.1. Види радіаційного випромінення	12
1.2. Методи визначення радіаційного стану навколишнього середовища	15
1.3. Огляд існуючих рішень.....	20
1.4. Огляд датчиків для радіометрів	25
1.5. Висновок.....	29
Розділ II. СТРУКТУРНА СХЕМА РАДІОМЕТРА	31
2.1. Вибір і обґрунтування структурної схеми.	
Опис блоків і принципу роботи. Часові діаграми роботи	31
2.2. Датчик і формувач інформаційних сигналів	33
2.3. Формувач лічильних імпульсів	36
2.4. Автогенератор циклу вимірювання	39
2.5. Формувач часу вимірювання	43
2.6. Блок лічильників імпульсів і дешифраторів	44
2.7. Формувачі імпульсів запису та скидання	45
2.8. Блок звукової сигналізації	51
2.9. Блок імпульсної індикації	53
2.10. Блок живлення датчиків	55
2.11. Висновок	60
Розділ III. КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ.....	61
3.1. Розрахунок розміру основних елементів приладу	61
3.2. Підбір матеріалу корпусу приладу.....	62
3.3. Технологія використання	63
3.4. Висновок	64
ЛІТЕРАТУРА	65

					ПК 91.150000.000ПЗ			
Змн.	Ар	№ до	Підпи	Дата				
Розробив	Півень Н..О				Автоматизований портативний радіометр	Літ.	Арк.	Акрушів
Перевір.реві	Богдан Г.А.						8	
Реценз.						ПБФ, ПК-91		
Н. Контр.								
Затверд.	Богдан Г.А.							

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

ДІ — датчик іонізуючих імпульсів

БЖД — блок живлення датчика

ФІ — формувач інформаційних імпульсів

ФЛІ — формувач лічильних імпульсів

ЛЕ — логічний елемент

ГТІ — генератор тактових імпульсів

ФЧВ — формування часу вимірювання

ГЦВ — генератор циклу вимірювання

БІ — блок імпульсної індикації

БЛІ — блок лічильників імпульсів

БДШ — блок дешифраторів

ФІЗ — формувач імпульс запису

ФІС — формувач імпульсу скидання

ФЗС — формувач звукових сигналів

					ПК 91.150000.000ПЗ	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВСТУП

У розвитку сучасної науки і технологій важливу роль відіграють портативні пристрої, які забезпечують зручний та швидкий доступ до інформації та аналізу даних. Однією з таких інноваційних технологій є портативний радіометр, який здатний вимірювати рівень радіоактивного випромінювання в різних середовищах.

Тема даної дипломної роботи полягає у вивченні та дослідженні портативного радіометра з метою забезпечення точного та надійного вимірювання радіаційного поля в реальному часі. Радіаційна безпека є однією з найважливіших проблем сучасного світу, і портативний радіометр може стати незамінним інструментом для контролю та моніторингу радіаційного стану навколишнього середовища.

Ця дипломна робота має на меті розглянути основні принципи функціонування портативних радіометрів, провести аналіз існуючих рішень. У процесі роботи буде вивчено різноманітні типи датчиків для вимірювання радіоактивного випромінювання, а також алгоритми обробки та аналізу даних.

В контексті постійно зростаючих загроз радіаційної безпеки і потреби в швидкій реакції на надзвичайні ситуації, портативний радіометр може знайти широке застосування у таких галузях, як ядерна енергетика, медицина, промисловість, екологічний моніторинг та безпека населення. Завдяки своїй мобільності та здатності до оперативного контролю радіаційного стану, він може допомогти у запобіганні небезпечним ситуаціям та вчасному реагуванні на випадки випромінювання.

Подальші дослідження в цій області можуть включати вдосконалення прототипу портативного радіометра, удосконалення алгоритмів обробки та аналізу даних, розробку нових типів датчиків та їх інтеграцію в пристрій. Крім того, можливе розширення функціональних можливостей пристрою,

					ПК 91.150000.000ПЗ	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

включаючи додаткові параметри вимірювання та можливість безпроводового передавання даних.

					ПК 91.150000.000ПЗ	Арк.
						11
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

РОЗДІЛ І. АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД

1.1 Види радіаційного випромінювання.

Радіаційне випромінювання — це процес, коли енергія випромінюється з радіоактивного матеріалу у вигляді частинок або електромагнітних хвиль. Різні типи радіаційного випромінювання мають різні характеристики та проникну здатність. α -випромінювання (альфа-випромінювання) — це потік частинок, що складаються з двох протонів та двох нейтронів, що відірвалися від ядра атома. Це випромінювання є найменш проникливим та не проникає через навіть тонкі шари матеріалу. Оскільки частинки α -випромінювання мають високу енергію, вони можуть бути небезпечні при потраплянні в організм.

β -випромінювання (бета-випромінювання) — це потік електронів або позитронів, що відірвалися від ядра атома. Це випромінювання може проникати крізь тонкі шари матеріалу, але не проникає через більш товсті шари. Проникність β -випромінювання залежить від енергії електронів або позитронів.

γ -випромінювання (гамма-випромінювання) — це потік електромагнітних хвиль з високою енергією, що випромінюється від ядра атома. Це випромінювання є найбільш проникливим та може проникати через товсті шари матеріалу. Гамма-випромінювання є найбільш небезпечним типом радіаційного випромінювання, оскільки може проникати через тіло людини та викликати пошкодження ДНК.[6]

Проникність радіаційного випромінювання залежить від його типу, енергії та густини матеріалу, через який воно проходить. Тому важливо дотримуватись заходів безпеки при роботі з радіоактивними матеріалами, а також при перебуванні в районах з високим рівнем радіаційного фону.

					ПК 91.150000.000ПЗ	Арк.
						12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

При взаємодії радіаційного випромінювання з матеріалами виникають різні ефекти. Наприклад, коли альфа-частинки зіштовхуються зі зовнішніми електронами в матеріалі, вони втрачають свою енергію та зупиняються. Це призводить до того, що альфа-випромінювання має короткий діапазон проникнення та може бути блоковане навіть шаром повітря.

З іншого боку, гамма-випромінювання може проходити крізь більшість матеріалів, проникаючи в тіло людини та викликаючи радіаційну хворобу. Тому важливо дотримуватись правил безпеки при роботі з радіоактивними матеріалами та перебуванні в зонах з підвищеним рівнем радіаційного фону.[11]

Нарешті, бета-випромінювання має проміжну проникність між альфа- та гамма-випромінюванням. Бета-частинки можуть проходити крізь декілька міліметрів матеріалу, таких як пластик або алюміній, але можуть бути заблоковані товщими шарами матеріалу, такими як свинець.

У загальному, ефективність блокування радіаційного випромінювання залежить від товщини та густини матеріалу, що використовується як екран, а також від типу та енергії випромінювання. Важливо бути обережним та дотримуватись всіх необхідних заходів безпеки при роботі з радіоактивними матеріалами та перебуванні в зонах з підвищеним рівнем радіаційного фону, щоб запобігти можливим наслідкам для здоров'я.[7]

Також важливо зазначити, що різні типи радіаційного випромінювання мають різний ефект на організм людини. Альфа-випромінювання, хоча й має короткий діапазон проникнення, є найбільш небезпечним для здоров'я, оскільки воно може завдати значних пошкоджень тканинам при взаємодії з ними. Гамма-випромінювання, незважаючи на велику проникність, може не завдати великих пошкоджень, але довготривале вплив може призвести до збільшення ризику розвитку раку.

					ПК 91.150000.000ПЗ	Арк.
						13
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

У зв'язку з цим, оцінка ризиків від радіоактивного випромінювання та розробка заходів безпеки є важливими завданнями в ядерній енергетиці, медицині, науці та промисловості, які використовують радіоактивні матеріали та джерела випромінювання. Забезпечення безпеки при взаємодії з радіаційними матеріалами є ключовим для збереження здоров'я та благополуччя людей і навколишнього середовища.

Одним зі способів захисту від радіоактивного випромінювання є використання захисного екрану, який може бути виготовлений з різних матеріалів, таких як свинець, бетон, алюміній та інші.

Свинець є одним з найефективніших матеріалів для захисту від радіоактивного випромінювання. Товщина свинцевого екрану може зменшити рівень випромінювання на 90% або більше, залежно від типу випромінювання. Однак, свинець має велику вагу та високу ціну, тому інші матеріали можуть бути використані як альтернатива.

Бетон також є ефективним матеріалом для захисту від радіоактивного випромінювання, особливо від гамма-випромінювання. Товщина бетонного екрану повинна бути більшою, ніж для свинцевого екрану, але бетон має меншу вагу та вартість, тому може бути вигідним вибором.

Алюміній є менш ефективним матеріалом для захисту від радіоактивного випромінювання порівняно зі свинцем або бетоном, але він має меншу вагу та вартість, тому може бути використаний як альтернатива у випадках, коли необхідний захист від менш інтенсивного випромінювання.

У загальному, вибір матеріалу для захисного екрану залежить від типу та інтенсивності радіаційного випромінювання, доступності та вартості матеріалу, а також від зовнішніх факторів, таких як місцезнаходження та простір.

Окрім захисних екранів, існують інші методи захисту від радіоактивного випромінювання. Наприклад, людина може захистити себе від

					ПК 91.150000.000ПЗ	Арк.
						14
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

радіації, носячи захисний костюм, що виготовлений з матеріалів, які здатні поглинати радіацію.[9]

Крім того, існують різні методи захисту від радіоактивного випромінювання для захисту житлових будівель та інфраструктури. Наприклад, можна встановити захисний екран навколо будівлі, або використовувати спеціальні матеріали, які здатні зменшувати рівень випромінювання.

У випадку аварії на ядерній електростанції, одним з основних методів захисту є евакуація людей з небезпечної зони та забезпечення їх засобами захисту. У цьому випадку, важливо слухати інструкції від офіційних джерел та дотримуватися порад щодо захисту від радіації.

У загальному, захист від радіоактивного випромінювання є важливою темою з точки зору безпеки та здоров'я людей. Природні та штучні джерела радіації можуть мати шкідливий вплив на живі організми, тому важливо дотримуватися заходів захисту та контролювати рівень випромінювання в довкіллі.[10]

1.2 Методи визначення радіаційного стану навколишнього середовища.

Існує кілька методів визначення радіаційного стану навколишнього середовища, де кожен з них має свою суть та характеристики реєстрованого випромінювання. Розрізняють іонізаційний, сцинтиляційний, люмінесцентний, фотографічний та хімічний методи детектування ядерних випромінювань. Ці методи лягли в основу роботи детекторів ядерних випромінювань, які призначені для вирішення різних завдань — від простого виявлення випромінювань до ідентифікації типів випромінювань та виміру параметрів ядерних частинок.

Сцинтиляційний метод визначення радіаційного стану навколишнього середовища полягає в використанні сцинтиляційних детекторів для

					ПК 91.150000.000ПЗ	Арк.
						15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

реєстрації випромінювання. Сцинтиляція — це явище, коли матеріал випромінює світло після взаємодії з іонізуючою радіацією. Це світло може бути зафіксоване сцинтиляційним детектором та оброблене для отримання інформації про радіаційний стан.

Сцинтиляційні детектори складаються з сцинтиляційного матеріалу, який поглинає радіацію та випромінює світло, та фотодетектора, який перетворює світло на електричний сигнал. Сцинтиляційні матеріали можуть бути органічні (наприклад, стирол або пластик) або неорганічні (наприклад, натрійодид або літійфлуорид).

При проходженні радіації через сцинтиляційний матеріал, вона взаємодіє з його атомами, внаслідок чого в матеріалі утворюються електрони та іони. Електрони переходять на вищий енергетичний рівень та потім повертаються на нижчий рівень, випромінюючи світло під час цього процесу. Фотодетектор реєструє це світло та перетворює його на електричний сигнал.

Сцинтиляційний метод може бути використаний для вимірювання різних видів радіації, таких як альфа-, бета- та гамма-випромінювання. Для реєстрації альфа- та бета-випромінювання використовуються сцинтиляційні детектори з тонкими шарами матеріалу, що здатні поглинати ці види радіації, такі як літій-6 або борон. Гамма-випромінювання може бути виявлене за допомогою сцинтиляційних детекторів з більш густим матеріалом, таким як натрійодид.

Одним з переваг сцинтиляційного методу є можливість вимірювання енергії випромінювання, що дозволяє визначити, який вид радіації був виявлений. Крім того, сцинтиляційні детектори можуть бути виготовлені в різних розмірах та конфігураціях, що дозволяє їх використовувати для вимірювання радіації в різних середовищах.

Однак, недоліком сцинтиляційного методу є можливість фонові реєстрації, тобто реєстрації радіації, яка не пов'язана з радіаційними

					ПК 91.150000.000ПЗ	Арк.
						16
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

джерелами, а може бути спричинена звичайними природними процесами або іншими джерелами. Крім того, сцинтиляційні детектори можуть бути вразливими до впливу магнітних полів, що може призвести до похибок в вимірюваннях.

У цілому, сцинтиляційний метод є досить ефективним та поширеним методом визначення радіаційного стану навколишнього середовища, який може бути використаний в різних сферах, включаючи медицину, промисловість та дослідження.

Іонізаційний метод вимірювання радіації полягає в реєстрації електричного заряду, що утворюється під дією іонізуючої радіації. Цей метод заснований на тому, що іонізуюча радіація здатна знімати електрони з атомів та молекул повітря в околі детектора, утворюючи іони і електрон-дірки. Заряджені частинки, що рухаються в детекторі, викликають зміни в електричному полі детектора, що можна зареєструвати.

Іонізаційні детектори можуть бути різних типів, таких як іонізаційні камери, прошаркові камери та кремнієві детектори. Іонізаційні камери — це прилади, які містять повітря або інший газ та електроди, які реєструють електричний заряд, що утворюється під дією радіації. Прошаркові камери схожі на іонізаційні камери, але мають тонкі прошарки матеріалу, що здатні зупинити іонізуючу радіацію, що дозволяє вимірювати енергію випромінювання. Кремнієві детектори використовуються для реєстрації швидких заряджених частинок, таких як електрони та протони.

Одним з переваг іонізаційного методу є те, що він може бути використаний для вимірювання різних типів радіації, включаючи альфа-, бета-, гамма-, та нейтронну радіацію. Крім того, цей метод є досить точним та надійним для вимірювання низьких рівнів радіації.

Однак, іонізаційні детектори мають також свої недоліки. Наприклад, вони можуть бути чутливі до електричного шуму та інших електромагнітних

					ПК 91.150000.000ПЗ	Арк.
						17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

перешкод, що може спотворювати результати вимірювань. Крім того, ці детектори можуть бути важкими та дорогими у виробництві, що робить їх менш доступними для широкого використання.

Іонізаційний метод вимірювання радіації використовується в багатьох галузях, таких як ядерна енергетика, медицина, наука про матеріали та інші галузі, де вимірювання рівня радіації є необхідним для забезпечення безпеки та захисту здоров'я людей та довкілля.

Люмінесцентний метод — це метод вимірювання радіації, який базується на використанні люмінесценції, тобто світіння, яке виникає при взаємодії радіації з матеріалами.

У люмінесцентному детекторі радіації використовуються різні матеріали, здатні до люмінесценції, такі як кристали, скла, пластик та інші. Коли ці матеріали взаємодіють з радіацією, що проникає в них, вони виділяють енергію у вигляді світла.

