

Міністерство освіти і науки України

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет прикладних інформаційних технологій та електроінженерії

(повна назва факультету)

кафедра біотехнічних систем

(повна назва кафедри)

## КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

магістр

(назва освітнього ступеня)

Склад контролю позиціонування ротаційного елемента

рентгендіагностичного комплексу Polisat

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

(шифр і назва спеціальності)

  
(підпис)

Липницький Я.В.

(прізвище та ініціали)

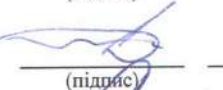
Керівник

  
(підпис)

Дедів Л.Є.

(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль

  
(підпис)

Дедів Л.Є.

(прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри

  
(підпис)

Яворська Є.Б.

(прізвище та ініціали)

Рецензент

  
(підпис)

Дунець В.Л.

(прізвище та ініціали)

Тернопіль  
2023

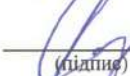
Міністерство освіти і науки України  
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет прикладних інформаційних технологій та електроінженерії  
(повна назва факультету)

Кафедра біотехнічних систем  
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

  
(підпис)

Яворська Є.Б.

(прізвище та ініціали)

« 20 »

»

2023 р.

### ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступеня магістр

(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 163 Біомедична інженерія

(шифр і назва спеціальності)

студенту Липницькому Ярославу Володимировичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Спосіб контролю позиціонування ротаційного елемента рентгендіагностичного комплексу Polisat

Керівник роботи Дедів Леонід Євгенович, к.т.н., доцент

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від « 20 » листопада 2023 року № 4/7-1083

2. Термін подання студентом завершеної роботи 11 грудня 2023 року

3. Вихідні дані до роботи Технічне завдання, рентгендіагностичний комплекс Polisat

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

1. Аналітична частина

2. Основна частина

3. Науково-дослідна частина

4. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях

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



## АНОТАЦІЯ

Липницький Я.В. Спосіб контролю позиціонування ротаційного елемента рентгендіагностичного комплексу Polisat. – Рукопис. Кваліфікаційна робота магістра, ТНТУ ім. І.Пулюя, Тернопіль, 2023.

В роботі проведено розробку способу контролю позиціонування ротаційного елемента рентгендіагностичного комплексу Polisat. Проаналізовано типову структуру оптичної лінії зв'язку. Розглянуто можливість автоматизованого переміщення випромінювача як ротаційно так і лінійно для можливості дистанційного виставлення випромінювача в потрібному положенні в залежності від об'єкта дослідження та положення пацієнта, оскільки це впливатиме на якість отриманих діагностичних зображень. Розглянуто задачу вимірювання кутових переміщень та проведено огляд датчиків, що можуть при цьому застосовуватись. Вибрано датчик типу ПКФ-452. Проведено розробку стенда для перевірки та налаштування вибраного типу датчиків. Пропонований стенд для перевірки в майбутньому може бути використаний для керування кутовими положеннями ротаційного елемента рентгендіагностичного комплексу Polistat.

Ключові слова: рентгендіагностичний комплекс, датчик кутових переміщень, перевірка.

## ANNOTATION

Lypnytskyi Ya.V. The method of controlling the positioning of the rotary element of the Polisat x-ray diagnostic complex. - Manuscript. Master's qualification work, TNTU, Ternopil, 2023.

In the master's thesis, a method of controlling the positioning of the rotary element of the Polisat x-ray diagnostic complex was developed. The typical structure of an optical communication line is analyzed. The possibility of automated movement of the emitter both rotationally and linearly was considered for the possibility of remote exposure of the emitter in the desired position depending on the object of research and the position of the patient, as this will affect the quality of the obtained diagnostic images. The task of measuring angular displacements was considered and the sensors that can be used in this case were reviewed. The PKF-452 type sensor is selected. The development of a stand for verification and adjustment of the selected type of sensors was carried out. In the future, the proposed test stand can be used to control the angular positions of the rotary element of the Polistat x-ray diagnostic complex.

Key words: X-ray diagnostic complex, angular displacement sensor, verification.

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	8
РОЗДІЛ 1. АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА.....	10
1.1 Рентгендіагностична техніка.....	10
1.2 Перспективи розвитку рентгенівських діагностичних установок.....	12
1.3 Задача контролю положення ротаційних елементів в рентгендіагностичному комплексі Polistat.....	13
1.4 Висновки до розділу 1.....	14
РОЗДІЛ 2. ОСНОВНА ЧАСТИНА.....	16
2.1 Задача вимірювання кутових переміщень.....	16
2.2 Огляд датчиків кутових переміщень.....	16
2.3 Ротаційні датчики кута повороту.....	20
2.4 Вплив дифракції на результати вимірювань.....	22
2.5 Математична модель реєстрації проходження світла через дві щілини.....	26
2.6 Види і засоби забезпечення герметизації датчиків.....	29
2.7 Забезпечення захисту від пилу та вологи перетворювача ПКФ-452.....	32
2.8 Висновки до розділу 2.....	32
РОЗДІЛ 3. НАУКОВО-ДОСЛІДНА ЧАСТИНА.....	34
3.1 Схема та принцип роботи пристрою для перевірки датчиків кутових переміщень.....	34
3.2 Розрахунок електромеханічного приводу.....	34
3.3 Підбір крокового двигуна.....	37
3.4 Розрахунок штифта на муфті після редуктора.....	38
3.5 Мікрометрична головка.....	38
3.6 Перевірка засобів електричних вимірювань.....	39
3.7 Циклограма роботи.....	40
3.8 Перевірка датчика.....	43
3.9 Опис роботи схеми.....	44

	7
3.10 Вибір елементів та розрахунок параметрів ключових елементів.....	47
3.11 Алгоритм програми.....	48
3.12 Висновки до розділу 3.....	49
РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....	51
4.1 Охорона праці.....	51
4.2 Безпека в надзвичайних ситуаціях.....	53
4.3 Висновки до розділу 4.....	63
ВИСНОВКИ.....	64
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	65
ДОДАТКИ	

## ВСТУП

**Актуальність.** Важливим в області діагностування патологічних станів є застосування засобів та методів візуалізації біомедичної інформації, що сприятиме підвищенню об'єктивності поставленого діагнозу чи контролю функціонального стану пацієнта в процесі лікування. Таким методом є метод X-променевої чи рентгендіагностики. Метою рентгендіагностики є отримання інформації про функціональні та анатомо-морфологічні властивості досліджуваної зони. Поєднання різних діагностичних методів дозволяє побачити найбільш повну та точну клінічну картину патології, визначити ключову проблему та причину патологічного стану пацієнта, виявити ознаки захворювання навіть на ранній стадії його виникнення.

Сучасна рентгенодіагностика включає в себе лінійну та спіральну томографію, флюорографію, рентгенографію, рентгеноскопію, мультиспіральну комп'ютерну томографію, радіонуклідну сцинтиграфію, інтервенційну радіологію та інші методи досліджень. При цьому застосовуються спеціальні технічні системи та комплекси, якісні та кількісні характеристики отриманих діагностичних зображень в яких визначаються зокрема і ступенем узгодження функціонування окремих технічних елементів системи.

Так, в поширених сьогодні на ринку медичної діагностичної техніки рентгендігностичних комплексах застосовуються різного роду ротаційні вузли і елементи для можливості зміни положення джерела X-випромінювання та приймаючих елементів відносно положення тіла пацієнта. Важливим є забезпечення можливості автоматизації виконання кутових переміщень та контролю позиціонування таких елементів рентгендіагностичного комплексу для максимального усунення артефактів на отриманих діагностичних зображеннях та підвищення їхньої якості.



Таким чином, в роботі розглядається актуальна задача розроблення способу контролю позиціонування ротаційного елемента поширеного сьогодні рентгендіагностичного комплексу Polisat.

**Мета.** Розроблення способу контролю позиціонування ротаційного елемента рентгендіагностичного комплексу Polisat. **Задачі:**

- аналіз принципів роботи рентгендіагностичних комплексів;
- аналіз задачі позиціонування ротаційного елемента рентгендіагностичного комплексу Polisat;
- аналіз датчиків кутових переміщень;
- способу контролю кутових переміщень рентгендіагностичного комплексу Polisat;
- проектування стенду для повірки датчиків кутових переміщень.

*Об'єкт дослідження:* процес контролю кутових переміщень рентгендіагностичного комплексу Polisat.

*Предмет дослідження:* спосіб контролю кутових переміщень з використанням спеціалізованих датчиків.

**Наукова новизна.**

Проведено математичне моделювання та показано перспективи застосування опричного датчика для контролю кутових переміщень рентгендіагностичного комплексу Polisat.

**Практичне значення.** Можливість удосконалення конструкції та автоматизації процедури наведення рентгендіагностичного комплексу Polisat.

## РОЗДІЛ 1

### АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

#### 1.1 Рентгендіагностична техніка

До 1930-х рентгенівські апарати були електрично не захищеними високовольтними конструкціями. Вони містили елементи під високою напругою, що з'єднувалися у повітрі відкритою проводкою. Для перетворення напруги використовувалися індуктори, механічні випрямлячі та іонні трубки; зображення виходило на флуоресцентний екран чи плівку. Потім почали використовувати закриті апарати з високовольтними кабелями. Для створення високої напруги використовувалися високовольтні трансформатори з масляною ізоляцією та кенотронними випрямлячами. У 1938 році було запропоновано метод ксерорентгенографії (різновид електрорентгенографії), який у 1950-ті почав застосовуватися для візуалізації рентгенівських зображень. До 1967 рентгенівську плівку виготовляли з горючої нітроцелюлози, на яку наносився шар фотографічної емульсії. Потім все виробництво рентгенівської плівки було переведено на безпечну ацетилцелюлозну основу. У 1972 році було створено перший комп'ютерний томограф.

