

Вінницький національний технічний університет
Факультет інфокомунікацій, радіоелектроніки та наносистем
Кафедра електроніки та наносистем

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до магістерської кваліфікаційної роботи

на тему Оптичний вимірювальний перетворювач концентрації газу

08-05.МКР.171.05.000

Виконав: студент 2-го курсу, групи ЕЛ-18м,
спеціальності 171 – «Електроніка»

(шифр і назва спеціальності)

Половий М. М.

(Прізвище та ініціали)

Керівник, к.т.н., доцент

Селецька О. О.

(Прізвище та ініціали)

Рецензент, к.т.н., доцент

Звягін О. С.

(Прізвище та ініціали)

Вінниця – 2019 р.

Вінницький національний технічний університет
Факультет інфокомунікацій, радіоелектроніки та наносистем
Кафедра електроніки та наносистем
Освітньо-кваліфікаційний рівень – магістр
Спеціальність 171 – «Електроніка»

ЗАТВЕРДЖУЮ
завідувач кафедри ЕНС
д.т.н., проф. Білинський Й.Й

«3» вересня 2019р.

ЗАВДАННЯ
ДО МАГІСТЕРСЬКОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

Половому Миколі Миколайовичу

1. Тема МКР: Оптичний вимірювальний перетворювач концентрації газу

науковий керівник роботи Селецька Олена Олександрівна к.т.н., доцент

затверджено наказом ВНТУ від «3» вересня року №.254

2. Строк подання студентом роботи: 11.12.2019

3. Вихідні дані для виконання роботи:

Розробити електричну схему та друковану плату оптично вимірювального перетворювача концентрації газу з наступними параметрами: напруга живлення - $U_{ж} = +5 \text{ В}$; напруга живлення $U_{ж} = 5 \text{ В}$; діапазон вимірювання 1-3000ppm; мінімальна чутливість перетворювача 20 Гц/ppm для пропану та 10 Гц/ppm для метану; діапазон робочих температур $t_{роб} = -60 \text{—} +120^\circ \text{C}$; розміри плати – не більше 118×72×1,5мм.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): аналіз стану питання в галузі оптичних приладів та вимірювальних перетворювачів концентрацій газів. Розробка та моделювання електричної принципової схеми оптичного перетворювача концентрації газу. Розробка друкованої плати оптичного перетворювача концентрації газу в

Proteus PCB Layout. Заходи з охорони праці та навколишнього середовища.
довища.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень):
схема електрична принципова, плата друкована, складальне креслення .

6. Консультанти розділів МК роботи

1. Науковий керівник _____ канд. техн. наук, доцент кафедри ЕНС
(підпис) наук. ступінь, вчене звання (посада), ініціали та прізвище

Селецька О. О.

ініціали та прізвище

2. Економічна частина _____
(підпис)

ст. викл. кафедри ЕПВМ

наук. ступінь, вчене звання (посада), ініціали та прізвище

Кавецький В. В.

ініціали та прізвище

3. Охорона праці _____
(підпис)

канд. техн. наук, доц. кафедри БЖДПБ
наук. ступінь, вчене звання (посада), ініціали та прізвище

О. В. Березюк

ініціали та прізвище

« ___ » _____ 20__ р.

Дата попереднього захисту «11» вересня 2019 р.

Рецензент _____ Звягін О.С. к.т.н., доцент
(підпис)

« ___ » _____ 20__ р.

Завдання видав
науковий керівник _____ О. О. Селецька, к.т.н., доцент.
(підпис)

«02» вересня 2019 р.

Завдання отримав магістрант _____ М. М. Половий
(підпис)

«02» вересня 2019 р.

РЕФЕРАТ

Половий Микола Миколайович

«Оптичний вимірювальний перетворювач концентрації газу». – 36 використаних джерел, - 94 с, - 6 додатків.

У роботі представлено аналіз перетворювачів концентрації газу, розглянуто сучасні вимірювачі концентрації газу, їх переваги та недоліки. Розроблено електричну принципову схему для моделювання, наведене схемотехнічне моделювання за допомогою ISIS Proteus, написано код керуючої програми та алгоритм роботи даного пристрою. Розраховано параметри друкованої плати та обрано її тип – двостороння. Визначена мінімальна ширина провідника з умови допустимого падіння напруги, яка складає 60 мкм. Допустима густина струму для мідного провідника складає , товщина фольги дорівнює 20 – 50 мкм. При моделюванні використовувалися проекти ISIS Proteus та ARES PCB Layout, була створена електрична принципова схема, друкована плата та складальне креслення.

ABSTRACT

Polovyy Mykola Mykolayovych

« Optical measuring converter for gas concentration ». - 36 sources used, - 94 p, - 6 applications.

The analysis of gas concentration converters is presented in the paper, modern gas concentration meters, their advantages and disadvantages are considered. An electrical schematic diagram for modeling has been developed, circuit diagramming using ISIS Proteus is given, the code of the control program and the algorithm of operation of this device are written.. Circuit board parameters are calculated and its type is double-sided. The minimum conductor width is determined from the condition of a permissible voltage drop of 60 mkm. The allowable current density for a copper conductor is , the foil thickness is 20 – 50 mkm. ISIS Proteus and ARES PCB Layout designs were used in the simulation, electrical schematic, circuit board and assembly drawing were created.

ЗМІСТ

<u>ВСТУП</u>	6
<u>1 АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ КОНЦЕНТРАЦІЇ ГАЗУ</u>	9
<u>1.1 Оцінювання наукового, технічного та економічного рівня НДР</u>	10
<u>1.2 Оцінювання комерційного потенціалу розробки</u>	11
<u>1.3 Розрахунок узагальненого коефіцієнта якості для нового рішення</u>	14
<u>1.4 Теоретичні основи спектрів поглинання і флуоресценції</u>	16
<u>1.5 Особливості застосування інфрачервоного випромінювання в абсорбційній спектроскопії</u>	18
<u>1.6 Пристрої для вимірювання концентрації горючих газів</u>	20
<u>1.7 Класифікація та аналіз методів визначення концентрації газів</u>	28
<u>1.8 Висновки</u>	30
<u>2 РОЗРОБКА ТА МОДЕЛЮВАННЯ СХЕМИ ОПТИЧНОГО ВИМІРЮВАЛЬНОГО ПЕРЕТВОРЮВАЧА КОНЦЕНТРАЦІЇ ГАЗУ</u>	31
<u>2.1 Розроблення схеми оптичного перетворювача концентрації газу</u>	31
<u>2.2 Обґрунтування вибору та аналіз мікроконтролера</u>	33
<u>2.3 Моделювання характеристик оптичного перетворювача концентрації газу</u>	34
<u>2.3 Моделювання схеми оптичного вимірювача концентрації газу в ISIS Proteus</u>	43
<u>2.4 Висновки</u>	49
<u>3 РОЗРОБЛЕННЯ ДРУКОВАНОЇ ПЛАТИ ОПТИЧНОГО ВИПРОМІНЮВАЛЬНОГО ПЕРЕТВОРЮВАЧА КОНЦЕНТРАЦІЇ ГАЗУ В ARES PROTEUS</u>	50
<u>3.1 Вибір типу та матеріалу друкованої плати</u>	50
<u>3.2 Вибір класу точності та методу проектування друкованої плати</u>	51
<u>3.3 Розрахунок діаметру монтажних отворів і контактних площадок</u>	53
<u>3.4 Розрахунок ширини провідників</u>	54
<u>3.5 Створення нового проекту в ARES PCB LAYOUT</u>	55
<u>3.6 Висновки</u>	59
<u>4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ</u>	60
<u>4.1 Аналіз шкідливих та небезпечних виробничих чинників у виробничому приміщенні</u>	60

<u>4.1.1 Обґрунтування вибору нормованих значень небезпечних та шкідливих виробничих факторів</u>	60
<u>4.2 Оцінка факторів трудового та виробничого процесів</u>	62
<u>4.3 Розрахунок безпечної відстані від лазерного випромінювання</u>	63
<u>4.4 Пожежна безпека</u>	64
<u>4.5 Безпека у надзвичайних ситуаціях. Визначення області працездатності оптичного вимірювального перетворювача концентрації газу в умовах дії загрозливих чинників надзвичайних ситуацій</u>	65
<u>4.5.1 Визначення області працездатності оптичного вимірювального перетворювача концентрації газу в умовах дії іонізуючого випромінювання</u>	66
<u>4.5.2 Визначення області працездатності оптичного вимірювального перетворювача концентрації газу в умовах дії електромагнітного імпульсу</u>	68
<u>4.6 Розробка заходів по підвищенню безпеки роботи оптичного вимірювального перетворювача концентрації газу у надзвичайних ситуаціях</u>	69
<u>4.7 Висновки</u>	70
<u>5. ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА</u>	71
<u>5.1 Розрахунок витрат на проведення НДР з дослідження та розробки пристрою газоаналізатора</u>	71
<u>5.2 Прогнозування комерційних ефектів від реалізації результатів розробки</u>	77
<u>5.3 Розрахунок ефективності вкладених інвестицій та періоду їх окупності</u> ..	79
<u>5.4 Висновки</u>	83
<u>ВИСНОВКИ</u>	84
<u>СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ</u>	86
<u>ДОДАТОК А ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ</u>	89
<u>ДОДАТОК Б ЕЛЕКТРИЧНА ПРИНЦИПОВА</u>	90
<u>ДОДАТОК В КРЕСЛЕННЯ ДРУКОВАНОЇ ПЛАТИ</u>	91
<u>ДОДАТОК Г СКЛАДАЛЬНИЙ КРЕСЛЕНИК</u>	92
<u>ДОДАТОК Д БЛОК СХЕМА АЛГОРИТМУ РОБОТИ МІКРОКОНТРОЛЕРА</u> ..	93
<u>ДОДАТОК Е ЗОВНІШНІЙ ВИГЛЯД РОЗРОБЛЕНОЇ ДРУКОВАНОЇ ПЛАТИ</u> ..	94

ВСТУП

Актуальність теми

Перетворювачі набувають все більшого значення в часи швидких технологічних змін. Зі збільшенням технологічної складності механічних, електричних і хімічних приладів з одного боку, і з ростом екологічної свідомості з питань індустриальних і технологічних відходів з іншого боку, буде рости потреба в сенсорах. Серед сенсорів важливе місце посідають сенсори газу, які на сьогодні мають широкий спектр використання. Найбільш точними та інформативними є оптичні сенсори, які працюють на основі методу абсорбційної спектроскопії. Однак, при малих значеннях концентрації газу такі прилади мають недостатню чутливість. Підвищити чутливість таких перетворювачів шляхом перетворення інформативного електричного сигналу в частотний.

Мета дослідження

Метою роботи є підвищення чутливості оптичного перетворювача для вимірювання концентрації газу.

Задачі дослідження

- проаналізувати існуючі методи визначення концентрації газу та обґрунтувати вибір оптичного абсорбційного методу;
- розробити математичну модель оптичного вимірювального перетворювача концентрації газу;
- розробити оптичний вимірювач концентрації газу.
- розробка схеми електричної принципової, її моделювання та розробка плати і складального креслення у відповідних програмних продуктах, що входять до пакету PROTEUS
- розрахувати економічну вигоду від впровадження розробки
- розробити заходи охорони праці для забезпечення оптимальних та допустимих параметрів мікроклімату

Об'єктом дослідження є процес перетворення оптичного сигналу в електрично інформаційний сигнал.

Предмет дослідження

Параметри та характеристики оптичного вимірювального перетворювача концентрації газу.

Методи дослідження ґрунтуються на використанні:

- рівнянь математичної фізики для розробки математичної моделі оптичного вимірювального перетворювача концентрації газу;
- теорії розрахунку електричних кіл з використанням законів Кірхгофа;
- провести моделювання схеми оптичного вимірювального перетворювача концентрації газу за допомогою програми ISIS Proteus;
- розрахунку параметрів друкованої плати;
- розробки заходів по охороні праці;

Наукова новизна одержаних результатів

Отримав подальший розвиток оптично-абсорбційний метод за рахунок використання оптичного вимірювального перетворювача, який враховує використання двозатворних польових транзисторів.

Практична цінність роботи полягає в тому що, матеріали проведених досліджень можуть бути використанні на практиці. Розроблено перетворювач концентрації газу.

Апробація результатів роботи

Результати досліджень, що викладені в магістерській кваліфікаційній роботі були апробовані на XLVII Науково-технічній конференції Вінницького національного технічного університету. Тези доповіді опубліковані[1].

Структура роботи

Магістерська класифікаційна робота складається з п'яти розділів. В першому розділі проведено аналіз існуючих оптичних вимірювальних перетворювачів концентрації газу. В другому розділі проведено моделювання характеристик пристрою, розробку структурної схеми пристрою, також на її основі розробку схеми електричної принципової, наведено їх опис. Третій розділ роботи присвячений розробленню топології друкованої плати, вибору матеріалу та технології її виготовлення. В четвертому розділі вказуються рекомендації, щодо охорони праці в робочому приміщенні. П'ятий розділ містить економічний розрахунок .

1 АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ КОНЦЕНТРАЦІЇ ГАЗУ

Характерна особливість поточного та майбутніх десятиріч полягає в тому, що при подальшій електронізації усіх галузей народного господарства змінюються вимоги до сенсорів: на зміну громіздким, ненадійним, іноді без електричного виходу приладам повинні прийти сенсори, сумісні з іншими виробами мікроелектроніки [2].

Серед сенсорів важливе місце посідають сенсори газу. Вони застосовуються для контролю навколишнього середовища, у технологічних лініях та в інших місцях, що характеризуються широким діапазоном зміни концентрацій газу, який аналізується в атмосфері, для визначення та вимірювання різних компонентів газової суміші, для встановлення присутності в системі визначеного виду газу, для виявлення перевищення гранично допустимих концентрацій газу у повітрі виробничих приміщень, в сигнальних пристроях для індикацій вибухонебезпечних концентрацій газів у повітрі [3].

Це створює умови розробки нових ефективних і надійних сенсорів оптичного вимірювального перетворювача концентрації газу за рахунок перетворення електричного сигналу в частотний.

Таблиця 1.1 Порівняння технічних показників аналогу та нової розробки

Показники (параметри)	Одиниця вимірювання	Аналог	Проектований пристрій	Відношення параметрів нової розробки до аналога
Напруга живлення	В	12	5	2,4
Діапазон вимірювання	ppm	1...2000	1...3000	1,5
Мінімальна чутливість перетворювача	Гц/ppm	20...40	10...20	2,0
Діапазон температур	°С	-50...+50	-60...+120	1,8

1.1 Оцінювання наукового, технічного та економічного рівня НДР

Однозначно визначити техніко-економічний рівень нової розробки при великій кількості технічних та економічних показників достатньо важко. Однак бажано визначити узагальнюючу оцінку техніко-економічного рівня НДДКР. Перспективність теми даної магістерської кваліфікаційної роботи можна оцінити за допомогою бального методу оцінок НДДКР. Бальна оцінка полягає в тому, що кожному параметру присвоюється певний бал в залежності від різних факторів. Для узагальнюючої оцінки технічного рівня береться сума балів за всіма показниками.

В таблиці 1.2 наведено критерії та бальна оцінка для визначення наукового та технічного рівня науково-дослідної роботи.

Таблиця 1.2 – Критерії та бальна оцінка для визначення наукового, технічного та економічного рівня науково-дослідної роботи.

Критерії оцінки	Шкала критеріїв	Індекс оцінки
Час, необхідний для проведення НДР	2 роки і менше	+2
	3 роки	+1
	4 роки	0
	5-6 років	-1
	7 років і більше	-2
Технічні показники результатів розробки	Вище рівня кращих світових зразків	+2
	На рівні кращих світових зразків	0
	Нижче рівня кращих світових зразків	-2
Можливості отримання авторських свідоцтв на винахід	Впевненість в отриманні авторських свідоцтв	+2
	Часткові можливості	0
	Можливості немає	-1
Строк окупності витрат	2 роки і менше	+3
	3-4 роки	+2
	5 років	0
	6-7 років	-1
	8 років і більше	-2

Виходячи з цього, для ефективного дослідження доцільно орієнтуватися на час проведення НДДКР - 2 роки і менше (+2), при чому технічні показники

результатів плануються на рівні кращих світових зразків (0); існує впевненість в отриманні авторських свідоцтв (+2); строк окупності витрат від 3-4 років (+2).

В таблиці 1.3 наведено можливі результати оцінки теми НДДКР.

Таблиця 1.3 – Можливі результати оцінки теми НДДКР

Сума індексів	Оцінка теми
Позитивна(+)	Розробка є досить перспективною
Задовільна(0)	Розробка перспективна
Негативна(-)	Розробка не перспективна

Проаналізувавши дані таблиць 1.2 та 1.3, та підрахувавши загальну суму балів (+2+0+2+2=+6), робимо висновок, що розробка є досить перспективною.

1.2 Оцінювання комерційного потенціалу розробки

Метою проведення технологічного аудиту є оцінювання комерційного потенціалу розробки (результатів НДДКР), створеної в результаті науково-технічної діяльності. В результаті оцінювання робиться висновок щодо напрямів (особливостей) організації подальшого її впровадження з врахуванням встановленого рейтингу.

Рекомендується здійснювати оцінювання комерційного потенціалу розробки за 12-ма критеріями, наведеними в таблиці 1.3. [4].

Таблиця 1.4 - Рекомендовані критерії оцінювання комерційного потенціалу розробки та їх можлива бальна оцінка

Бали (за 5-ти бальною шкалою)					
Критерій	0	1	2	3	4
Технічна здійсненність концепції:					
1	Достовірність концепції не підтверджена	Концепція підтверджена експертними висновками	Концепція підтверджена розрахунками	Концепція перевірена на практиці	Перевірено роботоздатність продукту в реальних умовах
Ринкові переваги (недоліки):					
2	Багато аналогів на малому ринку	Мало аналогів на малому ринку	Кілька аналогів на великому ринку	Один аналог на великому ринку	Продукт не має аналогів на великому ринку

Продовження таблиці 1.4

3	Ціна продукту значно вища за ціни аналогів	Ціна продукту дещо вища за ціни аналогів	Ціна продукту приблизно дорівнює цінам аналогів	Ціна продукту дещо нижче за ціни аналогів	Ціна продукту значно нижче за ціни аналогів
4	Технічні та споживчі властивості продукту значно гірші, ніж в аналогів	Технічні та споживчі властивості продукту трохи гірші, ніж в аналогів	Технічні та споживчі властивості продукту на рівні аналогів	Технічні та споживчі властивості продукту трохи кращі, ніж в аналогів	Технічні та споживчі властивості продукту значно кращі, ніж в аналогів
5	Експлуатаційні витрати значно вищі, ніж в	Експлуатаційні витрати дещо вищі, ніж в	Експлуатаційні витрати на рівні експлуатаційни	Експлуатаційні витрати трохи нижчі, ніж в	Експлуатаційні витрати значно нижчі, ніж в
Ринкові перспективи					
6	Ринок малий і не має позитивної	Ринок малий, але має позитивну динаміку	Середній ринок з позитивною динамікою	Великий стабільний ринок	Великий ринок з позитивною динамікою
7	Активна конкуренція великих компаній на	Активна конкуренція	Помірна конкуренція	Незначна конкуренція	Конкурентів немає
Практична здійсненність					
8	Відсутні фахівці як з технічної, так і з комерційної реалізації ідеї	Необхідно наймати фахівців або витратити значні кошти та час на навчання наявних фахівців	Необхідне незначне навчання фахівців та збільшення їх штату	Необхідне незначне навчання фахівців	Є фахівці з питань як з технічної, так і з комерційної реалізації ідеї
9	Потрібні значні фінансові ресурси, які відсутні. Джерела фінансування ідеї відсутні	Потрібні незначні фінансові ресурси. Джерела фінансування відсутні	Потрібні значні фінансові ресурси. Джерела фінансування є	Потрібні незначні фінансові ресурси. Джерела фінансування є	Не потребує додаткового фінансування
10	Необхідна розробка нових матеріалів	Потрібні матеріали, що використовуються у військово-промисловому комплексі	Потрібні дорогі матеріали	Потрібні досяжні та дешеві матеріали	Всі матеріали для реалізації ідеї відомі та давно використовуються у виробництві

Продовження таблиці 1.4

11	Термін реалізації ідеї більший за 10 років	Термін реалізації ідеї більший за 5 років. Термін окупності інвестицій більше 10-ти років	Термін реалізації ідеї від 3-х до 5-ти років. Термін окупності інвестицій більше 5-ти років	Термін реалізації ідеї менше 3-х років. Термін окупності інвестицій від 3-х до 5-ти років	Термін реалізації ідеї менше 3-х років. Термін окупності інвестицій менше 3-х років
12	Необхідна розробка регламентних документів та отримання великої кількості дозвільних документів на виробництво та реалізацію продукту	Необхідно отримання великої кількості дозвільних документів на виробництво та реалізацію продукту, що вимагає значних коштів та часу	Процедура отримання дозвільних документів для виробництва та реалізації продукту вимагає незначних коштів та часу	Необхідно тільки повідомлення відповідним органам про виробництво та реалізацію продукту	Відсутні будь-які регламентні обмеження на виробництво та реалізацію продукту

Результати оцінювання комерційного потенціалу розробки зведемо до таблиці 1.5.

Таблиця 1.5 - Результати оцінювання комерційного потенціалу розробки

Критерії	експерт		
	1	2	3
	Бали, виставлені експертами:		
1	3	3	3
2	2	3	4
3	3	2	3
4	2	3	2
5	3	2	2
6	2	3	2
7	3	2	3
8	2	3	3
9	3	3	3
10	3	2	3
11	2	3	4
12	3	2	3
Сума балів	31	31	34
Середньоарифметична сума балів СБ	32		

За даними таблиці 1.5 зробимо висновок щодо рівня комерційного потенціалу розробки. При цьому доцільно користуватися рекомендаціями, наведеними в таблиці 1.6. [4].

Таблиця 1.6 - Рівні комерційного потенціалу розробки

Середньоарифметична сума балів СБ , розрахована на основі висновків експертів	Рівень комерційного потенціалу розробки
0 - 10	Низький
11 - 20	Нижче середнього
21 - 30	Середній
31 - 40	Вище середнього
41 - 48	Високий

Згідно проведених досліджень рівень комерційного потенціалу розробки становить 32 бали, що, згідно таблиці 1.6, свідчить про комерційну важливість проведення даних досліджень (рівень комерційного потенціалу розробки вище середнього).

1.3 Розрахунок узагальненого коефіцієнта якості для нового рішення

В процесі дослідження розробки для пристрою необхідно розглянути основні технічні показники, які по-різному впливають на загальну якість розробки, для аналізу якості інноваційного рішення.

Узагальнений коефіцієнт якості (B_n) для нового технічного рішення розрахуємо за формулою [5]:

$$B_n = \sum_{i=1}^k \alpha_i \cdot \beta_i, \quad (1.1)$$

де k – кількість найбільш важливих технічних показників, які впливають на якість нового технічного рішення;

α_i – коефіцієнт, який враховує питому вагу i -го технічного показника в загальній якості розробки. Коефіцієнт α_i визначається експертним шляхом

$$\sum_{i=1}^k \alpha_i = 1$$

і при цьому має виконуватись умова ;

β_i – відносне значення i -го технічного показника якості нової розробки.

Відносні значення β_i для різних випадків розраховують за такими формулами:

- для показників, зростання яких вказує на підвищення в лінійній залежності якості нової розробки:

$$\beta_i = \frac{I_{ni}}{I_{ai}}, \quad (1.2)$$

де I_{ni} та I_{na} – чисельні значення конкретного i -го технічного показника якості відповідно для нової розробки та аналога;

- для показників, зростання яких вказує на погіршення в лінійній залежності якості нової розробки:

$$\beta_i = \frac{I_{ai}}{I_{ni}}; \quad (1.3)$$

Використовуючи наведені залежності можемо проаналізувати та порівняти техніко-економічні характеристики аналогу та майбутньої розробки на основі отриманих наявних та проектних показників, а результати порівняння зведемо до таблиці 1.7.

Таблиця 1.7 – Порівняння основних параметрів пристрою що проектується та аналога.

Показники (параметри)	Одиниця вимірювання	Аналог	Проектований пристрій	Відношення параметрів нової розробки до аналога	Питома вага показника
Напруга живлення	В	12	5	2,4	0,2
Діапазон вимірювання	ppm	1...2000	1...3000	1,5	0,25
Мінімальна чутливість перетворювача	Гц/ppm	20...40	10...20	2,0	0,4
Діапазон температур	°C	-50...+50	-60...+120	1,8	0,15

Узагальнений коефіцієнт якості (B_n) для нового технічного рішення газоаналізатора:

$$B_n = \sum_{i=1}^k \alpha_i \cdot \beta_i = 2,4 \cdot 0,2 + 1,5 \cdot 0,25 + 2,0 \cdot 0,4 + 1,8 \cdot 0,15 = 1,92$$

Отже за технічними параметрами, згідно узагальненого коефіцієнту якості розробки, запропонована розробка газоаналізатора переважає існуючі аналоги приблизно в 1,92 рази.

1.4 Теоретичні основи спектрів поглинання і флуоресценції

В даний час методи оптичної спектроскопії займають велике місце в дослідженнях в області гетерогенного каталізу. Фізична основа методів полягає в дослідженні процесів взаємодії електромагнітного випромінювання з речовиною [6]. Абсорбційна спектроскопія відноситься до групи методів молекулярної спектроскопії, заснованих на переході електрона в збуджений стан після поглинання ним кванта світла. Поглинання світла завжди відбувається з нижнього енергетичного рівня на один з верхніх.

Так, у кожного електрона завжди є одна або кілька орбіталей, на які він може перейти, будучи в збудженому стані (рис.1.1).

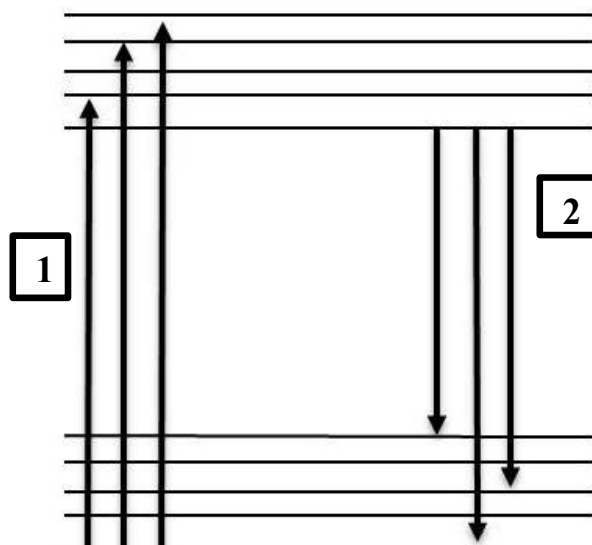


Рисунок 1.1– Діаграма Яблонського, відображає процеси поглинання і флуоресценції [6]

У разі поглинання ним кванта світла з більшою енергією, ніж енергії цих орбіталей, відбудеться іонізація. Рівні енергії пов'язані з довжиною хвилі відповідно до закону.

де E -енергія, ν -частота світла, λ = довжина хвилі.

Кожна орбіталь характеризується своєю енергією і, відповідно, довжиною хвилі. Однак збуджений стан електрона є метастабільним. У ньому електрон може перебувати кілька наносекунд. Після цього він переходить в основний стан. В результаті такого переходу енергія може виділятися як у вигляді тепла (безвипромінювальний перехід), так і у вигляді флуоресценції(рис 1.2).