Для реєстрації світіння використовуються фоточутливі прилади, наприклад, фотодіоди або фотомножники. Фотодіоди здатні перетворювати світловий сигнал в електричний, тоді як фотомножники здатні посилювати сигнал до високих рівнів.

Люмінесцентні детектори радіації мають свої переваги та недоліки. Однією з переваг є те, що вони можуть бути чутливі до низькорівневої радіації, що робить їх корисними для вимірювання радіації в хвильових діапазонах. Крім того, ці детектори можуть бути виготовлені в різних формах і розмірах, що дозволяє їх використовувати в різних областях.

Однак, люмінесцентні детектори мають також свої недоліки. Наприклад, вони можуть бути менш чутливими до високорівневої радіації порівняно з іншими детекторами, такими як іонізаційні детектори. Крім того, вони можуть бути менш точними у вимірюванні енергії радіації.[16]

					ПК 91.150000.000ПЗ	Арк.
						18
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Фотографічний метод — це один з найстаріших методів вимірювання радіації, який базується на здатності плівки чи іншого світлочутливого матеріалу реагувати на дію радіації.

У фотографічному методі, зазвичай використовують чорно-білу фотоплівку, яка вкривається захисними шарами для зменшення впливу зовнішніх факторів. Після того, як плівку викладають на дію радіації, вона обробляється хімічними реагентами, які здатні підсилити зображення.

Фотографічні методи можуть використовуватися для вимірювання різних видів радіації, включаючи альфа-, бета- та гамма-випромінювання. Вони зазвичай застосовуються для вимірювання дози радіації на поверхні об'єктів, таких як стіни будівель, металеві поверхні, і т.д.

Однією з переваг фотографічного методу є те, що він може використовуватися для отримання візуального зображення, яке дозволяє визначити місця концентрації радіації, а також її дозу. Крім того, використання фотоплівки дозволяє зберегти результати вимірювання для подальшого аналізу.

Проте, фотографічний метод також має свої недоліки. Наприклад, для отримання якісного зображення необхідно застосовувати чорно-білу плівку та здійснювати її обробку, що може займати значний час. Крім того, фотографічні методи можуть бути менш чутливими до низькорівневої радіації порівняно з іншими методами.

Хімічний метод визначення радіаційного стану ґрунтується на зміні хімічного складу матеріалу під впливом випромінювання. Зміна складу може бути виявлена через аналіз зразків на наявність радіонуклідів, що з'являються в результаті взаємодії випромінювання з матеріалом.

Наприклад, для визначення рівня радіоактивного забруднення ґрунту використовують метод атомно-абсорбційної спектрофотометрії. У цьому методі зразок ґрунту змішується з хімічним розчинником, який допомагає

					ПК 91.150000.000ПЗ	Арк.
						19
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

виділити радіонукліди зі зразка. Далі, за допомогою спектрофотометра, аналізується поглинення світла радіонуклідами, що дозволяє визначити їх кількість у зразку.

Інший метод хімічного аналізу полягає у використанні геліоскопів, які складаються з рідинних або газових елементів, здатних змінювати свій хімічний склад під впливом радіоактивного випромінювання. Геліоскопи можуть бути використані для вимірювання рівня радіації в промислових приміщеннях, лабораторіях та інших місцях з підвищеним рівнем радіації.

Хімічний метод може бути ефективним для визначення довготривалого радіоактивного забруднення, але він не дозволяє вимірювати миттєві рівні радіації. Крім того, цей метод може бути витратним і часомірним, оскільки вимагає хімічної підготовки зразків та їх подальшого аналізу в лабораторії.

1.3 Огляд існуючих рішень.

На ринку існує декілька моделей портативних радіометрів, які можуть використовуватися для вимірювання рівня радіації в різних умовах.

Один з найефективніших портативних радіометрів на даний момент — це радіометр **Fluke 481** (Рисунок 1.1). Він має широкий діапазон вимірювання, високу точність, зручний інтерфейс та може використовуватися для вимірювання різних типів радіації, включаючи альфа-, бета- та гамма-випромінювання.

Радіометр Fluke 481 — це портативний прилад для вимірювання рівня радіації. Він використовується в широкому спектрі застосувань, включаючи вимірювання радіоактивного забруднення на виробничих майданчиках, контроль ядерної енергетики та медичну діагностику.

Fluke 481 має великий діапазон вимірювання — від 0,01 мкЗв/год до 10 Зв/год, що дозволяє вимірювати рівні радіації в широкому діапазоні умов.

					ПК 91.150000.000ПЗ	Арк.
						20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Прилад використовує різні типи датчиків для вимірювання різних типів радіації, включаючи гамма-, бета- та альфа-частинки.

Fluke 481 має високу точність вимірювання, що дозволяє довіряти результатам вимірювань. Прилад також має зручний інтерфейс та користування. Його можна легко програмувати для відповідності до конкретних вимог замовника.

Одним з головних недоліків Fluke 481 є висока вартість, порівняно з іншими портативними радіометрами. Однак, якщо точність та широкі можливості вимірювань є важливими факторами для вашої роботи, то ця вартість може бути виправдана.

У загальному, Fluke 481 є одним з найефективніших та надійних радіометрів на ринку, який здатний задовольнити потреби різних галузей промисловості та медицини.

Плюси:

- Великий діапазон вимірювання;
- Висока точність вимірювання;
- Зручний інтерфейс та користування;
- Може використовуватися для вимірювання різних типів радіації.

Мінуси:

- Відносно висока вартість порівняно з іншими портативними радіометрами.



Рисунок 1.1 — Fluke 481

					ПК 91.150000.000ПЗ	Арк.
						21
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Іншим ефективним портативним радіометром є **RAD-60 Personal Alarming Dosimeter** (Рисунок 1.2). RAD-60 Personal Alarming Dosimeter — це портативний радіометр, який призначений для вимірювання рівня радіації та виявлення потенційно небезпечних доз радіації. Він використовується в широкому спектрі застосувань, включаючи ядерну енергетику, медицину та промисловість.

RAD-60 має компактний дизайн та легко поміщається в кишеню або на поясному ремені. Прилад вимірює рівень дози радіації, швидкість дози та час вимірювання. Він також має можливість автоматичної або ручної калібрування.

RAD-60 використовує технологію "лічильника гейгера-мюллера", що дозволяє вимірювати рівень радіації в широкому діапазоні від 0,01 мкЗв/год до 10 Зв/год. Прилад також має вбудований датчик для вимірювання бета- та гамма-випромінювання.

Одним з основних переваг RAD-60 є його низька вартість, порівняно з іншими портативними радіометрами. Прилад також має досить довгий термін служби батарейки, який становить близько 10 000 годин роботи.

Однак, RAD-60 має обмежені можливості вимірювання порівняно з деякими іншими радіометрами на ринку. Наприклад, його точність вимірювання не є такою високою, як у деяких інших приладів. Також, RAD-60 не має можливості збереження даних в пам'яті приладу.

У загальному, RAD-60 Personal Alarming Dosimeter є доступним та зручним портативним радіометром, який може використовуватися в різних умовах для вимірювання рівня радіації та виявлення потенційно небезпечних доз радіації. Він підходить для використання як для професійних, так і для некваліфікованих користувачів, які мають базові знання про радіацію та безпеку.

					ПК 91.150000.000ПЗ	Арк.
						22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Плюси:

- Може використовуватися як особистий дозиметр для вимірювання рівня радіації в реальному часі;
- Широкий діапазон вимірювання;
- Зручний інтерфейс та користування.

Мінуси:

- Обмежені можливості вимірювання різних типів радіації порівняно з Fluke 481;
- Немає можливості збереження результатів вимірювання на довгий термін.



Рисунок 1.2 — RAD-60 Personal Alarming Dosimeter

Terra-P (Рисунок 1.3) — це портативний радіометр, розроблений компанією Ecotest, який використовується для вимірювання рівня радіації та виявлення радіоактивного забруднення в різних середовищах. Цей радіометр є досить надійним та точним приладом, який може застосовуватись як професійними радіологами, так і непрофесійними користувачами.

Основні характеристики Terra-P включають можливість вимірювання дози еквівалентної дози іонізуючого випромінювання (ІВ) та дози еквівалентної дози гамма-випромінювання (ГВ) в режимі реального часу. Крім того, він може вимірювати повітряну дозу еквівалентної дози ІВ та ГВ. Terra-P також оснащений можливістю вимірювання рівня радіації в 1 секунду, 10 секунд і 1 хвилину.

Terra-R має вбудований гамма-спектрометр, який дозволяє визначати тип та енергію радіоактивного випромінювання, а також вимірювати рівні радіоактивних ізотопів у зразках середовища. Крім того, він оснащений вбудованою пам'яттю для зберігання результатів вимірювань, що дозволяє проводити аналіз даних після їх збору.

Одним з головних переваг Terra-R є те, що він є портативним та зручним для використання в полі. Він також має низьку вартість, порівняно з іншими професійними радіометрами, що робить його доступним для широкого кола користувачів. Однак, з недоліків можна виділити обмежений діапазон вимірювань, що залежить від моделі, та меншу точність в порівнянні з професійними радіометрами. Крім того, Terra-R не має можливості вимірювання дози еквівалентної дози бета-випромінювання, що може бути важливим для деяких досліджень.

Таким чином, Terra-R є хорошим варіантом для непрофесійних користувачів, які потребують надійного та точного радіометра для вимірювання рівня радіації в різних середовищах. Він також може бути корисним для професійних радіологів, які шукають більш доступний варіант радіометра для використання в полі. Однак, для більш точних та спеціалізованих досліджень, може бути необхідно використовувати більш професійні та дорогі радіометри.

Плюси:

- Може використовуватися для вимірювання радіації в різних середовищах, включаючи воду, повітря та ґрунт;
- Велика точність вимірювання;
- Компактний розмір.

Мінуси:

- Обмежені можливості вимірювання різних типів радіації порівняно з Fluke 481;

					ПК 91.150000.000ПЗ	Арк.
						24
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

– Обмежені можливості вимірювання високих рівнів радіації порівняно з іншими радіометрами, призначеними для цієї мети.

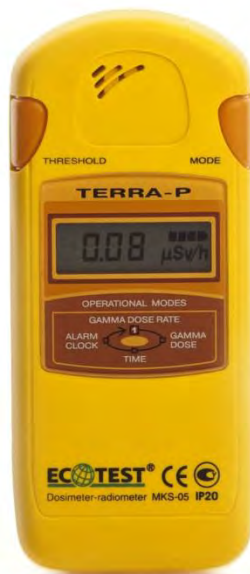


Рисунок 1.3 — Terra-P

1.4 Огляд датчиків для радіометрів.

Радіометри — це прилади, які вимірюють рівень радіоактивності. Для цього вони використовують датчики, які реагують на випромінювання. Основними типами датчиків для радіометрів є:

Газові пропорційні лічильники — це тип датчиків, які вимірюють рівень радіоактивності. Вони складаються з робочої камери з газовим середовищем, яке реагує на радіоактивне випромінювання. Коли випромінювання вступає в контакт з газом, він іонізує його, створюючи пару електронів і іонів. Електрони, що рухаються в камері, збивають інші електрони, в результаті чого створюється електричний сигнал, який можна виміряти.

					ПК 91.150000.000ПЗ	Арк.
						25
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Основною перевагою газових пропорційних лічильників є їх висока чутливість до радіоактивного випромінювання, а також широкий діапазон вимірювання. Вони можуть вимірювати рівень радіоактивності від дуже низького до дуже високого.

Проте, у газових пропорційних лічильниках є деякі недоліки. Наприклад, вони чутливі до рівня температури та вологості. Також, вони можуть давати хибні результати в присутності інших типів випромінювання, таких як космічне випромінювання. Крім того, газові пропорційні лічильники важкі та не підходять для переноски.

Тому, при виборі датчика для радіометра, потрібно розглядати різні фактори, такі як чутливість, діапазон вимірювання, портативність та точність вимірювань, і обирати той, який найкраще підходить для певної ситуації.

Сцинтиляційні датчики — це тип датчиків, які використовуються для вимірювання рівня радіоактивності. Вони працюють на основі ефекту сцинтиляції, який полягає в тому, що під впливом радіоактивного випромінювання речовина випромінює світло.

Сцинтиляційний датчик складається зі сцинтиляційного матеріалу, який випромінює світло, коли його попадає радіоактивне випромінювання. Це світло збирається за допомогою фоточутливого елемента, такого як фотодіод або фотопомножувач, і перетворюється на електричний сигнал. Сцинтиляційні датчики можуть бути органічними, наприклад, складатися з пластмас, або неорганічними, наприклад, складатися з кристалів.

Основною перевагою сцинтиляційних датчиків є їх висока чутливість до радіоактивного випромінювання, а також висока точність вимірювань. Вони можуть вимірювати рівень радіоактивності від дуже низького до дуже високого. Також, сцинтиляційні датчики можуть бути портативними та використовуватися на місці вимірювань.

					ПК 91.150000.000ПЗ	Арк.
						26
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Проте, у сцинтиляційних датчиках є деякі недоліки. Наприклад, вони можуть бути чутливими до шумів та фонового випромінювання, що може давати неточні результати. Крім того, вони можуть бути дорогими та складними в обслуговуванні, зокрема, неорганічні кристалічні датчики можуть вимагати спеціальних умов зберігання.

Тому, при виборі датчика для радіометра, потрібно враховувати різні фактори, такі як тип радіоактивного випромінювання, діапазон вимірювань, чутливість, точність та ціна. Наприклад, якщо необхідно вимірювати великі дози радіації, то можна використовувати газові лічильники. Якщо ж необхідна висока точність вимірювань при низьких дозах радіації, то краще використовувати сцинтиляційні датчики.

Загалом, сцинтиляційні датчики є одним з найбільш ефективних та універсальних типів датчиків для вимірювання радіоактивності, які використовуються в багатьох галузях, включаючи ядерну енергетику, медицину, наукові дослідження та промисловість. Важливо враховувати особливості та переваги різних типів датчиків, щоб вибрати найбільш підходящий для конкретного застосування.

Тверді детектори — це тип датчиків, які використовуються для вимірювання радіаційної активності. Вони зазвичай виготовляються з напівпровідникових матеріалів, таких як кремній, германій або кадмієвий телурід.

Основним принципом роботи твердих детекторів є взаємодія радіаційного випромінювання з напівпровідниковим матеріалом. Якщо радіаційне випромінювання проходить через матеріал детектора, то воно може спричинити виникнення пари електрон-дірка в матеріалі. Залежно від типу детектора та властивостей матеріалу, це може призвести до зміни електричних властивостей матеріалу.

					ПК 91.150000.000ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		27

Один з найбільш поширених типів твердих детекторів — це кремнієві детектори. Кремнієві детектори мають високу чутливість до радіації та дуже точні результати вимірювань. Вони також дуже швидкодіючі, що дозволяє вимірювати високі рівні радіації в режимі реального часу.[13]

Інший тип твердих детекторів — це германієві детектори. Германієві детектори мають високу чутливість до низькоенергетичної радіації та дуже точні результати вимірювань, але вони досить дорогі та важкі у використанні.

Тверді детектори використовуються в багатьох галузях, включаючи наукові дослідження, медицину та промисловість. Вони зазвичай застосовуються для вимірювання радіації з високими енергіями, таких як гамма-випромінювання.