Рентгенівська діагностика є одним із ключових методів у сучасній медицині. Така діагностика заснована на використанні рентгенівських променів для формування зображень внутрішньої структури організму.

Рентгенівські діагностичні установки відіграють важливу роль у діагностиці різних захворювань, дозволяючи лікарям отримувати інформацію про стан пацієнта без необхідності інвазивних процедур.

Історія розвитку рентгенівських діагностичних установок

Рентгенівські промені дали змогу побачити внутрішні структури людського тіла без розтину пацієнта. У зв'язку з цим відкриттям лікарі виявили нові можливості діагностики та дослідження внутрішніх органів.

Надалі, з розвитком технологій, рентгенівська трубка та генератор високої напруги стали основою конструкції рентгенівських апаратів.

Поліпшення оптичних систем та розробка нових матеріалів дозволили покращити якість зображень та збільшити роздільну здатність установок.

Особливе значення має впровадження цифрових технологій та систем обробки зображень, що дало можливість зберігати та передавати дані в електронному вигляді, спростило та скоротило час роботи лікарів.

Принцип роботи рентгенівських діагностичних установок

Рентгенівські діагностичні установки працюють на основі генерації рентгенівського випромінювання та його впливу на організм пацієнта.

Джерелом випромінювання є рентгенівська трубка, в якій відбувається утворення X-променів. Генератор високої напруги забезпечує необхідне живлення для рентгенівської трубки.

Детектори та система обробки зображень у рентгенівських діагностичних установках використовуються для отримання та обробки зображень.

Детектори реєструють рентгенівські промені, що пройшли через пацієнта, і формують електричний сигнал, який потім перетворюється на цифровий сигнал.

Система обробки зображень дозволяє покращити якість отриманих знімків, зробити їх більш контрастними та чіткими.

Існують різні типи рентгенівських діагностичних установок, що застосовуються у медицині.

Фіксовані рентгенівські апарати встановлені у спеціальних кабінетах та призначені для проведення обстеження та діагностики внутрішніх органів пацієнта.

Портативні рентгенівські установки забезпечують можливість пересувного обстеження пацієнтів, наприклад у відділеннях інтенсивної терапії або вдома. Мобільні рентгенівські станції дозволяють робити рентгенографію та діагностику поза стаціонарними умовами, наприклад, на виробництві або в місцях масового скупчення людей.

## Переваги та обмеження рентгенівських діагностичних установок

Рентгенівські діагностичні установки мають ряд переваг, включаючи високу роздільну здатність та можливість виявляти зміни в тканинах, такі як пухлини або переломи. Такі установки дозволяють лікарям отримати цінну інформацію про стан пацієнта, що полегшує постановку діагнозу та вибір відповідного лікування.

Проте рентгенівські діагностичні установки мають обмеження. Основним обмеженням є випромінювання рентгенівськими променями, що може негативно впливати на здоров'я пацієнта, особливо при тривалих дослідженнях. Тому необхідно дотримуватись обережності та застосовувати відповідні захисні заходи.

Ще одним обмеженням є можливість спотворень на зображеннях, спричинених різними факторами, такими як рух пацієнта або нестача контрастності.

Рентгенівські діагностичні установки широко застосовують у різних галузях медицини. В рамках рентгенології здійснюється діагностика захворювань кісток та органів, таких як легені, шлунок, кишечник та інші.

Рентгенографія та ангіографія використовуються у серцево-судинній хірургії для вивчення стану серця та судин пацієнта.

Рентгенівська комп'ютерна томографія визнана одним із найбільш важливих методів дослідження в онкології, оскільки дозволяє детектувати пухлини та оцінити їх характеристики.

### 1.2 Перспективи розвитку рентгенівських діагностичних установок

Розробка та вдосконалення технологій, що використовуються в рентгенівських діагностичних установках, є активною областю досліджень.

Фахівці прагнуть покращити якість зображень, збільшити роздільну здатність, скоротити дозу випромінювання для пацієнта та підвищити зручність використання установок.

Впровадження штучного інтелекту та автоматизація процесів також є перспективами розвитку рентгенівської діагностики. Це дозволить автоматично аналізувати отримані зображення, робити швидкі та точні висновки про стан пацієнта, а також допомагати лікарям у постановці діагнозу.

Роль рентгенівської діагностики у майбутній охороні здоров'я лише посилюватиметься.

Рентгенівські діагностичні установки залишаться одним із ключових інструментів для встановлення діагнозу та контролю лікування. Такі пристрої будуть використовуватися у дедалі більшій кількості сфер медицини, включаючи телемедицину та віддалену консультацію лікарів.

Таким чином, рентгенівські діагностичні установки мають велике значення для медицини та пацієнтів. Дозволяють лікарям отримувати інформацію про стан пацієнта, особливо щодо внутрішніх органів та кісток, без необхідності проведення інвазивних процедур.

Прогрес у галузі рентгенівської діагностики дозволяє скорочувати час та зусилля, необхідні для отримання та аналізу даних. Завдяки розвитку технологій та впровадженню штучного інтелекту, рентгенівська діагностика продовжить розвиватися та знаходити нові галузі застосування у майбутній охороні здоров'я.

1.3 Задача контролю положення ротаційних елементів в рентгендіагностичному комплексі Polistat

Система Polistat використовується в багатьох сферах медицини .

Вигляд установки наведено на рис. 1.1.



Рис. 1.1. Рентгендіагностичний комплекс Polistat M

Комплекс включає в себе поворотну стійку, до якої власне кріпиться джерело X-випромінювання. Переміщення його проводиться вручну за допомогою наявних спеціальних ручок. Переміщення є радіальним та можливим є лінійне переміщення випромінювача по стійці.

#### 1.4 Висновки до розділу 1

В розділі розглянуто питання функціонування рентгендіагностичної техніки, її види та області використання. Проаналізовано задачу контролю положення ротаційних елементів в рентгендіагностичному комплексі Polistat.

Показано актуальність задачі забезпечення можливості автоматизованого переміщення випромінювача як ротаційно так і лінійно для можливості дистанційного виставлення випромінювача в потрібному положенні в залежності від об'єкта дослідження та положення пацієнта, оскільки це впливатиме на якість отриманих діагностичних зображень.

## РОЗДІЛ 2

### ОСНОВНА ЧАСТИНА

#### 2.1 Задача вимірювання кутових переміщень

Сучасні тенденції в розвитку точних вимірювальних перетворювачів кута визначаються тим, що, з одного боку, спостерігається різке зростання вимог до точності перетворювачів, з іншою — різко розширюються сфера і масштаби їх вживання. Тому однією з найважливіших вимог, що пред'являються виробництвом до первинних датчиків таких перетворювачів, є їх технологічність і мала чутливість до технологічних похибок.

В даний час широко застосовуються різні вимірювальні перетворювачі. В будь-якому каталозі електронних компонентів вони відрекомендовані достатньо повно, причому кожний тип перетворювача має декілька варіантів виконання. На вигляд нелегко правильно вибрати перетворювач для реалізації конкретної функції, оскільки в документації на нього наводяться дані і описуються процедури, які швидше утримають інженера від бажання використовувати їх, ніж переконують в тому, що даний перетворювач найкращим чином вирішить поставлену задачу. Проте вибір перетворювача для конкретного застосування спрощується тим, що є інтерфейс для включення його у вимірювальну систему.

Враховуючи особливості роботи датчика в комплексі Polistat проведемо огляд датчиків кутових переміщень.

#### 2.2 Огляд датчиків кутових переміщень

Перетворювач кругових переміщень фотоелектричний ПКФ-452 призначений для використання в системах автоматичного регулювання верстатів для інформаційного зв'язку по положенню між виконавчими



механізмами верстатів, промислових роботів і пристроїв числового програмного управління (ПЧПУ).

Перетворювач призначений для експлуатації в наступних умовах:

1. температура навколишнього повітря від 278 до 323 До (від 5 до 50°C);
2. атмосферний тиск від 87 до 106,7 кПа (від 630 до 800 мм рт. ст.);
3. дія вібрації в діапазоні частот від 5 до 120 Гц з амплітудою зсуву не більше 0,2 мм;
4. відносна вологість повітря не більше 80 % при 308 До (35°C) і більш низьких температурах без конденсації вологи.

Перетворювач є складним оптико-електронним виробом з високими характеристиками точності. При зберіганні, розпаковуванні і установці на основний технічний засіб необхідно уникати ударів, падінь, різких поштовхів. Вал перетворювача необхідно оберігати від зіткнення із сторонніми предметами щоб уникнути забоїн, подряпин, вигинів.

Основні характеристики датчика подані в таблиці 2.1.

Дія перетворювача заснована на перетворенні кругового переміщення в електричний сигнал, несучий інформацію про величину цього переміщення.

Оптична схема перетворювача зображена на рис. 2.1 і є чотирма оптичними головками, що розташовані діаметрально протилежно під кутом 90° щодо вимірювального растру, і однією головкою, що формує сигнал початку відліку.