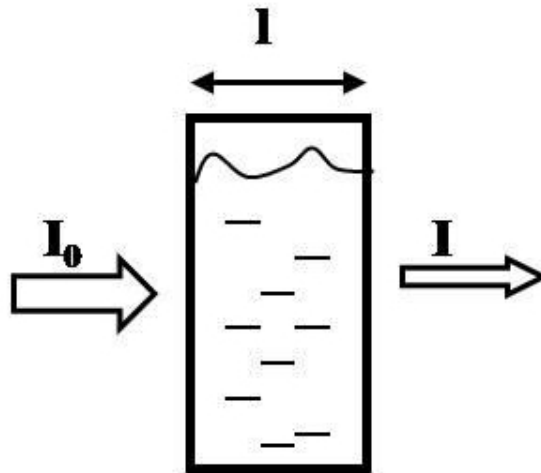


Рисунок 1.2 – Поглинання світла в шарі речовини [6]

Нехай на кювету з розчином падає світло інтенсивністю I_0 , світло частково поглинається розчином, тому інтенсивність минулого світла буде значно нижче. Позначимо його як I . Для визначення кількості поглиненого світла користуються величиною оптичної щільності, розрахованої згідно із законом Бугера-Ламберта-Бера [6].

де - коефіцієнт екстинції,

Оптична щільність D завжди має позитивні значення від 0,1 до 1,8. Значення оптичної щільності більше 2 і менше 0,1 не коректні, оскільки знаходяться на межі чутливості вимірювальних приладів і мають велику похибку вимірювання. Закон Бугера-Ламберта-Бера виконується тільки для монохроматичного випромінювання (тобто для світла однієї довжини хвилі) і в разі підтримки постійної температури (ізотермічні процеси). Практично всі органічні та неорганічні сполуки поглинають в ультрафіолетовій області (від 220 до 380 нм). При наявності забарвлення речовина поглинає і у видимій області (від 380 нм до 800 нм). Безбарвні речовини поглинання у видимому діапазоні не мають.

1.5 Особливості застосування інфрачервоного випромінювання в абсорбційній спектроскопії

Інфрачервоний спектр поглинання – унікальна у своєму роді фізична властивість. Не існує двох сполук, за винятком оптичних ізомерів, із різними структурами, але однаковими інфрачервоними спектрами. В деяких випадках, таких, як полімери із близькою молекулярною масою, відмінності можуть бути практично непомітними, але вони завжди є. У більшості випадків інфрачервоний спектр являється “відбитком пальців” молекули, який легко можна відрізнити від спектрів інших молекул [7].

Найбільш інтенсивно для хімічного аналізу і спектроскопічного виявлення газів використовується середній інфрачервоний діапазон (2,5...20 мкм), де розташовані сильні смуги поглинання багатьох газів. В ближній інфрачервоній області (0,75...2,5 мкм) смуги поглинання слабші і даний діапазон, зазвичай, менш придатний для виявлення слідів газів.

В видимій області (0,38...0,76 мкм) лише декілька газів мають смуги поглинання. А в ультрафіолетовій області (0,2...0,38 мкм) лише двоатомні і невеликі багатоатомні молекули мають характерну структуру смуг.

Тому для проведення вимірювань як найбільш інформативний вибрано середній інфрачервоний діапазон [8-9].

Кожна речовина має свій набір енергетичних рівнів, відрізняючись від інших речовин числом рівнів і різницею їх енергій. Тому спектри різних речовин відрізняються між собою. За характером зміни внутрішньої енергії при поглинанні молекулами фотонів випромінювання є обертальні, коливальні та електронні спектри. Інфрачервоне випромінювання середнього діапазону дає коливальні спектри, які відображають зміну коливальної енергії молекул речовини. Коливання в багатоатомних молекулах мають досить складний характер. Від числа активних коливань, тобто від числа коливань, які супроводжуються зміною дипольного моменту молекули, залежить кількість смуг поглинання в інфрачервоному спектрі. Так, наприклад, у молекулі води їх 3 (основні) із частотами 1595; 3651,7; 3755,8 см^{-1} . Внаслідок гармонічності коливань, крім основних частот спостерігаються і слабкі смуги. Слід зазначити, що на довжинах хвиль, близьких до вищезгаданих, молекули води будуть активно заважати визначенню інших газів, перекриваючи їх спектри своїм. Окрім того, є ще й менш інтенсивні смуги поглинання молекул води, що теж частково може впливати на результат. Через велику просторову розділеність молекули парів води можуть здійснювати вільні поступальні і обертові рухи. Останні, взаємодіючи із коливальними рівнями молекули, призводять до їх розщеплення. В результаті цього спектр парів води замість широких (декілька десятків обернених сантиметрів) коливальних смуг, характерних для речовин у конденсованому стані, складається із великої серії ліній з на півшириною 0,05-0,5 см^{-1} .

Кожному активному коливанню в інфрачервоному спектрі відповідають свої смуги поглинання. Але не всі смуги в спектрі складної молекули можна віднести до певного коливання. Крім основних смуг коливань в спектрі

з'являються обертони і смуги так званих складових (додаткових) частот, які являють собою суму чи різницю частот основних смуг. Можуть з'являтися інтенсивні смуги, які утворюються в результаті перекривання основної смуги з обертоном іншої смуги [10].

Слід зазначити, що характер взаємодії випромінювання з речовиною змінюється в залежності від довжини хвилі. Наприклад, поглинання довгохвильового інфрачервоного випромінювання проявляється, головним чином, у нагріванні поглинаючої речовини. Тому вимірювання у цьому діапазоні будуть супроводжуватись певними неточностями в результаті змін фізичного стану досліджуваної речовини, що потребуватиме додаткових досліджень і розрахунків. Також особливістю роботи в інфрачервоній області спектру є мала інтенсивність джерел випромінювання із суцільним спектром, які працюють при порівняно низькій температурі випромінювання. Підвищення температури у відповідності із законом зміщення Віна призвело б до зміщення максимуму випромінювання у короткохвильову область спектру. До того ж у цьому випадку порушився б закон Бугера-Ламберта-Бера, дійсний в межах лінійної оптики, тобто в межах таких інтенсивностей випромінювання, при яких воно не змінює властивостей середовища.

1.6 Пристрої для вимірювання концентрації горючих газів

Сучасні прилади для реєстрації поглинання і флуоресценції речовин діляться на два класи. Перший – фотоелектрокалориметри для вимірювання поглинання на одній довжині хвилі. Такі прилади використовуються в основному в аналітичній хімії для визначення концентрації речовин в розчинах. Цей спосіб має свої обмеження. Він працює тільки в тому випадку, якщо оптична щільність від концентрації речовини має лінійну залежність. Тому може працювати тільки у вузькому діапазоні концентрацій [11].

На малюнку 1.3 зображено типову схему спектрофлуориметра. Він складається з трьох блоків: I-блок джерела випромінювання, II-флуориметричний блок для вимірювання флуоресценції, III- фотометричний блок для вимірювання

поглинання. Світло від джерела світла 1, проходячи через монохроматор 2 і через світлофільтр 3, потрапляє на зразок 4. Світлофільтри найчастіше представляють собою полімерну пластину і використовуються для відділення вузького діапазону довжин хвиль.

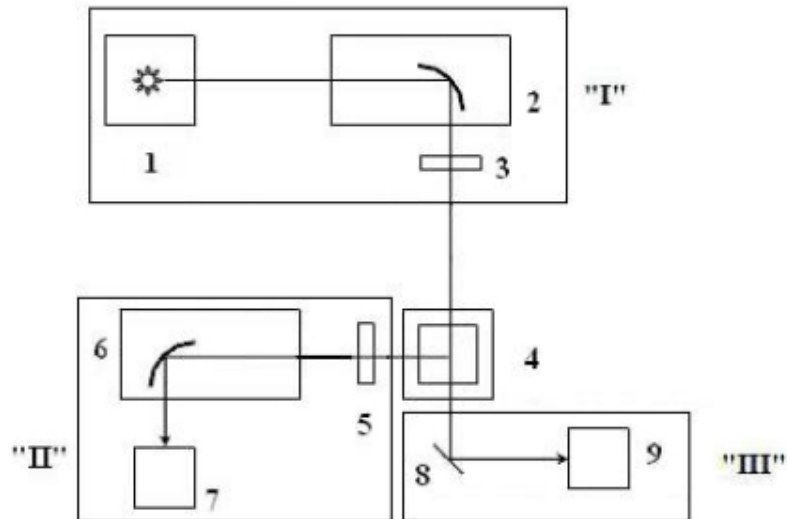


Рисунок 1.3 – Принципова схема спектрофлуориметра [11]

Вони можуть мати різну структуру залежно від діапазону довжин хвиль. Після проходження через зразок світло потрапляє на один з каналів II і III. У флуориметричному режимі проходить через зразок світло потрапляє на світлофільтр 5 і, проходячи через монохроматор 6, реєструється фотоелектронним помножувачем 7. У фотометричному режимі світло, що проходить через зразок, фіксується вздовж осі падаючого світла. Використовуючи поворотне дзеркало 8, світло потрапляє на фотоелектронний мультиплікатор 9. Як правило, такі пристрої дозволяють записувати сигнали в діапазоні довжин хвиль від 220 до 800 нм з роздільною здатністю від 0,5 до 1 нм [12].

Для кращого розуміння основ спектроскопії, незважаючи на фактичну відмову від використання двох променевих ІК спектрометрів в сучасній практиці, ознайомлення з пристроєм цих приладів необхідно. Оптична схема двох променевого ІЧ спектрометра наведена на рисунку 1.4.

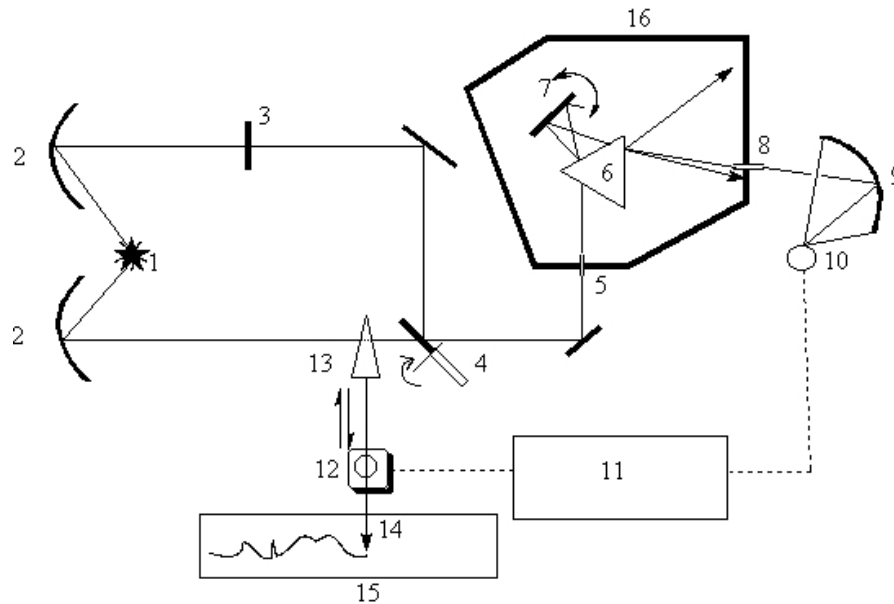


Рисунок 1.4 – Схема двох променевого ІЧ спектрометра [12]:

1. Джерело випромінювання.
2. Фокуруючі дзеркала.
3. Зразок.
4. Обертаюче секторне дзеркало.
5. Вхідні щілини монохроматора.
6. Призма з монокристала (NaCl, LiF, KBr).
7. Дзеркало Літтрова.
8. Вихідна щілина монохроматора.
9. Фокуруюче дзеркало.
10. Приймач випромінювання.
11. Підсилювач сигналу.
12. Електродвигун.
13. Вимірювальна діафрагма.
14. Перо самописця.
15. Діаграмна стрічка.
16. Корпус монохроматора.

Прилад працює в такий спосіб. ІЧ випромінювання від нагрітого до температури близько 1200°C стержня (Він має назву Глобар, виготовлений з карбїду кремнію і нагрівається за рахунок проходу струму низької напруги) за допомогою фокуруючих дзеркал прямує на зразок (3) і на еталон. Після цього обидва промені направляються на обертаюче секторне дзеркало з різних сторін, так що після цього дзеркала в напрямку вхідної щілини монохроматора поперемінно направляється промінь світла від зразка або еталона [13]. Частота обертання зазвичай становить близько 10 герц. Монохроматор найчастіше побудований за такою схемою. Вхідна щілина вирізає вузьку смугу світла з падаючого випромінювання і направляє світло на призму випромінювання в спектр, виготовлену з монокристалів галогенів лужних і лужноземельних металів. Розкладений в спектр промінь відбивається від дзеркала, називається дзеркалом Літтрова, і знову проходить через призму на вихідну щілину. Розгортка спектру здійснюється за рахунок повороту дзеркала Літтрова.

Така схема дозволяє отримати хорошу розгортку спектру при невеликих розмірах приладу [14]. Світло, що пройшло через вихідну щілину, фокусується на приймачі випромінювання, який у багатьох приладах був батареєю мініатюрних термопар, і тим самим перетворюється на змінний електричний струм, сила якого тим більше, чим більше розходження в енергії випромінювання яка на приймач після проходження еталона і зразка. Далі, слабкий змінний електричний струм в підсилювачі перетворюється в струм великої потужності, і цей струм управляє рухом електродвигуна. Підсилювач селективно налаштований на частоту обертання секторного дзеркала і цим значно поліпшується поставлений сигнал - шум. Електродвигун переміщує градуйовану вимірювальну діафрагму в промені порівняння до тих пір, поки інтенсивність випромінювання від зразка і від еталону не опиниться однаковою. В цьому випадку змінний електричний струм стає рівним нулю. Вимірювальна діафрагма являє собою диск з клиноподібними прорізами. Положення вимірювальної діафрагми від розташування об'єкта пера самописця. Ступінь ослаблення світла прямо пропорційна куту повороту вимірювальної діафрагми. Така схема дозволила усунути проблему нелінійності зв'язку між інтенсивністю ІЧ випромінювання і температури на термопарах приймача випромінювання [14]. При виготовленні спектрометра необхідно точне знаходження двох положень вимірювальної діафрагми: положення відповідного 100% проходженню світла через зразок і положення повністю закритого променя порівняння - нульового значення коефіцієнта пропускання. Ця обставина не дозволяє виготовляти діафрагми лінійні щодо шкали оптичної щільності, оскільки нульове значення пропускання відповідає прагненню величини оптичної щільності до нескінченності. По суті ІЧ спектр записується у вигляді залежності положення вимірювальної діафрагми, градуйованого у відсотки, від повороту дзеркала Літтрова. Поворот цього дзеркала за допомогою спеціальних фігурних дисків лінерізується щодо шкали хвильових чисел. Таким чином, двох променеві спектрометри є високоточними механічними пристроями [15].

Пристрій застарілих двопробневих приладів дозволяє легко перейти до розуміння роботи сучасних ІЧ Фур'є спектрометрів [16]. Для будь-якого типу приладів необхідна наявність трьох компонент - джерела випромінювання, приймача випромінювання і аналізатора спектра (монохроматора в двопробневих спектрометрів і інтерферометра для Фур'є спектрометрів). Основа роботи двопробневих спектрометрів полягає в тому, що за допомогою призми або дифракційних ґрат світло від джерела розкладається (диспергується) в спектр і порівнюються два спектра від джерела випромінювання один після проходження світла через еталон, а другий після проходження світла через зразок. У Фур'є спектрометрах спектр отримують іншим чином, з використанням інтерферометра Майкельсона схема, якого представлена на рис. 1.5

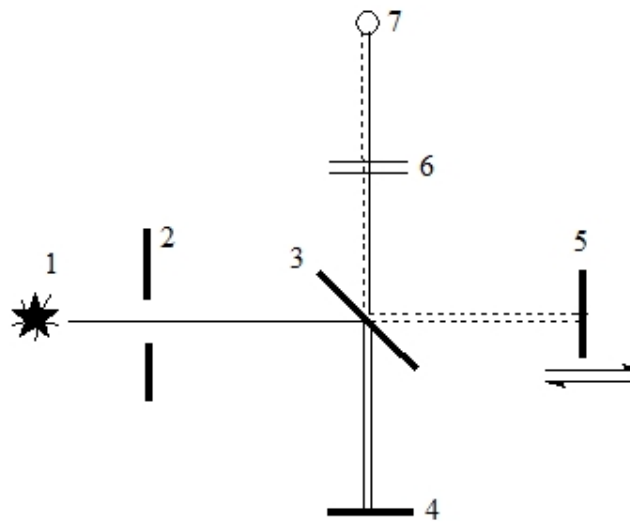


Рисунок.1.5 – Схема Фур'є ІЧ спектрометра [16]:

1. Джерело випромінювання. 2. Апаратурна діафрагма. 3. Світлоподільник. 4. Нерухоме дзеркало. 5. Рухоме дзеркало. 6. Зразок.
7. Приймач випромінювання.

Пристрій інтерферометра Майкельсона істотно простіше ніж пристрій монохроматора [17]. Світло від джерела випромінювання проходить через апертурну діафрагму, яка служить тільки для ослаблення світла, з тим щоб забезпечити на детектор потрапляла енергія не призводить до спотворення сигналу. Після цього світловий пучок потрапляє на світлоподільник, який являє

собою напівпрозоре дзеркало, наприклад, плівку кремнію або германію на прозорій для ІЧ випромінювання (наприклад, KBr або CsJ) підкладці. Далі відбите світло потрапляє на нерухоме дзеркало, а минуле світло (пунктир) потрапляє на переміщається дзеркало. Від обох дзеркал світло відбивається на світлоподільник і далі, у напрямку до приймача випромінювання йдуть відбитий промінь від рухомого дзеркала і минулий промінь від нерухомого дзеркала. Ці два промені інтерферують між собою і інтерферограма, отримана реєстрацією залежності інтенсивності світла потрапляє на приймач випромінювання від положення дзеркала 5, запам'ятовується в пам'яті обчислювальної машини. Слід зазначити, що внаслідок того, що світло відбитий рухомим і нерухомим дзеркалами двічі «взаємодіє» з світлоподільник: один раз відбивається, а другий раз проходить крізь нього, при використанні одного світлоделітеля можливо вимірювання ІЧ спектру в широкому діапазоні, не менше ніж $(400-7800 \text{ см}^{-1})$. Для побудови звичайного ІЧ спектру в координатах інтенсивність поглинання і хвильове число необхідно точне вимірювання переміщення дзеркала 5. У всіх приладах це робиться за допомогою опорного лазерного променя, який падає на переміщує дзеркало. Інтерферограма від опорного променя являє собою синусоїду, де відстані між максимумами точно дорівнює довжині хвилі лазерного випромінювання, зазвичай це близько 700 нм, або 0.7мкм. При вимірі максимумів, мінімумів і нульових точок (всього 4 точки) положення дзеркала вимірюється через кожних 0.175мкм. Це досить при вимірюванні ІЧ спектру, оскільки навіть в високочастотній області довжина хвилі ІЧ світла становить 2.5 мкм. Фізична основа отримання ІЧ спектру з інтерферограми досить проста. Для монохроматичного випромінювання інтерферограма представляє просту синусоїду. Для випромінювання складається з набору довжин хвиль окремі синусоїди підсумовуються в інтерферограма вид якої представлений на рис.1.6. Виділення окремих синусоїд з сумарного спектра повністю еквівалентно розкладанню періодичної функції в ряд Фур'є [18]. Саме ця обставина і послужило підставою для введення терміна Фур'є спектроскопія (FTIR). Якщо не заглиблюватися в

математичні основи Фур'є перетворення, то на якісному рівні сенс цих перетворень зводиться до наступного. Вправо і вліво від максимальної точки інтерферограми (яка відповідає рівності відстані рухомого і нерухомого дзеркала від світлопідсвітника) з кроком рівним довжині хвилі λ проводиться підсумовування (інтегрування) інтенсивностей інтерферограми [19]. Оскільки тільки для цієї довжини хвилі значення виділеної косинусоїд є максимальними і позитивними, а інші довжини хвиль внесок дають довільний, то є і позитивний і негативний, в результуючу суму дає внесок тільки косинусоїд відповідає величині λ . А вклади інших довжин хвиль зануляються. Така процедура інтегрування проводиться для всіх довжин хвиль з кроком рівним $0,5$ від заданого дозволу, яке визначається числом точок зареєстрованих в інтерферограма. Для побудови спектра проводиться нормування всіх знайдених інтегралів до 100%. Звідси очевидно, що для підвищення дозволу в Фур'є спектроскопії необхідно накопичення більшої кількості точок в інтерферограмі, що можна досягти за рахунок збільшення довжини ходу рухомого дзеркала. Теоретично, для вимірювання «ідеального» спектра хід рухомого дзеркала повинен бути нескінченним [20]. Очевидно, що це фізично неможливо. Обрив руху дзеркала приводить до того, що в розрахованих спектрах з'являються спотворення, як правило, у вигляді появи поруч з вузькими піками негативних піків або помилкових піків. Для придушення цього ефекту для розрахунків спектрів використовуються, так звані, функції аподизації. Суть цих функцій полягає в тому, щоб інтенсивність інтерферограми до точок, де починається і закінчується її реєстрація, дорівнювала 0. Для цього виміряну інтенсивність інтерферограми множать на різні математичні функції, які звертаються в 0 в початковій і кінцевій точці. Це можуть бути функції описують косинус, трикутник або трапецію, а також інші подібні функції. Це відбивається в деякому розширенні виміряних ліній, але запобігає появі помилкових піків. З точки зору пристрої Фур'є спектрометри більш прості, ніж двопроменеві спектрометри. Оскільки Фур'є аналіз являє собою досить складну математику, без появи доступних і швидкодіючих обчислювальних машин розвиток Фур'є

спектроскопії було практично неможливо. Оскільки звичний вид ІЧ спектру як залежність ступеня ослаблення світла від хвильового числа виходить розрахунковим шляхом на ЕОМ, то спектри можуть бути представлені як в шкалі пропускання, так і в шкалі оптичної щільності. Обчислювальна машина проводить розкладання інтерферограмми в ряд Фур'є, в якому коефіцієнти розкладання пропорційні інтенсивностям світла потрапив на приймач випромінювання на різних довжинах хвиль. Оскільки через інтерферометр проходить світло великої інтенсивності, то приймач випромінювання швидко і точно реєструє інтерферограмму і на сучасних приладах при вирішенні близько $2-4 \text{ см}^{-1}$ один ІЧ спектру знімається (сканується) приблизно за 1-2 секунди (для кращих зразків приладів до 80 спектрів за 1 сек).

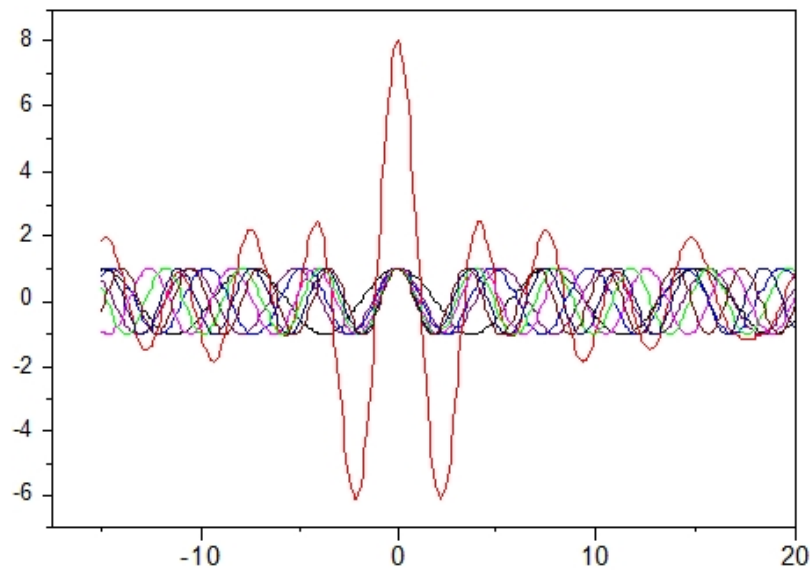


Рисунок 1.6 – Подання безперервного спектра сумою синусоид і вид типової інтерферограмми [20]

При цьому відношення сигнал-шум для одного скана має величину порядку 2000-3000. В кінцевому підсумку, при накопиченні декількох десятків спектрів (сканів) за 1 хвилини, може бути знятий весь спектр з точністю визначення коефіцієнта пропускання порядку 0.001 0.0001%. Фактично спектр в ЕОМ запам'ятовується як таблиця інтенсивностей зареєстрованих через фіксоване значення (крок) хвильового числа [21].

1.7 Класифікація та аналіз методів визначення концентрації газів

Існує багато різноманітних методів визначення концентрації газу. На рис. 1.7 наведена класифікація методів газового аналізу [22].

Метод *абсорбційної спектроскопії*, що базується на явищі селективного поглинання газами випромінювання покладений в основу багатьох приладів.

Для визначення якісного та кількісного складу газів використовують, зокрема, оптично-абсорбційний метод. Оптично-абсорбційний метод полягає в здатності газів поглинати інфрачервоні промені в суворо визначених для кожного газу ділянках спектру завдяки наявності коливально-обертальних смуг поглинання.

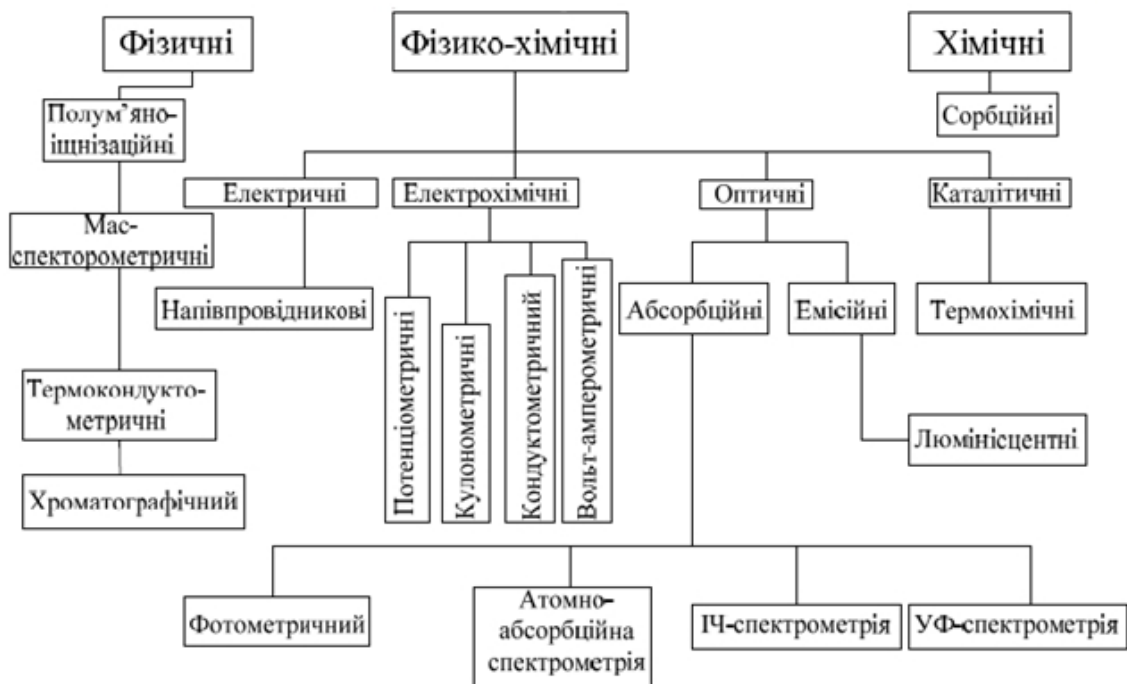


Рисунок. 1.7 – Класифікація методів визначення і контролю концентрації газів

Селективне поглинання пояснюється тим, що частота випромінювання є резонансною для молекул заданого газу. При поглинанні світла атоми та молекули речовин переходять у новий збуджений стан. Залежно від виду і способу трансформування поглинутої енергії розрізняють атомно-абсорбційний та молекулярно-абсорбційний аналізи. Адсорбційна спектроскопія використовує три області довжин хвиль для вимірювань – це ультрафіолетовий

діапазон (200 – 380 нм), видимий (380 – 760 нм) та інфрачервоний (> 760 нм).