Мікропроцесорні датчики — це датчики, які використовують мікропроцесори для обробки даних з сенсорів та надання результатів вимірювань. Ці датчики можуть вимірювати різні параметри, включаючи температуру, вологість, тиск, рівень світла, відстань та багато іншого.

Основними компонентами мікропроцесорного датчика є сенсор, аналого-цифровий перетворювач (ADC) та мікропроцесор. Сенсор відповідає за вимірювання параметрів та генерацію сигналу, який подається на вхід ADC. ADC перетворює аналоговий сигнал, який генерується сенсором, в цифровий формат, який може бути оброблений мікропроцесором. Мікропроцесор обробляє цифрові дані з ADC та розраховує результати вимірювань, які потім можуть бути передані до комп'ютера або іншого пристрою за допомогою різних інтерфейсів.

Мікропроцесорні датчики мають декілька переваг порівняно з іншими типами датчиків. Вони забезпечують високу точність вимірювань, оскільки мікропроцесор може проводити додаткову обробку даних для компенсації некоректної роботи сенсора або вимірювання додаткових параметрів. Крім

того, мікропроцесорні датчики можуть бути програмовані для різних застосувань та можуть бути легко налаштовані та змінені в залежності від потреб користувача [15, 16]

1.5 Висновок.

Висновок щодо того, який метод вимірювання радіації є найбільш перспективним, залежить від багатьох факторів, таких як тип радіації, потужність джерела, частота вимірювання та інші параметри.

Однак, серед різних методів вимірювання радіації, сцинтиляційний метод може бути дуже перспективним. Сцинтиляційні детектори мають високу чутливість до радіації і можуть вимірювати різні типи радіації, включаючи гамма-, бета- та альфа-частинки.

Напівпровідникові детектори також є ефективними для вимірювання радіації, але вони мають деякі обмеження, зокрема, вони менш чутливі до низькоенергетичної радіації, і вони можуть бути більш вразливі до пошкоджень внаслідок високих рівнів радіації.

Крім того, сцинтиляційний метод має перевагу перед іншими методами, такими як іонізаційні камери або термолюмінесцентні детектори, оскільки він може вимірювати як дозові, так і дозові еквіваленти, що є важливим для оцінки ризиків впливу радіації на здоров'я людини.

У сцинтиляційних детекторах використовуються сцинтиляційні кристали, які при попаданні на них радіації випромінюють світло, що потім можна виміряти і перетворити на сигнал про дозу радіації. Напівпровідникові детектори, з іншого боку, використовують природні напівпровідники, які здатні виділяти електричний заряд при попаданні на них радіації.

Однак, вибір між сцинтиляційними та напівпровідниковими детекторами залежить від конкретного завдання та умов дослідження.

					ПК 91.150000.000ПЗ	Арк.
						29
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Наприклад, якщо вимірювання пов'язані з низькоенергетичною радіацією або потрібні точні вимірювання малих доз, напівпровідникові детектори можуть бути кращим вибором. Однак, якщо вимірювання пов'язані з великими дозами, широким діапазоном енергій чи різноманітними типами радіації, сцинтиляційні детектори можуть бути більш підходящим варіантом.

Отже, при виборі датчика для вимірювання радіації необхідно враховувати багато чинників, таких як тип радіації, потужність джерела, точність вимірювань та інші параметри. Сцинтиляційні детектори є перспективним в цілому, оскільки вони можуть вимірювати різні типи радіації, включаючи гамма-, бета- та альфа-частинки, а також можуть вимірювати як дозові, так і дозові еквіваленти. Крім того, сцинтиляційні детектори можуть працювати в широкому діапазоні енергій та мають високу чутливість, що дозволяє вимірювати як малі, так і великі дози.

Однак, при використанні сцинтиляційних детекторів необхідно враховувати деякі недоліки, такі як певні ефекти нелінійності та перенасичення, що можуть впливати на точність вимірювань високих доз. Крім того, сцинтиляційні детектори можуть бути досить складними та дорогими в експлуатації та обслуговуванні порівняно з напівпровідниковими детекторами.

Отже, при виборі методу та датчика для вимірювання радіації необхідно враховувати конкретні потреби та умови дослідження. Однак, у загальному, сцинтиляційний метод та сцинтиляційні детектори можуть бути перспективним варіантом завдяки їх високій чутливості та здатності вимірювати різні типи радіації та дози.

					ПК 91.150000.000ПЗ	Арк.
						30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розділ II. СТРУКТУРНА СХЕМА РАДІОМЕТРА

2.1 Вибір і обґрунтування структурної схеми. Опис блоків і принципу роботи. Часові діаграми роботи.

Відповідно до завдання розроблено структурну схему портативного цифрового радіометра, наведену на рисунку 2.1

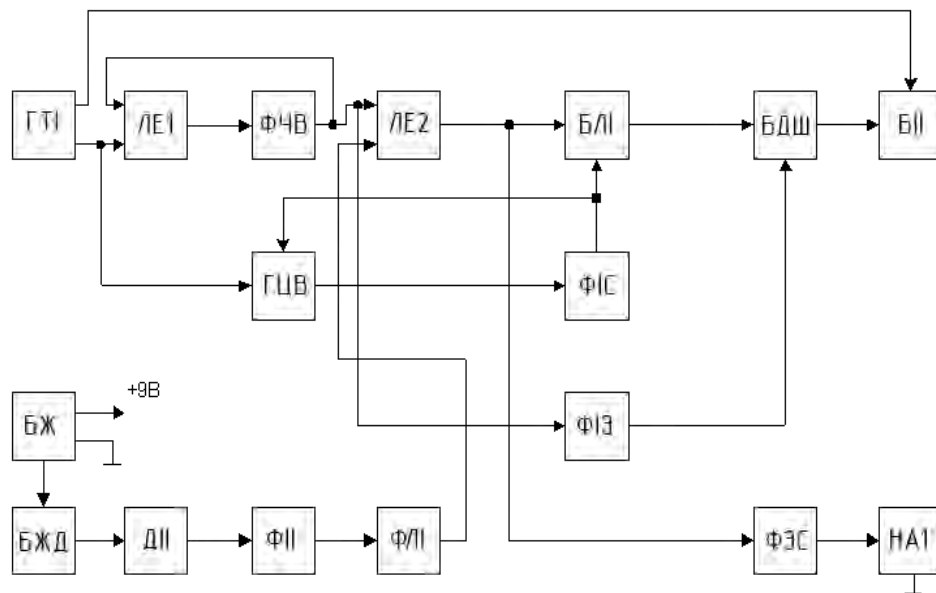


Рисунок 2.1 — Структурна схема цифрового радіометра

На датчик іонізуючих імпульсів (ДІІ) подається напруга 400В з блока живлення датчика (БЖД). Сигнал з ДІІ надходить на формувавч інформаційних імпульсів (ФІІ), імпульси різної тривалості надходять на формувавч лічильних імпульсів (ФЛІ). Сформовані імпульси тривалістю 5мкс надходять на логічний елемент (ЛЕ2).

Генератор тактових імпульсів (ГТІ) подає імпульси з частотою 1 Гц через логічний елемент (ЛЕ1) на блок формування часу вимірювання (ФЧВ), на блок генератора циклу вимірювання (ГЦВ), та імпульси з частотою 128 Гц на блок імпульсної індикації (БІ).

Час вимірювання становить 30с, сформовані за цей час імпульси надходять на блок лічильників імпульсів (БЛІ), потім імпульси надходять на блок дешифраторів (БДШ). З БДШ імпульси надходять на блок імпульсної індикації БІ.

Після 30с часу вимірювання формується імпульс запису на блоці формувач імпульс запису (ФІЗ), потім імпульс надходить на БДШ.

Час індикації становить 40с, по закінченню 40с з блоку ГЦІ надходить імпульс на блок формувача імпульсу скидання (ФІС), який обнуляє всі лічильники.

До структурної схеми також входить формувач звукових сигналів (ФЗС) [14, 15, 16]. Під час підрахунку імпульсів будуть чути короткі клацання, по закінченню підрахунку буде чути тональний звук.

Часові діаграми роботи портативного цифрового радіометра подано на рисунку 2.2.

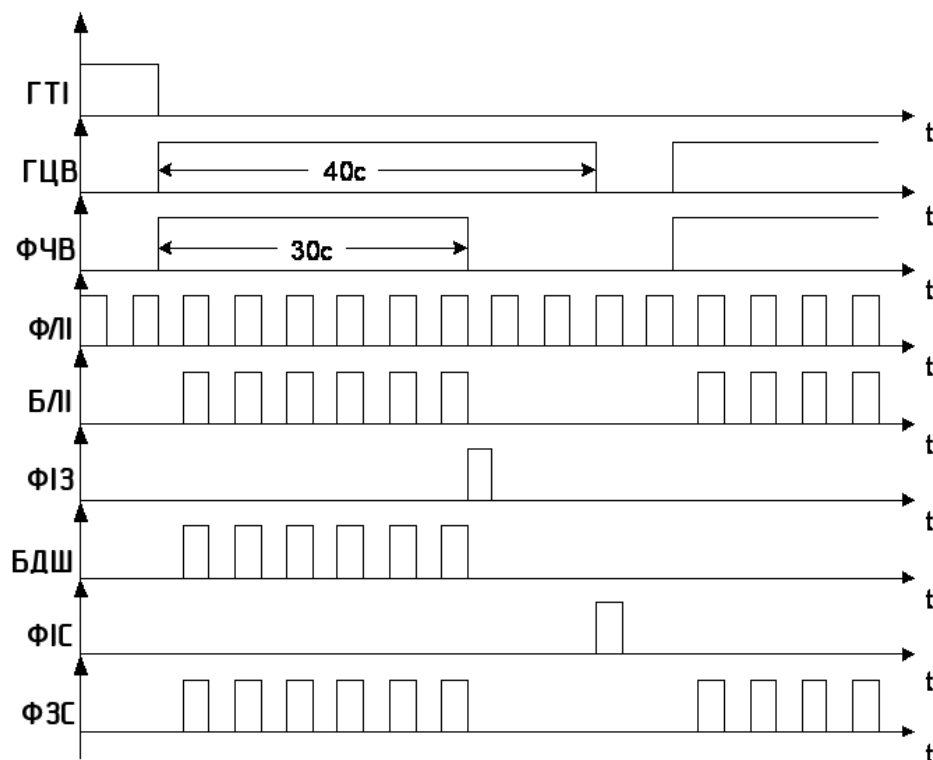


Рисунок 2.2 — Часові діаграми роботи цифрового радіометра

2.2 Датчик і формувач інформаційних сигналів.

Блоки детектування іонізуючих випромінювань належать до електронних пристроїв, основне призначення яких полягає у забезпеченні процесу взаємодії потоку частинок іонізуючого випромінювання з певним фізичним середовищем - детектором випромінювання, та у перетворенні актів взаємодії в електричні сигнали, що можуть бути зареєстровані та оброблені відповідною вимірювальною апаратурою. Відповідно до призначення, блок, що містить детектор випромінювання та формувач електричних сигналів на виході, схему, передавальну характеристику та часові діаграми роботи якого наведено на рисунку 2.3.

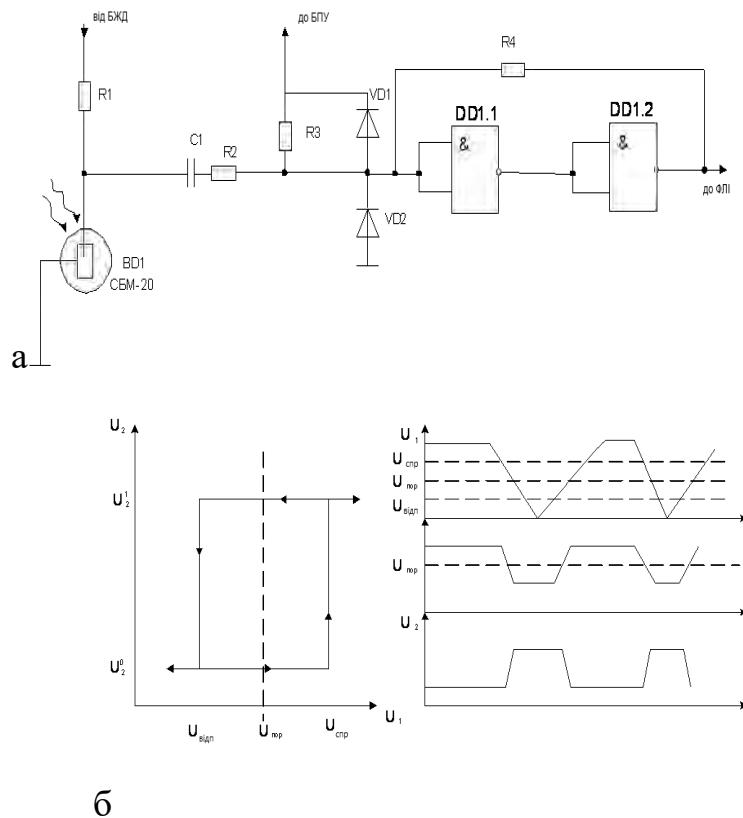


Рисунок 2.3 — Датчик і формувач інформаційних сигналів а – схема пристрою; б – передатна характеристика тригера Шмітта; в – часові діаграми.

Однією з найважливіших характеристик лічильника Гейгера є залежність його радіаційної чутливості від енергії ("жорсткості") іонізуючих частинок, у зв'язку з чим при напрузі живлення датчика VD1, що дорівнює 400 В, у режимі іонізації перепад потенціалу на аноді досягає значення щонайменше В. Саме ця обставина викликала необхідність включити у схему діодний обмежувач напруги на приладах VD1, VD2 типу КД102А, що забезпечує необхідну амплітуду інформаційних сигналів не більше ніж +9 В.

Як анодне навантаження датчика VD1 використано резистор R1 типу С2-33-0,125 47 МОм ±5%; розділовим конденсатором є елемент С1 типу КД2М 10пФ ±5% 630В.[3]

Функціональним призначенням діляника напруги на резисторах R2, R3 є формування потенційних рівнів логічної одиниці та логічного нуля, сумісних з основними параметрами застосовуваних інтегральних мікросхем серії К176, К561. У режимі спокою на вході DD1.1 діє рівень $U^1 = 9$ В, у динамічному режимі рівень логічного нуля U^0 визначається співвідношенням.

$$U^0 = U_n \cdot \frac{R_2}{R_3 + R_2} \quad (2.1)$$

За обраного резистора R3 типу С2-33-0,125 3,3 МОм ±5%; та номінального значення $U^0 = 0,3$ В з (2.1) знаходимо

$$R_2 = \frac{R_3}{\frac{U_n}{U^0} - 1} \quad (2.2)$$

$$R_2 = \frac{3,3 \cdot 10^6}{\frac{9}{0,3} - 1} = 120 \cdot 10^3 \text{ Ом}$$

					ПК 91.150000.000ПЗ	Арк.
						34
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Приймаємо резистор R2 типу С2-33-0,125 120 кОм ±5%.

За вхідного імпульсного сигналу з пологим фронтом і спадом, що характерно для вихідної напруги датчика ВD1, імпульси на виході логічного елемента, що формує, не будуть прямокутними, тому що деякий час ключова схема перебуватиме в підсилювальному режимі. Крім того, на фронті та спаді вихідного імпульсу будуть присутні підсилювальні завади, які надходять у пристрій по ланцюгу живлення.