Таблиця 2.1. Основні характеристики датчика

Технічні дані і характеристики	Номінальні і допустимі величини
Межа допустимого значення похибки переміщень в діапазоні перетворень від 0 до 360 не більше	
для 2 класу	2”
для 3 класу	5”
Співпадання показів	
для 2 класу	0,3”
для 3 класу	0.5”
Довжина опорного сигналу на рівні не менше 5 мкА при навантаженні 1 кОм на вихідному кінці з'єднувального кабеля, в долях періоду основних сигналів	0,75 – 1,3
Подвійна амплітуда основних вихідних сигналів при навантаженні 1 кОм на вихідному кінці з'єднувального кабеля, мкА	8 – 16
Зсув по фазі основних сигналів відносно один одного при їх частоті 1-2 кГц	
для 2 класу	(90 ± 2,5)
для 3 класу	(90 ± 4,5)
Кількість вихідних сигналів	3
основних	2
опорних	1
Частота обертання валу без втрати інформації не більше	30 об/хв.
Максимальна короткочасно допустима частота обертання валу	1000 об/хв.
Напруга живлення	(+5±5%) В.
Споживана потужність не більше	1,6 Вт.
Маса без кабелю не більше	3,3 кг.
Габаритні розміри:	
діаметр	170h12 мм
висота без валу не більше	50 мм
діаметр вихідного валу	14H6 мм
Посадочні розміри:	
діаметр трьох посадочних отворів, розташованих рівномірно на посадочному колі	5.5H12 мм
діаметр настановного кола	(160+0,1) мм.
посадочний діаметр	140H6 мм
Довжина сполучного кабелю	(1000+20) мм
Встановлене напрацювання на відмову	
для 2 класу	3600год.
для 3 класу	4100год.
Термін служби не менше	12 років.
Число штрихів вимірювального растру	18000
Вміст кольорових металів в перетворювачі:	
алюмінієві сплави	0,54 кг
титановий сплав	0,0675 кг
срібло	0,06 гр.

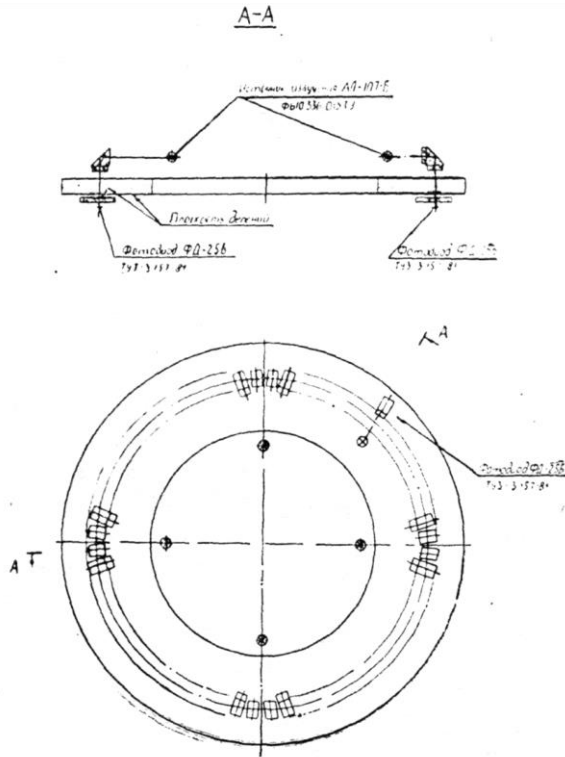


Рис. 2.1 Оптическая схема вимірювального растру

Джерелами випромінювання є інфрачервоні випромінюючі діоди. Світловий потік від кожного джерела випромінювання формується чотирьохканальною проєкційною системою в паралельні пучки, що проходять через растрове сполучення і сприймаються фотоелементами.

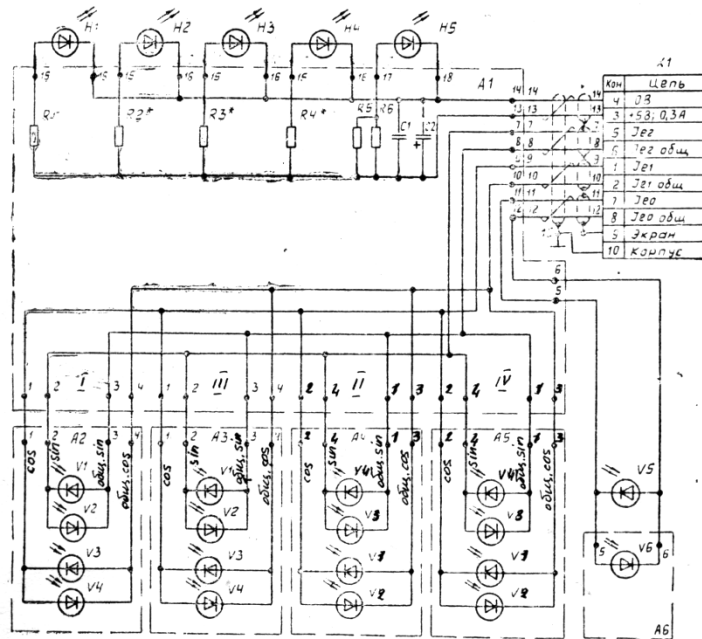


Рис. 2.2. Електрична схема

Конструкція перетворювача зображена на рис. 2.3. На основі розташовано чотири вузли формування основних сигналів і вузол формування опорного сигналу, включаючи індикаторні растри і фотоприймачі. Вузли формування сигналів мають відповідні переміщення для виставляння положення штрихів індикаторних растрів щодо штрихів вимірювального.

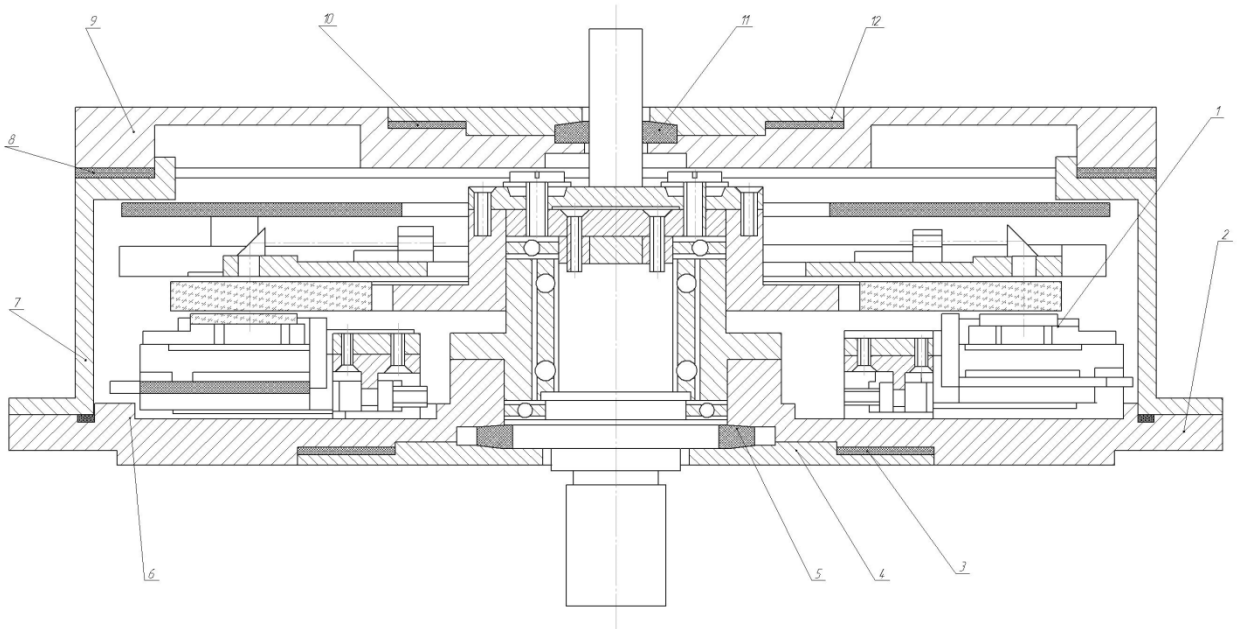


Рис. 2.3. Розріз датчика

На основі нерухомо закріплений шпиндель, на валу якого закріплений вимірювальний растр, що обертається разом з валом. На виступах основи за вимірювальним растром закріплена плата освітлювача, на якій розташовані джерела випромінювання і коліматори. Над платою освітлювача закріплена плата, що виконує додавання електричних сигналів з фотоприймачів.

### 2.3 Ротаційні датчики кута повороту

Загальні характеристики. Ротаційні датчики використовуються для перетворення механічного положення в електрично визначувані значення в таких областях вживання, як поворотні столи, свердлувальні головки і багато інших. Залежно від типу датчика, що використовується, ці електрично абсолютні

позиційні дані можуть складатися із слів завдовжки до 11 біт. Максимальна роздільна здатність — 1024 кроки за оборот при точності < 30 кутових хвилин.

Використовування ротаційного датчика замість звичайного блокового індуктивного вимикача пропонує наступні переваги: - високий ступінь механічної надійності, яку забезпечує міцний корпус і вал, діаметр якого 10 мм

- оптоелектронна індикація початкового положення для швидкого і точного визначення нульового положення під час настройки

- тривалий термін служби і відсутність необхідності у відході завдяки спеціальним оптоелектронним компонентам

- відсутність окремого джерела живлення для кожного світлодіода

- висока швидкість визначення положення (> 25 кГц) завдяки оптоелектронному скануванню

- можливість універсального вживання при значному діапазоні перемикачів на всьому діапазоні напруги живлення 10...30 В пост, струму

#### Конструкція

Ротаційні датчики складаються з трьох основних компонентів:

- Плата випромінювача

Ця плата містить регулятор напруги, який забезпечує точне функціонування протягом всього діапазону напруги живлення (від +10 В до + 30 В пост, струму), а також спеціальні випромінюючі світло діоди і їх постійне джерело живлення.