Оскільки частотний сигнал є більш чутливим до змін, з'явилася можливість вимірювання малих змін вихідного аналогового сигналу, що в свою чергу дозволяє збільшити точність та чутливість динамічного контролю концентрації газу. Тому в схему вимірювального засобу вноситься оптичний частотний перетворювач, що перетворює оптичний сигнал у частотний, який в свою чергу пропорційний потоку випромінювання, який і характеризує значення концентрації газу.

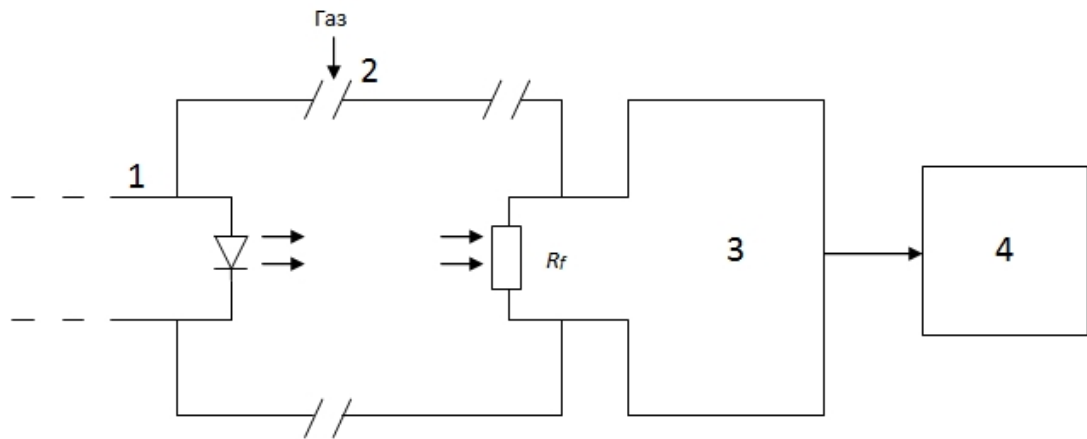


Рисунок 1.8 – Функціональна схема вимірювального засобу (оптично-абсорбційний метод) [1]:

1- джерело випромінювання; 2 - вимірювальна кювета; 3 – оптичний частотний перетворювач з фоторезистором; 4 - блок обробки інформації.

На рис.1.8 представлено схему вимірювального засобу, що складається з випромінювача 1, вимірювального кювета 2, оптичний частотний перетворювач з фоторезистором 3 (рис.1.9), блока обробки інформації 4.

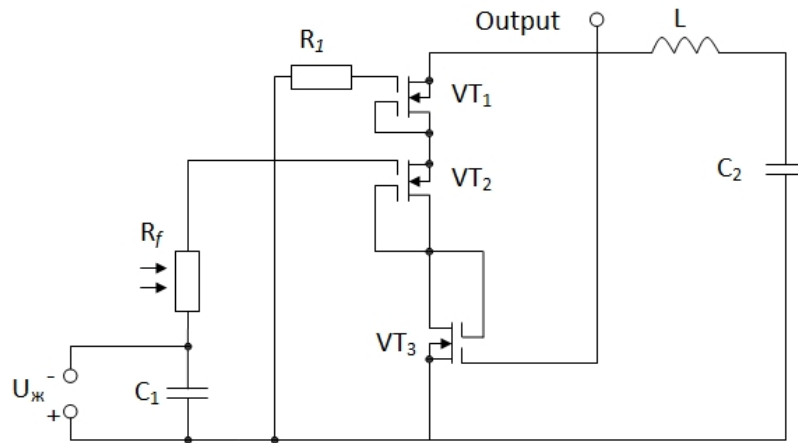


Рисунок 1.9 – Оптичний частотний перетворювач [1]

Оптичний частотний перетворювач дозволяє перетворювати потужність оптичного випромінювання у вихідний сигнал відповідної частоти, що забезпечує високу завадостійкість (отже, і точність) вимірювання оптичної потужності.

1.8 Висновки

Проаналізований огляд схем існуючих аналогів перетворювачів концентрації газу. Створено класифікацію методів вимірювання концентрації газу. Представлено оптичний частотний перетворювач концентрації газу, який використовується для оптично-абсорбційного методу вимірювання концентрації газу. На основі проведеного аналізу літературних джерел, видно що перетворювачі оптичних величин набули широкого поширення.

Згідно проведених досліджень рівень комерційного потенціалу розробки становить 32 бали, що свідчить про комерційну важливість проведення даних досліджень (рівень комерційного потенціалу розробки вище середнього). При оцінюванні за технічними параметрами, згідно узагальненого коефіцієнту якості розробки, удосконалений пристрій переважає існуючі аналоги приблизно в 1,92 рази. Можна зробити висновок про доцільність проведення НДДКР з розробки газоаналізатора. Отже, актуальним буде розробка надійного оптичного вимірювального перетворювача для вимірювання концентрації газу, за рахунок перетворення електричного сигналу в частотний.

2 РОЗРОБКА ТА МОДЕЛЮВАННЯ СХЕМИ ОПТИЧНОГО ВИМІРЮВАЛЬНОГО ПЕРЕТВОРЮВАЧА КОНЦЕНТРАЦІЇ ГАЗУ

Запропонований оптичний вимірювальний перетворювач концентрації газу за допомогою, якого відбувається перетворення електричного сигналу в частотний, що дасть можливість підвищити чутливість.

2.1 Розроблення схеми оптичного перетворювача концентрації газу

На основі попередніх досліджень виявлено недоліки існуючих аналогів, тому пристрій повинен передбачати можливість розширення функціональних можливостей та підвищення точності вимірювань, причому мати високу швидкодію, простоту, чутливість.

Розроблено структурну схему оптичного перетворювача концентрації газу, яка зображена на рисунку 2.1.

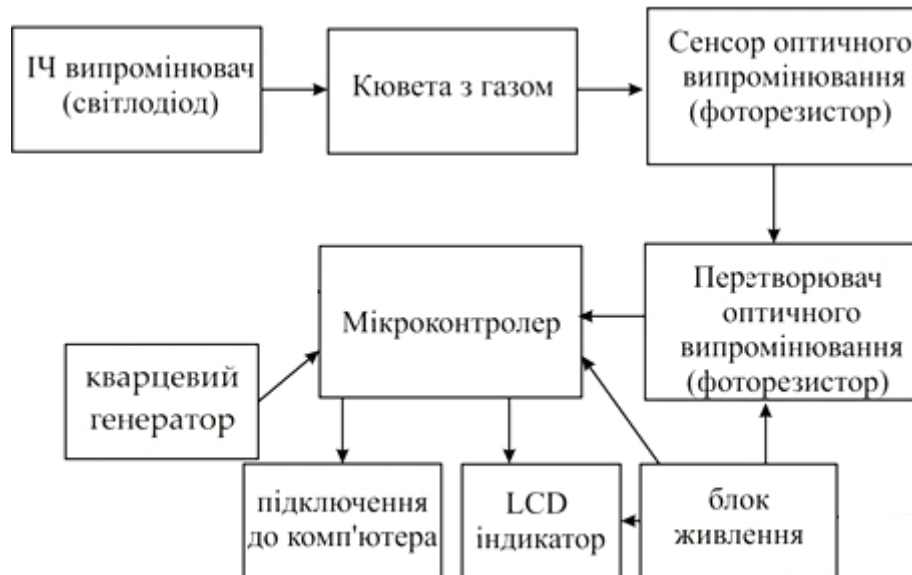


Рисунок 2.1 – Структурна схема оптичного перетворювача концентрації газу

Структурна схема оптичного перетворювача концентрації газу складається із послідовно з'єднаного ІЧ випромінювача, кювета з газом, який

в свою чергу з'єднаний із сенсором оптичного випромінювання (фоторезистором), перетворювача оптичного випромінювання, мікроконтролера, який з'єднаний із портом підключення до комп'ютера, та LCD індикатором, кварцевий резонатор задає частоту мікроконтролеру. Блок живлення паралельно з'єднаний із мікроконтролером, LCD індикатором та термостатом, який в свою чергу послідовно підключений до перетворювача оптичного випромінювання.

На рисунку 2.2 подано схему електричну принципову оптичного вимірювача концентрації газу на мікроконтролері.

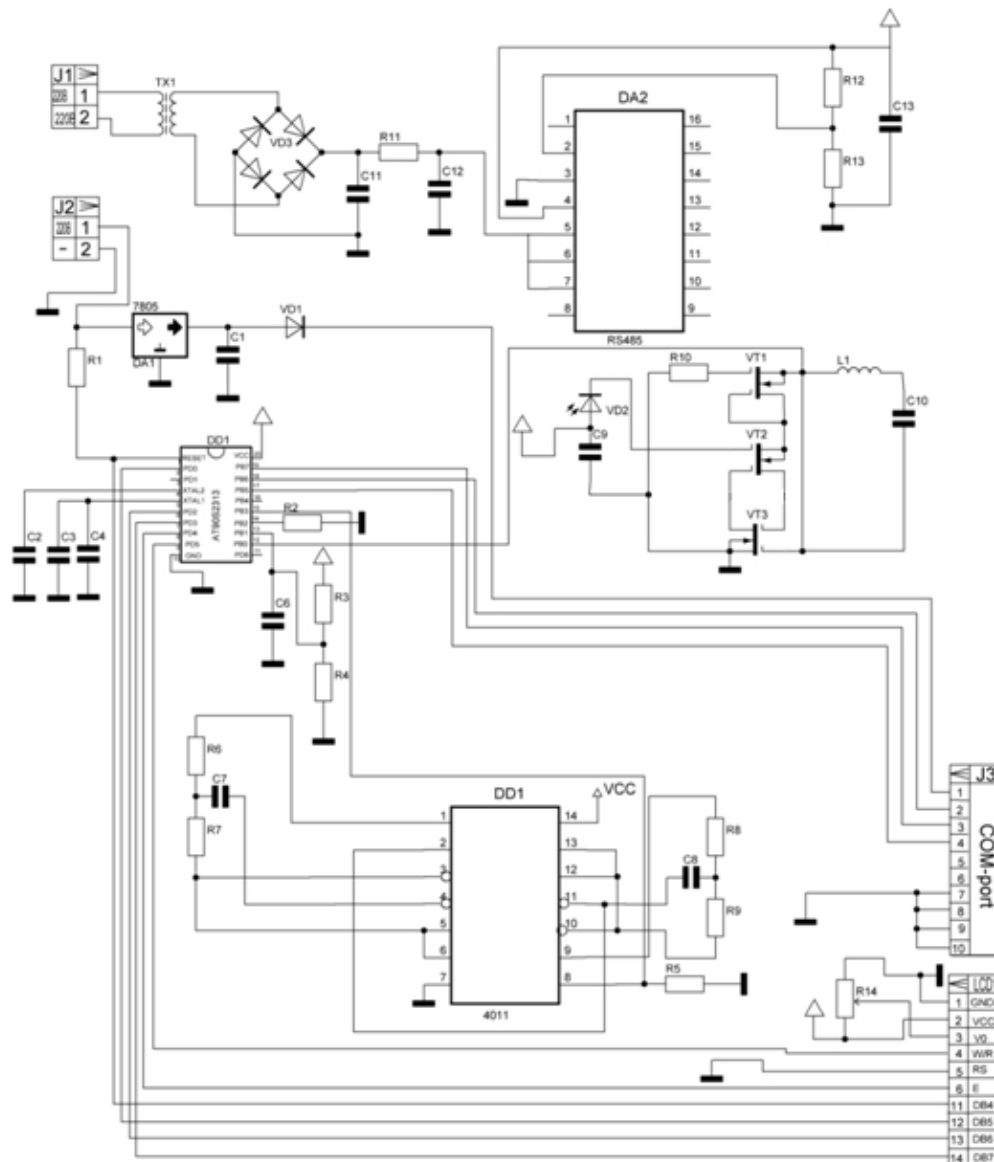


Рисунок 2.2 — Електрична принципова схема вимірювального блоку на мікроконтролері ATMEL AT90S2313

Вимірювальна система, принципова схема якої показана на рис. 2.2, містить блок для здійснення вимірювання освітленості безпосередньо в об'єкті вимірювання, який складається з мікроконтролера ATMEL AT90S2313, інтерфейсу програмування контролера, кварцового генератора, також містить систему запуску нагрівача оптичного частотного перетворювача та термостат, який підтримує його стабільну роботу в межах $530\pm 0,50$. Інформація з вторинного перетворювача у вигляді частотного сигналу, надходить на мікроконтролер. Вимірювання концентрації газу здійснюється частотним перетворювачем з фоторезистором в якості чутливого елемента.

2.2 Обґрунтування вибору та аналіз мікроконтролера

Одним з основних елементів схеми являється мікроконтролер. З міркувань економічності, надійності і габаритів було обрано мікроконтролер AVR архітектури AT90S2313 (рис. 2.3).

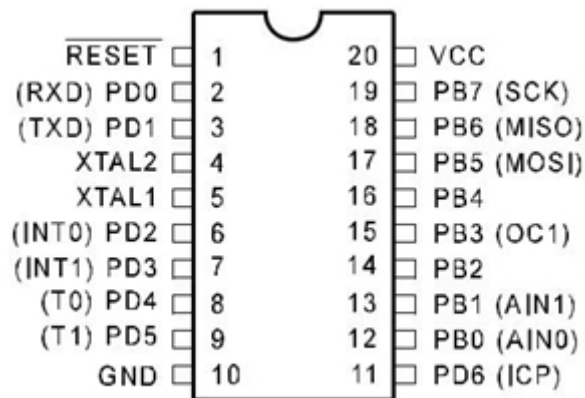


Рисунок 2.3 – Вигляд мікроконтролера AT90S2313 з описом виводів

AT90S2313 - 8-розрядний мікроконтролер CMOS з малою потужністю на базі архітектури AVR RISC. Виконуючи потужні вказівки в одному тактовому циклі, AT90S2313 досягає пропускну здатності, що наближається до 1 MIPS на МГц, що дозволяє конструктору системи оптимізувати споживання енергії та швидкість обробки.

Ядро AVR поєднує в собі багатий набір інструкцій із 32 загальними робочими регістрами. Всі 32 регістри безпосередньо підключені до блоку арифметичної логіки (ALU), що дозволяє отримати доступ до двох незалежних регістрів за допомогою однієї окремої інструкції, виконаної за один такт. Отримана архітектура більш ефективна для коду при досягненні пропускну здатності в десять разів швидше, ніж звичайні мікроконтролери CISC.

Даний мікроконтролер має такі характеристики:

- Потужна високошвидкісна технологія CMOS-технології
- Повністю статична операція
- Споживана потужність 4 МГц, 3В,
- активний: 2,8 мА
- режим очікування: 0,8 мА
- режим живлення вниз: <1 мкА
- I / O та пакети
- 15 програмованих ліній введення / виводу
- 20-контактний PDIP та SOIC
- Робочі напруги
 - 2,7 - 6,0 В (AT90S2313-4)
 - 4.0 - 6.0 В (AT90S2313-10)
- Оцінки швидкості
 - 0 - 4 МГц (AT90S2313-4)
 - 0 - 10 МГц (AT90S2313-10)
 -

2.3 Моделювання характеристик оптичного перетворювача концентрації газу

На рисунках 2.4 подано схему електричну принципову оптичного вимірювача концентрації газу.

Величина інтенсивності ослабленого випромінювання I , що пройшов через вимірювальну кювету з газом, що аналізується, може бути визначена за законом Бугера-Ламберта-Бера.

$$I = I_0 \exp(-k \cdot C \cdot l),$$

де I_0 – величина потоку інфрачервоного випромінювання на вході у вимірювальну кювету, k – коефіцієнт поглинання газу, що аналізується і залежить від ступеня узгодження спектрів поглинання газу, спектральної характеристики джерела інфрачервоного випромінювання і спектральної чутливості приймача інфрачервоного випромінювання; C – концентрація газу, що аналізується; l – довжина вимірювальної кювети.

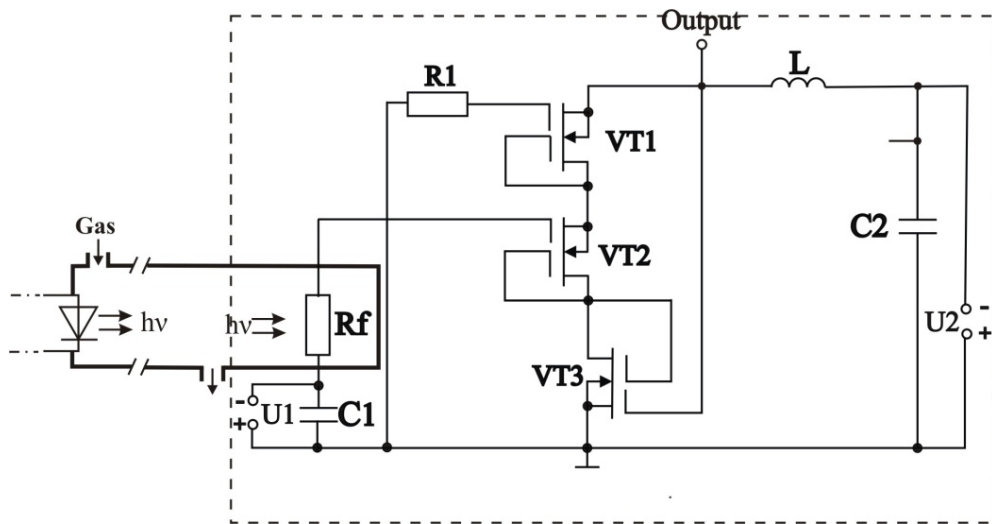


Рисунок 2.4 — Електрична принципова схема оптичного перетворювача концентрації газу

Можливий спосіб визначення концентрації газу з використанням пристрою, зображеного на рис. 2.4. Зміна інтенсивності світлового потоку, що випромінюється світлодіодом інфрачервоного спектру та реєструється фоторезистором R_f , на який нанесено інтерференційний фільтр для виділення контрольної смуги з довжиною хвилі, яка відповідає довжині максимально інтенсивної смуги поглинання контрольованого газу (3,2 мкм - для метану та 3,5 мкм - для пропану).

Коливальний контур автогенератора в схемі утворюється ємнісною складовою повного опору на електродах витік-витік МДН-транзисторів VT1 і

VT3 та індуктивністю L . Живлення схеми забезпечується напругою U_2 . Напруга U_1 використовується для встановлення робочого режиму схеми.

Еквівалентна ємність коливального контуру автогенератора утворюється ємнісною складовою повного опору на електродах витік-витік МДН-транзисторів VT1 і VT3.

Для визначення повного опору автогенератора складено еквівалентну схему по змінному струму (рис. 2.5).

Перетворимо її у зручнішу для проведення розрахунків (рис.2.6).

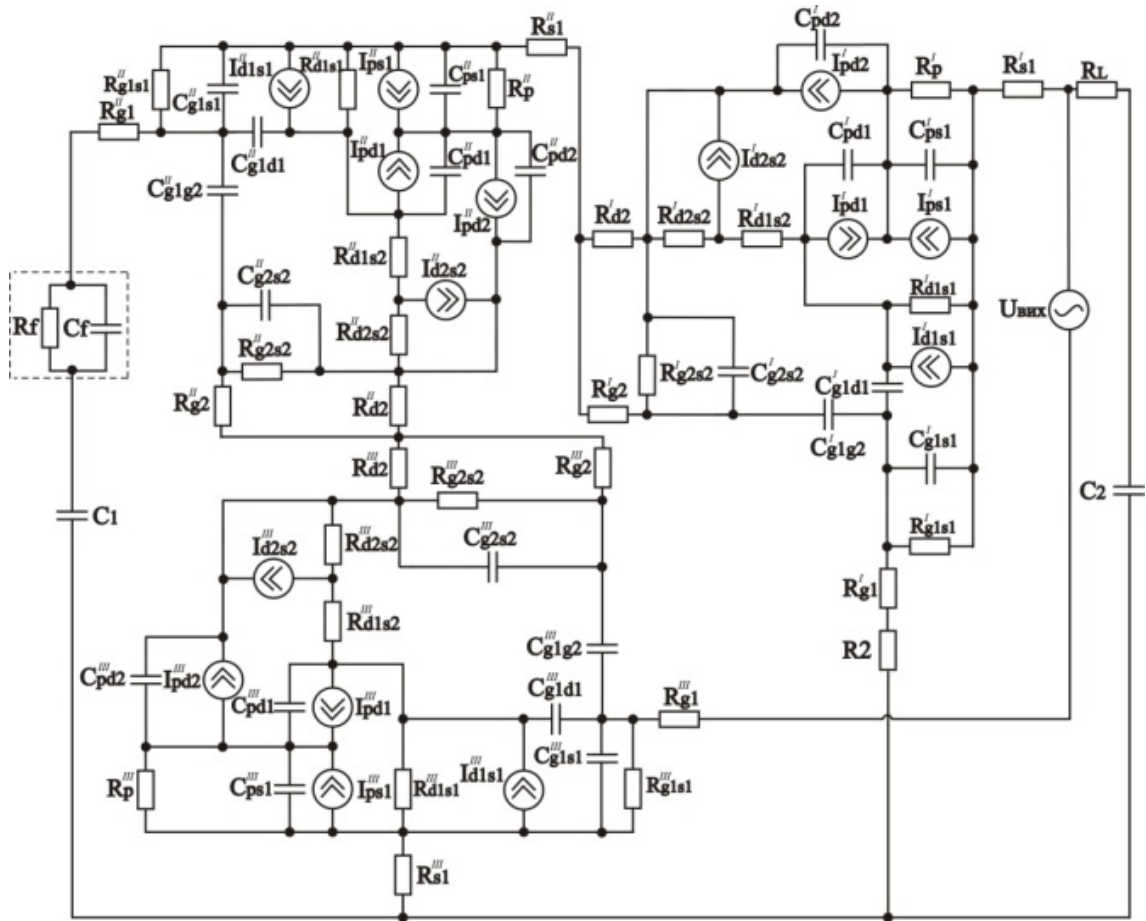


Рисунок 2.5 – Еквівалентна схема оптичного перетворювача по змінному струму

Для еквівалентної схеми (рис. 2.5) використано наступні умовні позначення: R_f – опір фоторезистора R_f ; R_{g1}^I , R_{g1}^{II} , R_{g1}^{III} – об’ємні опори затвору транзисторів VT1, VT2 та VT3 відповідно;

R_{g1s1}^I , R_{g1s1}^{II} , R_{g1s1}^{III} та R_{g2s2}^I , R_{g2s2}^{II} , R_{g2s2}^{III} – об’ємні опори затвор-витік МДН-транзисторів VT1, VT2 та VT3;

R_{d1s1}^I , R_{d1s1}^{II} , R_{d1s1}^{III} , R_{d1s2}^I , R_{d1s2}^{II} , R_{d1s2}^{III} , R_{d2s2}^I , R_{d2s2}^{II} , R_{d2s2}^{III} – опори стік-витік МДН-транзисторів VT1, VT2 та VT3;

$R_{s1}^I, R_{s1}^{II}, R_{s1}^{III}$ – об'ємні опори витоку МДН-транзисторів VT1, VT2 та VT3;

$R_{d2}^I, R_{d2}^{II}, R_{d2}^{III}$ – об'ємні опори стоку МДН-транзисторів VT1, VT2 та VT3;

$R_{g1}^I, R_{g1}^{II}, R_{g1}^{III}, R_{g2}^I, R_{g2}^{II}, R_{g2}^{III}$ – об'ємні опори першого та другого затворів МДН-транзисторів VT1, VT2 та VT3

$R_p^I, R_p^{II}, R_p^{III}$ – опори підкладок МДН-транзисторів VT1, VT2 та VT3;

C_f – ємність фоторезистора R_1 ;

$C_{g1s1}^I, C_{g1s1}^{II}, C_{g1s1}^{III}, C_{g2s2}^I, C_{g2s2}^{II}, C_{g2s2}^{III}$ – ємності затвор-витік МДН-транзисторів VT1, VT2 та VT3;

$C_{g1d1}^I, C_{g1d1}^{II}, C_{g1d1}^{III}$ – ємності затвор-стік МДН-транзисторів VT1, VT2 та VT3;

$C_{ps1}^{II}, C_{ps1}^{III}, C_{ps1}^{IV}$ – ємності підкладка-витік МДН-транзисторів VT1, VT2 та VT3;

$C_{pd1}^I, C_{pd1}^{II}, C_{pd1}^{III}, C_{pd2}^I, C_{pd2}^{II}, C_{pd2}^{III}$ – ємності підкладка-стік МДН-транзисторів VT1, VT2 та VT3;

$C_{g1g2}^I, C_{g1g2}^{II}, C_{g1g2}^{III}$ – ємності між першим та другим затвором МДН-транзисторів VT1, VT2 та VT3;

C_1 та C_2 – ємності конденсаторів C_1 та C_2 відповідно.