Інформаційний імпульс із зашумленим і несформованим фронтом і спадом непридатний для перемикання тактових входів тригерів, регістрів, лічильників.

Підвищення коефіцієнта посилення за напругою формувача до 1000 разів і більше завдяки послідовному ввімкненню кількох буферних елементів не дають точної прив'язки моменту перемикання до певного порогового рівня вхідного імпульсу. У такому разі застосуємо так звану схему тригера Шмітта на елементах DD1.1, DD1.2, що складається з двокаскадного підсилювача, охопленого слабким позитивним зворотним зв'язком за допомогою резисторів R2, R4. Вихідний сигнал такого тригера Шмітта має круті імпульсні перепади, тривалість яких не залежить від швидкості наростання або спаду вхідного сигналу (див. рис. 4.1,в).

Імпульсні перепади відповідають у часі моменту, коли вхідний сигнал U_1 перевищує напругу спрацьовування $U_{спр}$ і стає меншим за напругу відпускання $U_{відп}$ при цьому

$$U_{спр} = U_{пор} + (U_{пор} - U_2^1) \cdot R_2 / R_4 \quad (2.3)$$

$$U_{відп} = U_{пор} + (U_{пор} - U_2^0) \cdot R_2 / R_4 \quad (2.4)$$

де $U_{пор}$ — порогова напруга логічного елемента DD1.1;

U_2^0, U_2^1 — вихідні рівні напруги елемента DD1.2 у стані відповідно логічних нуля та одиниці.

Зі співвідношення (2.3) і (2.4) за порогової напруги $U_{пор} 4,5 В$, прийнятої ширини петлі гістерезису $\Delta U = U_{спр} - U_{випл} = 0,4 В$, обраного елемента R2 знаходимо

$$\frac{\Delta U_2}{\Delta U_1} = 1 + \frac{R_4}{R_2} \quad (2.5)$$

звідки з урахуванням $\Delta U = 8 В, \Delta U = 0,4 В$ знаходимо $R_4 = 2,4 МОм$, при цьому приймаємо R4 типу С2-33-0,125 2,4 МОм $\pm 5\%$.

2.3 Формувач лічильних імпульсів.

Для керування КМОП мікросхемами необхідно $t_i \geq 250 нс$, де t_i — тривалість імпульсу. за допомогою формувача лічильних імпульсів формуються імпульси певної тривалості.

Як формувач лічильних імпульсів обрано одновібратор, схема якого наведена на рисунку 2.4.

У вихідному стійкому режимі DD1.1 перебуває в нульовому стані. Як і в інших інтегральних пристроях, вхідна напруга DD1.2 визначається падінням напруги на опорі резистора R від струму I_{ex}^0 . Ця напруга дорівнює добутку вхідного струму низького рівня та опорі резистора. Якщо ця напруга менша за порогову $U_{пор}$, то вихідна напруга DD1.2 відповідає рівню логічної одиниці.

ціальним законом зменшується напруга на вході DD1.2 і в момент дорівнює цій напрузі порогової DD1. 2 перемикається у вихідний одиничний стан, викликаючи за одиничного рівня сигналу від ФП перемикання в нульовий стан елемента DD1.1. Конденсатор, який зарядився, досить швидко розряджається через малий вихідний опір DD1.1 і відкритий діод VD, водночас на вході DD1.2 діють викиди напруги негативної полярності, амплітуда якого обмежується прямим падінням напруги на діоді.

З огляду на те, що на етапі розряду конденсатора вхідна напруга DD1.2 має негативну полярність, то на цьому інтервалі стан DD1.2 не зміниться, його вихідна напруга продовжує залишатися рівною одиниці.

Основні параметри логічних елементів серії K561ЛА7:

$$I_{\text{вх}}^0 = 0,1 \text{ мкА}; \quad I_{\text{вх}}^1 = 0,1 \text{ мкА};$$

$$U_{\text{вих}}^0 = 0,3 \text{ В}; \quad U_{\text{вих}}^1 = 8,2 \text{ В};$$

$$t_{\text{зад}}^{1,0} = 200 \text{ нс}; \quad t_{\text{зад}}^{0,1} = 200 \text{ нс};$$

З урахуванням основних параметрів логічних елементів формувача лічильних імпульсів виконуємо розрахунок схеми. Для цього задамося тривалістю імпульсу, виходячи із затримки інтегральних мікросхем K176 серії, на які подаються імпульси, $t_u = 5 \text{ мкс}$.

Вибираємо опір резистора $R = 510 \text{ кОм}$.

Відповідно до співвідношення (4.6) знаходимо напругу U_R

$$U_R = 510 \cdot 10^3 \cdot 0,1 \cdot 10^{-6} = 0,051 \text{ В}$$

З формули (4,7) знаходимо C

$$C = 5 \cdot 10^{-6} / ((10^3 + 510 \cdot 10^3) \cdot \ln \frac{8,2 - 0,3 + 0,051}{4,5}) = 1,79 \cdot 10^{-11} \text{ Ф}$$

На малюнку 2.5 показано часові діаграми роботи ФЛП.

					ПК 91.150000.000ПЗ	Арк.
						38
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

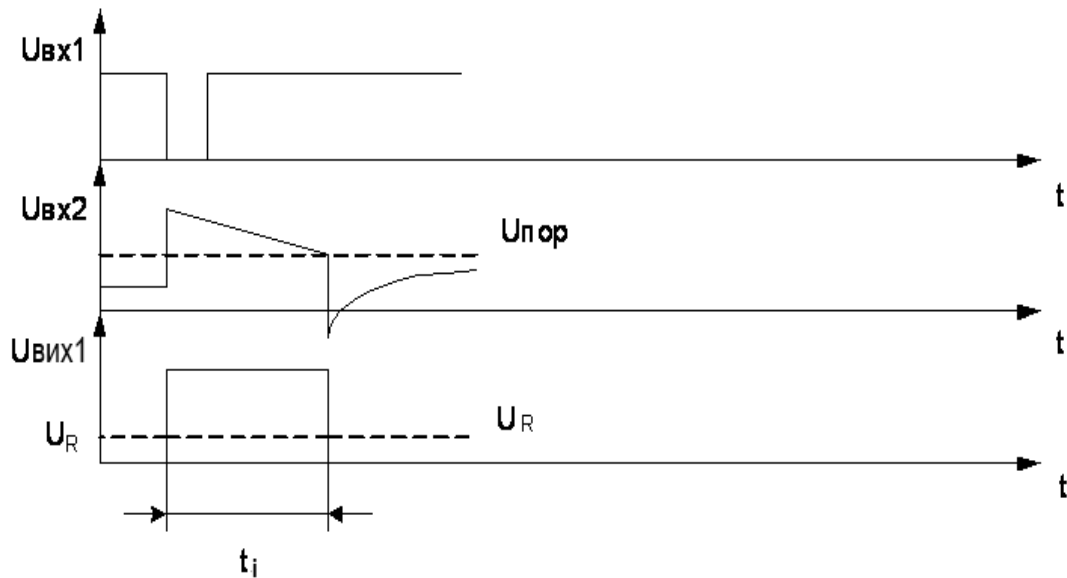


Рисунок 2.5 — Часові діаграми роботи ФЛІ

Приймаємо резистор R типу С2-33-0,125 510 кОм $\pm 5\%$, конденсатор С типу КМ-20 пФ $\pm 5\%$, діод VD типу КД 512А.

2.4 Автогенератор циклу вимірювання.

Повний час одного циклу становить 40 с, до якого входить час вимірювання дози радіації та час індикації. Після 40 с відбувається оновлення інформації. Нижче на рисунку 2.6 показано схему автогенератора циклу вимірювання.

Секундні імпульси генератора тактових імпульсів (ГТІ) надходять на вхід CN лічильника DD2. У вихідному стані на виході 3 елемента DD4.1 формується рівень логічної одиниці, на виході 4 елемента DD4.2 формується рівень логічного нуля. Після 40 с на виході 3 DD4.1 формується рівень логічного нуля, на виході 4 елемента DD3.2 встановлюється рівень логічної одиниці. З виходу 4 елемента DD4.2 сигнал іде на формувач імпульсу скидання (ФІС).

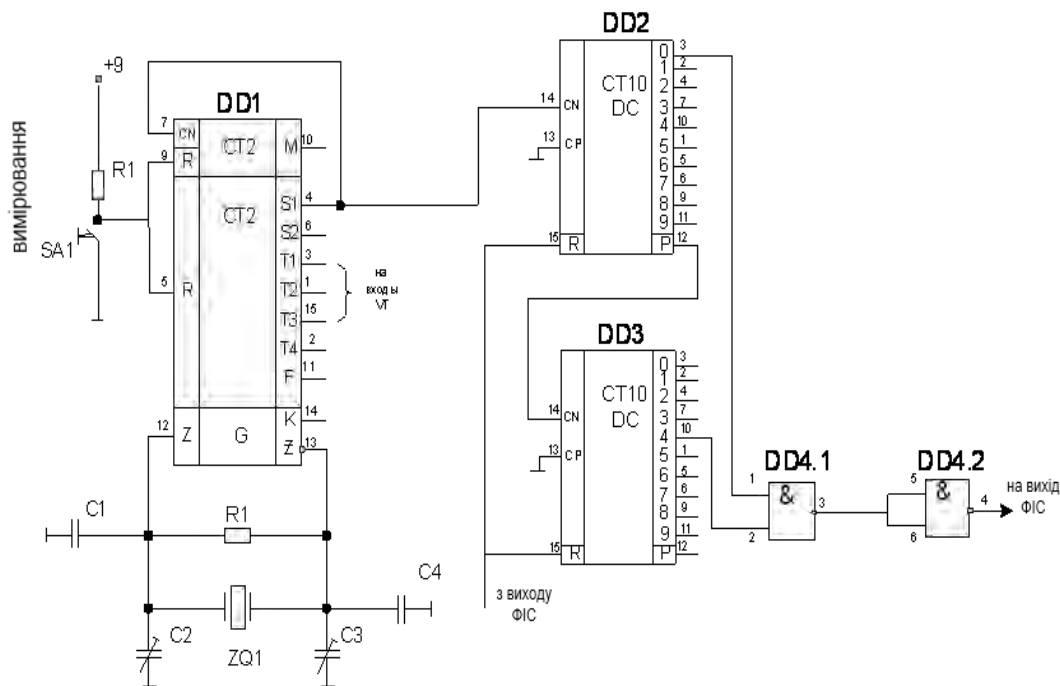


Рисунок 2.6 — Схема автогенератора циклу вимірювання

Автогенератор виконано на мікросхемах серії K176IE8, K176IE12, і на двох логічних елементах І-НЕ, що входять в один корпус K561ЛА7.

Мікросхема K176IE12 DD1 містить два двійкові лічильники дільника і генераторну частину. Генератор стабілізується кварцовим резонатором 32768 Гц, який разом із супутніми деталями замикає ланцюг зворотного зв'язку внутрішнього генератора. Секундні мітки дає дільник на 216 на своєму виході S1. На виході S2 формується частота сигналу 2 Гц. Дільник виробляє сигнал $F=1024$ Гц. На виходах T1 - T4 слідує імпульси частотою 128 Гц зі шпаруватістю $Q=4$, як показано на малюнку 2.7.

Резистор R1 типу C2-33-0,125 22Мом $\pm 5\%$. Конденсатор C3 типу КМ-5 15 Ф $\pm 5\%$ призначений для грубого налаштування частоти, C2 типу КМ-5 10 Ф $\pm 5\%$ — для точного. У більшості випадків конденсатор C4 може бути вимкненим.[2]

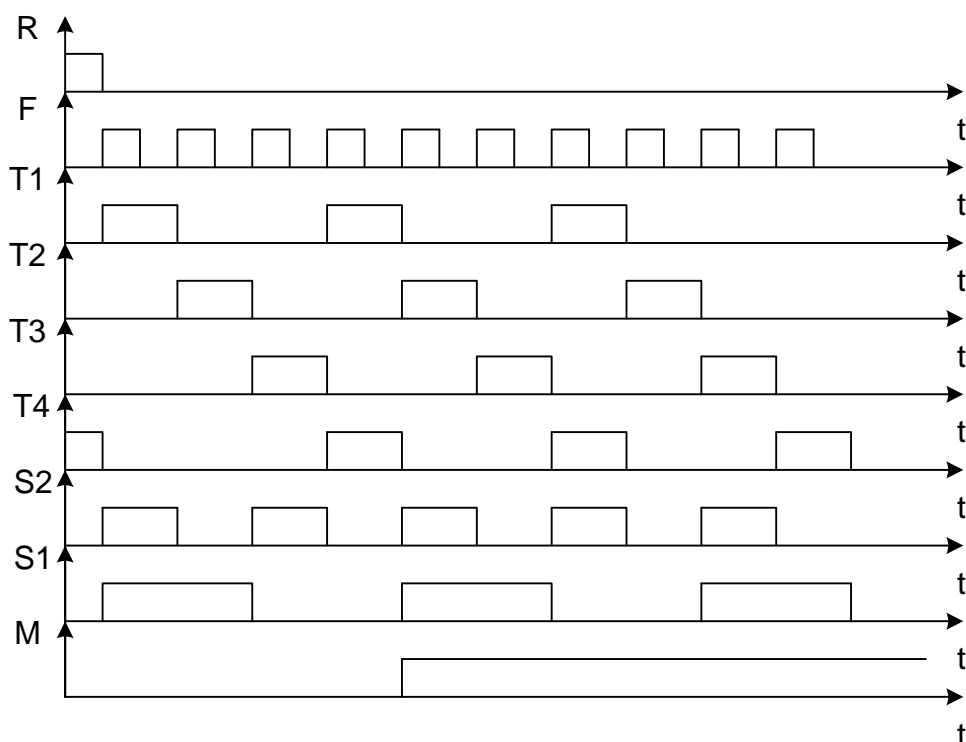






Рисунок 2.7 — Часові діаграми роботи мікросхеми K176IE12

Мікросхема K176IE8 DD2,DD3 — десятковий лічильник дільник. Він має десять дешифрованих виводів 0-9. Внутрішня схема містить п'ятикаскадний лічильник Джонсона і дешифратор, який перетворює двійковий код у сигнал, що з'являється послідовно на кожному виході лічильника. Якщо на вході дозвіл рахунку присутній низький рівень, лічильник виконує свої операції синхронно з позитивним перепадом на тактовому вході CN. За високого рівня на вході CP дія тактового входу забороняється. За високого рівня на вході скидання R лічильник очищається до нульового відліку.

На кожному виході дешифратора високий рівень з'являється тільки на період тактового імпульсу з відповідним номером. Лічильник має вихід перенесення P. Позитивний фронт вихідного сигналу з'являється через десять періодів тактової послідовності і використовується як тактовий сигнал для

лічильника наступної декади. Максимальна тактова частота для лічильника 2 МГц. Тривалість імпульсу заборони лічби має перевищувати 300 нс, тривалість тактових імпульсів не має бути меншою за 250 нс, тривалість імпульсу скидання не має перевищувати 275 нс. Можливі логічні та імпульсні стани лічильника наведено в таблиці 2.1

Таблиця 2.1 — Стан лічильника К176ІЕ8

Вхід			Режими
R	CN	CP	
В	*	*	Скинути лічильник
Н	В		Лічильник працює
Н	 Н**		
Н	Н	*	Код без змін
Н	*	В	**
Н	В	 **	
Н	 Н**		

На малюнку 2.8 наведено часові діаграми роботи інтегральної мікросхеми К176ІЕ8.