- Плата приймача

В неї входять фототранзистори, чутливі елементи, тригерні каскади і вихідні каскади із захистом від КЗ і індуктивних перешкод. На цій платі також знаходяться діоди для захисту від переполюсовки і варистор для захисту від перешкод, викликаних підвищенням напруги живлення.

- Кодуючий диск

Кодуючий диск обертається між платою випромінювача і світлоприймача і визначає кількість положень залежно від кодування. Залежно від максимальних

довжин біта в кодї користувача, диск може бути або металевим, травленим, або пластиковим. В обох випадках диски виготовляються фотографічним способом.

Існують два типи ротаційних датчиків:

- датчики кута повороту
- датчики кутового положення

Датчики кута повороту забезпечують безперервну одно- або багатокрокову послідовність бітів на всьому діапазоні даних  $360^\circ$ . Це означає, що кожному кутовому положенню відповідає певний біт-зразок: абсолютний код.

Датчики кутового положення надають електрично абсолютну інформацію для певних кутових положень. Між окремими позиціями датчик не видає ніяких сигналів, так що проміжні значення не реєструються. Код може бути одно- або багатокроковим.

При виготовленні диска для клієнтів необхідно враховувати наступне: двійкові і двійково-десяткові коди можуть бути використані тільки в поєднанні з тактовим або прочитуючим сигналом (стробуючим).

Це значно покращує якість прочитування. До того ж, потрібно як слід продумати розташування різних функцій на диску, щоб досягти якомога кращої точності перемикання.

## 2.4 Вплив дифракції на результати вимірювань

При проходженні світла через малі отвори при огинанні перешкод у вигляді непрозорих екранів або гострих країв, світлова хвиля розповсюджується не тільки в прямому напрямку, але і значно відхиляється в сторони, огинаючи краї перешкоди.

Подібні відхилення від закону геометричної оптики (прямолінійного розповсюдження світла) називаються дифракцією. Коли на шляху променів, які йдуть від джерела світла, розташувати непрозорий предмет, то на екрані повинна з'явитись геометрична тінь. В силу дифракції частина променів огинає краї

предмету і попадає в зону геометричної тіні. Тому на екрані отримують геометричну тінь та півтіні (засвітку).

Якщо на шляху пучків світла поставити заслонку з дуже малим отвором, то промені на виході будуть відхилятися на краях перешкоди (краях отвору).

Дифракція на прямолінійному краю плоского екрану. Розрахунок дифракційної картини можна провести за допомогою спіралі Корню. Амплітуда в точці  $T_0$ , що лежить проти краю екрану удвічі менше, ніж при відсутності екрану. Інтенсивність світла відповідно вчетверо менше. Розподіл інтенсивностей на площині спостереження, паралельній площині екрану, показано на рис. 2.4.

Дифракція на прямолінійній щілині та довгому прямокутному екрані. Вигляд дифракційної картини визначається величиною хвильового параметра  $p = \sqrt{\lambda L} / a$ ,  $a$  - ширина отвору,  $L$  — відстань від площини отвору до паралельної їй площини спостереження.

Якщо  $p \ll 1$  («широка» щілина), то амплітуда хвилі в точці спостереження, що лежить навпроти середини щілини, визначається відстанню між полюсами спіралі Корню:  $A = A_0$ , тобто така ж, як при відсутності екрану. Розподіл інтенсивностей на площині спостереження показаний на рис. 2.5. Поблизу точок  $T_1$  і  $T_2$ , що лежать проти країв щілини, він подібний до розподілу інтенсивностей поблизу точки  $T_0$  при дифракції на краю напівбезконечного екрану (рис. 2.4.).

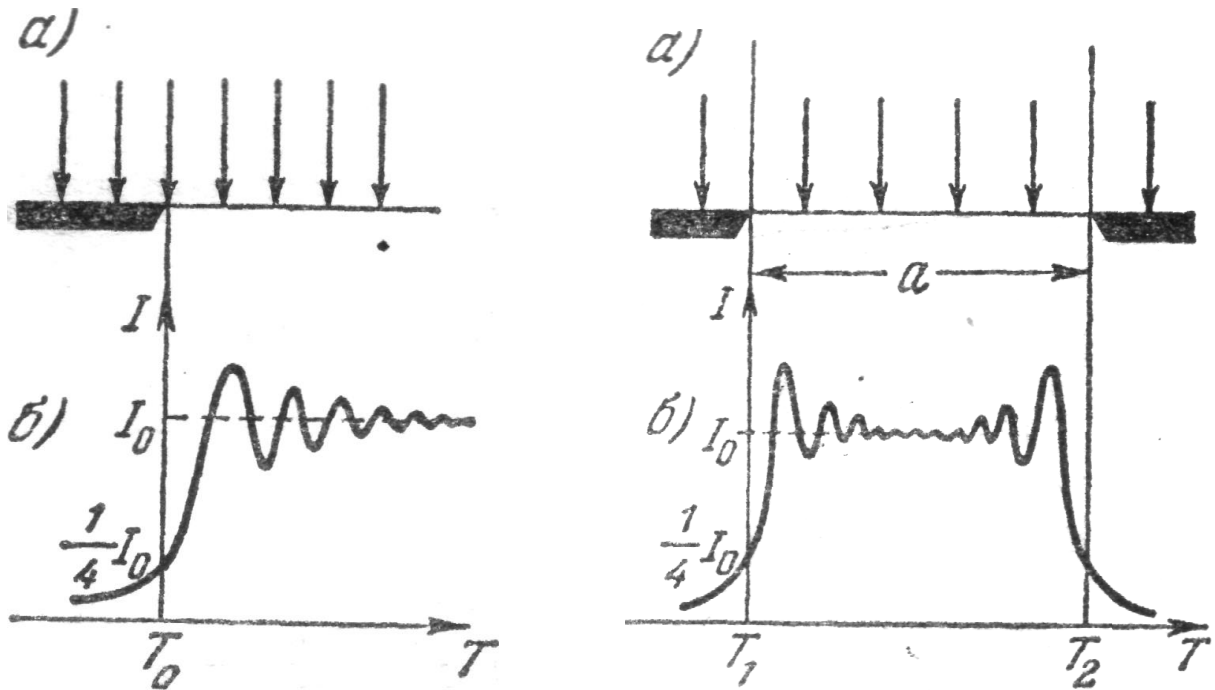


Рис. 2.4. Дифракції на краю напівбезконечного екрану

При  $p \sim 1$  коливання інтенсивності охоплюють всю область  $T_1 T_2$ , відповідну зображенню щілини в геометричній оптиці, а також спостерігаються і в області геометричної тіні (на відміну від монотонного спаду інтенсивності поблизу країв тіні при  $p \ll 1$ ). Залежно від величини  $p$  в середині дифракційної картини може бути як максимум, так і мінімум інтенсивності.

При  $p \gg 1$  дифракційна картина має такий же вигляд, як при дифракції Фраунгофера на тій же щілині (рис. 2.7). Проти середини щілини знаходиться основний максимум інтенсивності, який тим сильніше «розмазаний», чим вужча щілина (рис. 2.8).

Дифракція на довгому прямокутному екрані (рис. 2.6). Відносна амплітуда  $A/A_0$  в довільній точці  $T$  на площині спостереження, паралельній екрану, може бути розрахована за допомогою спіралі Корню:  $\frac{A}{A_0} = \frac{|a_1 - a_2|}{F_- F_+}$ . Тут  $a_1$  і  $a_2$  - вектори, проведені в полюси спіралі Корню  $F_-$  і  $F_+$  з точок спіралі, відповідних значенням  $v_1$  і  $v_2$  параметра і для країв екрану.

Якщо хвильовий параметр  $p = \sqrt{\lambda L} / a \ll 1$  ( $a$  - ширина екрану), то поблизу границь геометричної тіні від екрану або  $a_1 \sim 0$ , або  $a_2 \sim 0$ . Тому за екраном



утворюється область тіні, на границях якої спостерігаються дифракційні смуги (рис. 2.6), подібні до смуг від краю напівбезконечного екрану (рис. 2.4).

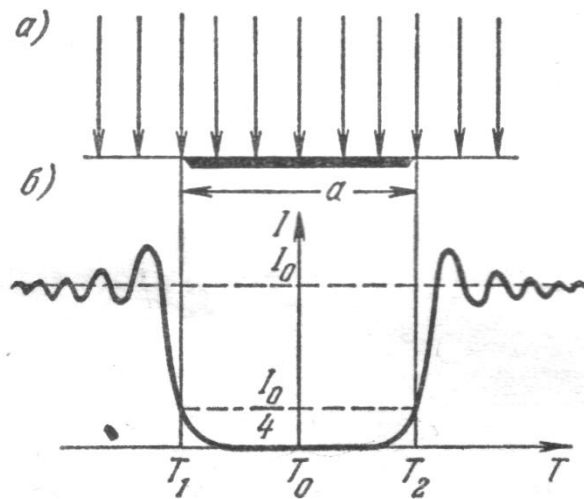


Рис. 2.5. Розподіл інтенсивностей на площині спостереження

Якщо  $p \gg 1$ , то позаду екрану спостерігається система затемнених і світлих ліній, що чергуються, причому проти середини екрану завжди знаходиться світла смуга.