Перетворимо схему (рис. 2.5) у зручнішу для проведення розрахунків (рис.2 б)

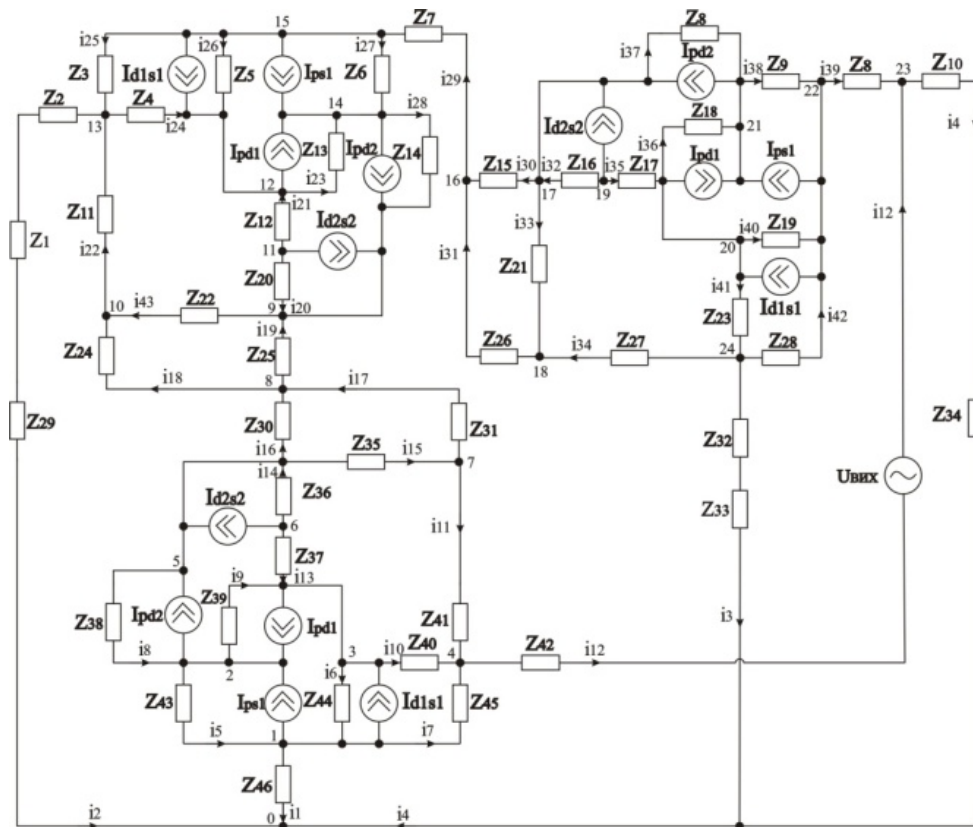


Рисунок 2.6 – Перетворена еквівалентна схема оптичного перетворювача по змінному струму

Для перетвореної еквівалентної схеми (рис.2.5) використано наступні умовні позначення:

$$\begin{aligned}
 Z_1 &= \frac{R_f}{1 + \omega^2 R_f^2 C_f^2} - j \frac{R_f^2 \omega C_f}{1 + \omega^2 R_f^2 C_f^2}; \\
 Z_2 &= R_{g1}''; \\
 Z_3 &= R_{g1s1}'' / (1 + \omega^2 (R_{g1s1}'')^2 (C_{g1s1}'')^2) - j ((R_{g1s1}'')^2 \omega C_{g1s1}'' / (1 + \omega^2 (R_{g1s1}'')^2 (C_{g1s1}'')^2)); \\
 Z_4 &= -j / (\omega C_{g1d1}''); \\
 Z_5 &= R_{d1s1}''; \\
 Z_6 &= R_p'' / (1 + \omega^2 (R_p'')^2 (C_{ps1}'')^2) - j ((R_p'')^2 \omega C_{ps1}'' / (1 + \omega^2 (R_p'')^2 (C_{ps1}'')^2)); \\
 Z_7 &= R_{s1}''; \\
 Z_8 &= -j / (\omega C_{pd2}^I); \\
 Z_9 &= R_p^I / (1 + \omega^2 (R_p^I)^2 (C_{ps1}^I)^2) - j ((R_p^I)^2 \omega C_{ps1}^I / (1 + \omega^2 (R_p^I)^2 (C_{ps1}^I)^2)); \\
 Z_{10} &= j \omega L; \\
 Z_{11} &= -j / \omega (C_{g2}'''); \\
 Z_{12} &= R_{d1s2}''; \\
 Z_{13} &= -j / (\omega C_{pd1}'''); \\
 Z_{14} &= -j / (\omega C_{pd2}'''); \\
 Z_{15} &= R_{d2}^I; \\
 Z_{16} &= R_{d2s2}^I; \\
 Z_{17} &= R_{d1s2}^I; \\
 Z_{18} &= -j / (\omega C_{pd1}^I); \\
 Z_{19} &= R_{d1s1}^I; \\
 Z_{20} &= R_{d2s2}''; \\
 Z_{21} &= R_{g2s2}^I / (1 + \omega^2 (R_{g2s2}^I)^2 (C_{g2s2}^I)^2) - j ((R_{g2s2}^I)^2 \omega C_{g2s2}^I / (1 + \omega^2 (R_{g2s2}^I)^2 (C_{g2s2}^I)^2)); \\
 Z_{22} &= R_{g2s2}'' / (1 + \omega^2 (R_{g2s2}'')^2 (C_{g2s2}'')^2) - j ((R_{g2s2}'')^2 \omega C_{g2s2}'' / (1 + \omega^2 (R_{g2s2}'')^2 (C_{g2s2}'')^2)); \\
 Z_{18} &= -j / (\omega C_{g1d1}^I); \\
 Z_{24} &= R_{g2}''; \\
 Z_{25} &= R_{d2}''; \\
 Z_{26} &= R_{g2}^I;
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
Z_{27} &= -j / (\omega C_{pd2}^I); \\
Z_{28} &= R_{g1s1}^I / (1 + \omega^2 (R_{g1s1}^I)^2 (C_{g1s1}^I)^2) - j ((R_{g1s1}^I)^2 \omega C_{g1s1}^I / (1 + \omega^2 (R_{g1s1}^I)^2 (C_{g1s1}^I)^2)); \\
Z_{29} &= -j / (\omega C_1); \\
Z_{30} &= R_{d2}^{III}; \quad Z_{31} = R_{g2}^{III}; \\
Z_{32} &= R_{g1}^I; \\
Z_{33} &= R_2; \quad Z_{34} = -j / (\omega C_2); \\
Z_{35} &= R_{g2s2}^{III} / (1 + \omega^2 (R_{g2s2}^{III})^2 (C_{g2s2}^{III})^2) - j ((R_{g2s2}^{III})^2 \omega C_{g2s2}^{III} / (1 + \omega^2 (R_{g2s2}^{III})^2 (C_{g2s2}^{III})^2)); \\
Z_{36} &= R_{d2s2}^{III}; \\
Z_{37} &= R_{d1s2}^{III}; \\
Z_{38} &= -j / (\omega C_{pd2}^{III}); \\
Z_{39} &= -j / (\omega C_{pd1}^{III}); \\
Z_{40} &= -j / (\omega C_{g1d1}^{III}); \\
Z_{41} &= -j / \omega (C_{g1g2}^{III}); \\
Z_{42} &= R_{g1}^{III}; \\
Z_{43} &= R_p^{III} / (1 + \omega^2 (R_p^{III})^2 (C_{ps1}^{III})^2) - j ((R_p^{III})^2 \omega C_{ps1}^{III} / (1 + \omega^2 (R_p^{III})^2 (C_{ps1}^{III})^2)); \\
Z_{44} &= R_{d1s1}^{III}; \\
Z_{46} &= R_{s1}^{III}; \\
Z_{45} &= R_{g1s1}^{III} / (1 + \omega^2 (R_{g1s1}^{III})^2 (C_{g1s1}^{III})^2) - j ((R_{g1s1}^{III})^2 \omega C_{g1s1}^{III} / (1 + \omega^2 (R_{g1s1}^{III})^2 (C_{g1s1}^{III})^2)).
\end{aligned}$$

Провідності гілок схеми визначаються за формулами:

$$\begin{aligned}
Y_1 &= 1 / Z_{46}; \\
Y_2 &= 1 / (Z_1 + Z_2 + Z_{29}); \\
Y_3 &= 1 / (Z_{32} + Z_{33}); \\
Y_4 &= 1 / (Z_{10} + Z_{34}); \\
Y_5 &= Z_{43}; \\
Y_6 &= 1 / Z_{44}; \\
Y_7 &= Z_{45}; \quad Y_8 = 1 / Z_{38}; \\
Y_9 &= 1 / Z_{39}; \quad Y_{10} = 1 / Z_{40}; \quad Y_{11} = 1 / Z_{41}; \\
Y_{12} &= 1 / Z_{42}; \quad Y_{13} = 1 / Z_{37}; \quad Y_{14} = Z_{36}; \quad Y_{15} = 1 / Z_{35}; \quad Y_{16} = 1 / Z_{30}; \quad Y_{17} = 1 / Z_{31}; \quad Y_{18} = Z_{24}; \\
Y_{19} &= 1 / Z_{25}; \quad Y_{20} = 1 / Z_{20}; \\
Y_{21} &= 1 / Z_{12}; \quad Y_{22} = 1 / Z_{11}; \quad Y_{23} = 1 / Z_{13};
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Y_{24} &= 1/Z_4; Y_{25} = 1/Z_3; Y_{26} = 1/Z_5; Y_{27} = 1/Z_6; Y_{28} = 1/Z_{14}; Y_{29} = 1/Z_7; Y_{30} = 1/Z_{15}; \\
 Y_{31} &= 1/Z_{26}; Y_{32} = 1/Z_{16}; Y_{33} = 1/Z_{21}; Y_{34} = 1/Z_{27}; Y_{35} = 1/Z_{17}; Y_{36} = 1/Z_{18}; \\
 Y_{37} &= 1/Z_8; Y_{38} = 1/Z_9; Y_{39} = 1/Z_8; Y_{40} = 1/Z_{19}; Y_{41} = 1/Z_{23}; Y_{42} = 1/Z_{28}; \\
 Y_{43} &= 1/Z_{22}
 \end{aligned}$$

Систему рівнянь розв'язуємо за методом Гауса за допомогою програмного пакету Matlab 8.1.

Для еквівалентної схеми на рис.2.6 складено систему рівнянь Кірхгофа по змінному струму:

$$\begin{aligned}
& I_{ps1} + I_{d1s1} = -\varphi_1(Y_1 + Y_5 + Y_6 + Y_7) + \varphi_2 Y_5 + \varphi_3 Y_6 + \\
& + \varphi_4 Y_7, \\
& I_{pd2} - I_{pd1} - I_{ps1} = \varphi_1 Y_5 - \varphi_2(Y_5 + Y_8 + Y_9) + \varphi_5 Y_8, \\
& I_{pd1} - I_{d1s1} = \varphi_1 Y_6 + \varphi_2 Y_9 - \varphi_3(Y_6 + Y_9 + Y_{10} + Y_{13}) + \\
& + \varphi_4 Y_{10} + \varphi_6 Y_{13}, \\
& 0 = \varphi_1 Y_7 + \varphi_3 Y_{10} - \varphi_4(Y_7 + Y_{10} + Y_{11} + Y_{12}) + \varphi_7 Y_{11} + \varphi_{23} Y_{12}, \\
& -I_{pd2} - I_{d2s2} = \varphi_2 Y_8 - \varphi_5(Y_8 + Y_{14} + Y_{15} + Y_{16}) + \varphi_6 Y_{14} + \\
& + \varphi_7 Y_{15} + \varphi_8 Y_{16}, \\
& I_{d2s2} = \varphi_3 Y_{13} + \varphi_5 Y_{14} - \varphi_6(Y_{14} + Y_{13}), \\
& 0 = \varphi_4 Y_{11} + \varphi_5 Y_{15} - \varphi_7(Y_{11} + Y_{15} + Y_{17}) + \varphi_8 Y_{17}, \\
& 0 = \varphi_5 Y_{16} + \varphi_7 Y_{17} - \varphi_8(Y_{16} + Y_{17} + Y_{18} + Y_{19}) + \varphi_9 Y_{19} + \varphi_{10} Y_{18}, \\
& -I_{pd2} - I_{d2s2} = \varphi_8 Y_{19} - \varphi_9(Y_{19} + Y_{20} + Y_{28} + Y_{43}) + \\
& \varphi_{10} Y_{43} + \varphi_{11} Y_{20} + \varphi_{14} Y_{28}, \\
& 0 = \varphi_8 Y_{18} + \varphi_9 Y_{43} - \varphi_{10}(Y_{18} + Y_{22} + Y_{43}) + \varphi_{13} Y_{22}, \\
& I_{d2s2} = \varphi_9 Y_{20} - \varphi_{11}(Y_{20} + Y_{21}) + \varphi_{12} Y_{21}, \\
& I_{pd1} - I_{d1s1} = \varphi_{10} Y_{22} - \varphi_{12}(Y_{23} + Y_{24} + Y_{26}) + \varphi_{13} Y_{24} + \\
& + \varphi_{14} Y_{23} + \varphi_{15} Y_{26}, \\
& 0 = \varphi_{10} Y_{22} + \varphi_{12} Y_{24} - \varphi_{13}(Y_2 + Y_{22} + Y_{24} + Y_{25}) + \varphi_{15} Y_{25}, \\
& -I_{ps1} - I_{pd1} + I_{pd2} = \varphi_9 Y_{28} + \varphi_{12} Y_{23} - \\
& - \varphi_{14}(Y_{23} + Y_{27} + Y_{28}) + \varphi_{15} Y_{27}, \\
& I_{d1s1} + I_{ps1} = \varphi_{12} Y_{26} + \varphi_{13} Y_{25} + \varphi_{14} Y_{27} - \\
& - \varphi_{15}(Y_{25} + Y_{26} + Y_{27} + Y_{29}) + \varphi_{16} Y_{29}, \\
& 0 = \varphi_{15} Y_{29} - \varphi_{16}(Y_{29} + Y_{30} + Y_{30}) + \varphi_{17} Y_{30} + \varphi_{18} Y_{31}, \\
& -I_{d2s1} - I_{pd2} = \varphi_{16} Y_{30} - \varphi_{17}(Y_{30} + Y_{32} + Y_{33} + Y_{37}) + \\
& + \varphi_{19} Y_{32} + \varphi_{21} Y_{37}, \\
& 0 = \varphi_{16} Y_{31} + \varphi_{17} Y_{33} - \varphi_{18}(Y_{31} + Y_{33} + Y_{34}) + \varphi_{24} Y_{34}, \\
& I_{d2s2} = \varphi_{17} Y_{32} - \varphi_{19}(Y_{31} + Y_{33} + Y_{34}) + \varphi_{17} Y_{32} + \varphi_{20} Y_{35}, \\
& I_{pd1} - I_{d1s1} = \varphi_{19} Y_{35} - \varphi_{20}(Y_{35} + Y_{36} + Y_{40} + Y_{41}) + \\
& + \varphi_{21} Y_{36} + \varphi_{22} Y_{40} + \varphi_{24} Y_{41}, \\
& I_{pd2} - I_{pd1} - I_{ps1} = \varphi_{17} Y_{37} + \varphi_{20} Y_{36} - \varphi_{21}(Y_{36} + Y_{37} + Y_{38}) + \\
& + \varphi_{22} Y_{38}, \\
& I_{ps1} + I_{d1s1} - U_{\dot{a}\dot{e}\dot{o}} Y_{39} = \varphi_{20} Y_{40} + \varphi_{21} Y_{38} - \\
& - \varphi_{22}(Y_{38} + Y_{39} + Y_{40} + Y_{42}) + \varphi_{24} Y_{42}, \\
& 0 = \varphi_4 Y_{12} - U_{\dot{a}\dot{e}\dot{o}}(Y_4 + Y_{12} + Y_{39}) + \varphi_{22} Y_{39}, \\
& 0 = \varphi_{18} Y_{34} + \varphi_{20} Y_{41} + \varphi_{22} Y_{42} - \varphi_{24}(Y_3 + Y_{34} + Y_{41} + Y_{42}),
\end{aligned}$$

На рис. 2.7 та 2.8 показані розрахункові залежності активної та реактивної складової повного опору від потужності оптичного випромінювання відповідно.

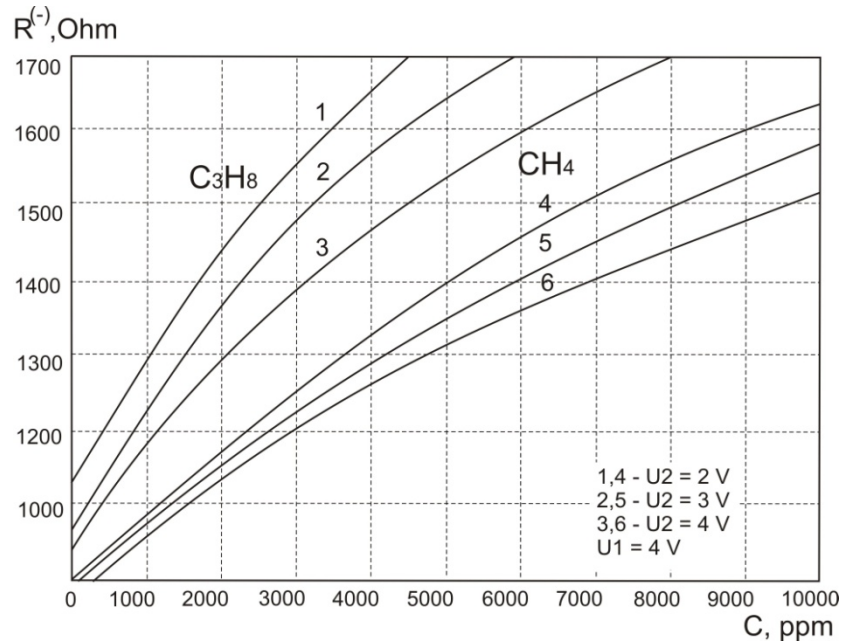


Рисунок. 2.7 – Теоретичні залежності активної складової опору від зміни концентрації газу

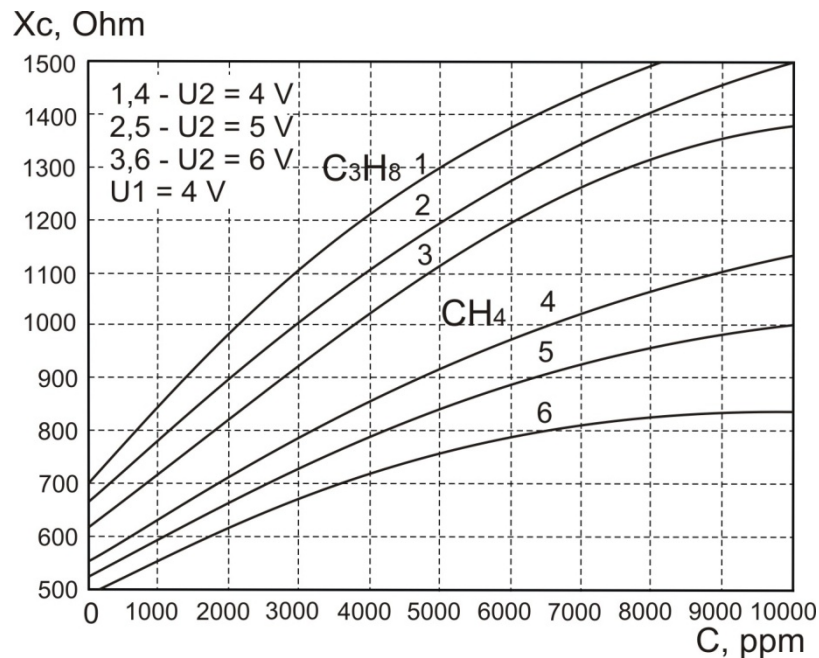


Рисунок. 2.8 – Теоретичні залежності реактивної складової повного опору від зміни концентрації газу

Реактивна складова повного опору при напрузі керування 4 В має максимальне значення і збільшується із збільшенням концентрації газу.

Для визначення функції перетворення необхідно на основі розв'язку системи рівнянь Кірхгофа знайти залежність частоти генерації від концентрації газу. Функція перетворення в цьому випадку буде мати вигляд:

$$F = \frac{\sqrt{2} \sqrt{L_{ekv} C_{pg2} (-L_{ekv} C_{pg2} + R_f^2(C) C_f^2 + R_f^2(C) C_f C_{pg2} + K_1)}}{2L_{ekv} C_f C_{pg2} R_f(C)},$$

Залежність частоти генерації від потужності оптичного випромінювання, визначена теоретично для перетворювача та показана на рис.2.9.

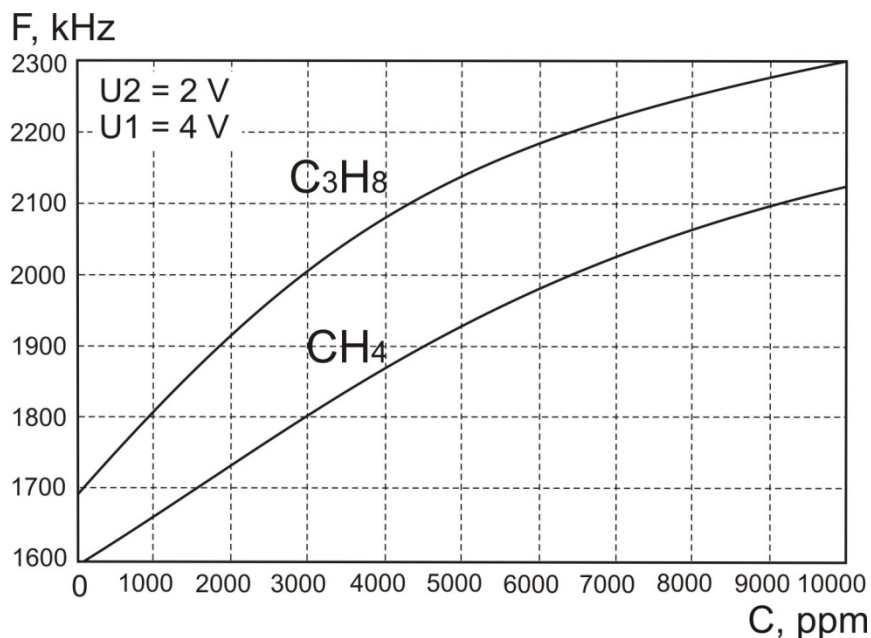


Рисунок 2.9 – Теоретичні залежності частоти

генерації від зміни концентрації газу для різних робочих точок автогенератора

З графіка видно, що із зменшенням концентрації газу спостерігається збільшення частоти генерації. Розбіжність теоретичної та експериментальної складової не перевищує $\pm 5\%$.

Чутливість можна визначити за формулою:

З рис.2.9 видно, що чутливість розробленого частотного перетворювача концентрації газу складає 600 Гц/ppm для пропану та 660 Гц/ppm для метану.

На рис.2.10 показана залежність чутливості частотного перетворювача від зміни концентрації газу.

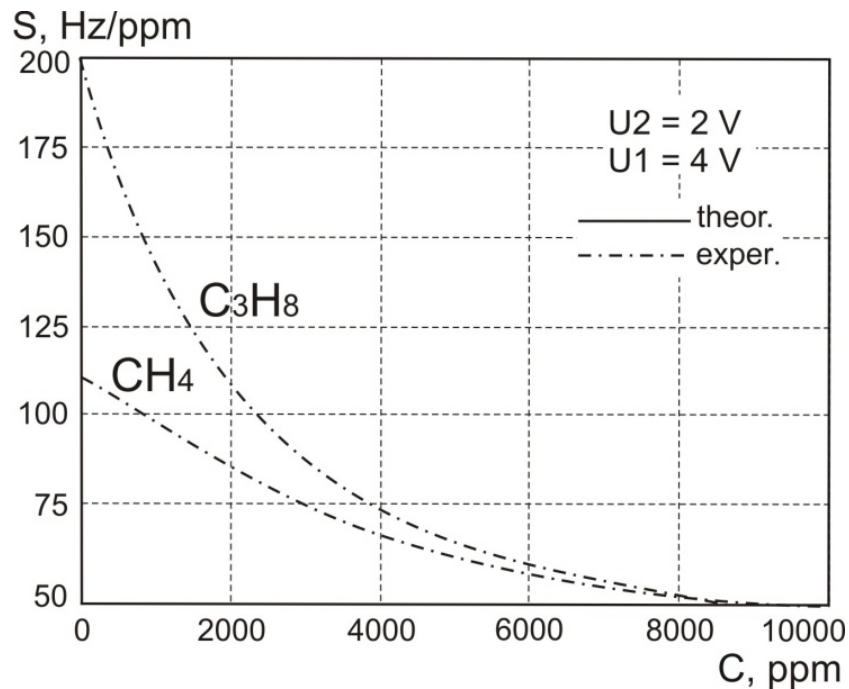


Рисунок 2.10 – Залежність чутливості частотного перетворювача від зміни концентрації газу

З рис.2.10 видно, що чутливість розробленого частотного перетворювача концентрації газу складає 87 Гц/ррм для пропану та 75 Гц/ррм для метану. Максимальну чутливість частотний перетворювач має в режимі роботи при напрузі живлення 4В та напрузі керування 2 В.

2.3 Моделювання схеми оптичного вимірювача концентрації газу в ISIS Proteus

Для створення схеми в середовищі ISIS Proteus, необхідно у запущеному вікні програми створити новий проект, якщо він не створився автоматично. Після чого нам потрібно зайти у бібліотеку елементів, нажавши на кнопку «P» на лівій панелі та вибрати потрібні нам елементи. Для зручного та швидкого знаходження можна користуватися пошуком, ввівши в строку «keywords» назву

нашого елемента або ж у ручну в бібліотеках. В табл 2.1 вказані необхідні елементи та їх бібліотеки для створення схеми.

Таблиця 2.1 – Бібліотеки елементів схеми

Елементи	Бібліотеки
Резистори	RESISTOR.LIB
Індикатор	OPTOELECTRONICS.LIB
Конденсатори	CAPASITORS.LIB
Кнопки	SWITCHES & RELAYS.LIB
Мікроконтролер	MICROPROCESSOR ICs.LIB
Підсилювач	OPERATIONAL AMPLIFIERs.LIB
Фотодіод	OPTOELECTRONICS.LIB
Світлодіод	OPTOELECTRONICS.LIB
Транзистори	TRANSISTORS.LIB

Таким чином виносимо усі елементи у робочий лист програми Proteus та намагаємося розмістити їх так чином, щоб компоненти схеми були розміщені приблизно з однаковою щільністю. Після чого ми з'єднаємо елементи між собою згідно нашої схеми так, щоб на була мінімальна кількість зламів та перетинів ліній.

Склавши схему на листі *Proteus*, запускаємо моделювання за допомогою вибору команд *Debug>Run*. При цьому автоматично відбудеться перевірка програмою схеми на наявність помилок та запуск джерел живлення, вимірювальних пристроїв та інших компонентів.

Якщо помилок не було виявлено програма працює у стані анімації, де ми можемо спостерігати за проходженням електричних процесів, знімати виміри як постійних так і змінних величин, а також впливу фізичних явищ на елементи, наприклад температура. Точність моделювання буде залежати в першу чергу від точності моделей компонентів та відповідних налаштувань, тому можна досягати максимальних значень абсолютних похибок при розрахунках .

Отже, на основі рис. 2.3 складемо у середовищі Proteus схему (рис. 2.11).

В якості джерела живлення для мікросхем використовується стандартне джерело живлення з напругою 5 вольт, яке поступає на вхід мікросхеми VCC. В

середовищі моделювання ISIS Proteus дане джерело за замовчуванням вважається під'єднаним до ліній живлення кожної з мікросхем, що у даному випадку позбавляє необхідності у прокладанні додаткових ліній живлення. Більшість функцій реалізуються програмно і з під'єднанням живлення необхідно лише запустити початок запису. Це реалізується за допомогою кнопки та служить для закінчення запису або переривання відтворення.