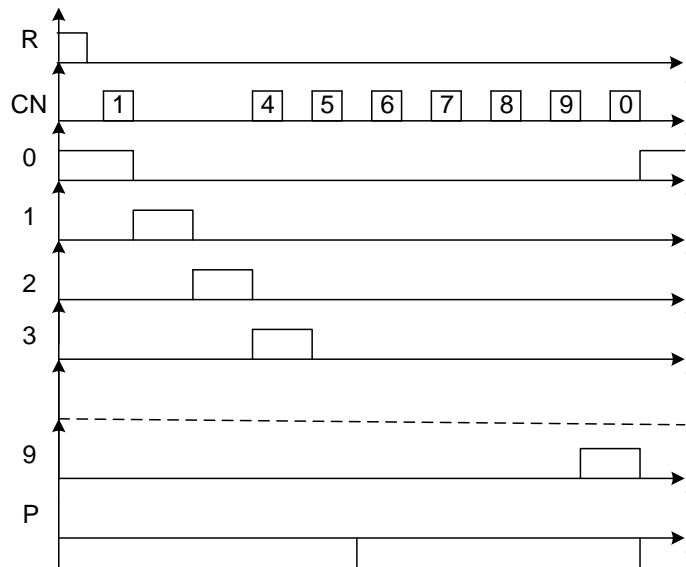


Рисунок 2.8 — Часові діаграми інтегральної мікросхеми К176ІЕ8

2.5 Формувач часу вимірювання.

Час, необхідний для вимірювання дози радіації, становить 30 с. Нижче наведено рисунок 2.9, на якому показано принципову схему формувача часу вимірювання.

У вихідному стані на виході 4 елемента DD1.2 зафіксовано рівень логічного нуля, під час натискання кнопки "Вимірювання" на виході 4 елемента DD1.2 встановлюється рівень логічної одиниці. Секундні імпульси з тактового генератора через DD1.1 підходять на виході 14 лічильника DD2. Після закінчення лічби через 30 с на виході 4 елемента DD1.2 встановлюється логічний нуль.

Формувач часу вимірювання зібрано з двох логічних елементів, що містяться в корпусі інтегральної мікросхеми К561ІА7, і двох лічильників типу К176ІЕ8.

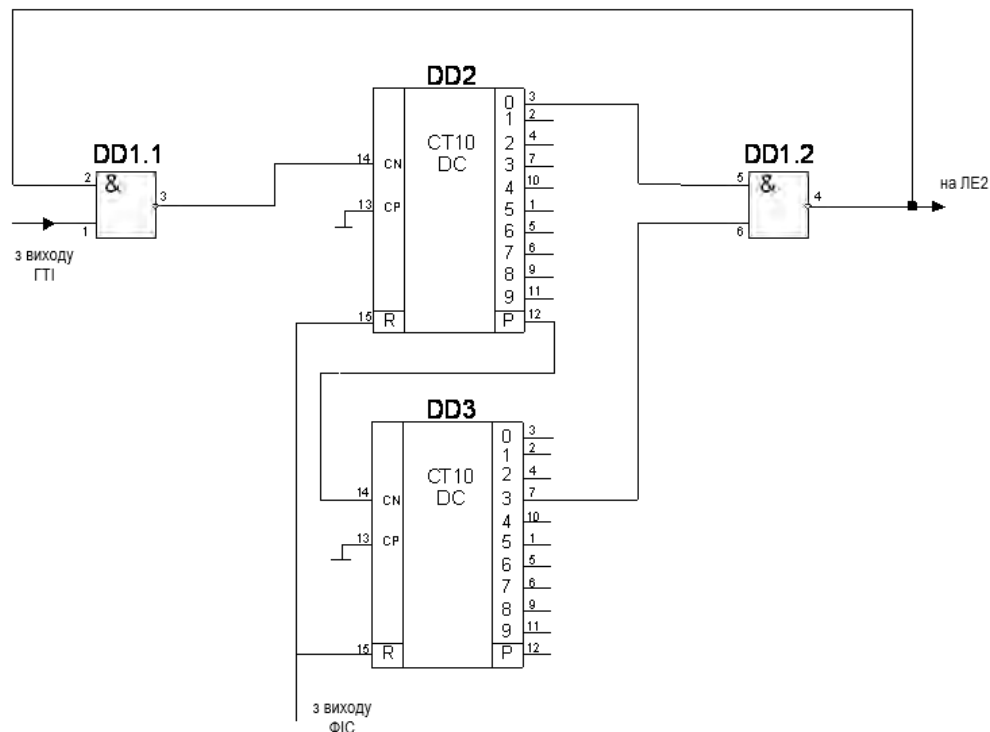


Рисунок 2.9 — Схема формувача часу вимірювання

2.6 Блок лічильників імпульсів і дешифраторів.

На рисунку 2.10 показано схему з'єднання лічильника і дешифратора. За час вимірювання 30 с інформаційні імпульси надходять на лічильник DD1. Лічильник перетворює сигнал на двійковий код і передає інформацію на дешифратор DD2. Дешифратор DD2 перетворює двійковий код на семисегментний і подає на світлодіодний індикатор.

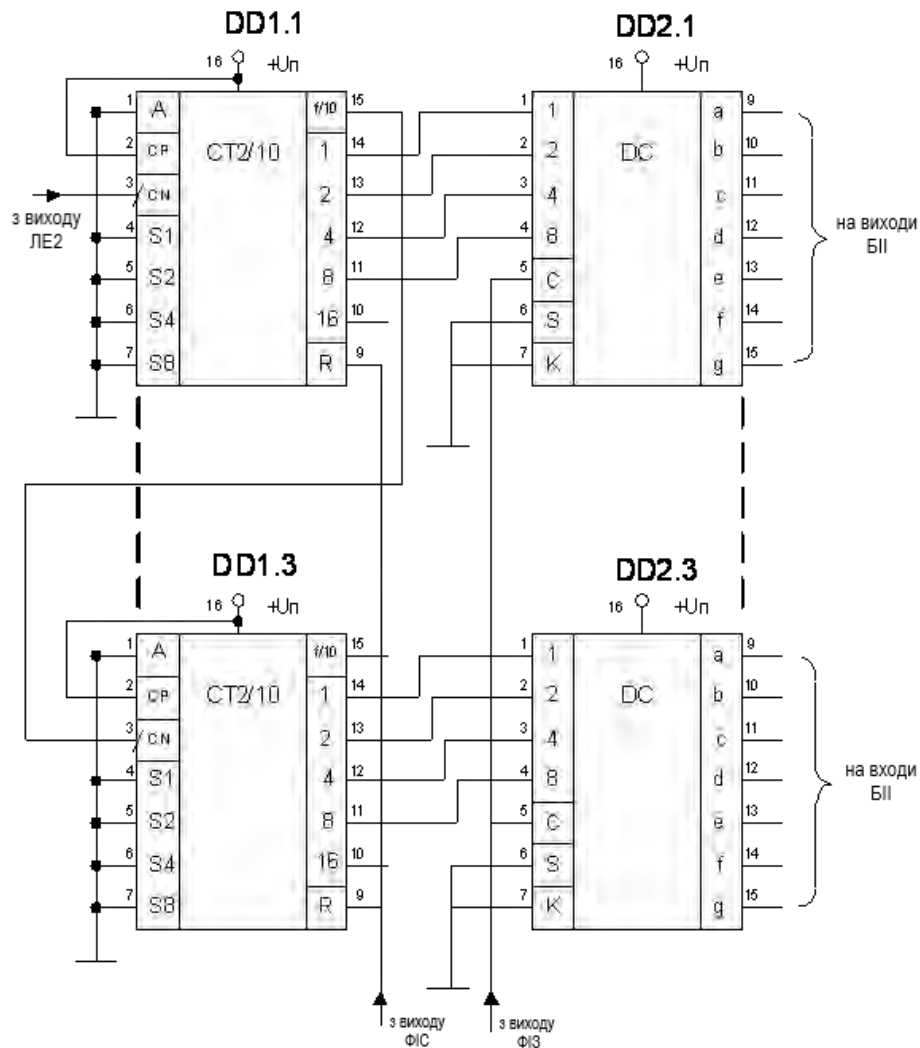


Рисунок 2.10 — Схема лічильника імпульсів і дешифратора

Лічильник імпульсів виконано на мікросхемі К176ИЕ2 — п'ятирозрядний лічильник, що може працювати як двійковий у коді 1-2-4-8-16 у разі подачі логічної одиниці на керувальний вхід А, або як декадний з під'єднанням до виходу декади тригером у разі логічного нуля на вхід А, або як декадним з під'єднанням до входу декади тригером у разі логічного нуля на вхід А. У другому випадку код роботи лічильника 1-2-4-8. Вхід R слугує для встановлення тригерів лічильника в 0 при поданні логічної одиниці.

Дешифратор виконано на мікросхемі К176ІД2. Призначений для керування семисегментним індикатором, мікросхема приймає чотирирозрядний код від 0000 до 1001 — "дев'ять", старші комбінації не відображаються. Дешифратор має реєстр запису, щойно з ФІЗ подається імпульс на вхід С, інформація зберігається до наступного циклу.

"S" — полярність вихідних сигналів (S="1" — керування сегментами при вихідній напрузі, що дорівнює нулю, S="0" — керування сегментами при вихідній напрузі, що дорівнює одиниці).

"K" — вхід блокування (K="1" — вибирається гасіння індикатора, K="0" — дозволяється індикація).

"C" — запис інформації в пам'ять дешифратора (C="1" — інформація на виході повторює інформацію на вході, C="0" — запам'ятовує попередню інформацію на вході і надалі не змінює її).

2.7 Формувачі імпульсів запису та скидання.

Формувач імпульсів запису (ФІЗ) являє собою диференціювальний ланцюг із логічними елементами серії К561ЛА7. Принципова схема ФІЗ наведена на малюнку 2.11.

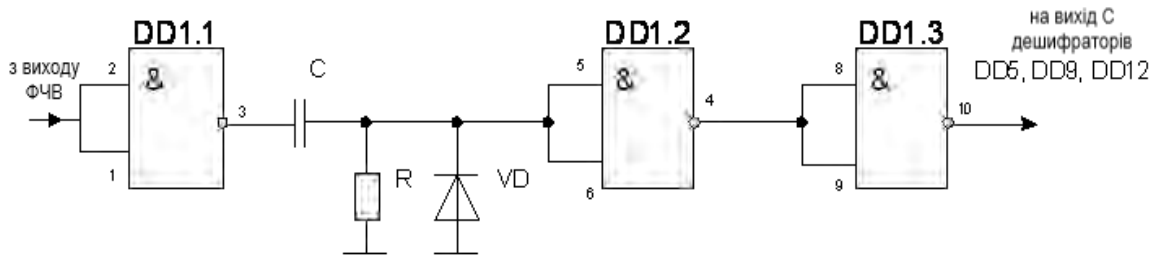
					<i>ПК 91.150000.000ПЗ</i>	Арк.
						45
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

У вихідному стані вхідний сигнал відповідає рівню логічної одиниці, при цьому DD1.1 працює в режимі інвертора і перебуває в нульовому стані. Конденсатор С розряджено до мінімального рівня напруги

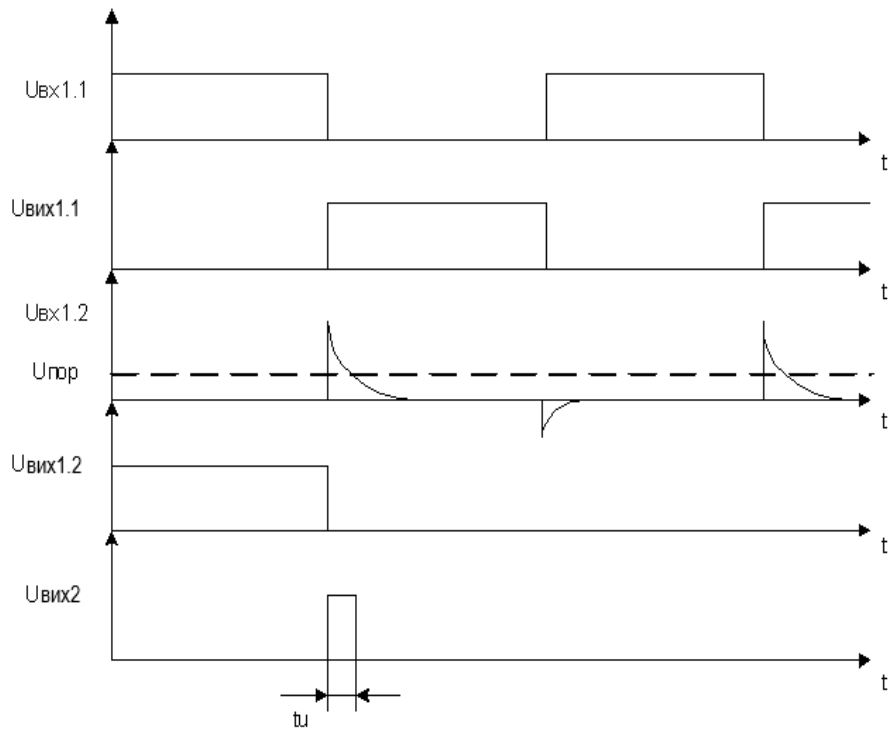
$$U_{c0} = U^0 - I_{ex}^0 \cdot R \quad (2.8)$$

де U^0 — вхідна напруга логічного нуля;

I_{ex}^0 — вхідний струм логічного нуля.



а



б

Рисунок 2.11 — Формувач імпульсів запису: а — принципова схема;
 б — часові діаграми, що пояснюють принцип роботи

Як і в інших цифрових пристроях, вхідна напруга DD1.2 визначається падінням напруги на опір резистора R від струму I_{ex}^0 . Ця напруга дорівнює добутку вхідного струму низького рівня та опору резистора $U_R = I_{ex}^0 \cdot R$. Якщо ця напруга менша за порогову U_{nop} , то вихідна напруга DD1.2 відповідає рівню логічної одиниці, а напруга на виході DD1.3 - логічному нулю. У разі надходження на вхід формувача нульового перепаду потенціалу елемент DD1.1 перемикається в одиничний стан, а на вході DD1.2 діє позитивний перепад потенціалу U_{ex2max} .

$$U_{ex2max} = U^1 - U_{c0} \quad (2.9)$$

де U^1 — рівень напруги логічної одиниці.