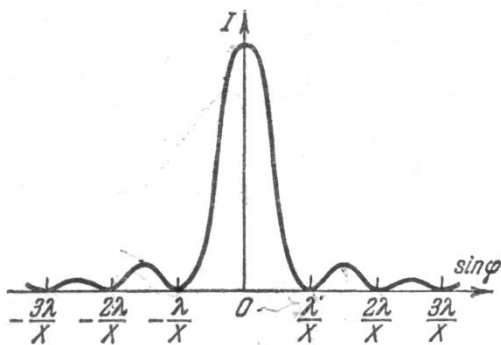


Рис. 2.6

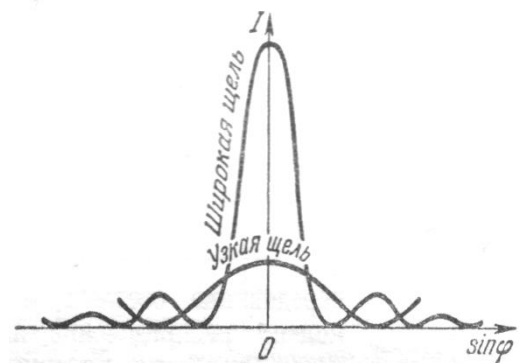


Рис. 2.7

Дифракція на прямокутному отворі шириною  $X$  і висотою  $Y$ . Напрямок поширення дифрагованого світла можна задати за допомогою двох кутів  $a$  і  $b$  між цим напрямом і осями  $Ox$  і  $Oy$ , проведеними паралельно відповідно сторонам  $X$  і  $Y$  отвору. В разі нормального падіння світла на площину отвору напрями, відповідні мінімумам інтенсивності дифрагованого світла, задовольняють умовам:

$$X \sin \varphi = \pm m \lambda \quad \text{і} \quad Y \sin \psi = \pm n \lambda$$

де  $\varphi = \frac{\pi}{2} - a$ ,  $\psi = \frac{\pi}{2} - b$ , а  $m, n$  – будь-які цілі невід’ємні числа. Розподіл інтенсивностей:

$$I(\varphi, \psi) = \frac{\sin^2\left(\frac{\pi X}{\lambda} \sin \varphi\right) \sin^2\left(\frac{\pi Y}{\lambda} \sin \psi\right)}{\left(\frac{\pi X}{\lambda} \sin \varphi\right)^2 \left(\frac{\pi Y}{\lambda} \sin \psi\right)^2}.$$

Інтенсивність в напрямках, для яких  $\sin \varphi = \varphi$  і  $\sin \psi = \psi$ :

$$I(\varphi, \psi) = I_0 \frac{\sin^2 \frac{\pi X}{\lambda} \varphi \sin^2 \frac{\pi Y}{\lambda} \psi}{\left(\frac{\pi X}{\lambda} \varphi\right)^2 \left(\frac{\pi Y}{\lambda} \psi\right)^2},$$

де  $I_0$  – інтенсивність світла що йде в напрямку, визначеному кутами  $\varphi = 0$ ,  $\psi = 0$ .

## 2.5 Математична модель реєстрації проходження світла через дві щілини

Для розрахунку роботи датчика кутових переміщень ми використовуємо хвильовий параметр  $p = \sqrt{\lambda L} / a$ , який описаний вище. Для визначення характеристики та розрахунку процесу вимірювання ми досліджуємо вихідний сигнал фотодіода ФД-256 і співставляємо його з діаграмою зміни ширини щілини через яку проходить світло. Світловий потік в датчику випромінюється світлодіодом АЛ107Б (довжина хвилі  $\lambda = 950$  нм.).

Датчик кутових переміщень вміщує в себе рухомий диск з нанесеними на нього щілинами і нерухомий растр під яким розміщений фотодіод ФД-256.

Процес проходження світла через щілини можна умовно розділити на 7 періодів, це спростить побудову графіків. Для підвищення точності діаграм

можна розбити процес на більшу кількість періодів або провести дослідження зміни значення параметра  $p$  на комп'ютері з допомогою програми MATLAB.

Як відомо з технічної документації – на диск датчика нанесено  $n=18000$  поділок. Діаметр кола на якому розміщені поділки рівний  $d = 100$  мм. Ширина однієї поділки та відстань від кінця однієї поділки до початку наступної рівні. Знайдемо ширину однієї щілини:

$$a = \frac{2\pi R}{2 * n} = \frac{\pi d}{2 * n};$$

Кутове значення одного періоду:

$$q = 360^\circ/n.$$

Відстань проходження дискової щілини та міжщілинної частини диску над щілиною вимірювального растру –  $T$ .

Для відображення зміни значення параметра  $p$  на графіку ми відображаємо положення щілини для кожного періоду (таблиця 2.2). Змінною величиною в формулі є розмір щілини  $a_n$ . В кожному періоді щілина змінюється на однакову величину  $\Delta a$ . Кутова швидкість з якою рухається диск в даний момент не береться до уваги так як вона не має впливу на зміну параметра  $p$ .

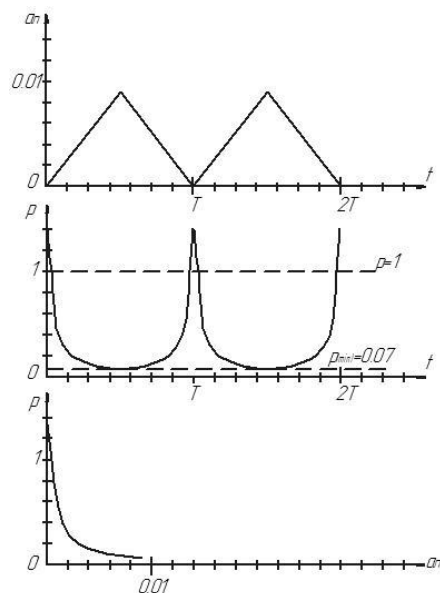
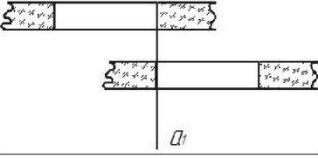
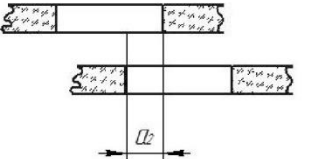
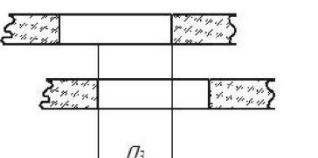
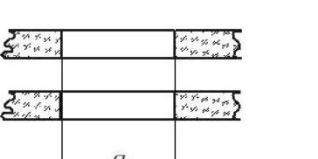
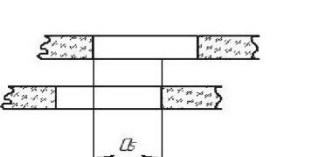
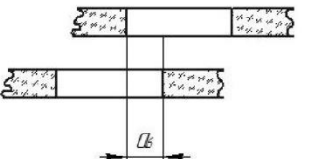
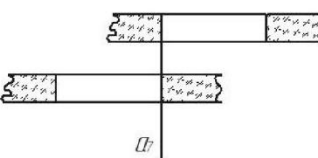


Рис. 2.8. Графік залежності параметра  $p$  від ширини щілини і часу

Таблиця 2.2

Значення параметра  $p$ 

Положення щілини	Значення $a_n$	Значення $\Delta a$	Значення $p$
	0.0	0.0	$\infty$
	0.003	0.003	0.2
	0.006	0.003	0.1
	0.009	0.003	0.07
	0.006	0.003	0.1
	0.003	0.003	0.2
	0.0	0.003	$\infty$

Висновки. Проведене дослідження показує що дифракція, як явище, негативно впливає на вимірювання кутів з допомогою оптичних датчиків, так як

дифракція створює декілька максимумів і мінімумів на дифракційній картині. Це призводить до неправильної реєстрації світлових імпульсів на фотодіоді і як наслідок датчик показує результати, які перевищують реальні. Виходом з ситуації є програмування мікроконтролера на реєстрацію максимумів, величина яких входить в певний діапазон значень. Але це призводить до втрати швидкодії установки. Тим не менше даному способу вимірювання кутів надають перевагу перед використанням датчиків, що працюють на електромагнітних котушках, оскільки в даному випадку будь-які зовнішні наводки впливають на стан електричного або магнітного поля, що призводить до неправильних результатів вимірювання. Тобто, вибір даного способу вимірювання забезпечує точність при невеликих втратах в швидкодії установки.

## 2.6 Види і засоби забезпечення герметизації датчиків

На практиці застосовують декілька способів герметизування внутрішніх механізмів датчиків від шкідливого впливу забрудненого зовнішнього середовища. Герметизація потрібна для запобігання забрудненню внутрішньої частини датчика, що призводить до погіршення роботи, а в подальшому виходу датчика з ладу.

Для датчика кутових переміщень ПКФ-452 герметизація здійснюється за рахунок установки резинових прокладок на кожух і кришки корпусу, а також за рахунок ущільнення вхідного й вихідного отворів валу датчика.

Найбільш популярними є три способи герметизації:

1. Герметизація з надлишковим тиском всередині корпусу.
2. Герметизація з відкачуванням повітря.
3. Герметизація із збереженням атмосферного тиску всередині корпусу.

Для перших двох способів ущільнення валових отворів здійснюється з допомогою резинових манжетів, або резинових армованих манжетів.

Щодо третього способу, то він полягає у використанні войлочних або фетрових кілець.

Тип ущільнення рухливих з'єднань визначається швидкістю й напрямком відносного переміщення деталей, що ущільнюються.