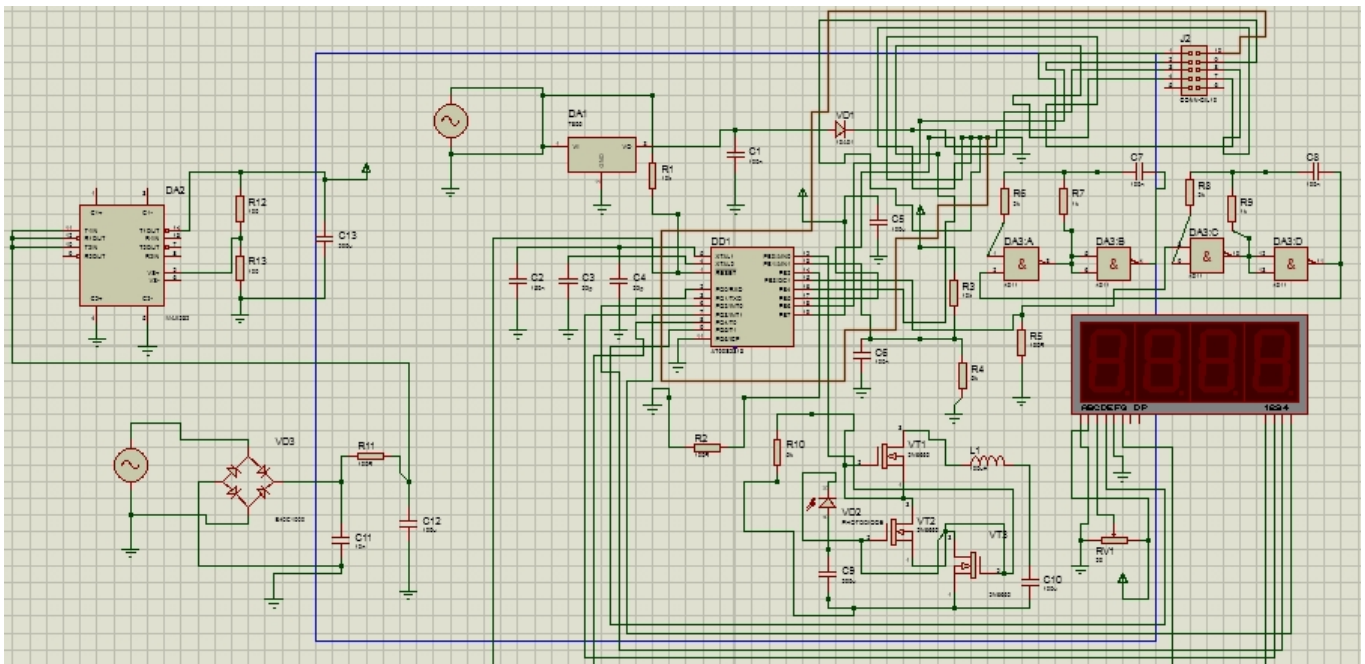


Рисунок 2.11 – Схема для моделювання в середовищі ISIS Proteus

При побудові плати оптичного перетворювача концентрації газу виникає проблема габаритних розмірів деяких елементів, таких як джерела живлення та трансформатора, тому для вирішення даної проблеми замінимо ці компоненти на конектори. Для працездатності схеми необхідна керуюча програма для мікроконтролера. Для програмування використовується середовище KeilVision4 на мові C.

Складено блок схему алгоритму виконання програми, що зображена на рисунку 2.12.

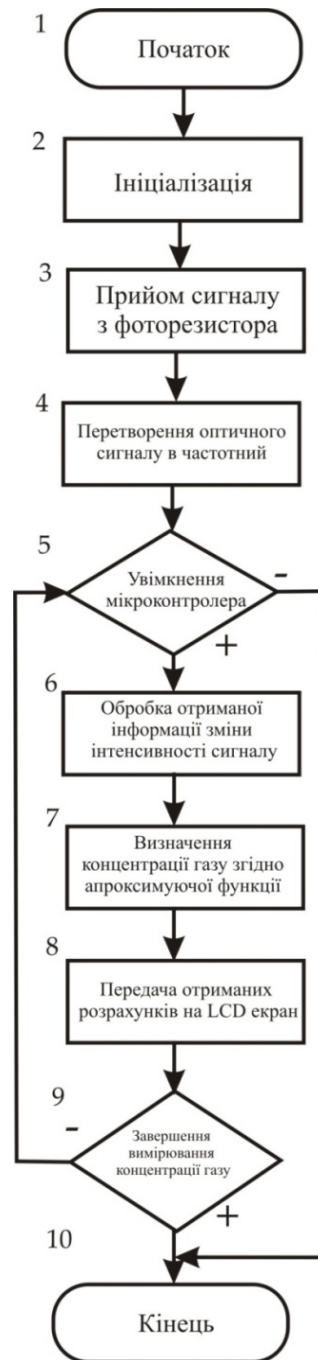


Рисунок 2.12 – Блок схема алгоритму виконання програми

Для запуску схеми код програми необхідно зберегти у файл із розширенням .c. Для завантаження у мікроконтролер програми в основному меню Source - Add/Remove Source Files обираємо файл із кодом керуючої програми, де в вікні діалогу можна вибрати і вихідний файл, і потрібний компілятор. І завершує підготовку додавання hex-файлу до схеми через меню і розділ редагування властивостей компоненту, де необхідно вказати файл MAIN.hex. Для відлагодження необхідно натиснути Ctrl+F12 або обрати

відповідний пункт в розділі основного меню Debug. В цьому ж розділі після того, як відкриється вікно з кодом асемблера можливо відкрити інші вікна налагодження: вікно стану регістрів, спостереження тощо. При увімкненні джерела живлення починається початкова ініціалізація мікроконтролера. Після чого, якщо у пам'яті мікроконтролера записаний виконуваний код, то відбувається його негайне виконання, якщо ж немає, то потрібно його встановити. Завантаження програми проходить з комп'ютера через COM-порт, який використовує стандарт RS-232 і по закінченню автоматично виконується контролером з циклічним повторенням [23].

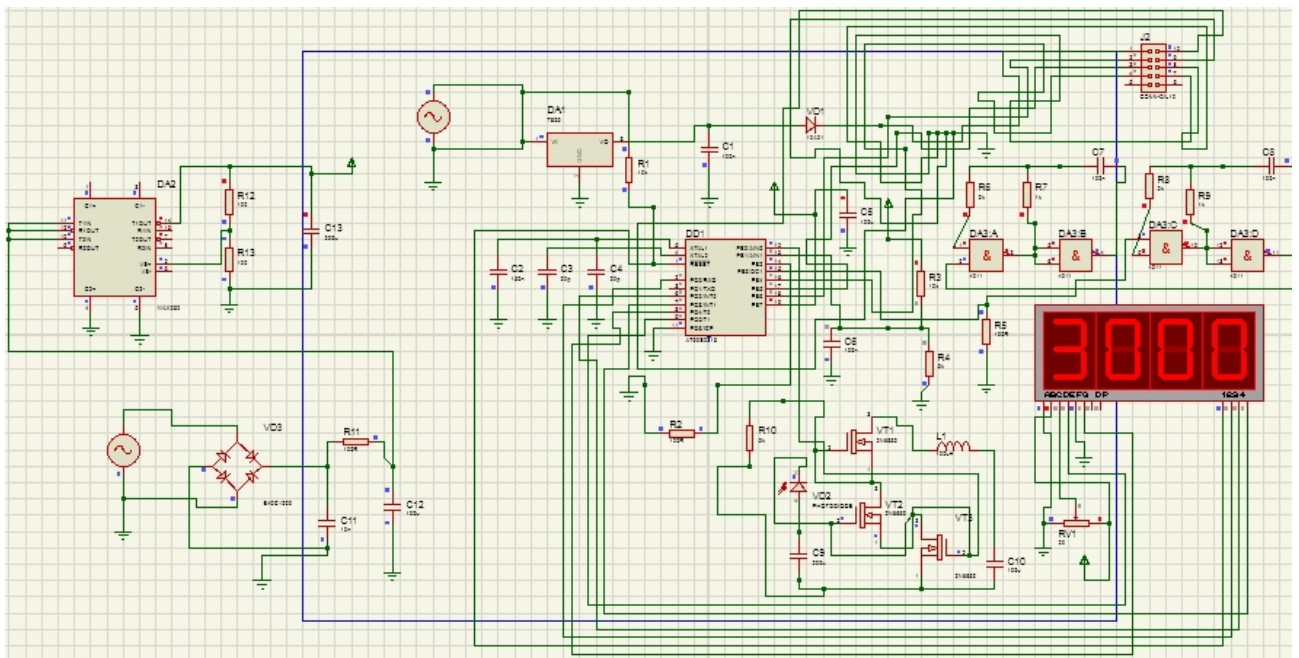


Рисунок 2.13 – Схема оптичного вимірювача концентрації газу
в середовищі ISIS Proteus

Щоб переконатися в правильності роботи розробленої схеми проведемо наочну демонстрацію, яка показана на рисунку 2.13.

Рисунок 2.13 дозволяє перевірити правильність роботи схеми, оскільки при запуску схеми на дисплей відображається відповідне повідомлення про концентрацію газу в загальноприйнятих одиницях ppm.

Далі розглянемо часові діаграми роботи змодельованої схеми оптичного вимірювача концентрації газу, які наведені на рисунку 2.14. Для цього

підключимо до входів цифрового індикатора осцилограф відповідно (Oscilloscope). На рисунку 2.14 можна побачити сигнал на виході Output оптичного перетворювача концентрації газу в частотний сигнал, що надходить до мікроконтролера, а на рис. 2.15 - вольт-амперну характеристику перетворювача.

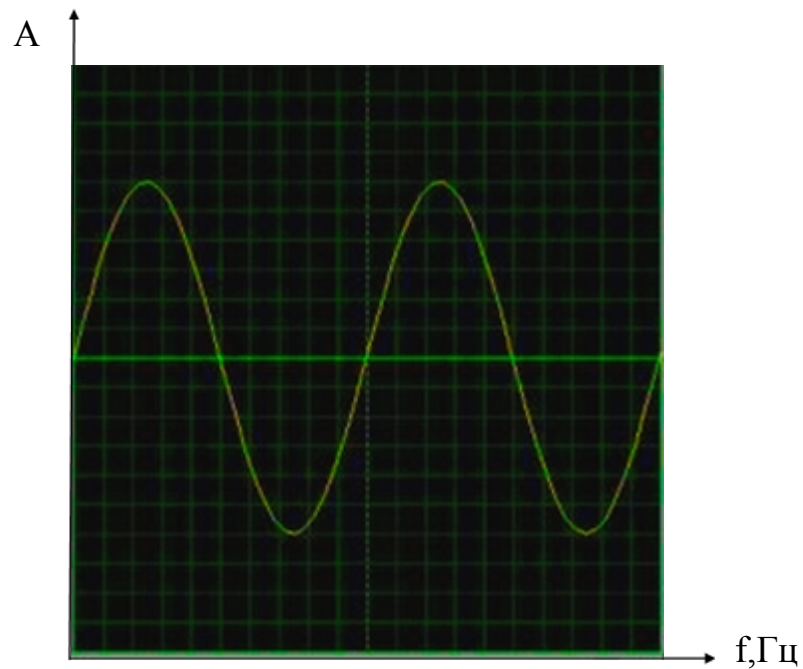


Рисунок 2.14 – Сигнал на виході Output оптичного перетворювача концентрації газу, що надходить до мікроконтролера

Визначення вольт-амперної характеристики оптичного перетворювача є необхідним для вибору робочої точки генератора, що обумовлює самозбудження і стійкість роботи автогенератора перетворювача.

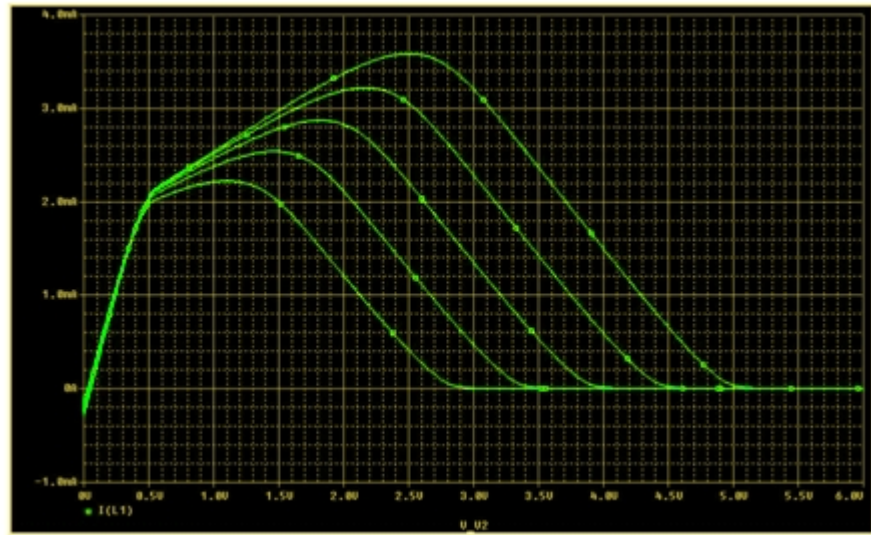


Рисунок 2.15 – Вольт-амперні характеристики оптичного перетворювача

З графіка (рис. 2.15) видно, що із збільшенням напруги керування U_2 збільшується ділянка від'ємного опору. Так, при напрузі керування $U_2 = 3\text{ В}$ ділянка від'ємного опору по U_1 лежить в межах 0,8 – 3 В, а при $U_2 = 5\text{ В}$ - в межах 1 – 4,7 В.

2.4 Висновки

Розроблено структурну та електричну схеми оптичного вимірювального перетворювача концентрації газу, наведено принцип його роботи, та наведено його алгоритм. Проведено розрахунок електричних кіл з використанням законів Кірхгофа. Розроблено блок схему алгоритму роботи програми та написано програму для мікроконтролера ATMEL AT90S2313. Проведено моделювання розробленої схеми оптичного вимірювача концентрації газу, в якому було наведено осцилограми та вольт-амперну характеристику, які дозволяють перевірити роботу оптичного вимірювача концентрації газу при подачі сигналу на фоторезистор (канал А) та результат на виході з мікроконтролера у вигляді синусоїдального сигналу відповідної частоти, значення якої в мікроконтролері перетворюється в значення концентрації газу за допомогою апроксимуючої функції, що свідчить про правильність роботи схеми та правильності написання керуючої програми мікроконтролера.

3 РОЗРОБЛЕННЯ ДРУКОВАНОЇ ПЛАТИ ОПТИЧНОГО ВИПРОМІНЮВАЛЬНОГО ПЕРЕТВОРЮВАЧА КОНЦЕНТРАЦІЇ ГАЗУ В ARES PROTEUS

При виборі типу друкованої плати для конструкції потрібно враховувати техніко-економічні показники. Модель даного приладу не є досить складною за своєю конструкцією і складається з доступних радіоелементів. Вибираємо двосторонню друковану плату, яка характеризується високими комутаційними якостями за рахунок металізації в отворах, підвищеною міцністю з'єднань виводів навісних елементів з рисунком плати та низькою вартістю.

3.1 Вибір типу та матеріалу друкованої плати

Для виготовлення друкованої плати використовують фольговані та нефольговані діелектрики. Вихідними матеріалами для їх виготовлення є папір або склотканина, просякнуті синтетичними смолами, або полімерні плівки з лавсану, фторопласту та ін. На поверхню фольгованих матеріалів мідна фольга приклеюється з однієї чи двох сторін листа в процесі виготовлення. Її товщина становить 20 – 50 мкм.

До матеріалу висуваємо такі вимоги:

- висока технологічність;
- високі електрофізичні властивості;
- забезпечення високої адгезії;
- мінімальні механічні короблення.

В табл. 3.1 подано основні властивості матеріалів друкованих плат [24].

Найчастіше для виготовлення друкованих плат використовують склотекстоліт і гетинакс наступних марок:

- ГФ – фольгований гетинакс;
- СФ – фольгований склотекстоліт;
- СФТ – склотекстоліт фольгований травильний;
- СФН – склотекстоліт фольгований нагрівостійкий;
- СТТ – склотекстоліт теплостійкий.

Таблиця 3.1 – Властивості матеріалів друкованих плат

Параметри	Гетинакс	Текстоліт	Склотекстоліт
Щільність без фольги, г/см ³	1,3...1,4	1,3...1,45	1,6...1,8
Відносна діелектрична проникність	4,5...6	4,5...6	5...6
Питомий об'ємний опір, Ом·м	1012...1014	1012...1014	1014...1015
Діапазон робочих температур, °С	-60...+80	-60...+105	-60...+120
Коефіцієнт теплопровідності, Вт/(м×К)	0,25...0,3	0,23...0,34	0,34...0,74
Температурний коефіцієнт лінійного розширення, 10 ⁻⁶ К ⁻¹	22	22	8...9

Товщина друкованої плати визначається товщиною вихідного матеріалу і вибирається залежно від елементної бази та навантажень.

Найоптимальніші параметри для розробки оптичного випромінювального перетворювача концентрації газу, згідно табл. 3.1, має склотекстоліт. Тому обираємо двосторонній фольгований склотекстоліт марки СФ-2-35-1,5 ТУ16-503.271-86, який має товщину фольги 35 мкм, товщину матеріалу з фольгою 1,5 мм. та діапазон робочих температур від -60 до +120 °С. Даний матеріал, згідно з [25], володіє досить високим значенням ударної міцності, та здатен витримувати перевантаження в 20g та механічні удари з тривалістю імпульсу в 15 мілісекунд. Будучи вкритим захисним лаковим покриттям, фольгований склотекстоліт стає не чутливим до вологи у всьому робочому температурному діапазоні, що задовольняє умовам поставленого технічного завдання.

3.2 Вибір класу точності та методу проектування друкованої плати

Для даного приладу оптимальним варіантом буде вибір друкованої плати 2-го класу точності, що не вимагає використання дорогих високоякісних матеріалів, інструменту та обладнання.

До друкованих плат висуваються такі вимоги:

1. Висока точність розташування струмопровідного рисунка
2. Велика величина опору діелектрика
3. Висока механічна міцність

4. Добра здатність до паяння, особлива після тривалого зберігання.

Досягається шляхом вибору типу покриття та технологією його нанесення

Точність розташування струмопровідного рисунка регламентується вимогами держстандартів. З цією метою введено поняття класу точності друкованих плат.

Таблиця 3.2 – Класи точності друкованих плат

Параметри конструкції плат, мм	Клас точності				
	1	2	3	4	5
1. Ширина друкованих провідників	0,75	0,45	0,25	0,15	0,1
2. Відстань між суміжними провідниками	0,75	0,45	0,25	0,15	0,1
3. Ширина гарантійного пояса	0,3	0,2	0,1	0,05	0,0025
4. Відносна товщина ДП	0,4	0,4	0,33	0,25	0,2

Для даного виробу (згідно таблиці 3.2), з огляду на не складне трасування оптимальним варіантом буде вибір 2-го класу точності друкованої плати (не вимагає використання високоякісних матеріалів, інструменту та обладнання).

Даний клас характеризується наступними параметрами конструкції:

- а) ширина провідника – 0,45 мм;
- б) відстань між сусідніми доріжками – 0,45 мм;
- в) ширина гарантійного пояса – 0,2 мм;
- г) відносна товщина ДП – 0,4 мм.

Установка навісних елементів на друкованій платі здійснюється згідно з ГОСТ 4ГО.010.030-81 та ГОСТ4.ГО.010.009. При розташуванні елементів необхідно враховувати наступні фактори: забезпечення високої надійності, мінімізація розмірів, забезпечення тепловідводу та ремонтпридатності.

Елементи розташовуємо з однієї сторони паралельно сторонам плати по принципу найкоротших зв'язків.

Вибираємо крок координатної сітки 1,25 мм. Координатну сітку на початок координат розташовуємо згідно з ГОСТ 2.417-78. Отвори та елементи друкованого малюнку розташовуємо на платі відносно початку координат[18].

Всі контактні площадки розміщуємо у вузлах сітки. Це ж стосується і виводів елементної бази.

3.3 Розрахунок діаметру монтажних отворів і контактних площадок

Діаметр контактних площадок розраховується відповідно до діаметру отворів з урахуванням формули допуску:

$$D_{\text{ПР}} = \Delta d_{\text{ОТВ}} + 2\epsilon + \Delta t_B + \Delta t_{\text{ТР}} + \sqrt{T_d^2 + T_D^2 + \Delta t_{\text{НВ}}^2} \quad (3.1)$$

де $\Delta d_{\text{ОТВ}}$ – верхній допуск на діаметр отвору, $\Delta d_{\text{ОТВ}} = 0,06$ мм;

ϵ – ширина гарантійного пояса;

Δt_B – верхній допуск на ширину провідника, $\Delta t_B = 0,1$ мм;

$\Delta t_{\text{ТР}}$ – допуск на підтравлювання діелектрика в отворі, $\Delta t_{\text{ТР}} = 0$;

T_d – позиційний допуск розміщення отворів, $T_d = 0,1$ мм;

T_D – допуск розміщення центрів контактних площадок, $T_D = 0,1$ мм;

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

$$D_{\text{ПР}} = 0,06 + 0,4 + 0,1 + \sqrt{0,1^2 + 0,1^2 + 0,1^2} = 0,7 \text{ (мм)}.$$

Діаметри отворів розраховуються за формулою:

$$d = d_{\text{вив}} + (0,2 \dots 0,4), \quad (3.2)$$

де $d_{\text{вив}}$ – діаметри виводів радіоелементів. В даному пристрої елементи мають наступні діаметри виводів: 0,6; 0,9; 1,1; 1,2; 4,6 мм.

Здійснюємо оптимізацію діаметрів отворів:

$$\begin{aligned} d_1 &= 0,4 + 0,2 = 0,6 \text{ (мм)}, & d_2 &= 0,5 + 0,4 = 0,9 \text{ (мм)}, \\ d_3 &= 0,7 + 0,4 = 1,1 \text{ (мм)}, & d_4 &= 0,8 + 0,4 = 1,2 \text{ (мм)}, \end{aligned}$$

$$d_5 = 0,9 + 0,4 = 1,3 \text{ (мм)}, \quad d_6 = 4,6 + 0,4 = 5 \text{ (мм)}.$$

Діаметри контактних площадок розраховуються за формулою:

(3.3)

де d – діаметр отвору;

$D_{\text{ПР}}$ – діаметр шару провідника навколо отвору

Знаходимо діаметри контактних площадок:

$$D_1 = 0,6 + 0,7 = 1,3 \text{ (мм)},$$

$$D_2 = 0,9 + 0,7 = 1,6 \text{ (мм)},$$

$$D_3 = 1,1 + 0,7 = 1,8 \text{ (мм)},$$

$$D_4 = 1,3 + 0,7 = 2 \text{ (мм)},$$

$$D_5 = 5 + 0,7 = 5,7 \text{ (мм)}.$$

Отвори з діаметрами контактних площадок 1,3; 1,6; 1,8; 2; 5,7 мм, які виготовлені у формі кругів та контактні площадки розміром 2×2 мм, та у вигляді прямокутників 2×1 мм використовуються для встановлення зовнішніх компонентів. Отвори діаметром 3 мм слугують для монтажу друкованої плати і, відповідно, не мають контактних площадок та металізації.

3.4 Розрахунок ширини провідників

Ширина провідників визначається у розрахунку на струм, який проходить через них, та максимально можливе падіння напруги.

Для допустимого струму:

(3.4)

де $j_{\text{доп}}$ – допустима густина струму для мідного провідника, $j_{\text{доп}} = 17$ А/мм²[10];

t – товщина фольги, $t = 35$ мкм;

I_{\max} – максимальний постійний струм, який проходить через провідник;

$I_{\max} = 0,05A$, згідно індивідуального завдання.

Визначимо мінімальну ширину провідника з умови допустимого падіння напруги[25]:

(3.5)

де ρ – питомий опір провідників, $\rho = 0,0175$ Ом \cdot мм²/м;

I_{\max} – струм, який проходить по провіднику, $I_{\max} = 0,05A$;

l_{\max} – максимальна довжина провідника, $l_{\max} = 0,115$ м;

$U_{\text{доп}}$ – допустиме падіння напруги (становить 5% від напруги живлення $U_{\text{доп}} = 12 \times 0,05 = 0,6$ В);

t – товщина фольги;

Розраховані значення ширини провідників не перевищують обраних для другого класу точності.

3.5 Створення нового проекту в ARES PCB LAYOUT

Розробка друкованої плати в ARES розпочинається з виклику команди Tools>NetlisttoARES в програмі моделювання ISISProteus. Після виклику команди буде автоматично запущено вікно програми ARES з пропозицією вибору необхідного типу друкованої плати, що буде розроблятися. В якості друкованої

плати вибираємо плату з двосторонньою металізацією, після чого зберігаємо проект.

В процесі завантаження списку з'єднань для кожного символу схеми в бібліотеках корпусів компонентів *.LIB знаходиться відповідний корпус. Якщо необхідний корпус відсутній у бібліотеці, то за допомогою вкладки PackageMode створюємо новий корпус або проводимо вибірку одного із існуючих корпусів.

Перед початком розміщення компонентів в Layout потрібно встановити параметри плати. Ці параметри перераховані нижче, але не всі знадобиться змінювати, так як вони можуть бути встановлені в технологічному шаблоні чи в шаблоні плати, які були завантажені на етапі створення плати:

- створення границь плати;
- установка одиниць виміру, сіток;
- створення кріпильних отворів;
- визначення стека шарів зазорів.

Для коректної роботи в ARESPCBLayouT вибираємо одиниці виміру – мілі (mils). В перерахунку на метричну систему $100 \text{ mils} = 2,54 \text{ мм}$ або $1 \text{ мм} = 39,37 \text{ mils}$. Перед початком процесу автоматичного трасування друкованої плати, за допомогою вкладки Technology>DesignRules проводимо необхідні налаштування допустимого розміщення провідників, їх мінімальної та максимально можливої товщини, а також зазорів між ними. Для початку трасування виконуємо команду Tools>AutoRouter [26].

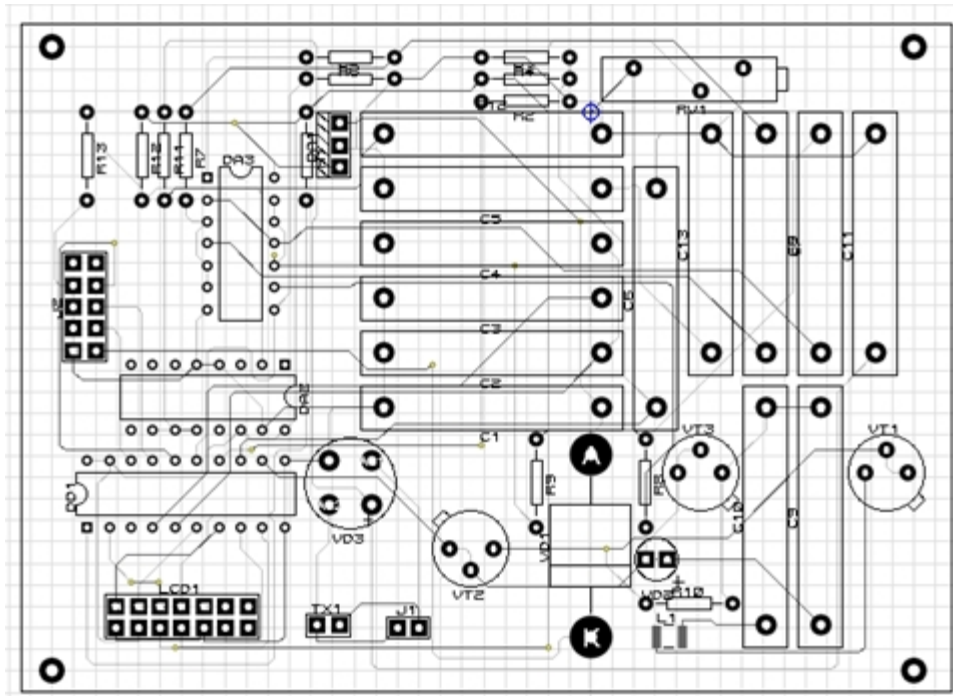


Рисунок 3.2 - Авто трасування та розміщення елементів схеми в середовищі
ARES Proteus

Отримали розводку плати (рис. 3.2). Скориставшись функціональними можливостями ARES, побудуємо візуальну трьох вимірну модель друкованої плати з встановленими компонентами. Для цього необхідно виконати команду Output>3DVisualization. Побудована трьох вимірна модель зображена на рисунках 3.3 – 3.5.