На етапі перепаду напруги на виході DD1.1 конденсатор на може миттєво перезарядитися, тому забезпечується перемикання DD1.2 у нульовий стан, при цьому починається формування вихідного імпульсу. У міру заряду конденсатора C з постійною часу заряду $\tau_{зар} = R \cdot C$ за експоненціальним законом зменшується вхідна напруга елемента DD1.2 $U_{ex1.2}$ і в момент рівності напруг $U_{ex1.2} = U_{nop}$ елемент DD1.2 перемикається в одиничний стан, тим самим завершується формування вихідного імпульсу. Тривалість імпульсу запису визначається як

$$\tau_{из} = \tau_{зар} \cdot \ln U_{ex2max} / U_{про} \quad (2.10)$$

При знятті вхідного перепаду потенціалу елемент DD1.2 у вихідний нульовий стан, а заряджений конденсатор досить швидко розрядиться через

					ПК 91.150000.000ПЗ	Арк.
						47
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

малий вихідний опір DD1.1 та відкритий діод VD, при цьому на вході DD1.2 діє негативний викид напруги, амплітуда якого обмежується прямим падінням напруги на діоді. З огляду на те, що на етапі розряду конденсатора вхідна напруга DD1.2 має негативну полярність, то на цьому інтервалі стан DD1.2 не зміниться, його вихідний сигнал продовжує залишатися рівним одиниці. Елемент DD1.3 є інвертором — формувачем нормалізованого за параметрами імпульсу.

Основні параметри логічних елементів серії К561ЛА7:

$$I_{ex}^0 = 0,1 \text{ мкА}; \quad I_{ex}^1 = 0,1 \text{ мкА};$$

$$U_{вих}^0 = 0,3 \text{ В}; \quad U_{вих}^1 = 8,2 \text{ В};$$

$$t_{зпр}^{1,0} = 200 \text{ нс}; \quad t_{зпр}^{0,1} = 200 \text{ нс};$$

З урахуванням основних параметрів логічних елементів формувача імпульсів запису робимо розрахунок схеми. Для цього задаємося тривалістю імпульсу запису, виходячи з того, що час затримки перемикання дешифраторів, на які подають імпульси запису, не більше 850 нс, $t_{із} = 1 \text{ мкс}$.

Порогова напруга становить половину напруги живлення $U_{np} = 4,5 \text{ В}$.

Вибираємо опір резистора $R = 10 \text{ кОм}$.

Відповідно до співвідношення (2.8) знаходимо напругу U_{c0} .

$$U_{c0} = 0,3 - 0,1 \cdot 10^{-6} \cdot 10^4 = 0,299 \text{ В},$$

$$U_{вх2\max} = 8,2 - 0,299 = 7,901 \text{ В}.$$

З формули (2.10) знаходимо постійну часу заряду

$$\tau_{зар} = t_{із} / (\ln U_{вх2\max} / U_{пор}) = 10^{-6} / 0,29 = 3,45 \cdot 10^{-6} \text{ с}.$$

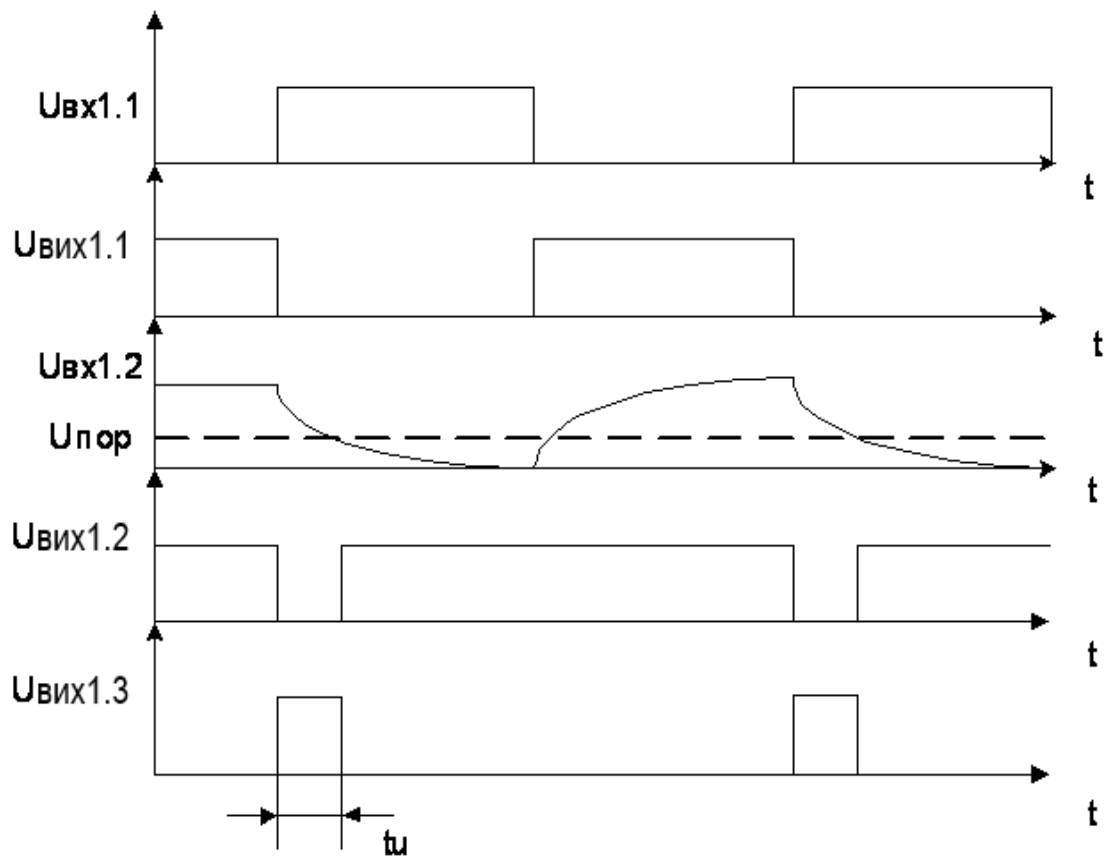
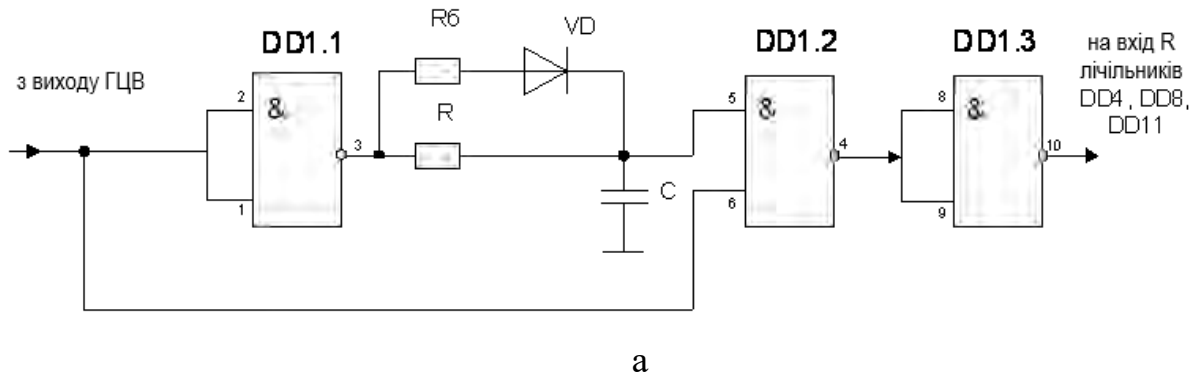
$$C = \tau_{зар} / R = 3,45 \cdot 10^{-6} / 10^4 = 345 \text{ пФ}.$$

Приймаємо резистор R типу С2-33-0,125 10 кОм $\pm 5\%$, конденсатор C типу КМ-5 350 пФ $\pm 5\%$, діод VD типу КД 512А.

					ПК 91.150000.000ПЗ	Арк.
						48
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Формувач імпульсів скидання (ФІС) являє собою інтегруючий RC-ланцюг із логічними елементами серії К176ЛА7, призначений для скидання лічильників у вихідний стан після запису інформації в дешифратори.

Принципова схема ФІС наведена на рисунку 2.12.



б

Рисунок 2.12 — Формувач імпульсу скидання: а — принципова схема;
б — часові діаграми, що пояснюють принцип роботи

У вихідному стані вхідна напруга $U_{\text{вх}1.1}$ дорівнює нулю, відповідно елемент DD1.1 перебуває в одиничному стані, конденсатор С заряджений до рівня логічної одиниці, але елемент DD1.2 перебуває в одиничному стані, бо додатковим колом на інший інформаційний вхід подається нульовий рівень потенціал із входу DD1.1.

Під час подачі на вхід схеми одиничного перепаду потенціалу елемент DD1.1, що працює в режимі інвертора, перемикається в нульовий стан, при цьому формується ланцюг розряду конденсатора С через резистор R і вихідний опір $R_{\text{вих}}^0$ елемента DD1.1, що перебуває в нульовому стані. Оскільки конденсатор не може миттєво розрядитися, на обох входах елемента DD1.2 присутні потенціали рівня логічної одиниці, внаслідок чого цей елемент перемикається в нульовий стан, забезпечуючи тим самим початок формування вихідного імпульсу. Процес розряду конденсатора С відбувається за експоненціальним законом із постійною часом τ_p .

$$\tau_p = R \cdot C \quad (2.11)$$

Під час розряду зменшується потенціал на верхньому вході елемента DD1.2. У момент $U_c = U_{\text{пор}}$ елемент DD1.2 перемикається з нульового в одиничний стан, завершуючи формування вихідного імпульсу. Після перемикання DD1.2 відбувається розряд конденсатора С до того, поки напруга не досягне рівня U_{c0} .

$$U_{c0} = U^0 + I_{\text{вх}}^0 \cdot R \quad (2.12)$$

де U^0 — напруга логічного нуля;

I_{ex}^0 — вхідний струм логічного нуля;

Таким чином, тривалість вихідного імпульсу знаходиться за співвідношенням

$$t_{uc} = \tau_p \cdot \ln((U^1 - U_{c0}) / (U_{nop} - U_{c0})) \quad (2.13)$$

Увімкнення форсувального ланцюга, який складається з баластного резистора Rб і діода VD, забезпечує досить швидкий заряд конденсатора, тобто мінімальний час відновлення вихідного стану формувача.

Елемент DD1.3 працює в режимі інвертора. Елемент DD1.3 необхідний для формування одиничного імпульсу, за допомогою якого відбувається процес перемикання лічильників БЛІ.

Для розрахунку схеми задаємося тривалістю імпульсу скидання відповідно до швидкодії лічильників, що становить не менше 275 нс, $t_{uc} = 5$ мкс. Обираємо опір резистора R = 10 кОм.

Згідно з формулою (2.12) знаходимо напругу U_{c0}

$$U_{c0} = 0,3 + 0,1 \cdot 10^{-6} \cdot 10^3 = 0,3 \text{ В}$$

Далі розрахуємо постійну часу розряду конденсатора

$$\tau_p = t_{вих} / \ln((U^1 - U_{c0}) / (U_{nop} - U_{c0})) = 5 \cdot 10^{-6} / 1,059 = 4,72 \cdot 10^{-6} \text{ с}$$

$$C = \tau_p / R = 4,72 \cdot 10^{-6} / 10^3 = 4,72 \text{ нФ.}$$

Приймаємо резистор типу R С2-33-0,125 10 кОм $\pm 5\%$, конденсатор С типу КМ-5 5 нФ $\pm 5\%$, баластний резистор Rб типу С2-33-0,125 100 Ом $\pm 5\%$, діод VD типу КД 512А.

2.8 Блок звукової сигналізації.

Блок звукової сигналізації (БЗС) призначений для зручності виявлення радіаційного сигналу. За час вимірювання 30 с сформовані імпульси надходять

					ПК 91.150000.000ПЗ	Арк.
						51
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

на блок лічильників імпульсів (БЛІ) і на блок звукової сигналізації. За час надходження сформованих імпульсів на БСІ будуть чути короткі клацання з БЗС. Коли час вимірювання закінчиться, на виході ЛЕ2 встановиться рівень логічного нуля, то буде чути тональний звук.

Принципова схема БЗС наведена на рисунку 2.13.

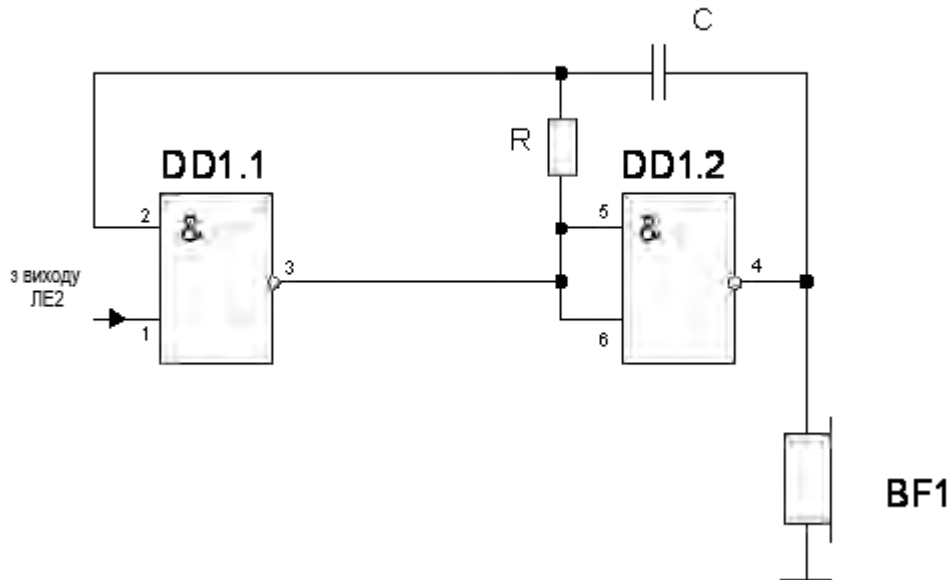


Рисунок 2.13 — Принципова схема блока звукової сигналізації

Резистор R виводить у підсилювальний режим DD1.1, а вихідна напруга DD1.1 має утримувати в режимі посилення DD1.2. Позитивний зворотний зв'язок через конденсатор викличе м'яке (яке не потребує первісного поштовху) самозбудження автоколивного релаксаційного процесу. Період T імпульсів, які виробляються мультивібратором, визначається постійною часу

$$t = C \cdot (R + R_{\text{вих}}^1) \quad (2.14)$$

де $R_{\text{вих}}^1$ — вихідний опір логічного елемента в стані логічної одиниці.

Обираємо опір резистора $R = 75$ кОм. Тривалість імпульсу дорівнює $t = 5$ мкс.

Відповідно до формули (2.14) знаходимо C

$$C = 5 \cdot 10^{-6} / (75 \cdot 10^3 + 10^3) = 6,57 \cdot 10^{-11} \text{ Ф}$$

Приймаємо резистор R типу С2-33-0,125 75 кОм $\pm 5\%$, конденсатор С типу КМ-5 1 пФ $\pm 5\%$. Як джерело звукових сигналів ВФ1 обрано прилад марки ЗП - 1.

2.9 Блок імпульсної індикації

Блок імпульсної індикації (БІ) виконано на трьох світлодіодних індикаторах із загальним катодом. Імпульсний режим роботи реалізується увімкненням біполярних транзисторів у ланцюг катодів, які працюють у ключовому режимі та керуються імпульсними сигналами частотою 128 Гц. Частота зміни показань індикаторів дорівнює 0,025 Гц. Індикатори реалізовані на інтегральних мікросхемах АЛС324А. Принципова схема БІ наведена на рисунку 2.14.