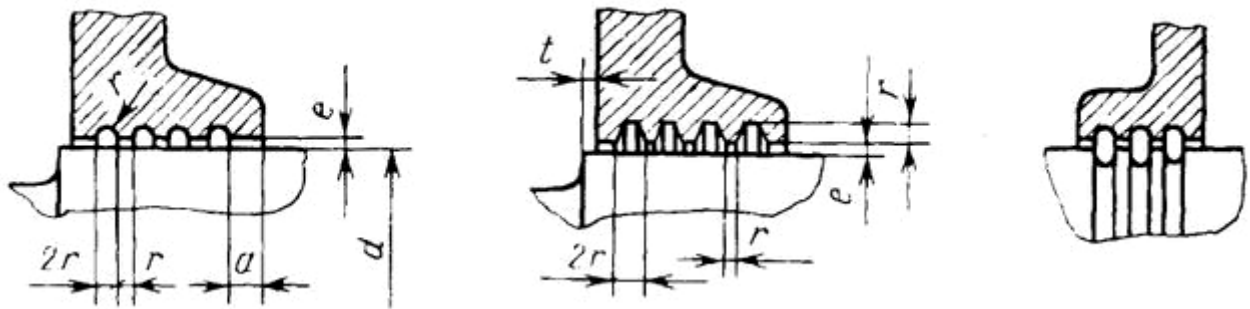


Рис. 2.9. Конструкції канавкових ущільнень

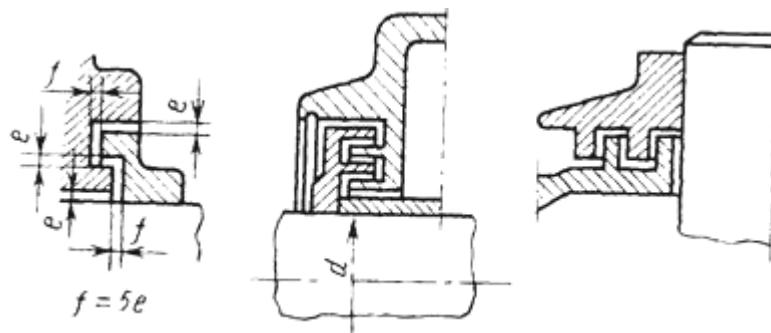


Рис. 2.10. Загальний вигляд й основні розміри лабіринтових ущільнень.

Захисні шайби. Ущільнення захисною шайбою є незначним. Шайбу застосовують у вузлах, що працюють на пластичних змащеннях при окружній швидкості не більше 5 м/с

На рис. 2.11 наведена обертова шайба; вона під впливом виникаючих відцентрових сил відкидає сторонні речовини, що попадають на неї. Дія цієї шайби більш ефективна в порівнянні з нерухомою і є сильніше, чим вище окружна швидкість шайби. Застосовують для будь-яких змащень при окружній швидкості не менше 5 м/с.

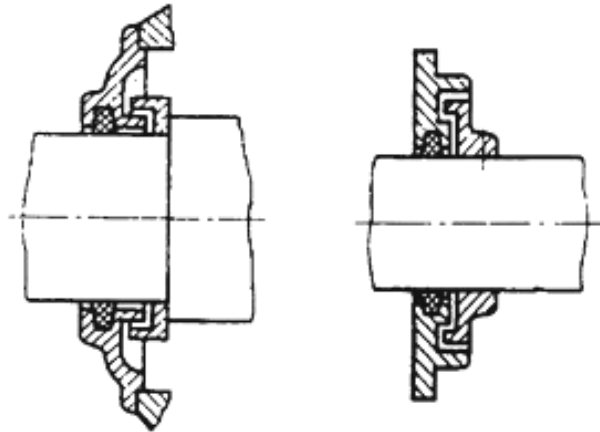


Рис. 2.11. Конструкція рухливої захисної шайби

### Комбіновані ущільнення

Комбіновані ущільнення являють собою комбінацію ущільнення різних типів. Їх часто застосовують у відповідальних конструкціях і при особливо тяжких умовах експлуатації. Нижче наведені приклади таких ущільнень:

- Фетрове кільце й відбиваючий фланець, що відкидає масло в порожнину кришки.
- лабіринтно-канавково-войлочне ущільнення.
- жирове і канавково-войлочне ущільнення.
- ущільнення кришкою, поверхня якої одночасно працює як відцентрове кільце.

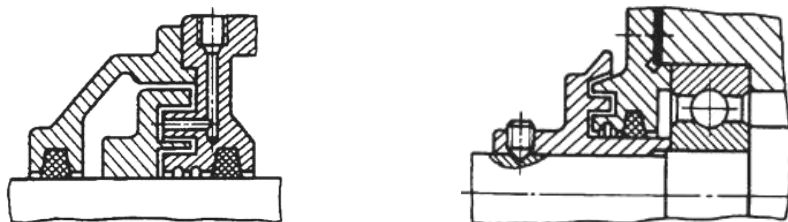


Рис. 2.12. Конструкції комбінованих ущільнень

## 2.7 Забезпечення захисту від пилу та вологи перетворювача ПКФ-452

З наведених способів герметизації найбільш зручним є третій спосіб, тобто герметизація із збереженням атмосферного тиску всередині датчика. Цей спосіб є найекономічнішим і з найбільшою можливістю реалізації.

До прикладу, якщо ми звернемося до способу герметизації із надлишковим тиском, то одразу стає необхідною наявність компресора, якісних повітряних фільтрів, щоб не допустити попадання пилу під час накачування повітря в порожнину датчика. Також потрібне встановлення резинових або армованих манжетів на вал для утримання високого тиску протягом багатьох циклів роботи.

Щодо герметизації з відкачуванням повітря, тут потрібні ті ж манжети, але замість компресора потрібен насос. Цей спосіб є гіршим за попередній, бо при негерметичному ущільненні вала, в першому способі повітря буде видувати з датчика пил, а в другому навпаки – пил буде засмоктуватись усередину.

Через вище наведені причини ми зупинились на найекономічнішому і найпростішому способі – збереження атмосферного тиску всередині.

Даний спосіб полягає у використанні звичайних ущільнюючих войлочних сальників, які забезпечують ізоляцію механізму датчика від пилу та вологи. Сальник не може затримати весь пил, тому раз на певну кількість циклів роботи потрібно проводити чистку механізму датчика але тільки у приміщенні, яке спеціально приготоване для чистки. Дане приміщення повинне відповідати таким умовам:

Враховуючи те, що підібрати сальники із стандартного ряду нам не вдалось, ми виготовляємо їх самостійно. З метою зменшити зношення поверхні валу, виготовляємо сальник із тонкошерстого войлоку.

## 2.8 Висновки до розділу 2

Розглянуто задачу вимірювання кутових переміщень та проведено огляд датчиків, що можуть при цьому застосовуватись. Розглянуто фотоелектричні та



ротаційні датчики кута повороту. Вибрано датчик типу ПКФ-452. Проаналізовано його характеристики і встановлено, що він підходить для використання в рентгендіагностичному комплексі Polistat.

Проаналізовано впливи дифракції оптичного випромінювання в структурі таких датчиків на результат вимірювання кутових положень та запропоновано математичну модель реєстрації проходження світла в таких перетворювачах. Також розглянуто види і засоби забезпечення герметизації датчиків.

## РОЗДІЛ 3

### НАУКОВО-ДОСЛІДНА ЧАСТИНА

#### 3.1 Схема та принцип роботи пристрою для перевірки датчиків кутових переміщень

Стенд для перевірки датчика кутових переміщень складається з приводу обертання, двох датчиків: еталонного та повірюваного, та мікрометричної головки для зміни радіального зміщення повірюваного датчика.

Привід обертання складається з крокового двигуна, муфти втулочної та циліндричного редуктора. за допомогою втулочної муфти вихідний вал редуктора зв'язаний із еталонним датчиком, а еталонний, в свою чергу, з допомогою пружної муфти, зв'язаний зі повірюваним датчиком. Повірюваний датчик кріпиться до повзуна, який має можливість переміщення у вертикальній площині. Зверху, до повзуна кріпиться мікрометрична головка, яка забезпечує рух повзуна в напрямку «вверх – вниз».

При включенні двигуна датчики приводяться в рух і подають на інформаційні виходи цифрові або аналогові сигнали, що з допомогою електронної схеми підсилюються і порівнюються для одержання різниці показів.

#### 3.2 Розрахунок електромеханічного приводу

Електромеханічний привід буде складатись з таких елементів: двигун, редуктор, втулочна муфта, датчик еталонний ПКФ–452, муфта пружна, датчик повірюваний (змінний).

Для вибору електродвигуна потрібно щоб виконувалась умова

$$N_{ном.р} \geq M_{ст.пр} \times \omega_1, \text{ де:}$$

$N_{ном.р}$  - потужність електродвигуна.

$M_{ст.пр}$  - статичний момент навантаження приведений до валу двигуна.

$\omega_1$  - кутова швидкість валу 1.

$M_{ст.пр} = 2M_{тр.підш.}$ , де:

$M_{тр.підш.}$  - момент тертя в підшипниках датчиків.

$M_{тр.підш.} = M_0 + f' F_{рад} \times \frac{d_е}{2}$ , де:

$M_0$  - власний момент тертя в підшипниках(експериментально).

$F_{рад}$  - радіальне навантаження.

$d_е$  - діаметр вала під підшипник .

$f'$  - зведений коефіцієнт тертя підшипника;

$f' = 2.26 \frac{K}{d_е} (1 + \frac{D}{d_k})$ , де:

$K$  – коефіцієнт тертя кочення.

$D$  – внутрішній діаметр доріжки кочення.

$d_k$  - діаметр кульки.