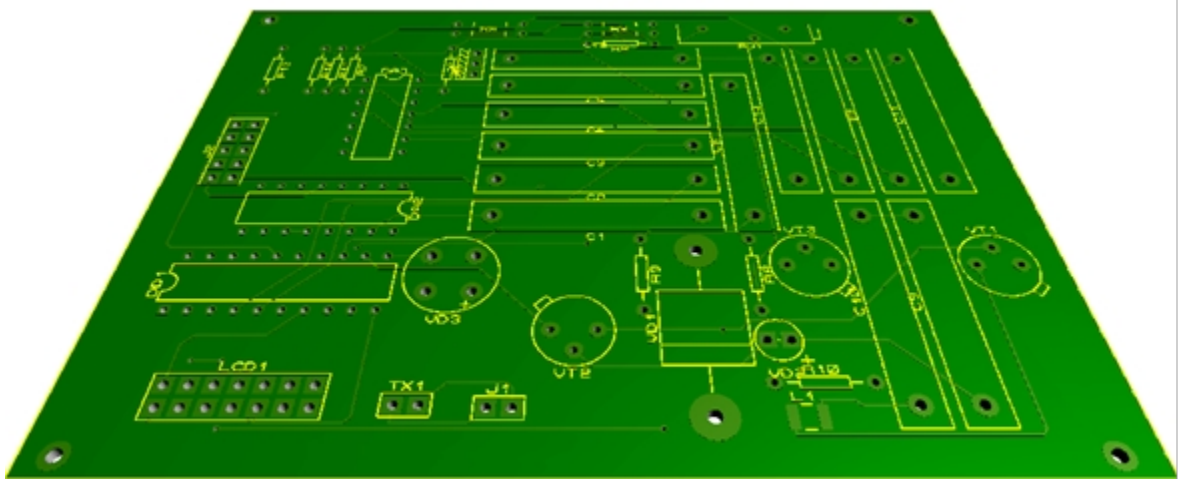
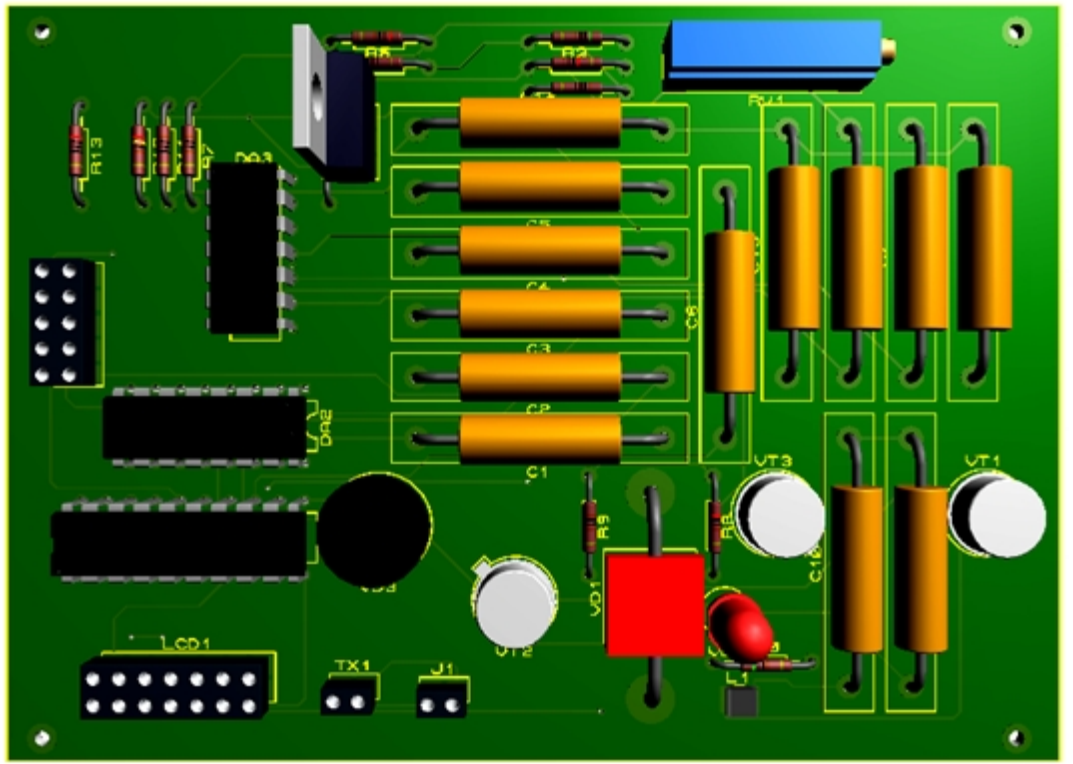
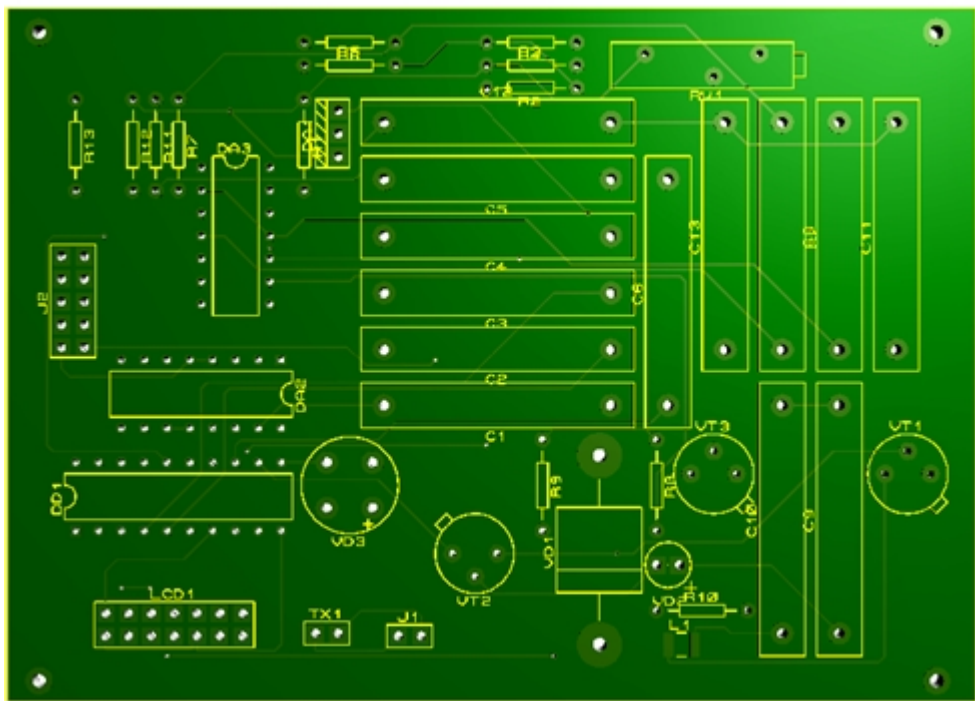


Рисунок 3.3 – Зовнішній вигляд розробленої друкованої плати збоку без компонентів



а)



б)

Рисунок 3.4 – Зовнішній вигляд розробленої друкованої плати зверху:
а – зі встановленими компонентами, б – без компонентів

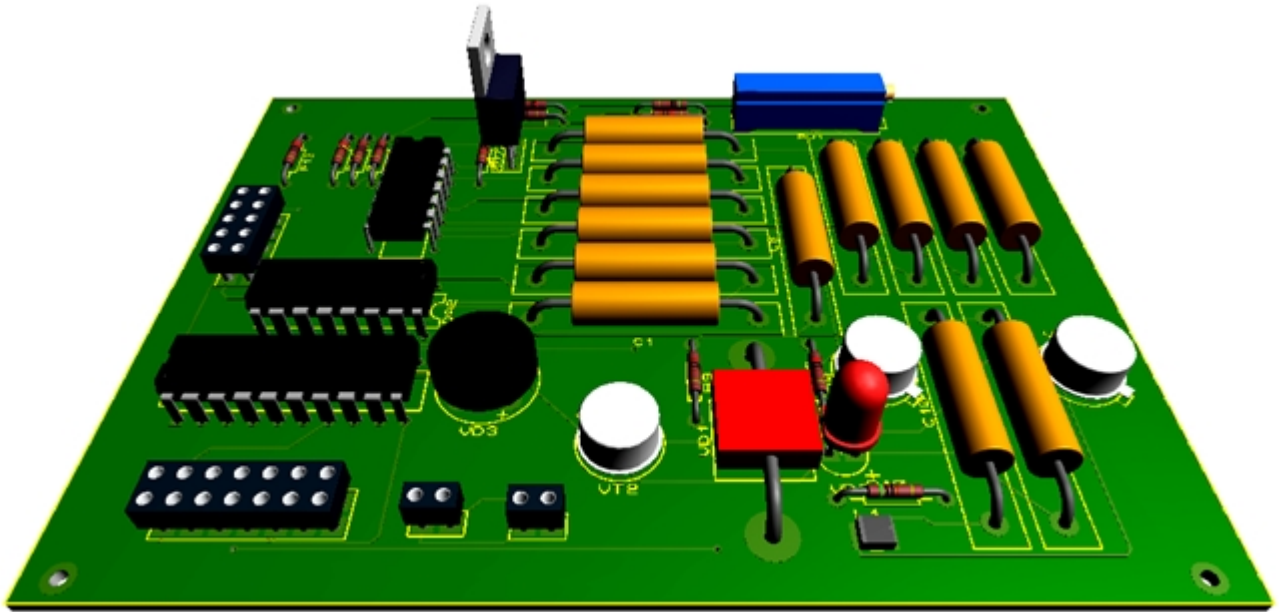


Рисунок 3.5 – Зовнішній вигляд розробленої друкованої плати з боку з компонентами

3.6 Висновки

Проведено розрахунок параметрів друкованої плати та обрано її тип – двостороння. Цей тип характеризується високими комутаційними властивостями, підвищеною міцністю з'єднань виводів навісних елементів з рисунком плати, високою щільністю розташування електронних компонентів та низькою вартістю. У якості матеріалу друкованої плати обрано двосторонній фольгований склотекстоліт марки СФ-2-35-1,5 ТУ16-503.271-86 (ГОСТ 10316 – 78), який має товщину 1,5 мм. Для даного типу плати проведено розрахунок ширини друкованих провідників, діаметрів монтажних отворів та контактних площадок.

Використовуючи ARES PCB Layout створено проект та проведено моделювання пристрою. Розміри створеної друкованої плати становлять 108×78 мм; товщина плати – 1,5 мм. На основі проектів ISIS Proteusta ARES PCB Layout було створено електричну принципову схему, друковану плату, складальний кресленик, які наведені в додатках.

4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

У даному розділі з використанням нормативної літератури проводиться аналіз шкідливих та небезпечних виробничих факторів у виробничому приміщенні; заповнюється карта умов праці (обґрунтування вибору нормованих значень шкідливих та небезпечних виробничих чинників, оцінка чинників виробничого і трудового процесів, гігієнічна оцінка умов праці, оцінка технічного і організаційного рівня, атестація робочого місця); вказуються рекомендації щодо поліпшення умов праці, здійснюється розрахунок та вибір методів захисту від домінуючого шкідливого/небезпечного фактору виробничого середовища, а також розглядаються протипожежні норми.

4.1 Аналіз шкідливих та небезпечних виробничих чинників у виробничому приміщенні

При роботі в даному приміщенні, виникає низка шкідливих та небезпечних виробничих чинників, що регламентуються [26].

Як правило, всі несприятливі виробничі фактори розглядаються як єдине поняття – небезпечний та шкідливий виробничий фактор.

4.1.1 Обґрунтування вибору нормованих значень небезпечних та шкідливих виробничих факторів

Відповідно до [27] для такої шкідливої речовини, як бутан, встановлюємо, що вона відноситься до 4-го класу безпеки і має ГДК = 400 мг/м³.

Враховуючи вид вібрації – загальна, вибираємо нормований еквівалентний рівень віброприскорення 33 дБ.

Враховуючи призначення приміщення – моделювання і вид шуму – постійний, встановлюємо нормований еквівалентний рівень шуму 60 дБА.

Відповідно до рекомендацій [28] нормований загальний рівень інфразвуку 110 дБ, нормований рівень ультразвуку 110 дБ.

Для частоти електричного поля радіочастотного діапазону 155,711 МГц нормована напруженість електричного поля 8-ми годинного робочого дня складає 10 В/м згідно з [29].

Нормована напруженість електричного поля промислової частоти для 8-ми годинного робочого дня складає 5 кВ/м [30].

За величиною енерговитрат 130 Вт згідно з [31] вибираємо категорію важкості робіт за фізичним навантаженням – Іа, для якої в теплий період року для постійних робочих місць допустима температура повітря складає 22...28 °С, допустима швидкість руху повітря 0,1...0,2 м/с, а допустима відносна вологість повітря не повинна перевищувати 55.

Враховуючи найменший розмір об'єкта розрізнення 0,42 мм, встановлюємо розряд зорових робіт – 3, для якого нормоване КПО для бокового освітлення становить 1,2 % [32].

Так як приміщення знаходиться у м. Вінниця (2-га група забезпеченості природним світлом), а вікна орієнтовані за азимутом 191°, то для таких умов нормоване КПО перераховуватиметься за формулою [33]:

$$e_N = e_n m_N [\%], \quad (4.1)$$

де e_n – табличне значення КПО для бокового освітлення, %;

m_N – коефіцієнт світлового клімату;

N – порядковий номер групи забезпеченості природним світлом.

Підставляючи відомі значення отримаємо

$$e_N = 1,2 \cdot 0,85 = 1,02 (\%).$$

За співвідношенням контрасту (середній) та фону (темний), встановлюємо підрозряд зорових робіт – б, в межах якого встановлюємо нормовану освітленість для загального штучного освітлення – 300 лк.

4.2 Оцінка факторів трудового та виробничого процесів

Оцінку стану робочого місця за умовами праці здійснюють з урахуванням впливу на працівників усього комплексу чинників трудового процесу і виробничого середовища, передбачених Гігієнічною класифікацією праці [34].

Номер	Фактори виробничого середовища і трудового процесу	Нормативне значення (ГДР, ГДК)		Фактичне значення	Ступінь 3-го класу: шкідливі умови і характер праці		
		нижнє	верхнє		I	II	III
1	Шкідливі хімічні речовини:						
	1-й клас небезпек		–	–			
	2-й клас небезпек		–	–			
	3-й, 4-й класи небезпек		400	13940			+
2	Вібрація		33	34	+		
3	Шум		60	61	+		
4	Інфразвук		110	110			
5	Ультразвук		110	87			
6	Неіонізуючі випромінювання:						
	• радіочастотний діапазон		10	141	+		
	• промислової частоти		5	3,12			
	• оптичний діапазон		293,0	36,6			
7	Мікроклімат у приміщенні:						
	• температура повітря, °С	22	28	29	+		
	• швидкість руху повітря, м/с	0,1	0,2	0,26	+		
	• відносна вологість повітря, %		55	73	+		
	• інтенсивність теплового випромінювання, Вт/м ²		140	171	+		
8	Виробниче освітлення:						
	• розряд зорових робіт	4		3	+		
	• КПО для природного освітлення, %	1,02		1,8			
	• освітленість для штучного освітлення, лк	300		941			
	Кількість факторів				8	0	1

Таблиця 4.1 – Оцінка факторів трудового та виробничого процесів

4.3 Розрахунок безпечної відстані від лазерного випромінювання

Вихідні дані: кількість шкідливих речовин, які виділяються за одиницю часу $G_{шр} = 25000$ мг/год; $ГДК = 4000$ мг/м³.

Знаходимо орієнтовну продуктивність при виділенні шкідливих речовин за формулою:

$$L = \frac{G_{шр}}{(q_1 - q_2)} = \frac{G_{шр}}{0,7ГДК} \quad [\text{м}^3/\text{год}], \quad (4.2)$$

де $G_{шр}$ – кількість шкідливих речовин, які виділяються за одиницю часу, мг/год;

q_1, q_2 – концентрації шкідливих речовин у повітрі, що виводиться та поступає у приміщення ($q_1 \leq ГДК$; $q_2 \leq 0,3ГДК$), мг/м³;

$ГДК$ – гранично допустима концентрація шкідливої речовини, мг/м³.

Отже, визначаємо продуктивність вентилятора:

$$L = \frac{25000}{0,7 \cdot 4000} = 8,93 \quad (\text{м}^3/\text{год}).$$

Потужність електродвигуна вентилятора може бути визначена за формулою:

$$N = \frac{LHK}{3600 \cdot 102 \cdot \eta_B \eta_{п.п.}} \quad [\text{кВт}], \quad (4.3)$$

де L – продуктивність вентилятора, м³/с;

H – повний тиск вентилятора, кг/м²;

K – коефіцієнт запасу;

$\eta_B, \eta_{п.п.}$ – ККД вентилятора та пасової передачі відповідно (для плоских пасів 0,85...0,9, для клиновидних 0,9...0,95).

За отриманим значенням продуктивності вентилятора вибираємо повний тиск вентилятора $H = 3500 \text{ кг/м}^2$. Вибираємо коефіцієнт запасу $K = 1,1 \dots 1,2 = 1,12$. ККД вентилятора $\eta_B = 0,6$. З метою підвищення ККД пасової передачі вибираємо клиновидні паси, для яких $\eta_{n.n} = 0,9 \dots 0,95 = 0,92$.

За відомими значеннями розрахуємо потужність електродвигуна вентилятора

$$N = \frac{8,93 \cdot 3500 \cdot 1,12}{3600 \cdot 102 \cdot 0,6 \cdot 0,92} = 0,173 \text{ (кВт)}.$$

За отриманим значенням вибираємо електродвигун типу А0Л12-4 з

$N = 0,18 \text{ кВт}$, $n = 1400 \text{ об/хв}$.

4.4 Пожежна безпека

Мінімальні межі вогнестійкості будівельних конструкцій приміщення, що розглядається наведені в таблиці 4.2.

Примітки: R – втрати несучої здатності; E – втрати цілісності; I – втрати теплоізолювальної спроможності; M – показник здатності будівельної конструкції поширювати вогонь (межа поширення вогню); M0 – межа поширення вогню дорівнює 0 см; M1 – $M \leq 25 \text{ см}$ – для горизонтальних конструкцій; $M \leq 40 \text{ см}$ – для вертикальних і похилих конструкцій; nn – не нормується.

Ступінь вогнестійкості будівлі	Стіни				Колони	Східчасті майданчики	Плити та інші несучі конструкції	Елементи покриття	
	Несучі та східчасті клітки	Самонесучі	Зовнішні несучі	Перегородки				Плити, прогони	Балки, ферми
3	REI 120 M0	REI 60 M0	E 15 M0	EI 15 M1	R 120 M0	R 60 M0	REI 45 M1	nn nn	nn nn

Таблиця 4.2 – Значення мінімальних меж вогнестійкості приміщення [35]

В таблиці 4.3 наведено протипожежні норми проектування будівель і споруд.

Таблиця 4.3 – Протипожежні норми проектування будівель і споруд [36]

Об'єм приміщення, тис. м ³	Категорія пожежної небезпеки	Ступінь вогнестійкості	Відстань, м, для щільності людського потоку в загальному проході, осіб/м ²			Кількість людей на 1 м ширини евакуиходу	Протипожежні розриви, м, для ступеня їх вогнестійкості			Найбільша кількість поверхів	Максимально допустима площа поверху, м ² , для числа поверхів		
			до 1	2-3	4-5		I,II	III	IV,V		1	2	3 і більше
до 15	A	3	40	25	15	45	9	12	15	1	5200	–	–

4.5 Безпека у надзвичайних ситуаціях. Визначення області працездатності оптичного вимірювального перетворювача концентрації газу в умовах дії загрозливих чинників надзвичайних ситуацій

Прилад призначений для вимірювання концентрації газу. Він дозволяє проводити вимірювання в складних умовах надзвичайних ситуацій і впливі факторів, що можуть вивести апаратуру з ладу. Опромінення приладу призводить до зміни струму та коефіцієнтів підсилення, також вплине на конденсатори в них понизиться напруга пробою і опір витoku, зміниться провідність і внутрішнє нагрівання. В ізоляційних і діелектричних матеріалах зміняться такі параметри: електрична провідність та діелектрична провідність а також тангенс кута витрат.

В результаті дії ЕМІ імпульс струму чи напруги проникає в прилад і спричиняє пошкодження, ступінь яких залежить від чутливості складових приладу. Серйозні пошкодження викликає ЕМІ в роботі цифрових і контрольно – вимірювальних приладів. ЕМІ ушкоджує транзистори, викликає іскріння в їх між контактних з'єднаннях і деяких областях провідної поверхні. У

транзисторів спостерігається така залежність, чим вище коефіцієнт посилення транзистора, тим менше його електрична міцність. Для резисторів типу МЛТ гранична напруга біля 1 кВ. Великі струми, обумовлені прикладеним імпульсом напруги, проходячи через конденсатор, в місцях підвищеного опору можуть викликати нагрів шару металізації і його вигорання, порушити контакти між обкладками і основами.

Дія електромагнітного імпульсу може призвести до загорання чутливих електричних та електронних елементів, а також до серйозних порушень в цифрових і контрольних пристроях. Електромагнітний імпульс пробиває ізоляцію, випалює елементи мікросхем, викликає коротке замикання. Саме тому є необхідність запобіганню при дії цього фактору на електричне та електронне обладнання [36].

4.5.1 Визначення області працездатності оптичного вимірювального перетворювача концентрації газу в умовах дії іонізуючого випромінювання

Дія електромагнітного імпульсу може призвести до загорання чутливих електричних та електронних елементів, а також до серйозних порушень в цифрових і контрольних пристроях. Електромагнітний імпульс пробиває ізоляцію, випалює елементи мікросхем, викликає коротке замикання. Саме тому є необхідність запобіганню при дії цього фактору на електричне та електронне обладнання.

Проведемо аналіз оптичного вимірювального перетворювача концентрації газу і визначимо радіоелектронні елементи, від яких залежить її функціонування: резистори, конденсатори, мікросхеми.

Визначаємо максимально допустимі рівні радіації, при яких в елементах можуть виникнути незворотні зміни. Дані заносимо в таблицю Проаналізуємо дані, визначаємо межу стійкості $P_{гр}$ роботи УЗ вимірювача товщини, враховуючи коефіцієнт послаблення радіації ($K_{посл}=4$):

$$P_{гр.мережі} = P_{зв} K_{посл}, \quad (4.4)$$

Таблиця 5.4 – Максимально допустимі рівні радіації елементів РЕА

Блоки елементів	Елементи РЕС	P_{epi} , Р/год	P_{ep} , Р/год
1 Основний пристрій	Резистори СП2-23-0,125 Конденсатори К50-35 Транзистори КП30ЗИ	10^5 10^6 10^6	10^4
2 Блок живлення	Мікросхема TDA2050	10^4	10^4
3 Блок керування	Діоди Д9Б Кнопки П2К	10^5 10^5	10^5

Розрахуємо допустимо максимальний час перебування приладу на території в умовах дії іонізуючого випромінювань та ЕМІ:

$$D_m = \frac{2 \cdot P_1 (\sqrt{t_k} - \sqrt{t_n})}{K_{посл}}, \quad (4.5)$$

де, P_1 – максимальне значення рівня радіації ($P_1 = 7,54$ Р/год);

t_k – час кінця опромінення ($t_k = 52560$ год);

t_n – час початку опромінення ($t_n = 1$ год).

$K_{посл}$ – коефіцієнт послаблення ($K_{посл} = 4$).

Тоді:

$$D_m = \frac{2 \cdot 7,54 (\sqrt{52560} - \sqrt{1})}{4} = 1163,23 \quad (P);$$

Допустимий час роботи РЕА в заданих умовах визначається за формулою:

$$t_o = \left(\frac{P_{ep} \cdot K_{осл} + 2 \cdot P_1 \cdot \sqrt{t_n}}{2 \cdot P_1} \right)^2, \quad (4.6)$$

Тоді:

$$t_o = \left(\frac{10^4 \cdot 4 + 2 \cdot 7,54 \cdot \sqrt{1}}{2 \cdot 7,54} \right)^2 = 2012 \quad (\text{год}).$$

$P_{гр.} = 10^4$ Р > $D_m = 1163,23$ Р, РЕА є стійкою в роботі, допустимий час стійкої роботи складає більше 2012 год. Отже оптичного вимірювального

перетворювача концентрації газу є в достатній мірі стійким в роботі і не потребує захисту від негативного впливу іонізуючого випромінювання.

4.5.2 Визначення області працездатності оптичного вимірювального перетворювача концентрації газу в умовах дії електромагнітного імпульсу

Вихідні дані: $U_{ж}=220\pm 5\%В$; $I_{в}=0,08$ м.

В якості критерію стійкості РЕА в умовах дії електромагнітного імпульсу приймається коефіцієнт безпеки, який визначається за формулою:

(4.7)

Визначаємо допустиме коливання напруги живлення:

де - робоча напруга живлення;

N - допустимі коливання напруги.

З формули виразимо вертикальну складову напруги наведення на струмопровідних частинах оптичного вимірювального перетворювача концентрації газу:

Знаходимо допустиму горизонтальну складову напруженості електромагнітного поля, при якому коефіцієнт безпеки знаходиться в межах:

допустимого:

Звідки

Знаходимо допустиму вертикальну складову напруженості електромагнітного поля, при якому коефіцієнт безпеки знаходиться в межах допустимого:

Звідки:

Висновок: таким чином, знайдено допустимі горизонтальну та вертикальну складові напруженості електромагнітного поля, при яких коефіцієнт безпеки знаходиться в межах допустимого, тобто забезпечується безпечна робота оптичного вимірювального перетворювача концентрації газу в умовах дії електромагнітних імпульсів.

4.6 Розробка заходів по підвищенню безпеки роботи оптичного вимірювального перетворювача концентрації газу у надзвичайних ситуаціях

Розглянемо способи підвищення безпеки роботи радіоелектронних приладів. Основними способами захисту радіоелектронних систем від випромінювання є: розміщення апаратури в спорудах, побудованих з негорючих матеріалів; заміна горючих елементів на вогнетривкі; захист горючих елементів легкими неспалимими екранами; приймач апаратури виконувати із закритими світлопроводами; постачання апаратури системою <http://ua-referat.com/%D0%90%D0%B2%D1%82%D0%BE%D0%BC%D0%B0%D1%82%D0%B8%D0%BA%D0%B0> вентиляції для підтримки температури всередині блоків на допустимому рівні.

Для захисту апаратури від іонізуючих випромінювань застосовуються різної конструкції екрани і кожухи. Найважливіші вимоги до матеріалів, з яких виготовляються захисні пристрої, такі: до складу матеріалів повинні входити елементи з великою атомною масою; захисні матеріали повинні включати легкі елементи.

Основними способами підвищення стійкості роботи оптичного вимірювального перетворювача концентрації газу до впливу електромагнітного імпульсу (ЕМІ) є: вибір найбільш стійких до впливу ЕМІ функціональних елементів приладу; раціональне просторове розміщення вузлів і блоків приладу; створення стійких радіоелектронних схемних рішень; застосування заходів спеціального захисту.

4.7 Висновки

Отже, у розділі охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях, було розглянуто забезпечення безпечних і нешкідливих умов праці для роботи з оптичного вимірювального перетворювача концентрації газу, запропоновані заходи підвищення безпеки його роботи.

Також в даному розділі були проведені розрахунки оцінки безпеки роботи оптичного вимірювального перетворювача концентрації газу при дії іонізуючого випромінювання та електромагнітного імпульсу.