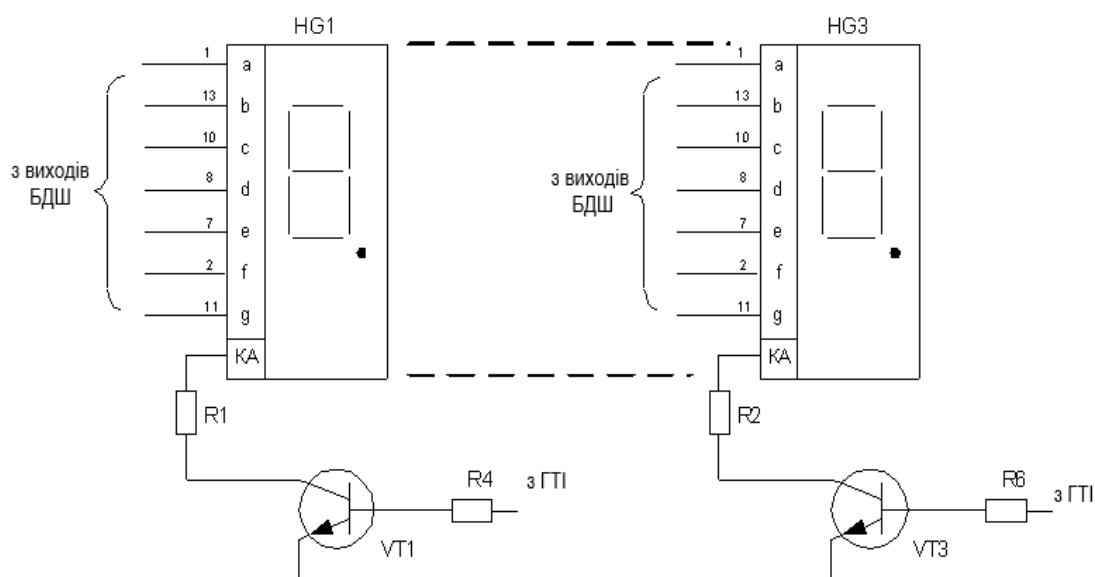


Рисунок 2.14 — Блок імпульсної індикації

Для розрахунків елементів схеми необхідно врахувати, що струм, необхідний для "запалювання" одного сегмента в номінальному режимі $I_c = 2 \text{ мА}$.

З урахуванням того, що при "запалюванні" всіх семи сегментів сумарний колекторний струм через транзистор дорівнюватиме в режимі насичення

$I_{кн} = 42 \text{ мА}$, знайдемо співвідношення для визначення опору в ланцюзі колектора транзистора $R_k = R1 = R2 = R3$

$$R_k = \frac{U_{вых}^1 - \Delta U_c - U_{кн}}{I_{кн}} \quad (2.15)$$

де $U_{вых}^1 = 8,2 \text{ В}$ — напруга логічної одиниці на виході дешифратора;

$\Delta U_c = 1,5 \text{ В}$ — падіння напруги на сегменті;

$U_{кн} = 0,4 \text{ В}$ — напруга на колекторі насиченого транзистора.

За розглянутих умов за напругою і струмом як ключовий транзистор використовуємо прилад КТ315Г. З урахуванням його основних параметрів знаходимо за співвідношенням (2.15)

$$R_k = \frac{8,2 - 1,5 - 0,4}{42 \cdot 10^{-3}} = 150,$$

Приймаємо резистори R1, R2, R3 типу С2-33-0,125 170 Ом $\pm 5\%$.

Відкритий транзистор у режимі не глибокого насичення з коефіцієнтом насичення

$$N = I_{\bar{б}} / I_{\bar{бн}} \quad (2.16)$$

де $I_{\bar{б}}$ — реальний струм бази;

$I_{\bar{бн}}$ — струм бази на межі насичення

$$I_{\bar{бн}} = I_{кн} / h_{21E} \quad (2.17)$$

де h_{21E} — коефіцієнт посилення за струмом,

$$h_{21E} = 100$$

$$I_{\bar{бн}} = 42 \cdot 10^{-3} / 100 = 0,42 \text{ мА.}$$

З відношення (2.16) знаходимо струм бази за $N = 2$.

$$I_{\bar{б}} = 0,42 \cdot 10^{-3} \cdot 2 = 0,84 \text{ мА}$$

З урахуванням отриманих значень знаходимо опір резисторів у базовому колі транзисторів $R_B = R4 = R5 = R6$

					ПК 91.150000.000ПЗ	Арк.
						54
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$R_B = (U_{\text{ввх}} - U_{\text{бн}}) / I_B \quad (2.18)$$

де $U_{\text{ввх}}^1$ — вихідна напруга мікросхеми К176Е12, $U_{\text{ввх}}^1 = 8,2 \text{ В}$.

$$R_B = (8,2 - 0,4) / 0,28 \cdot 10^{-3} = 27,8 \text{ кОм.}$$

Обираємо резистори R4, R5, R6 типу С2-33-0,125 27 кОм $\pm 5\%$.

2.10 Блок живлення датчиків.

Рекомендована напруга живлення лічильника СБМ20 - $U_{\text{пит}} = 360..440 \text{ В}$.

Пристрій, що перетворює напругу батареї, яка живить радіометр, на високу напругу $U_{\text{пит}}$ на аноді лічильника Гейгера, побудований на блокінг-генераторі (БГ). На підвищувальній обмотці W3 трансформатора формується короткий імпульс — 5...10 мкс амплітудою 440...450 В, заряджаючи через діоди VD3, VD2 конденсатор С4.

Принципова схема блока живлення датчика показана на малюнку 2.15.

					ПК 91.150000.000ПЗ	Арк.
						55
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

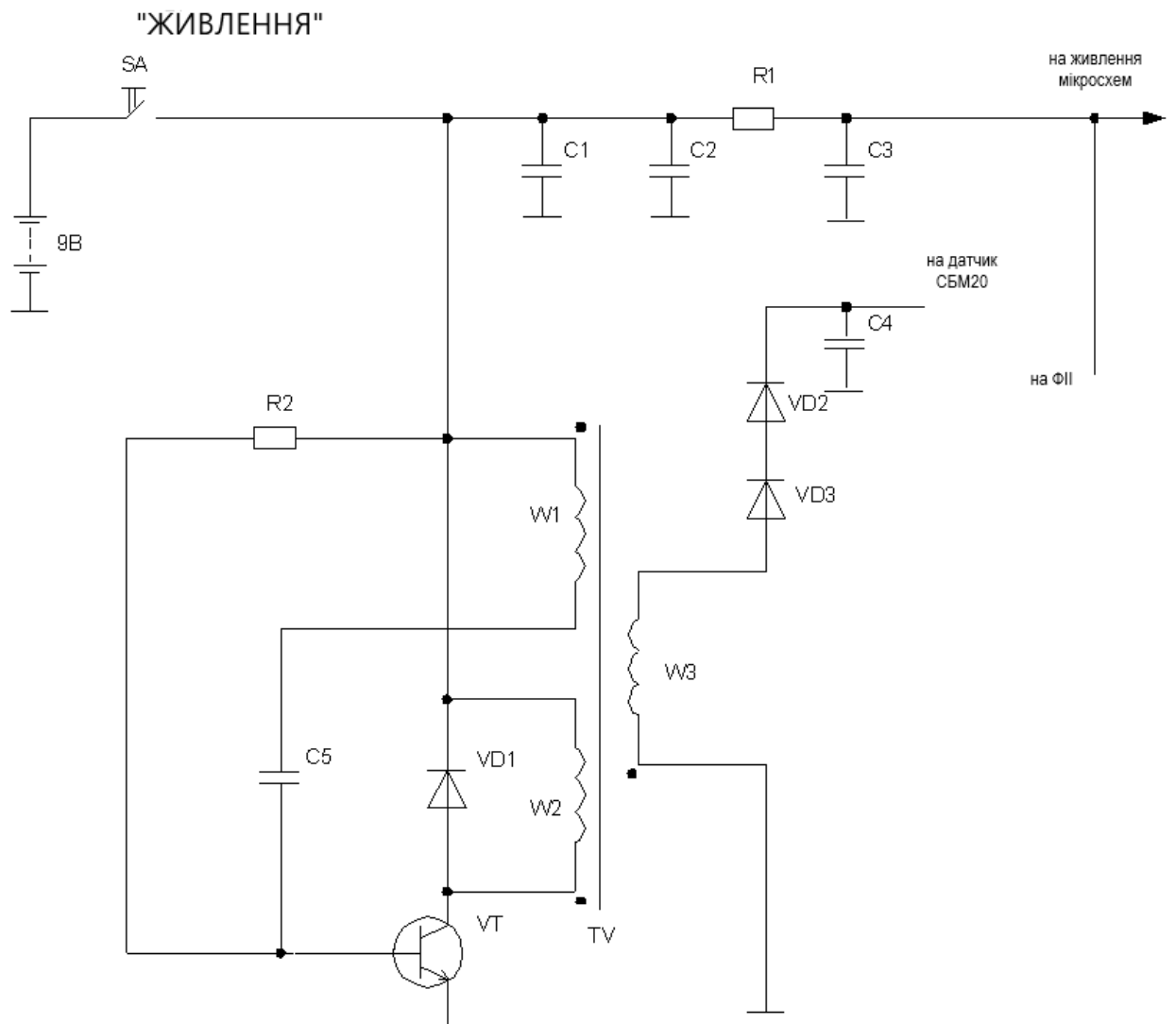


Рисунок 2.15 — Принципова схема блока живлення датчика

Вибір типу транзистора є найскладнішим завданням під час розрахунку БГ. Це зумовлено тим, що тривалість імпульсу залежить від постійної часу накопичення, значення якої в довідкових даних не вказується, її можна визначити лише експериментальним шляхом. Складний зв'язок із багатьма параметрами схеми не дає змоги використовувати загальні рівняння, й аналітичні залежності отримано тільки для окремих випадків: $3 \cdot \tau_n < t_u < \tau_c$; $t_u > \tau_c$ и $t_u < \tau_L$; $\tau_n > \tau_c$, $t_u < \tau_L$. У цих нерівностях: $\tau_c = R_{ex} \cdot C_5$ — постійна часу

заряду ємності C_5 ($R_{вх}$ — вхідний опір транзистора, що практично дорівнює опору бази r'_o); $\tau_L = \frac{L_\mu}{R'_n}$ — постійна часу індуктивності намагнічування.

Транзистор вибирають за двома параметрами: за граничною частотою $f_{h21\delta}$ і за допустимою напругою $U_{КБмакс}$. Розглянемо вибір за допустимою напругою.

$$U_{КБмакс} \geq 2 \cdot E_k, \text{ приймаємо } E_k = 9 \text{ В і тому } U_{КБмакс} \geq 18 \text{ В.}$$

Вибір за граничною частотою здійснюється з таких міркувань.

При формуванні відносно довгих імпульсів при $t_\phi \geq 5 \text{ мкс}$ необхідно вибрати низькочастотні транзистори. Частота на повинна перевищувати $f_{h21\delta} \geq 1.4 \text{ МГц}$. За розрахунковими значеннями $U_{КБмакс}$ і $f_{h21\delta}$ вибираємо транзистор типу КТ961Б, у якого $U_{КБмакс} = 20 \text{ В}$, $U_{ЭБмакс} = 6 \text{ В}$, $I_{КБ0} = 15 \text{ мкА}$, $I_{Кмакс} = 150 \text{ мкА}$, $f_{h21\delta} = 1 \text{ МГц}$, $C_k = 60 \text{ пФ}$, $r'_o = 220 \text{ Ом}$.

Знайдемо коефіцієнт трансформації

$$n = 1,2 \cdot \frac{U_{вих}}{E_k} \quad (2.19)$$

де $U_{вих} = 420 \text{ В}$ — вихідна напруга.

$$n = 1,2 \cdot \frac{420}{9} = 56.$$

Ємність вибирається з умови $\tau_c > t_u$ або $C_5 > \frac{t_u}{r'_o} = \frac{12 \cdot 10^{-6}}{220} = 0,0546 \text{ мФ}$.

Приймаємо конденсатор C_5 типу КМ-5 $0,06 \text{ мкФ} \pm 5\%$.

Розрахуємо постійну часу заряду конденсатора

$$\tau_c = r'_o \cdot C_5 \quad (2.20)$$

$$\tau_c = 220 \cdot 0,06 \cdot 10^{-6} = 13,2 \text{ мкс.}$$

Розрахуємо індуктивність намагнічування L_μ

					ПК 91.150000.000ПЗ	Арк.
						57
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$L_{\mu} = \frac{t_u}{A \cdot n / R \cdot (1 - t_u / \tau_c) - 1 / R_u'} \quad (2.21)$$

$$A = \frac{h_{21E} \cdot \tau_c + n \cdot \tau_n}{\tau_c - \tau_n} \quad (2.22)$$

Для обраного транзистора приймаємо $\tau_n = 3,5$ мкс, $h_{21E} = 30$;

$$A = \frac{30 \cdot 13,2 \cdot 10^{-6} + 0,5 \cdot 3,5 \cdot 10^{-6}}{(13,2 - 3,5) \cdot 10^{-6}} = 41$$

$$L_{\mu} = \frac{12 \cdot 10^{-6}}{41 \cdot 0,5 / 220 \cdot (1 - 12 \cdot 10^{-6} / 13,2 \cdot 10^{-6}) - 1 / 1000} = 1,6 \text{ мГн.}$$

Визначимо максимальне значення колекторного струму $I_{K\text{макс}}$

$$I_{K\text{макс}} = \frac{E_{\kappa}}{L_{\mu}} \cdot t_u + \frac{E_{\kappa}}{R_u'} + \frac{E_{\kappa}}{R_{\text{вх}}} \cdot e^{-\frac{t_u}{\tau_c}} \quad (2.23)$$

$$I_{K\text{макс}} = \frac{9}{1,6 \cdot 10^{-3}} \cdot 12 \cdot 10^{-6} + \frac{9}{1000} + \frac{9}{220} \cdot e^{-\frac{12 \cdot 10^{-6}}{13,2 \cdot 10^{-6}}} = 90 \text{ мА.}$$

З розрахунків видно, що максимальне значення колекторного струму менше допустимого (150 мА).

Визначимо спад напруги на конденсаторі, що виникає через його розряд зворотним струмом бази

$$\Delta U_C = I_{K\text{макс}} \cdot \frac{\tau_{\alpha}}{C_5} \quad (2.24)$$

$$\Delta U_C = 90 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{0,16 \cdot 10^{-6}}{0,06 \cdot 10^{-6}} = 0,24 \text{ В}$$

Визначимо опір резистора R2

$$R_2 = \frac{T - t_u}{C_5 \cdot \ln(1 + \frac{3}{E_k})} \quad (2.25)$$

$$R_2 = \frac{(400 - 12) \cdot 10^{-6}}{0,06 \cdot 10^{-6} \cdot \ln(1 + 2,76 / 10)} = 25,9 \text{ кОм}$$

Обираємо резистор R2 типу С2-33-0,125 27 кОм $\pm 5\%$.