Датчик ПКФ–452 має два радіальні кулькові підшипники і один подвійний упорний.

$$f'_{рад} = 2,26(0,02/20)(1+(28,5/4))=0,018.$$

$$f'_{уп} = 2,26(0,02/20)(1+(32/5))=0,016.$$

Маємо:  $M_0=0,002$ Нм – з експериментальних даних.

Тоді

$$M_{тр.підш.} = 3(0,002+0,018(20*10 /2))=0,012$$
Нм.

$$M_{тр.підш.пр.} = \frac{F_{ос} \mu d_m}{3U_{12} \eta_{12}},$$

де:  $F_{ос}$  - осьове навантаження на підшипник, прийmemo по мінімуму  $F_{ос} = 1$ Н.

$\mu$  - умовний коефіцієнт тертя в підшипниках,  $\mu = 0,003 \dots 0,004$ .

$d_m$  - середній діаметр підшипника по тілам кочення.

Маємо:

$$M_{mp.nidu.np} = \frac{F_{oc} \mu d_m}{3U_{12} \eta_{12}} = 0,0056 \text{ Нм.}$$

Тоді:

$$M_{ст. np} = 2(0,012 + 0,0056) = 0,035 \text{ Нм.}$$

Пусковий момент двигуна

$$M_{n.ов.} \geq (M_{ст. np} + I_{np} \times \varepsilon), \text{ де:}$$

$I_{np} \times \varepsilon$  - динамічний момент навантаження.

$\varepsilon$  - кутова швидкість валу.

$$\varepsilon = \frac{\omega_{ном}}{t_p}, \text{ де:}$$

$t_p$  - час розгону.

Приведений момент інерції.

$$I_{np} = I_{дв} + I_m + I_p + \frac{I_{m2}}{U_{12}} + \frac{I_{m3}}{U_{12}} + I_{\epsilon1} + I_{\epsilon2},$$

де:  $I_{дв}$  - момент інерції двигуна.

$I_m, I_{m2}, I_{m3}$  - моменти інерції муфт 1,2 і 3.

$I_p$  - момент інерції редуктора.

Всі ці моменти вибираємо по довідковій літературі.

$I_{\epsilon1} = I_{\epsilon2}$  - моменти інерції валів датчиків.

$$I_{\epsilon1} = \frac{1}{32} \frac{d_\epsilon^3 l_\epsilon \rho_\epsilon}{U_{12}},$$

де:  $d_\epsilon = 20 \text{ мм.}$  – діаметр вала.

$l_\epsilon = 50 \text{ мм}$  – довжина вала.

$$\rho = 7,8 \text{ г/см}^3.$$

Маємо:

$$I_{np} = 0,028 \text{ кг м}^2.$$

Прийmemo:

$\omega = 2\text{ с}^{-1}$ , час розгону  $t_p = 0.5 \text{ с.}$ , тоді

$$\varepsilon = 2/0,5 = 4 \text{ с}^{-2}.$$

Номинальний момент крокового двигуна повинен бути рівним

$$M_{n.ов.} \geq (M_{ст.нр} + I_{np} \times \varepsilon) \geq 0.147 \text{ Нм.}$$

По мінімальному значенню пускового моменту крокового двигуна нам необхідно його підібрати.

### 3.3 Підбір крокового двигуна

Підбираємо кроковий двигун з моментом, більшим розрахованого. Для нас підходить двигун типу ШАД-7А, для якого:

$U = 27 \text{ В}$  – номінальна напруга живлення;

$M_{ном} = 0,25 \text{ Нм}$  – номінальний крутний момент;

$I_{ном} = 7 \text{ А}$  – номінальний струм;

$f_{п.ном} = 70 \text{ крок./сек}$  номінальна частота обертання;

$\alpha = 22,5^\circ$  - кутовий крок.

Визначимо число кроків за один оберт валу двигуна:

$$m = 360/22,5 = 16 \text{ кроків.}$$

Число обертів валу двигуна:

$$n_1 = 262,5 \text{ об/хв.}$$

$$\omega_1 = \pi n_1/30 = 27,5 \text{ с}^{-1}.$$

Прийmemo передаточне число редуктора  $U = 6$ , тоді для валів датчиків маємо:

$$n_2 = n_1 / U = 262,5 / 6 = 43,75 \text{ об/хв.}$$

$$\omega_2 = 4,6 \text{ с}^{-1}$$

$$M_2 = M_1 U_p = 0,25 * 6 = 1,5 \text{ Нм.}$$

### 3.4 Розрахунок штифта на муфті після редуктора

Розраховуємо штифт на муфті де діє більший крутний момент  $M_{кр} = 1,5 \text{ Нм}$ .

Діаметр валу  $d_g = 8 \text{ мм}$ .

В якості матеріалу штифта приймаємо сталь 45.

Колове зусилля

$$P = \frac{2M_{кр.2}}{d_g} = \frac{2 * 1,5}{8 * 10^{-3}} = 375 \text{ Н.}$$

Сила  $P$  зрізає штифт по двом січенням.

Допустиме напруження на зріз штифта приймаємо  $[\tau_{зр}] = 60 \text{ МПа}$ . За формулою визначимо діаметр штифта

$$d_{ш} = 1,13 \sqrt{\frac{P}{n * [\tau_{зр}]}} = 2,02 \text{ мм.}$$

Передбачаючи для штифта посадку  $m6$ , приймаємо штифт циліндричний  $4m6*16$ .

### 3.5 Мікрометрична головка

Мікрометрична головка зображена на кресленні. Мікрометричний гвинт 1 проходить через гладкий направляючий отвір стебля 2 та вкручується в мікрогайку 4 яка стягується регулюючою гайкою 5 так, щоб усунути зазори в

гвинтовій парі. На мікрогвинті установочним ковпачком 6 закріплений барабан 3. Палець 9, що розміщений в глухому отворі ковпачка, притискається пружиною 10 до зубчастої поверхні трещітки 7 яка кріпиться на ковпачку гвинтом 8. При обертанні трещітка передає мікрогвинту через палець крутний момент, забезпечуючи зусилля 5...9 Н. Якщо зусилля буде більшим, то трещітка повернеться з характерним потріскуванням. Гвинт 12 вгвинчується у втулку 11 та фіксує мікрогвинт в необхідному положенні.

### 3.6 Повірка засобів електричних вимірювань

В процесі державних приймальних випробувань визначаються:

- відповідність технічних характеристик ЗВ вимогам ТЗ;
- можливість метрологічного обслуговування та можливість забезпечення нормованих метрологічних характеристик ЗВ при їх серійному виробництві та при їх експлуатації;

- рекомендована періодичність контролю
- перелік змін, які повинні бути внесені в конструкцію або схему засобу вимірювання або в технічну документацію

Повірка як форма метрологічного нагляду заключається у визначенні метрологічних характеристик засобу вимірювання з метою підтримання його у постійній готовності до вимірювань.

Повірку необхідно розглядати як типову операцію контролю, в результаті якої дається висновок про придатність для роботи даного засобу вимірювання.

Розрізняють повірку первинну, періодичну, позачергову, інспекційну, експертну.

Первинна повірка проводиться при випуску засобу вимірювання з виробництва або з ремонту.

Періодична повірка – це повірка яка виконується при експлуатації чи зберіганні засобу вимірювання через певні проміжки часу (міжповірочні інтервали).

Позачергова повірка проводиться до приходу періодичної при контролі результатів періодичної, при руйнуванні повірочного клейма, при втраті документів про повірку, після транспортування засобу вимірювання і т.д.

Розрізняють державну і відомчу повірку. Періодичність відомчої повірки встановлюється підприємством в залежності від умов експлуатації.

Питання призначення оптимальних міжповірочних інтервалів складне. В першому наближенні це значення можна визначити, якщо відома математична модель інструментальної похибки засобу вимірювання. В цьому випадку знаходження міжповірочного інтервалу може бути зведене до задачі знаходження часу перетину випадковим процесом заданого рівня.

### 3.7 Циклограма роботи

Для ізольованих контрольних автоматичних систем (КАС) та систем, в лінії, циклова продуктивність  $Q_y$  визначається кількістю деталей, які вона могла б проконтролювати та розсортувати за одиницю часу при безперервній роботі (без врахування втрат часу на простій).

Циклова продуктивність КАС:

$$Q_y = \frac{60n_0}{T},$$

де:  $n_0$  - кількість деталей проконтрольованих на протязі одного циклу.

$T$  – довжина циклу.

Продуктивність  $Q_o$  є кількістю деталей, які система розсортує в реальних умовах з врахуванням всіх видів простоїв і втрат

$$Q_o = Q_y \eta.$$



Циклограма визначає тривалість і послідовність всіх операцій. Циклограма може бути сітковою і лінійною.

Сіткова циклограма зображається у вигляді графіків, вершини яких відповідають певним операціям, а ребра – часу операцій.

В лінійній циклограмі період кожного циклу представляють у вигляді окремої ступінчатої лінії.

За період циклу приймають час від початку здійснення операції над деталлю окремими функціональними пристроями засобу вимірювання і контролю (ЗВК) до моменту початку здійснення операції цим пристроєм над наступною деталлю.

Циклограма ЗВК будується за результатами розрахунків періодів циклу окремих функціональних вузлів: транспортуючого органу, вимірювальної станції, виконавчого пристрою і т.д.

При паралельній роботі окремих пристроїв період циклу визначається найбільш завантаженим пристроєм з найбільшим періодом. За умовний нуль приймають найбільш характерну точку роботи: початок переміщення деталі від позиції завантаження або подачі напруги на вимірювальний перетворювач. Транспортні операції зображуються у вигляді ліній, що мають прямі і похилі ділянки. Прямі ділянки визначають час вистою деталі або окремих рухомих елементів на певних позиціях, похилі ділянки – час їх переміщення.