Результати проведених розрахунків визначили, що оцінка безпеки роботи оптичного вимірювального перетворювача концентрації газу забезпечується і не потребує захисту від негативного впливу іонізуючого випромінювання. При дії ЕМІ коефіцієнт безпеки знаходиться в межах допустимого, тобто забезпечується безпечна робота приладу.

5. ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

5.1 Розрахунок витрат на проведення НДР з дослідження та розробки пристрою газоаналізатора

В техніко-економічному обґрунтуванні представленому в першому розділі даної магістерської кваліфікаційної роботи було приблизно обґрунтовано доцільність проведення НДР. Тому в даному розділі будуть проведені більш детальні розрахунки витрат на проведення НДР з дослідження та розробки пристрою газоаналізатора.

Для економічного розрахунку проведення НДР потрібно скласти кошторис витрат, який передбачає розрахунок визначених основних статей витрат.

Основна заробітна плата дослідників та розробників, яка розраховується за формулою [37]:

$$Z_o = \frac{M}{T_p} \cdot t, \quad (5.1)$$

де M – місячний посадовий оклад конкретного розробника (дослідника), грн.;

T_p – число робочих днів в місяці, 23 дн;

t – число днів роботи розробника (дослідника).

Проведені розрахунки зводимо до таблиці.

Таблиця – Основна заробітна плата дослідників та розробників

Найменування посади	Місячний посадовий оклад, грн.	Оплата за робочий день, грн.	Число днів роботи	Витрати на заробітну плату, грн.
1. Керівник проекту	9730,00	423,04	23	9730,00
2. Інженер-конструктор електронних засобів	8625,00	375,00	20	7500,00
3. Технік-лаборант	5555,00	241,52	16	3864,35
Разом				21094,35

Витрати на основну заробітну плату робітників (Z_p), що здійснюють підготовку робочих місць та пристроїв необхідних для досліджень, підготовку та формування моделей тощо, розраховуються на основі норм часу, які необхідні для виконання даної роботи, за формулою [37]:

$$Z_p = \sum_{i=1}^n C_i \cdot t_i, \quad (5.2)$$

де t_i - норма часу (трудомісткість) на виконання конкретної роботи, годин;

n - число робіт по видах та розрядах;

C_i - погодинна тарифна ставка робітника відповідного розряду, який виконує відповідну роботу, грн./год.

Погодинну тарифну ставку робітника відповідного розряду C_i можна визначити за формулою:

$$C_i = \frac{M_M \cdot K_i \cdot K_c}{T_p \cdot t_{зм}}, \quad (5.3)$$

де, M_M - мінімальна місячна оплата праці, грн., $M_M = 4173,00$ грн.;

K_c - коефіцієнт співвідношень, який установлений в даний час Генеральною тарифною угодою між Урядом України і профспілками, $K_c = 1$;

K_i - тарифний коефіцієнт робітника відповідного розряду;

T_p - число робочих днів в місяці, $T_p = 23$ дн.;

$T_{зм}$ - тривалість зміни, $T_{зм} = 8$ годин.

Проведені розрахунки внесемо до таблиці.

Таблиця – Витрати на основну заробітну плату працівників

Найменування робіт	Трудоміст- кість, нормо- годин	Розряд роботи	Тарифний коефіцієнт	Погодинна тарифна ставка, грн.	Величина оплати, грн.
1. Встановлення обладнання	9,0	2	1,1	24,95	224,53
2. Інсталяція програмного забезпечення	4,3	4	1,35	30,62	131,65
3. Налаштування цифрових аналізаторів	2,1	5	1,7	38,55	80,97
4. Відлагодження датчиків аналізатора	3,7	5	1,7	38,55	142,65
5. Формування структурної схеми компонентів	2,5	3	1,35	30,62	76,54

7. Тренування системи	3,1	4	1,7	38,55	119,52
8. Підбір характеристик компонентів системи	5,2	6	2	45,36	235,87
9. Випробування системи	1,5	5	2,2	49,89	74,84
10. Регулювання системи	1,1	5	2,2	49,89	54,88
Разом					1141,45

Додаткова заробітна плата розробників, дослідників та працівників, які приймали участь в дослідженнях та розробці НДР розраховується як 12 % від основної заробітної плати розробників та працівників:

$$Z_{\text{дод}} = H_{\text{дод}} Z_p, \quad (5.4)$$

де $H_{\text{дод}}$ – норма нарахування додаткової заробітної плати.

$$Z_d = (21094,35 + 1141,45) \cdot 12 / 100 \% = 2668,30 \text{ (грн.)}$$

Нарахування на заробітну плату дослідників та працівників.

Нарахування на заробітну плату розробників Z_n розраховується як 22% від суми основної та додаткової заробітної плати дослідників та робітників за формулою:

$$Z_n = (Z_p + Z_{\text{дод}}) \cdot H_{zn}, \quad (5.5)$$

де H_{zn} – норма нарахування на заробітну плату.

$$H_z = (21094,35 + 1141,45 + 2668,30) \cdot 22 / 100\% = 5478,90 \text{ (грн.)}$$

Витрати на матеріали на даному етапі проведення НДР пов'язані з використанням моделей елементів та моделювання роботи і досліджень за допомогою комп'ютерної техніки.

Витрати на матеріали, що були використані при проведенні досліджень, розраховуються по кожному виду матеріалів за формулою [37]:

$$M = \sum_1^n H_i \cdot C_i \cdot K_i, \quad (5.6)$$

де, - H_i - витрати матеріалу i -го найменування, кг;

C_i - вартість матеріалу i -го найменування, грн./кг.;

K_i - коефіцієнт транспортних витрат, $K_i = 1,1$;

n - кількість видів матеріалів,

Проведені розрахунки зводимо до таблиці.

Таблиця – Витрати на основні матеріали

Найменування матеріалу, марка, тип, сорт	Одиниця виміру	Ціна за одиницю, грн.	Витрачено	Вартість витраченого матеріалу, грн.
Папір канцелярський офісний	уп.	96,30	4	385,20
Папір креслярський	шт.	23,00	10	230,00
Начиння канцелярське	шт.	155,00	4	620,00
Органайзер офісний	шт.	175,00	4	700,00
Картридж для графічного принтера	шт.	422,00	2	844,00
Картридж для принтера	шт.	696,00	2	1392,00
Диск оптичний	шт.	16,00	4	64,00
FLASH-пам'ять	шт.	335,00	2	670,00
Всього				4905,20

З врахуванням транспортних витрат вартість матеріалів складе

$$M = 4905,20 * 1,1 = 5395,72 \text{ грн.}$$

Амортизація обладнання для проведення досліджень

В спрощеному вигляді амортизаційні відрахування по кожному виду обладнання, приміщень та програмному забезпеченню можуть бути розраховані з використанням прямолінійного методу амортизації за формулою:

$$A_{обл} = \frac{Ц_б}{T_в} \cdot \frac{t_{вик}}{12}, \quad (5.7)$$

де $Ц_б$ – балансова вартість обладнання, приміщень тощо, які використовувались для розробки нового технічного рішення, грн.;

$t_{вик}$ – термін використання обладнання, приміщень під час розробки, місяців;

$T_в$ – строк корисного використання обладнання, приміщень тощо, років.

Проведені розрахунки необхідно звести до таблиці.

Таблиця - Величина амортизаційних відрахувань

Найменування обладнання	Балансова вартість, грн	Строк корисного використання, років	Термін використання обладнання, міс.	Величина амортизаційних відрахувань, грн
Комп'ютерна аналітична система	19000,00	5	1	316,67
Графічно-обчислювальний комплекс	20200,00	5	1	336,67
Програмний продукт проектування	8070,00	3	1	224,17
Генератор сигналу	6580,00	3	1	182,78
Осцилограф	9070,00	5	1	151,17
Офісна техніка	7060,00	4	1	147,08
Лабораторія	300800,00	25	1	1002,67
Всього				2361,19

Витрати на силову електроенергію на проведення досліджень розраховують за формулою:

$$B_e = B \cdot P \cdot \Phi \cdot K_n, \quad (5.8)$$

де, B – вартість 1 кВт-години електроенергії, $B = 2,50$ грн./кВт –година;

P – встановлена потужність обладнання, кВт.;

Φ – фактична кількість годин роботи обладнання, годин. ;

K_n – коефіцієнт використання потужності.

Всі проведені розрахунки зведемо до таблиці

Таблиця – Витрати на електроенергію при проведенні досліджень

Найменування обладнання	Кількість годин роботи обладнання, год.	Встановлена потужність, кВт	Коефіцієнт використання потужності	Величина оплати
Комп'ютерна аналітична система	140	0,65	1	227,50
Графічно-обчислювальний комплекс	120	0,76	1	228,00

Генератор сигналу	15	0,32	1	12,00
Осцилограф	15	0,08	1	3,00
Всього				470,50

Інші витрати охоплюють: загальновиробничі витрати, адміністративні витрати, витрати на відрядження, матеріали, окремі непередбачені витрати, зв'язок, витрати на інтернет-послуги тощо.

Інші витрати доцільно приймати як 200...300% від суми основної заробітної плати дослідників та робітників.

Величина інших витрат складе:

$$I = (21094,35 + 1141,45) * 200 / 100 = 44471,60 \text{ (грн.)}$$

Загальні витрати на проведення науково-дослідної роботи.

Сума всіх попередніх статей витрат дає загальні витрати на проведення науково-дослідної роботи:

$$B = 21094,35 + 1141,45 + 2668,30 + 5478,90 + 5395,72 + 2361,19 + 470,50 + 44471,60 = 83082,00 \text{ (грн.)}$$

Загальна (повна) вартість всієї НДДКР визначається за формулою:

$$B_{\text{заг}} = \frac{B}{\alpha}, \quad (5.9)$$

де α - частка витрат, які безпосередньо здійснює виконавець даної НДДКР, у відносних одиницях.

$$B_{\text{заг}} = \frac{B}{\alpha} = \frac{83082,00}{1,0} = 83082,00, \text{ грн.}$$

Прогнозування загальних витрат ЗВ на виконання та впровадження результатів виконаної НДДКР здійснюється за формулою:

$$ЗВ = \frac{B_{заг}}{\beta}, \quad (5.10)$$

де β - коефіцієнт, який характеризує етап (стадію) виконання даної НДДКР (від 0,1... до 0,9).

$$ЗВ = \frac{B_{заг}}{\beta} = \frac{83082,00}{0,9} = 92313,00, \text{ грн.}$$

5.2 Прогнозування комерційних ефектів від реалізації результатів розробки

В умовах ринку узагальнюючим позитивним результатом, що його отримує підприємство (організація) від впровадження результатів тієї чи іншої розробки, є збільшення чистого прибутку підприємства (організації). Зростання чистого прибутку ми можемо оцінити у теперішній вартості грошей.

Саме зростання чистого прибутку забезпечить підприємству (організації) надходження додаткових коштів, які дозволять покращити фінансові результати діяльності та виплатити кредити (якщо вони потрібні для впровадження результатів розробки).

При проведенні даної розробки не можливо прямо оцінити зростання чистого прибутку підприємства від впровадження результатів наукової розробки. У цьому випадку збільшення чистого прибутку підприємства для кожного із років, протягом яких очікується отримання позитивних результатів від впровадження розробки, розраховується за формулою:

$$\Delta\Pi_i = \sum (\Delta C_0 \cdot N + C_0 \cdot \Delta N)_i \cdot \lambda \cdot \rho \cdot \left(1 - \frac{\nu}{100}\right) \quad (5.11)$$

де ΔC_0 - покращення основного оціночного показника від впровадження результатів розробки у даному році. Зазвичай таким показником може бути ціна одиниці нової розробки;

N - основний кількісний показник, який визначає діяльність підприємства у даному році до впровадження результатів наукової розробки;

ΔN - покращення основного кількісного показника діяльності підприємства від впровадження результатів розробки;

C_0 - основний оціночний показник, який визначає діяльність підприємства у даному році після впровадження результатів наукової розробки;

n - кількість років, протягом яких очікується отримання позитивних результатів від впровадження розробки;

λ - коефіцієнт, який враховує сплату податку на додану вартість. У 2019 р. ставка податку на додану вартість дорівнює 20%, а коефіцієнт $\lambda = 0,8333$.

ρ - коефіцієнт, який враховує рентабельність продукту. Рекомендується приймати $\rho = 0,2 \dots 0,3$;

v - ставка податку на прибуток. У 2019 році $v = 18\%$.

В результаті впровадження результатів наукової розробки покращується якість нашої розробки в 1,92 разів, що дозволяє підвищити ціну її реалізації на 210,0 грн. Кількість одиниць реалізованої продукції також збільшиться: протягом першого року - на 1200 шт., протягом другого року - ще на 1000 шт., протягом третього року - ще на 500 шт. Орієнтовно: реалізація аналогічного пристрою до впровадження результатів наукової розробки складала 8400 шт., а її ціна – 2280,00 грн.

Спрогнозуємо збільшення чистого прибутку підприємства від впровадження результатів наукової розробки у кожному році відносно базового.

Збільшення чистого прибутку підприємства протягом першого року складе:

$$\Delta \Pi_1 = [210,00 \cdot 8400 + (2280,00 + 210,00) \cdot 1200] \cdot 0,8333 \cdot 0,25 \cdot \left(1 - \frac{18}{100}\right) = 782069,00 \text{ грн.}$$

Збільшення чистого прибутку підприємства протягом другого року (відносно базового року, тобто року до впровадження результатів наукової розробки) складе:

$$\Delta\Pi_2 = [210,00 \cdot 8400 + (2280,00 + 210,00) \cdot (1200 + 1000)] \cdot 0,8333 \cdot 0,25 \cdot \left(1 - \frac{18}{100}\right) = 1191865,00 \text{ грн.}$$

Збільшення чистого прибутку підприємства протягом третього року (відносно базового року, тобто року до впровадження результатів наукової розробки) складе:

$$\Delta\Pi_3 = [210,00 \cdot 8400 + (2280,00 + 210,00) \cdot (1200 + 1000 + 500)] \cdot 0,8333 \cdot 0,25 \cdot \left(1 - \frac{18}{100}\right) = 1396763,00 \text{ грн.}$$

5.3 Розрахунок ефективності вкладених інвестицій та періоду їх окупності

Основними показниками, які визначають доцільність фінансування наукової розробки певним інвестором, є абсолютна і відносна ефективність вкладених інвестицій та термін їх окупності.

Розрахунок ефективності вкладених інвестицій передбачає проведення таких робіт:

1. Розраховують теперішню вартість інвестицій, що вкладаються в наукову розробку. Такою вартістю ми можемо вважати прогнозовану величину загальних витрат $ZB=92313,00$ грн. на виконання та впровадження результатів НДДКР.
2. Розраховують очікуване збільшення прибутку, що його отримає підприємство (організація) від впровадження результатів наукової розробки, для кожного із років, починаючи з першого року впровадження.
3. Для спрощення подальших розрахунків будують вісь часу, на яку наносять всі платежі (інвестиції та прибутки), що мають місце під час виконання науково-дослідної роботи та впровадження її результатів.

Платежі показуються у ті терміни, коли вони здійснюються.

Проведемо відповідні розрахунки.

У першому році підприємство отримає збільшення чистого прибутку на **782069,00** грн відносно базового року.

У другому році - збільшення чистого прибутку на **1191865,00** грн (відносно базового року).

У третьому році - збільшення чистого прибутку на **1396763,00** грн (відносно базового року).

Тоді рисунок, що характеризує рух платежів (інвестицій та додаткових прибутків) буде мати вигляд, наведений на рис. 4.1

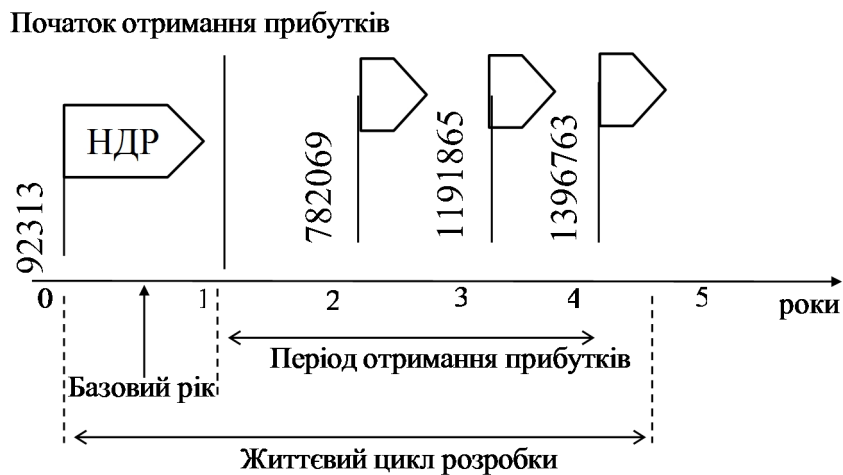


Рисунок 4.1 - Вісь часу з фіксацією платежів, що мають місце під час розробки та впровадження результатів НДДКР

4. Розраховують абсолютну ефективність вкладених інвестицій $E_{абс}$. Для цього використовуємо формулу [37]:

$$E_{абс} = (ПП - PV), \quad (5.12)$$

де $ПП$ - приведена вартість всіх чистих прибутків, що їх отримає підприємство (організація) від реалізації результатів наукової розробки, грн;

PV - теперішня вартість інвестицій $PV = 3B$, грн.

У свою чергу, приведена вартість всіх чистих прибутків $ПП$ розраховується за формулою:

$$ПП = \sum_1^T \frac{\Delta\Pi_i}{(1+\tau)^t}, \quad (5.13)$$

де $\Delta\Pi$ - збільшення чистого прибутку у кожному із років, протягом яких виявляються результати виконаної та впровадженої НДДКР, грн;

T - період часу, протягом якого виявляються результати впровадженої НДДКР, роки;

τ - ставка дисконтування, за яку можна взяти щорічний прогнозований рівень інфляції в країні; для України цей показник знаходиться на рівні 0,2;

t - період часу (в роках) від моменту отримання чистого прибутку до точки „0”.

$$\begin{aligned} ПП &= \frac{782069,00}{(1+0,2)^2} + \frac{1191865,00}{(1+0,2)^3} + \frac{1396763,00}{(1+0,2)^4} = \\ &= 543103,00 + 689736,00 + 673593,00 = 1906433,00 \end{aligned}$$

Розрахуємо абсолютну ефективність інвестицій, вкладених у реалізацію проекту. Отримаємо:

$$E_{abc} = (1906433,00 - 92313,00) = 1814120,00 \text{ грн.}$$

Оскільки $E_{abc} > 0$, то вкладання коштів на виконання та впровадження результатів НДДКР може бути доцільним.

Результат від проведення наукових досліджень та їх впровадження принесе прибуток, але це також ще не свідчить про те, що інвестор буде зацікавлений у фінансуванні даного проекту (роботи).

Розрахуємо відносну (щорічну) ефективність вкладених в наукову розробку інвестицій E_e . Для цього використаємо формулу:

$$E_e = \sqrt[T]{1 + \frac{E_{abc}}{PV}} - 1, \quad (5.14)$$

де E_{abc} - абсолютна ефективність вкладених інвестицій, грн;

PV - теперішня вартість інвестицій $PV = 3B$, грн;

T - життєвий цикл наукової розробки, роки.

$$E_e = \sqrt[T]{1 + \frac{E_{abc}}{PV}} - 1 = \sqrt[4]{1 + \frac{1814120,00}{92313,00}} - 1 = 1,13$$

Розраховану величину E_e порівнюємо з мінімальною ставкою дисконтування, яка визначає ту мінімальну дохідність, нижче за яку інвестиції вкладатися не будуть. У загальному вигляді мінімальна (бар'єрна) ставка дисконтування визначається за формулою:

$$\tau = d + f, \quad (5.15)$$

де d - середньозважена ставка за депозитними операціями в комерційних банках; в 2019 році в Україні (0,14...0,2);

f - показник, що характеризує ризикованість вкладень (0,05...0,1).

$$\tau = d + f = 0,16 + 0,04 = 0,20.$$

Розрахуємо термін окупності вкладених у реалізацію наукового проекту інвестицій. Термін окупності вкладених у реалізацію наукового проекту інвестицій $T_{ок}$ можна розрахувати за формулою:

$$T_{ок} = \frac{1}{E_e}.$$

$$T_{ок} = \frac{1}{E_e} = \frac{1}{1,13} = 0,88 \text{ року.}$$

Якщо $T_{ок} < 3...5$ -ти років, то фінансування даної наукової розробки в принципі є доцільним.

5.4 Висновки

Зростання чистого прибутку забезпечить підприємству (організації) надходження додаткових коштів, які дозволять покращити фінансові результати діяльності та виплатити кредити. Зростання чистого прибутку для даної розробки складе 1906433,00 грн.

Основними показниками, які визначають доцільність фінансування наукової розробки певним інвестором, є абсолютна і відносна ефективність вкладених інвестицій та термін їх окупності. Абсолютна ефективність вкладених коштів для даної розробки складе 1814120,00 грн., а відносна ефективність забезпечить прибутковість в межах 113%, що більше мінімальної яка складає 20%.

Термін окупності вкладених у реалізацію наукового проекту інвестицій $T_{ок}=0,88$ року, що менше нормативного терміну.

Враховуючи наведені показники діяльності можна зробити висновок про доцільність проведення науково-дослідної роботи з дослідження та проектування пристрою газоаналізатора.

ВИСНОВКИ

1. Проаналізований огляд схем існуючих аналогів оптичних вимірювачів концентрації газу, наведено їхні недоліки. Запропоновано розробку пристрою із покращеними характеристиками. Виявлено, що використання мікроконтролера в приладі для оптичного вимірювального перетворювача концентрації газу забезпечує високу достовірність та чутливість вимірювання.

2. Розроблено структурну та електричну схеми оптичного вимірювального перетворювача концентрації газу розглянуто то описано принцип її роботи. Проведено розрахунок електричних кіл з використанням законів Кірхгофа. Розроблено блок схему алгоритму роботи програми та

написано програму для мікроконтролера. Виконано моделювання функції перетворення розроблюваного перетворювача концентрації газу. Чутливість перетворювача становить складає 85 Гц/ppm для пропану та 75 Гц/ppm для метану при отриманій концентрації 3000ppm.

3. Проведено схемотехнічне моделювання пристрою за допомогою програми ISIS Proteus та отримано характеристики діаграми, що підтверджують правильність роботи створеної схеми. Розраховано параметри друкованої плати та обрано її тип –двостороння.. У якості матеріалу друкованої плати обрано двосторонній фольгований склотекстоліт марки СФ-2-35-1,5 ТУ16-503.271-86 (ГОСТ 10316 – 78), який має товщину 1,5 мм. Для даного типу плати проведений розрахунок ширини друкованих провідників, діаметрів монтажних отворів та контактних площадок. Використовуючи ARES PCB Layout створено проект та проведено моделювання пристрою. Розміри створеної друкованої плати становлять 77×40 мм, товщина плати – 1,5 мм. На основі проектів ISIS Proteus та ARES PCB Layout створено електричну принципову схему, друковану плату та складальне креслення, які наведені в графічній частині курсового проекту.

4. В четвертому розділі розглянуто розділи охорони праці та безпека у надзвичайних ситуаціях, було розглянуто забезпечення безпечних і нешкідливих умов праці для роботи з оптичного вимірювального перетворювача концентрації газу, запропоновані заходи підвищення безпеки його роботи.

Також в даному розділі були проведені розрахунки оцінки безпеки роботи оптичного вимірювального перетворювача концентрації газу при дії іонізуючого випромінювання та електромагнітного імпульсу.

5. Згідно проведених досліджень рівень комерційного потенціалу розробки становить 32 бали, що свідчить про комерційну важливість проведення даних досліджень (рівень комерційного потенціалу розробки вище середнього). При оцінюванні за технічними параметрами, згідно узагальненого коефіцієнту якості розробки, удосконалений пристрій переважає існуючі аналоги приблизно

в 1,92 рази. Можна зробити висновок про доцільність проведення НДДКР з розробки газоаналізатора.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Половий М.М. Оптичний вимірювальний перетворювач концентрації газу / О.О.Селецька, М.М. Половий // XLVII Науково-технічна конференція, 22 березня 2018 року.ВНТУ.-Вінниця 2018

Режим доступу: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-frtzp/all-frtzp-2018/paper/view/4793/3987>

2. Жданов В. М. Процессы переноса и релаксации в молекулярных газах / В. М. Жданов, М. Я. Алиевский. – М.: Наука, 1989. – 336 с.

3. Ваня Я. Анализаторы газов и жидкостей / Я. Ваня. – М.: Энергия,1970. – 552 с.

4. Методичні вказівки до виконання студентами-магістрантами наукового напрямку економічної частини магістерських кваліфікаційних робіт / Уклад. В.О. Козловський – Вінниця: ВНТУ, 2012. – 22 с.
5. Кессельман П. М. Свойства переноса реальных газов / П. М. Кессельман, В. Р. Каменецкий, Е. С. Якуб – К.: Высшая школа, 1976. – 152 с.
6. Федишин Б. М. Хімія та екологія атмосфери: Навчальний посібник /Б. М. Федишин – К.: Алерта, 2003. – 272 с.
7. Примак А. В. Методы и средства контроля загрязнения атмосферы / А. В. Примак, А. Н. Щербань – К.: Наук. думка, 1980. – 296 с.
8. Петрук В. Г. Дослідження складу повітряного середовища газифікованих приміщень / В. Г. Петрук, В. А. Іщенко, І. В. Васильківський // Матеріали III міжнародної конференції по оптоелектронним інформаційним технологіям “PHOTONICS-ODS 2005”, 27-28.04.2005. – Вінниця: Універсум-Вінниця, 2005. – С. 213.
9. Рыжков В. Ф. Портативный пламенно-ионизационный газоанализатор / В. Ф. Рыжков // Технология и конструирование в электронной аппаратуре. – 2004. – № 1. – С. 27-28.
10. Васильев В. П. Теоретические основы физико-химических методов / В. П. Васильев. – М.: Высшая школа, 1979. – 184 с.
11. Агасян П. К. Кулонометрический метод анализа / П. К. Агасян, Т. К.Хамракулов. – М.: Химия, 1984. – 168 с. Под ред. Ю. А. Золотова. – М.: Высшая школа, 2002. – 494 с.
12. Девятко Г. А. Проблемы создания многокомпонентного газоанализатора индивидуального пользования / Г. А. Девятко, С. А. Лацис, В. Я. Подольский // Технология и конструирование в электронной аппаратуре. – 2003.– № 4. – С. 55-56.
13. Авдиев А. Г. Мультисенсорный газоанализатор для атмосферного мониторинга воздуха жилой зоны / А. Г. Авдиев, А. Ю. Брюханов // Изв. вузов. Приборостроение. – 2002. – № 2. – С. 52-54.