					ПК 91.150000.000ПЗ	Арк.
						58
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Визначимо зворотний викид напруги

$$\Delta U_k = 0,75 \cdot t_u \cdot \frac{R_s}{L\mu} \cdot E_k \quad (2.26)$$

де $L\mu = 1,6 \cdot 10^{-3}$ Гн — індуктивність намагнічування;

$$R_s = 990 \text{ Ом.}$$

$$\Delta U_k = 0,75 \cdot 12 \cdot 10^{-6} \cdot \frac{990}{1,6 \cdot 10^{-3}} \cdot 9 = 55,6 \text{ В.}$$

Отримане значення амплітуди викиду є неприпустимим ні для колекторного, ні для базового ланцюгів. Тому необхідно ввімкнути діод для того, щоб зменшити амплітуду викиду. Діод VD1 вибираємо типу КД102А.

Часові діаграми роботи БГ показано на рисунку 2.16

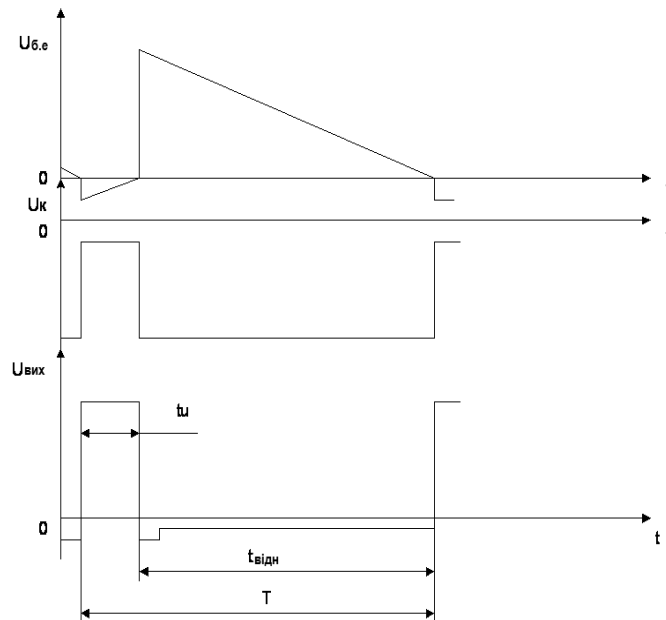


Рисунок 2.16 — Часові діаграми роботи БГ

Перша обмотка трансформатора W3 містить 420 витків дроту марки ПЕВ-2 Ø0,07 мм, друга обмотка трансформатора W2 містить 8 витків дроту марки ПЕВ-2 Ø0,02÷0,027 мм, третя обмотка трансформатора W1 містить 3 витки дроту марки ПЕВ-2 Ø0,02÷0,027 мм.

Приймаємо конденсатор С4 типу К73-9-630В, діоди VD2, VD3 типу КД102А.

Для усунення перешкод нижніх частот блока живлення введено конденсатор С1 типу КМ-5 100 мкФ $\pm 5\%$, для усунення перешкод високих частот введено конденсатор С2 типу КМ-5 0,06 мкФ $\pm 5\%$. Так само в ланцюг введено RC фільтр для згладжування пульсацій напруги, резистор R1 типу С2-33-0,125 10 кОм $\pm 5\%$, конденсатор С3 типу КМ-5 47 мкФ $\pm 5\%$.

2.11 Висновок.

За допомогою математичних моделей та розрахунків було встановлено, що запропонована система вимірювання радіації має достатню точність та надійність у визначенні радіаційних рівнів.

Розраховані параметри та характеристики системи підтвердили її ефективність та можливість успішного використання в різних сферах, де вимагається контроль за радіаційними ризиками.

Проаналізовано вплив різних факторів на точність вимірювання та розрахунків, що дозволяє уточнити умови та обмеження використання системи.

Отримані результати підтверджують доцільність використання запропонованої системи вимірювання радіації з урахуванням вимог щодо точності, швидкості реакції та надійності.

					ПК 91.150000.000ПЗ	Арк.
						60
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ ІІІ. КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

3.1 Розрахунок розміру основних елементів приладу.

Складальне креслення розробленого приладу представлено на Рис. 3.1.

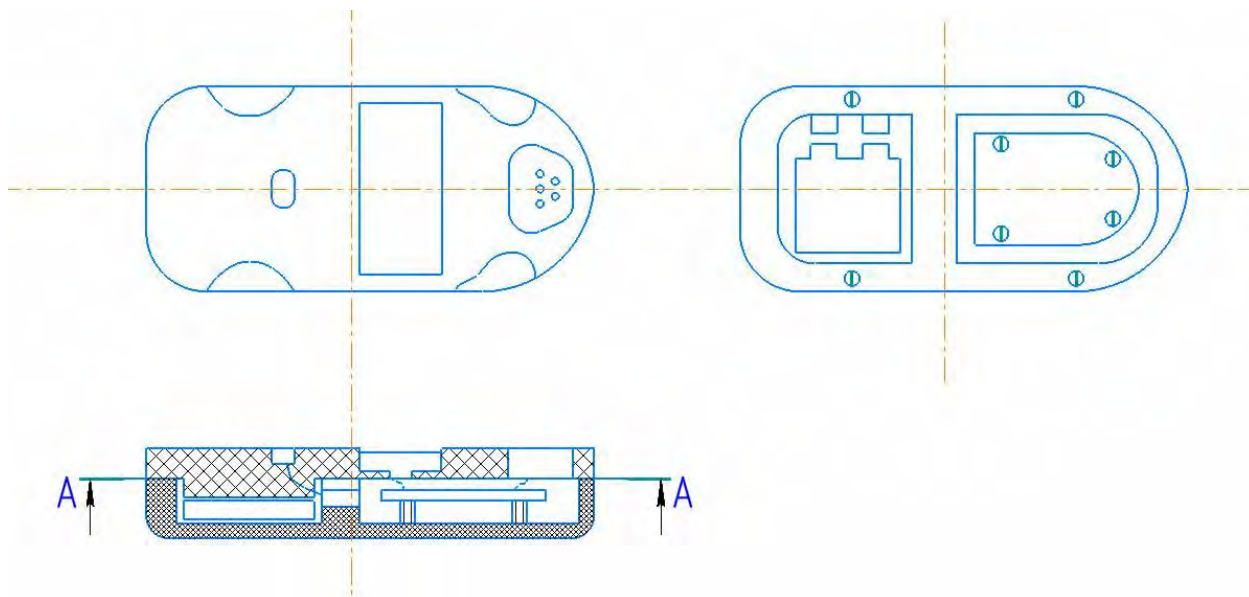


Рис. 3.1 Складальне креслення автоматизованого портативного радіометру

Як видно з Рис. 3.1 на габаритні розміри розробленого приладу впливають розміри друкованої плати та елемента живлення. Геометричні розміри друкованої плати безпосередньо залежать від розмірів електронних елементів, що розташовані на ній. З урахуванням обраних електронних компонентів та їх геометричними розмірами отримали, що площа друкованої плати $S_3=3167 \text{ мм}^2$.

Слід врахувати, що коефіцієнт заповнення плати $K=0.65$, тому загальну площа плати буде дорівнювати $S=4872 \text{ мм}^2$

Друкована плата виконуються відповідно до вимог нормативних документів ДСТУ 2417 — 91 та ГСТ 4.0.10.019—81. Відповідно до них розміри сторін друкованої плати мають бути кратними:

					ПК 91.150000.000ПЗ	Арк.
						61
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- 2,5 мм - при довжині друкованої плати до 100 мм;
- 5,0 мм - при довжині до 350 мм;
- 10,0 мм - при довжині більшої за 350 мм.

Співвідношення довжин сторін не повинно перевищувати 4: 1.

Виходячи з вимог ДСТУ 2417 — 91 та ГСТ 4.0.10.019—81 приймаємо розміри плати – 60x85 мм.

На матеріал, з якого виготовляють друковані плати, накладають певні вимоги:

- висока механічна міцність;
- гарні електроізоляційні властивості;
- високу стійкість до нагріву;
- значний ступінь адгезії друкованих провідників.

Найчастіше, в якості матеріалу для друкованих плат використовують склотекстоліт СФ-1-35-1,5 ГОСТ 10316-81. Це пресований матеріал розроблений на основі склотканини, що просочується епоксидною сполучною речовиною, обкладений з однієї або двох сторін мідною електролітичною фольгою, яка має нульовий ступінь горючості.

В якості елемента живлення використовуємо батарейку Крона 9v, яка має форму паралелепіпеда: висота 48,5 мм, ширина 26,5 мм, товщина 17,5 мм. Вага становить трохи більше 50 грамів. Роз'єм Крона розташований у верхній частині батареї, на ньому знаходяться контакти плюса та мінуса батареї.

Отже орієнтовні габаритні розміри приладу: висота 120 мм, ширина 55 мм, товщина 24 мм.

3.2 Підбір матеріалу корпусу приладу.

На зовнішній вигляд приладу накладають певні вимоги. Він має бути привабливим, ергономічним, функціональним, сучасним та міцним.

					ПК 91.150000.000ПЗ	Арк.
						62
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Основними матеріалами, що використовуються для виготовлення корпусів приладів є метал або пластмаса. З точки зору економічності, вигідніше використовувати пластмасові корпуси. Серед матеріалів, що використовуються для їх виготовлення, слід виділити:

- ABS (акрилонітрил-бутадієновий стирол). Володіє високою міцністю, стійкістю до ударів та температурну стійкість.
- Celcon® (Acetal) володіє високою в'язкістю, зносостійкістю, стійкістю до хімічних розчинників. Має хорошу температуру теплової деформації.
- LDPE дешевий варіант стійкий до погодних умов.

Таким чином портативні радіометр має компактний корпус, що забезпечує зручну та надійну роботу в різних умовах. Корпус виготовлений зі стійких до впливу радіації матеріалів і має вбудоване кріплення для зручного кріплення на ремені чи стійці.

3.3 Технологія використання.

Керування та налаштування: портативний радіометр має кнопки та переключателі для керування його функціями. Це кнопки ввімкнення/вимкнення, вибір режиму роботи, збереження даних тощо.

Звукові та візуальні сигнализатори: портативний радіометр має вбудовані звукові та візуальні сигнализатори, які активуються при досягненні заданого рівня радіації. Це дозволяє оператору отримувати сповіщення про потенційно небезпечні ситуації без необхідності постійного спостереження на дисплеї.

					ПК 91.150000.000ПЗ	Арк.
						63
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3.4 Висновок.

У процесі моєї дипломної роботи було розроблено конструкцію системи вимірювання радіації, яка включає корпус, блок живлення, екран, індикатори та інтерфейс для взаємодії з користувачем.

Розроблена система вимірювання радіації виявила високу точність та надійність у вимірюванні радіаційних рівнів.

Запропоновані рішення та розроблені методи можуть бути використані в різних галузях, таких як ядерна енергетика, медицина, промисловість та дослідницькі лабораторії, для забезпечення безпеки та контролю за радіаційними ризиками.

Дослідження, проведені у моїй дипломній роботі, сприятимуть подальшому розвитку методів вимірювання радіації та допоможуть забезпечити безпеку людей і навколишнього середовища перед потенційними радіаційними небезпеками.

					ПК 91.150000.000ПЗ	Арк.
						64
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Фесенко В. І. Огляд сучасних систем радіаційного контролю / В. І. Фесенко, О. М. Павловский. // XIII Всеукраїнська науково-практична конференція студентів, аспірантів та молодих вчених «Погляд у майбутнє приладобудування». 2020. — с. 175-178.
2. Гудков І. М. Радіобіологія: [підручник для вищ. навчальних закладів] / І. М. Гудков. – К. : НУБіП України, 2016. – 485 с.
3. Бурячок Т. О., Буцьо З. В. Енергетика: історія, сучасність і майбутнє. [Кн. 5]. Електроенергетика та охорона навколишнього середовища. Функціонування енергетики в сучасному світі / [авт. кол.: Т. О. Бурячок, З. Ю. Буцьо та ін.; наук. ред.: Клименко В. Н., Ландау Ю. О., Сігал І. Я.]. – Київ: [б. в.], 2013. – 391 с.
4. Gerward L. Paul Villard and his Discovery of Gamma Rays // Physics in Perspective. — 1999. — Vol. 1. — P. 367—383.
5. Болоздыня А.И., Ободовский И.М. Детекторы ионизирующих частиц и излучений. Принципы применения. Долгопрудный: Интеллект, 2012. 208 с.
6. Сторонський Ю. Б. «Методи і засоби опрацювання сигналів дозиметричних детекторів з покращеними метрологічними характеристикам» : автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.13.15 / НУ «ЛП».– Л., 2009 р. – с. 23.
7. Максимович В.М. Аналіз статистичних характеристик дозиметричного пристрою з апаратною компенсацією мертвого часу детектора / В.М. Максимович, Ю.Б. Сторонський // Вісник „Автоматика, вимірювання та керування”. – Львів: Національний університет “Львівська політехніка”, 2006. – № 551. – С. 8-12.
8. Лопачак О.М. «Пристрої для компенсації мертвого часу детекторів іонізуючого випромінювання» / О.М. Лопачак, В.М. Максимович, Ю.Б. Сторонський // Вісник „Комп’ютерна інженерія та інформаційні

					ПК 91.150000.000ПЗ	Арк.
						65
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- технології”. – Львів: Національний університет ”Львівська політехніка”, 2001. – № 433. – С. 41-47.
9. Галаган Р.М. Теоретичні основи ультразвукового неруйнівного контролю: підручник / Р.М. Галаган. – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. – 263 с
10. Комп’ютерне моделювання процесів та систем. Чисельні методи [Електронний ресурс] : підручник для здобувачів ступеня бакалавра за спеціальністю «Автоматизація та комп’ютерно-інтегровані технології» / С. П. Вислоух, О. В. Волошко, Г. С. Тимчик, М. В. Філіппова ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл 37,37 МБайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. – 228 с. – Назва з екрана.
11. Комп’ютерне моделювання процесів і систем. Методи оптимізації [Електронний ресурс] : підруч. для здобувачів ступеня бакалавра за спеціальністю «Автоматизація та комп’ютерно-інтегровані технології», освітньо-проф. Progr. «Комп’ютерно- інтегровані системи та технології в приладобудуванні» / С. П. Вислоух, О. В. Волошко, Г. С. Тимчик, М. В. Філіппова ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 115.44 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2023. – 267 с. – Назва з екрана.
12. Holmberg K., Meijer A. E., Harms@Ringdahl M., Lambert B. Chromosomal instability in human lymphocytes after low dose rate gamma@irradiation and delayed mitogen stimulation. Int. J. Radiat. Biol. 1998. Vol. 73, no. 1. P. 21–34
13. Колонтаєвський Ю.П., Сосков А.Г. Електроніка і мікросхематехніка: Підручник. 2-е вид./За ред. А.Г. Соскова. – К.: каравела, 2009. – 416 с.
14. Квітка С. О. Силові електронні пристрої в системах керування: навчальний посібник для здобувачів вищої освіти / С.О. Квітка. – Мелітополь: Видавничо-поліграфічний центр «Люкс», 2021. – 180 с.
15. Баженов В.Г. Електроніка. Лабораторний практикум: навчальний посібник / В. Г. Баженов, Є. Ф. Суслов, Ю. Ю. Лисенко, А.С. Момот; КПІ ім. Ігоря

					ПК 91.150000.000ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		66

Сікорського. – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 70 с.

16. Куц Ю.В. Новітні системи та технології: навчальний посібник / Ю. В. Куц, Ю. Ю. Лисенко, А.С. Момот; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 123 с.

					ПК 91.150000.000ПЗ	Арк.
						67
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		