14. Перегуд Е. А. Инструментальные методы контроля загрязнения атмосферы / Е. А. Перегуд, Д. О. Горелик. – Л.: Химия, 1981. – 384 с.
15. Козелкин В. В. Основы инфракрасной техники / В. В. Козелкин, И.Ф. Усольцев. – М.: Машиностроение, 1967. – 308 с.
16. Вилков Л. В. Физические методы исследования в химии. Структурные методы и оптическая спектроскопия / Л. В. Вилков, Ю. А. Пентин. – М.: Высшая школа, 1987. – 367 с.
17. Васильев В.П. Теоретические основы физико-химических методов / Васильев В.П. – М. : Высш. шк., 1979. –184 с.
18. Осадчук В.С. Напівпровідникові прилади з від'ємним опором: навч. посіб. / В.С. Осадчук, О.В. Осадчук. – Вінниця : ВНТУ, 2006. – 162 с.
19. Максимов М. А. PROTEUS VSM Система виртуального моделирования схем/ М. А. Максимов, Д.К. Мако, И.С. Такахара. - М.: Энергоатомиздат, 2006.- 343
20. Синюгин А. И. Краткий учебный курс PROTEUS [Электронный ресурс]/ А.И. Синюгин // . – Режим доступа: <http://proteus123.narod.ru/>.
21. Герасимов В.Г. Основы промышленной электроники: монографія / В. Г. Герасимов. - М.: Высшая школа, 1986.- 336 с.
22. Бродин В. Б. Микроконтроллеры. Архитектура, программирование, интерфейс./ В. Б. Бродин, И. И. Шагурин. – М.: ЭКОМ, 1999. – 400 с.
23. Герасимов В.Г. Основы промышленной электроники: монографія / В. Г. Герасимов. - М.: Высшая школа, 1986.- 336 с.
24. Бродин В. Б. Микроконтроллеры. Архитектура, программирование, интерфейс./ В. Б. Бродин, И. И. Шагурин. – М.: ЭКОМ, 1999. – 400 с.
25. Разевиг В. Схемотехническое моделирование и проектирование печатных плат / В. Разевиг. – М.: СК Пресс, 1996. – 272 с.
26. ГОСТ 12.0.003-74. ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация.
27. Порядок проведення атестації робочих місць за умовами праці (Затверджено постановою КМУ від 1 серпня 1992 року № 442).

28. ПДК 4617-88. Общесоюзные санитарно-гигиенические и санитарно-противоэпидемические правила и нормы "Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны".

29. ДСН 3.3.6-037-99. Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку.

30. ДСанПіН 3.3.6-096-2002. Державні санітарні норми і правила при роботі з джерелами електромагнітних полів.

31. ДСН 3.3.6.042-99. Державні санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень.

32. ДБН В.2.5-28-2006. Природне і штучне освітлення

33. ДБН В.1.1.7–2002. Пожежна безпека об'єктів будівництва.

34. СНиП 2.09.02-85. Противопожарные нормы проектирования зданий и сооружений.

35. Методичні вказівки до виконання студентами-магістрантами наукового напрямку економічної частини магістерських кваліфікаційних робіт / Уклад. В.О. Козловський – Вінниця: ВНТУ, 2012. – 22 с.

36. Козловський В.О. Техніко-економічні обґрунтування та економічні розрахунки в дипломних проектах та роботах. Навчальний посібник. – Вінниця : ВДТУ, 2003. – 75с.

ДОДАТОК А ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

ДОДАТОК Б ЕЛЕКТРИЧНА ПРИНЦИПОВА

ДОДАТОК В КРЕСЛЕННЯ ДРУКОВАНОЇ ПЛАТИ

ДОДАТОК Г СКЛАДАЛЬНИЙ КРЕСЛЕНИК

**ДОДАТОК Д БЛОК СХЕМА АЛГОРИТМУ РОБОТИ
МІКРОКОНТРОЛЕРА**

**ДОДАТОК Е ЗОВНІШНІЙ ВИГЛЯД РОЗРОБЛЕНОЇ ДРУКОВАНОЇ
ПЛАТИ**

Додаток А
(обов'язковий)

Вінницький національний технічний університет
Факультет інфокомунікацій, радіоелектроніки та наносистем
Кафедра електроніки та наносистем

ЗАТВЕРДЖУЮ
завідувач кафедри ЕНС
д.т.н., проф. Білинський Й.Й

«17» вересня 2019 р.

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ
до магістерської кваліфікаційної роботи

Оптичний вимірювальний перетворювач концентрації газу
зі спеціальності 171 - «Електроніка»

Керівник,
к.т.н., доцент
_____ Селецька О. О.

Дипломник,
студент гр. ЕЛ-18м
_____ Половий М. М.

Вінниця, 2019 р.

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

1. Найменування і область застосування

Найменування – Оптичний вимірювальний перетворювач концентрації газу.

Область застосування – перетворення інформативного електричного сигналу в частотний.

2. Основа для (дослідження) розробки

Основою для виконання цієї магістерської кваліфікаційної роботи є завдання на МКР та наказ ректора ВНТУ № 254 від «03» вересня 2019 р.

3. Мета та призначення дослідження (розробки)

Мета розробки – підвищення чутливості оптичного перетворювача для вимірювання концентрації газу.

Призначення розробки – розробка оптичного вимірювального перетворювача концентрації газу.

4. Джерела розробки

У процесі розробки оптичного вимірювального перетворювача концентрації газу рекомендовано залучати патентний пошук та використовувати спеціальну літературу, а саме:

4.1. Осадчук В. С. Радіовимірювальні оптичні перетворювачі для мікроелектронної технології / В. С. Осадчук, О. В. Осадчук, О. О. Селецька – Вінниця: ВНТУ, 2013. – 160 с.

4.2. Алексеев В. А. Опыт создания переносных многокомпонентных газоанализаторов с использованием оптического абсорбционного метода / В.А. Алексеев, В.А. Яценко // Радиотехника. -2006. -Вып 146.– С. 192-197

4.3. Девятко Г. А. Проблемы создания многокомпонентного газоанализатора индивидуального пользования / Г. А. Девятко, С. А. Лацис, В. Я. Подольский // Технология и конструирование в электронной аппаратуре. – 2003.– № 4. – С. 55-56.

4.4. Осадчук В.С. Напівпровідникові прилади з від'ємним опором: навч. посіб. / В.С. Осадчук, О.В. Осадчук. – Вінниця : ВНТУ, 2006. – 162 с.

5. Технічні вимоги

5.1 Вимоги до електричних параметрів та режимів:

- напруга живлення, В.....5;
- робоча частота, МГц.....1;
- споживаний струм в стані очікування, мкА.....20;
- діапазон вимірювання, ppm..... 1-3000;

5.2 Вимоги до конструкції:

- матеріал друкованої плати – двосторонній фольгований склотекстоліт товщина, мм.....1,5;
- розміри, не більше, мм, 108×78×1,5;

5.3 Вимоги до стійкості при механічній дії:

Оптичний вимірювальний перетворювач газу має зберігати свої параметри в межах встановлених норм під час та після дії механічних навантажень: вібраційних з частотою 1–2000 Гц і максимальним прискоренням 1–5 g, багатократних ударів тривалістю 13 мс з прискоренням 25–70 g, лінійних навантажень з максимальним прискоренням 25 g.

5.4 Вимоги до стійкості при кліматичній дії:

Оптичний вимірювальний перетворювач газу має зберігати свої параметри в межах встановлених норм під час і після дії кліматичних факторів: температури повітря від +120°C (верхнє значення) до –60°C (нижнє значення); відносної вологості навколишнього середовища 70 % при температурі +35°C.

5.5 Вимоги до надійності:

Мінімальне напрацювання пристрою у вказаних режимах та умовах має бути не меншим за 10 000 год. Інтенсивність відмов у режимах й умовах роботи не має перевищувати.

6 Економічні показники:

Орієнтовна ефективність і термін окупності витрат на розробку й освоєння виробництва продукції, лімітна ціна, економічна перевага розробленої продукції порівняно з кращими зразками.

7 Стадії і етапи розробки:

7.1 Розробка технічного завдання.

7.2 Огляд існуючих перетворювачів концентрації газу за літературними й патентними джерелами.

7.3 Вибір та аналіз варіантів рішення.

7.4 Вибір оптимального варіанта й детальна розробка його конструктивної схеми.

7.5 Розробка функціональної та електричної схеми перетворювача.

7.6 Моделювання роботи перетворювача.

7.7 Розробка складального креслення.

7.8 Техніко-економічні розрахунки, розробка заходів безпеки життєдіяльності.

7.9 Оформлення текстової документації та ілюстративних матеріалів для захисту МКР.

8 Порядок контролю і приймання:

- рубіжний контроль виконання окремих розділів МКР;
- попередній захист магістерської кваліфікаційної роботи;
- захист МКР перед ДЕК

ДОДАТОК Д БЛОК СХЕМА АЛГОРИТМУ РОБОТИ МІКРОКОНТРОЛЕРА

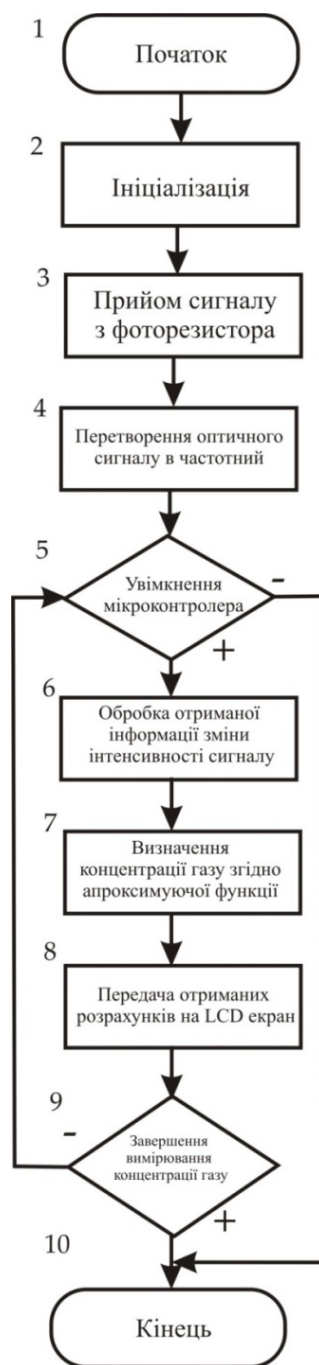
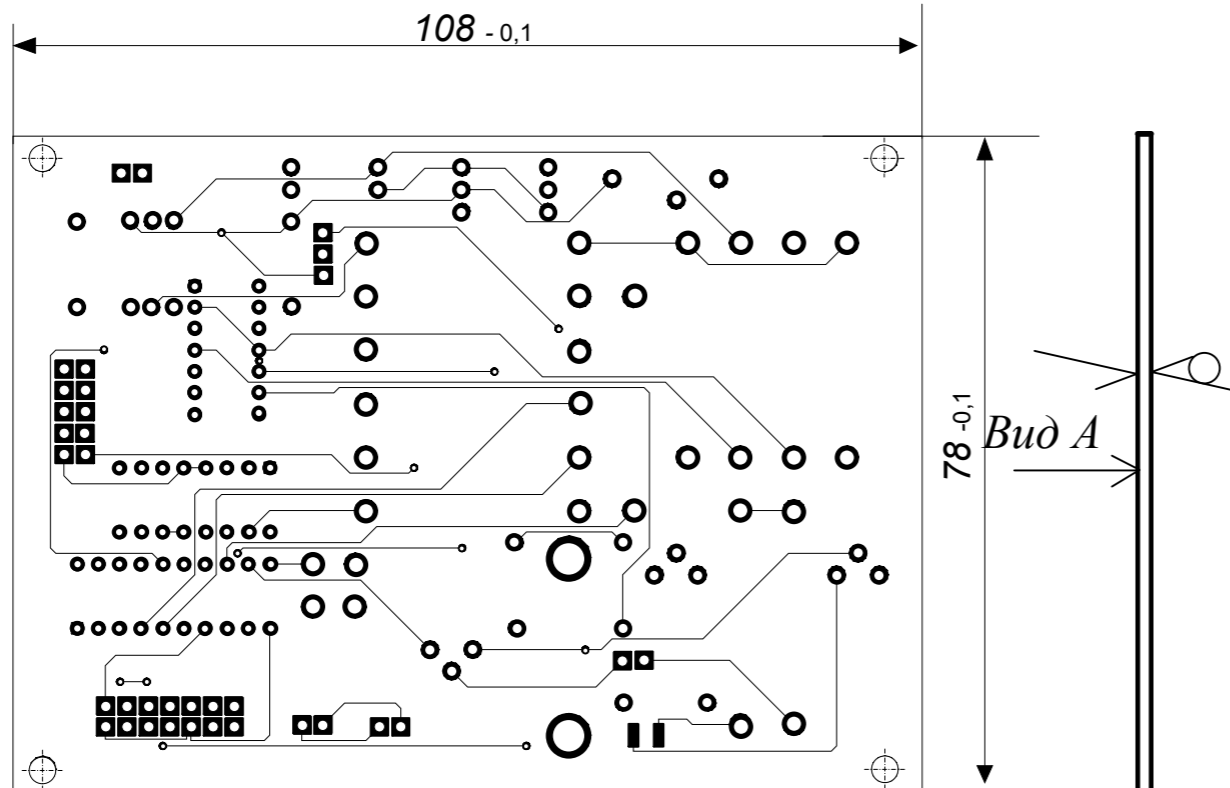


Рисунок Д.1 – Блок схема алгоритму виконання програми

Поз. познач.	Найменування				Кіл.	Примітка		
<u>Мікросхема</u>								
DA1	LM7805				1			
DA2	MAX 485				1			
DA3	4011				1			
DD1	AT90S2313				1			
<u>Діод</u>								
VD1	10A01				1			
VD2	CLL620-0101B2403M1				1			
VD3	B40C1000				1			
<u>Конденсатори</u>								
C1, C6, C7, C8, C10	100 нФ $\pm 5\%$				5			
C2	150 нФ $\pm 5\%$				1			
C3, C4	22 пФ $\pm 5\%$				2			
C5, C12	100 мкФ $\pm 5\%$				2			
C9, C13	200 мкФ $\pm 5\%$				2			
C11	10 нФ $\pm 5\%$				1			
<u>Конектори</u>								
J1- J2	CONN-H02				2			
J3	CONN-H10				1			
J4	CONN-H14				1			
<u>Резистори</u>								
R1, R3	10 кОм $\pm 5\%$				2			
R2, R5, R11-R13	100 Ом $\pm 5\%$				5			
R4, R10	5 кОм $\pm 5\%$				2			
R6, R8	2 кОм $\pm 5\%$				2			
R7, R9	1 кОм $\pm 5\%$				2			
R14	20 Ом $\pm 5\%$				1			
08-05.МКР.171.05.001 ПЕЗ								
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Оптичний вимірювальний перетворювач концентрації газу Перелік елементів	Літ.	Арк.	Аркушів
Розроб.		Половий М.М.						
Перевір.		Селецька О.О.						
Реценз.		Звягін О.С.						
Н. Контр.		Кравченко Ю.С.						
Затверд.		Білинський Й.Й.						
					ЕЛ-18м			

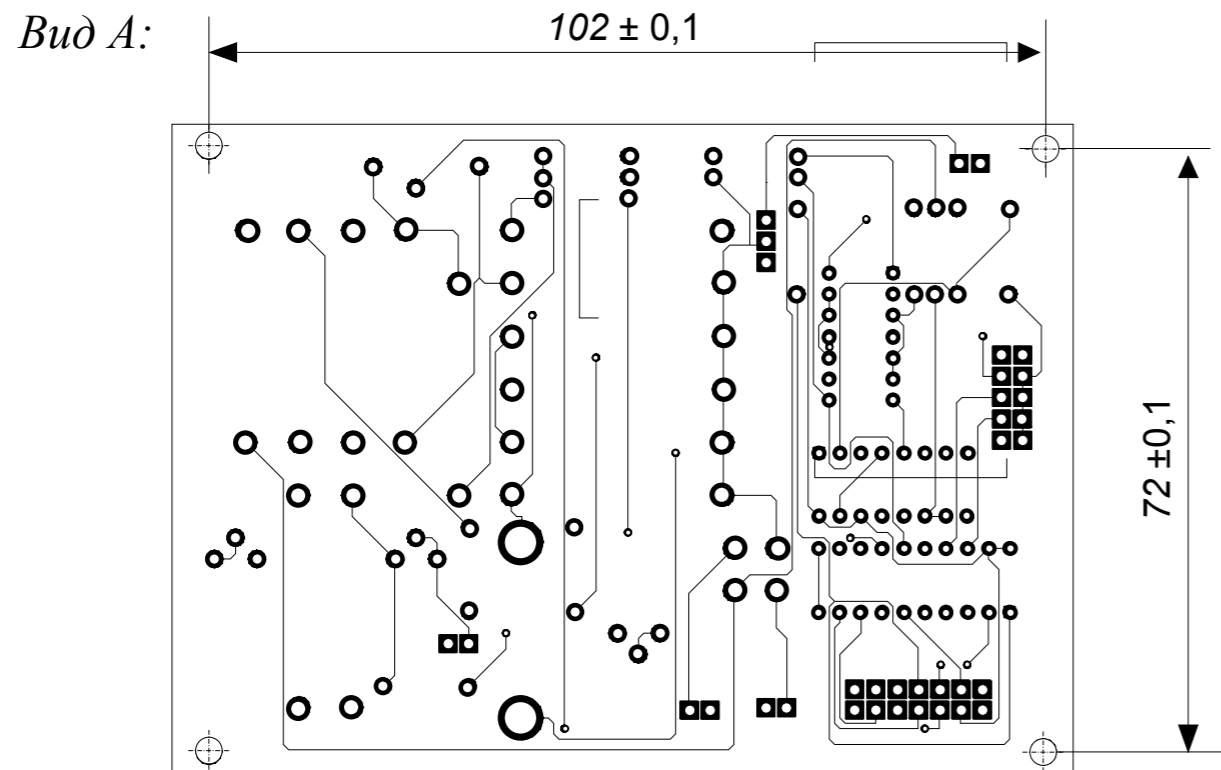
Перш. викорис.

Довід. №



1. Плату виготовити позитивним методом.
2. Крок координатної сітки 1,25 мм.
3. Провідники, умовно позначені суцільними лініями, виконати шириною $0,45 \pm 0,1$ мм, у вузьких місцях $0,25$ мм.4 . Відстань між провідниками не менше $0,25$ мм, в вузьких місцях - $0,1$ мм.
5. Плата повинна відповідати ГОСТ23752-79.

Умовне позначення отвору	Діаметр отвору, мм	Наявність металізації в отворі	Діаметр контактної площадки, мм	Кількість отворів
◦	$0,6 \pm 0,1$	є	1,3	13
◦	$0,9 \pm 0,1$	є	1,6	50
◦	$1,1 \pm 0,1$	є	1,8	37
◻	$1,2 \pm 0,1$	є	2x2	33
◦	$1,3 \pm 0,1$	є	2	30
◯	$5 \pm 0,1$	є	5,7	2
⊕	$3 \pm 0,1$	немає	—	4
▬	—	—	2x1	2



Підпис і дата

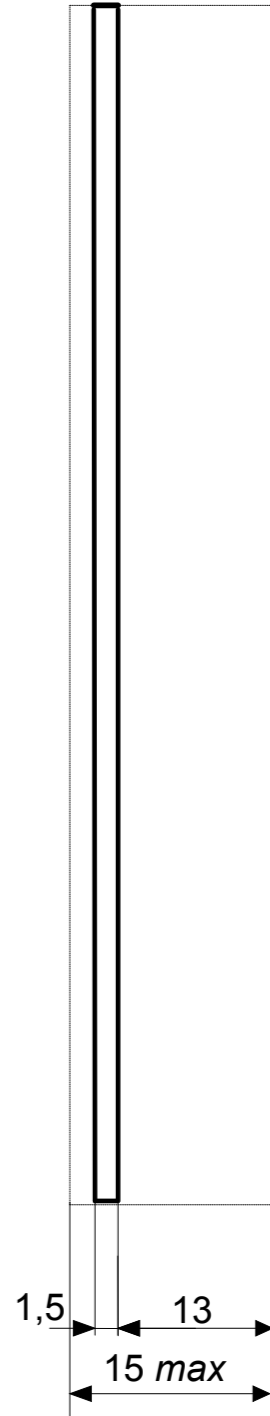
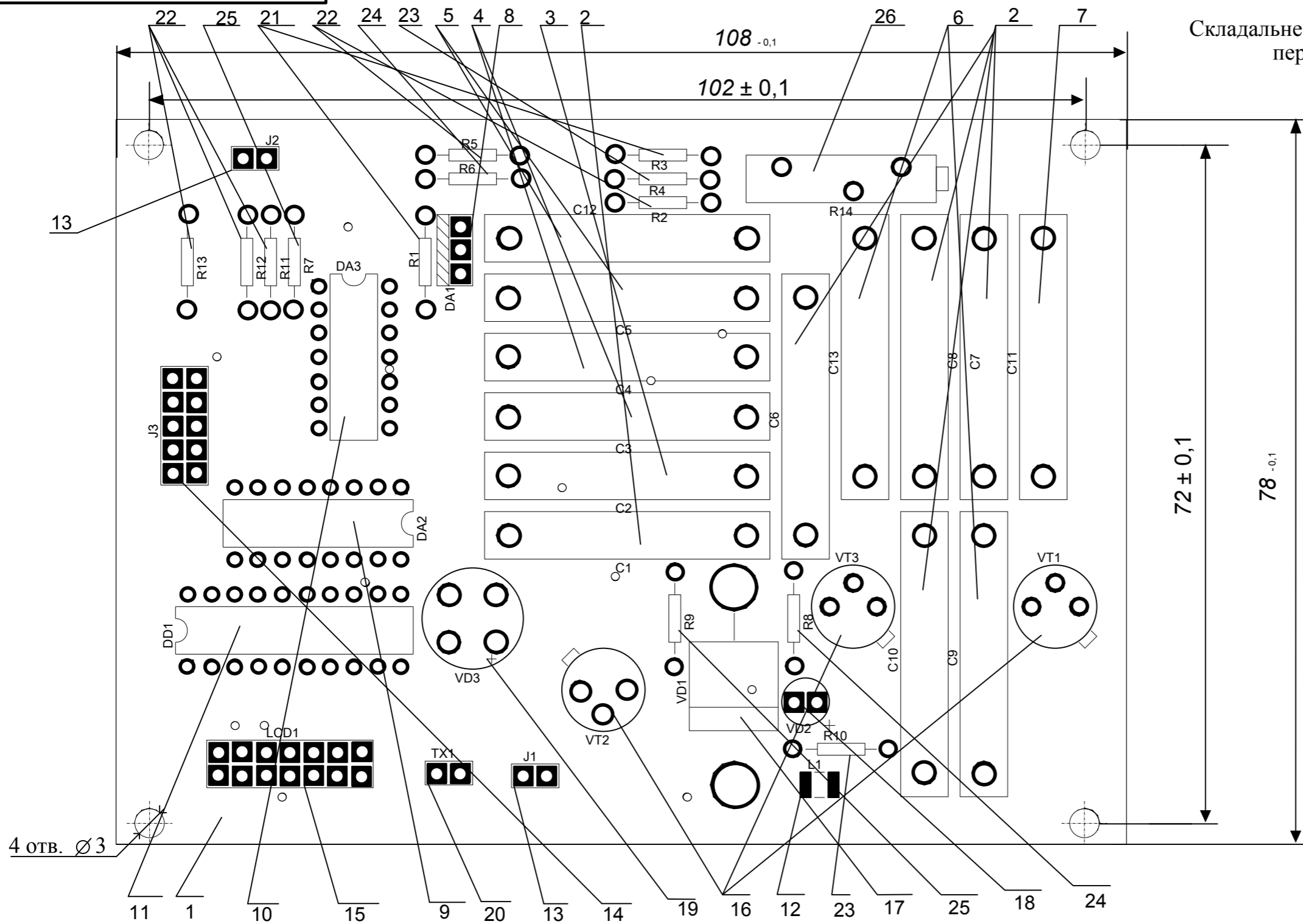
Інв. № дубл.

Зам. інв. №

Підпис і дата

Інв. № ориг.

					08-05.МКР.171.05.002				
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Плата друкована	Лім	Маса	Масштаб	
Розроб.		Половий М.М.				У	Д	П	1:1
Перевір.		Селецька О.О.				Аркуш 1		Аркушів 1	
Т. контр.									
Реценз.		Звягін О.С.							
Н. контр.		Кравченко Ю.С.			Склотекстоліт СФ2-35-1,5 ГОСТ10316-78			ЕЛ-18м	
Затверд.		Білинський Й.Й.							



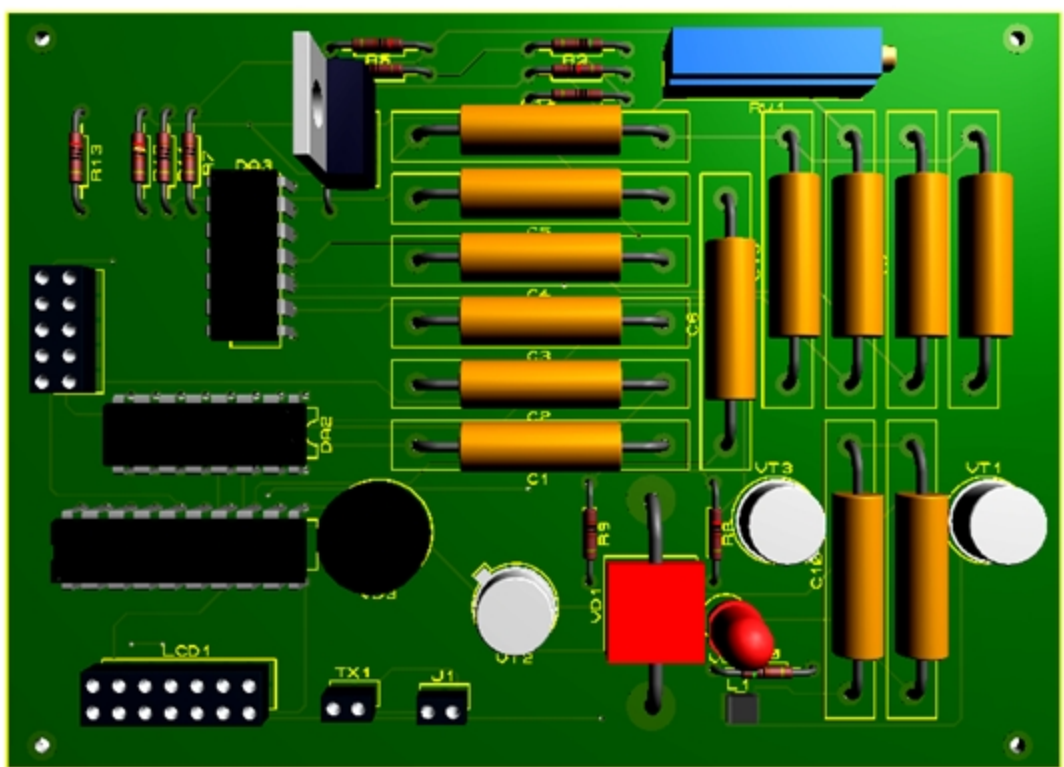
Перш. викорис.	Довід. №	Піпис і дата	Інв. № дубл.	Зам. інв. №	Піпис і дата	Інв. № ориє.
----------------	----------	--------------	--------------	-------------	--------------	--------------

1. Установка елементів проводити за ГОСТ4. ГО. 010.030
2. Радіоелементи кріпити за допомогою припою ПОС-61 ГОСТ 21931-76.
3. Покриття УР-231 4.
4. Таврувати фарбо БМ, білою, шрифт ЗПР-3.

					08-05.МКР.171.05.003 СК				
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Плата Складальне креслення	Лім	Маса	Масштаб	
Розроб.		Половий М.				У	Д	П	2:1
Перевір.		Селецька О.О.				Аркуш	1	Аркушів	1
Т. контр.									
Реценз.		Звягін О.С.							
Н. контр.		Кравченко Ю.С.							
Затверд.		Білинський Й.Й.							
						ЕЛ-18м			

ДОДАТОК Е

ЗОВНІШНІЙ ВИГЛЯД РОЗРОБЛЕНОЇ ДРУКОВАНОЇ ПЛАТИ



а)