У відповідності із циклограмою сумарний час знаходження виробу на вимірювальній позиції

$$t_{\Sigma} = \sum t_i .$$

Для збільшення продуктивності вимірювальної позиції необхідно зменшувати величину складових  $t_{\Sigma}$  або суміщати операції в часі. При розрахунку продуктивності необхідно побудувати циклограму і знайти складові часу  $t_{\Sigma}$ .

Повірка датчика виконується в такій послідовності операцій:

1. Установка двох датчиків.

2. Неперервний рух
3. Контроль.
4. Реверс.
5. Контроль.
6. Реверс.
7. Контроль
8. Зупинка без реверсу.
9. Контроль.
10. Зміщення осі повірюваного датчика.
11. Далі повторити пункти 2..9.
12. Знімання двох датчиків.

Отже, тривалість циклу буде рівною

$$T_y = t_y + 2t_{н.р} + 8t_k + 4t_p + 2t_{з.б.р} + t_{зн} + t_n,$$

де:  $t_y = t_{зн}$  - час установки та знімання еталонного та повірюваного датчиків. Так як робота виконується вручну, то й норму часу будемо брати для виконання ручних робіт  $t_y = t_{зн} = 30$  с.

$t_{н.р}$  - час виконання неперервного руху, приймаємо  $t_{н.р} = 10$  с.

$t_p$  - час виконання реверсу прийmemo  $t_p = 5$  с.

$t_{з.б.р}$  - час зупинки без реверсу прийmemo  $t_{з.б.р} = 1$  с.

$t_k$  - час контролю кута переміщення  $t_k = 0,5$  с.

$t_n$  - час підняття повірюваного датчика  $t_n = 10$  с.

Тоді

$$T_y = 116 \text{ с.}$$

Продуктивність циклічна

$$Q_y = \frac{60n_0}{T} = 0,52 \text{ дат/хв} = 32 \text{ дат/год.}$$

Продуктивність дійсна

$$Q_o = Q_y \eta = 0,48 \text{ дат/хв} = 29 \text{ дат/год.}$$

### 3.8 Повірка датчика

При проведенні повірки потрібно дотримуватись наступних вимог:

- температура навколишнього середовища повинна бути в межах від  $+15^\circ\text{C}$  до  $+25^\circ\text{C}$ ;

- відносна вологість повітря -  $65 \pm 15\%$ ;

- атмосферний тиск від 84 до 106 кПа.

Повірюваний датчик потрібно встановити на антивібраційний стіл.

Визначення похибки проводиться в такій послідовності:

1. старанно протерти поверхні столу та деталей датчиків;
2. включити двигун і провести дослід;
3. зняти покази із цифрового індикатора.

В процесі повірки провести п'ять вимірювань, тоді похибка визначиться по середньо-арифметичному значенню з п'яти показів. Значення похибки не повинно перевищувати число вказане в розділі «Похибка датчика».

Для вимірювальних датчиків в основному виникають дві основні похибки: похибка засобу вимірювання та похибка конструктивного ланцюга . Похибка:

$$\delta = \delta_{з.в.} + \sqrt{\sum \delta_{mex}^2} ,$$

де:  $\delta_{з.в.}$  - похибка засобу вимірювання;

$\sum \delta_{mex}$  - сума технологічних похибок, що залежать від конструкції приладу.

Так як в нас повіряється сам датчик, то  $\delta_{з.в.} = 0$ .

Технологічні похибки стенду:

- за рахунок крокового двигуна

$$\delta_{mex1} = \Delta\alpha * 100\% / \alpha;$$

$$\alpha = 22.5^{\circ}; \quad \Delta\alpha = 10' = 0.16^{\circ};$$

$$\delta_{mex1} = 0.71\%$$

- за рахунок редуктора

$$\delta_{mex2} = \Delta\rho * 100\% / \rho = \Delta S * 100\% / S = 0.32\%,$$

де:  $\Delta S$  - допуск на товщину зуба,

Тоді

$$\delta_{cm} = 0 + \sqrt{0.71^2 + 0.32^2} = 0.78\%$$

### 3.9 Опис роботи схеми

Розроблений електронний блок (рис. 3.1) виконує такі функції:

- Запуск і керування установкою;
- Керування кроковим двигуном;
- Керування електромагнітом;
- Вимірювання кута повороту осі стелу за допомогою кутових датчиків;
- Інтерфейс вводу;
- Індикація;
- Стеження в реальному часі за процесом вимірювання.

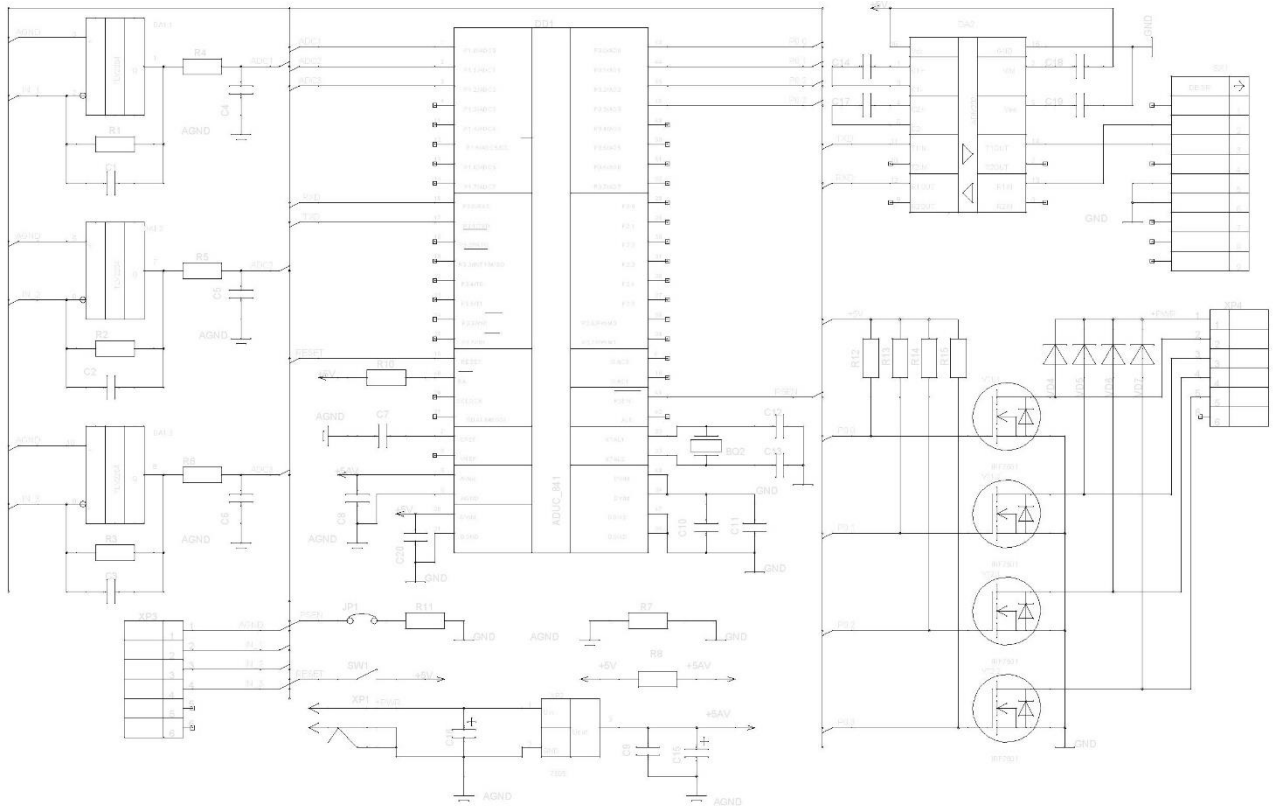


Рис. 3.1. Схема вузлів керування та вимірювання

Розглянемо детально принцип роботи окремих вузлів приладу.

Використано мікроконтролер на базі x51 архітектури із інтегрованим АЦП – ADUC841.

МК здійснює вплив на проходження процесу вимірювання за допомогою крокового двигуна і кутового датчика ПКФ-452, який є вимірювальним елементом.

В основу пристрою контролю та управління стенду для перевірки датчиків кутових переміщень покладено мікроконтролер ADuC841, який здійснює управління кроковим двигуном, порівнює дані двох датчиків (базового та датчика що підлягає повірці) і виводить результати на екран.

Характеристики мікроконтролера ADUC812 задовольняють наші потреби.  
А саме:

- Наявність інтегрованого АЦП високої розрядності і точності;

- Наявність інтегрованого мультиплексора;
- Задовольняються вимоги по продуктивності;
- Низька ціна.

Для підсилення сигналу датчика ми використовуємо операційний підсилювач TLV2254 який підсилює синусоїдний, косинусоїдний сигнали та мітку нуля, тобто з чотирьох каналів використовується три.

Опис параметрів:

- Число каналів 4
- Час наростання  $du/dt$  0,1 В/мкс
- Смуга пропускання 0,187 МГц
- Напруга зсуву  $U_{см}$  0,85 мкВ
- Струм споживання  $I_{потр}$  62,5 мкА
- Наявність R-TO-R так
- Напруга живлення 2,7.16 В
- Температурний діапазон -40.+125
- Корпус Tssop14

Для зв'язку з комп'ютером використовуємо ADM232. це спрощує роботу схеми так як при використанні AD485 ми зобов'язані виводити окремі виводи Tx і Rx. Також необхідно змінювати тип живлення. При використанні ADM232 ця проблема вирішується і це економічно вигідно.

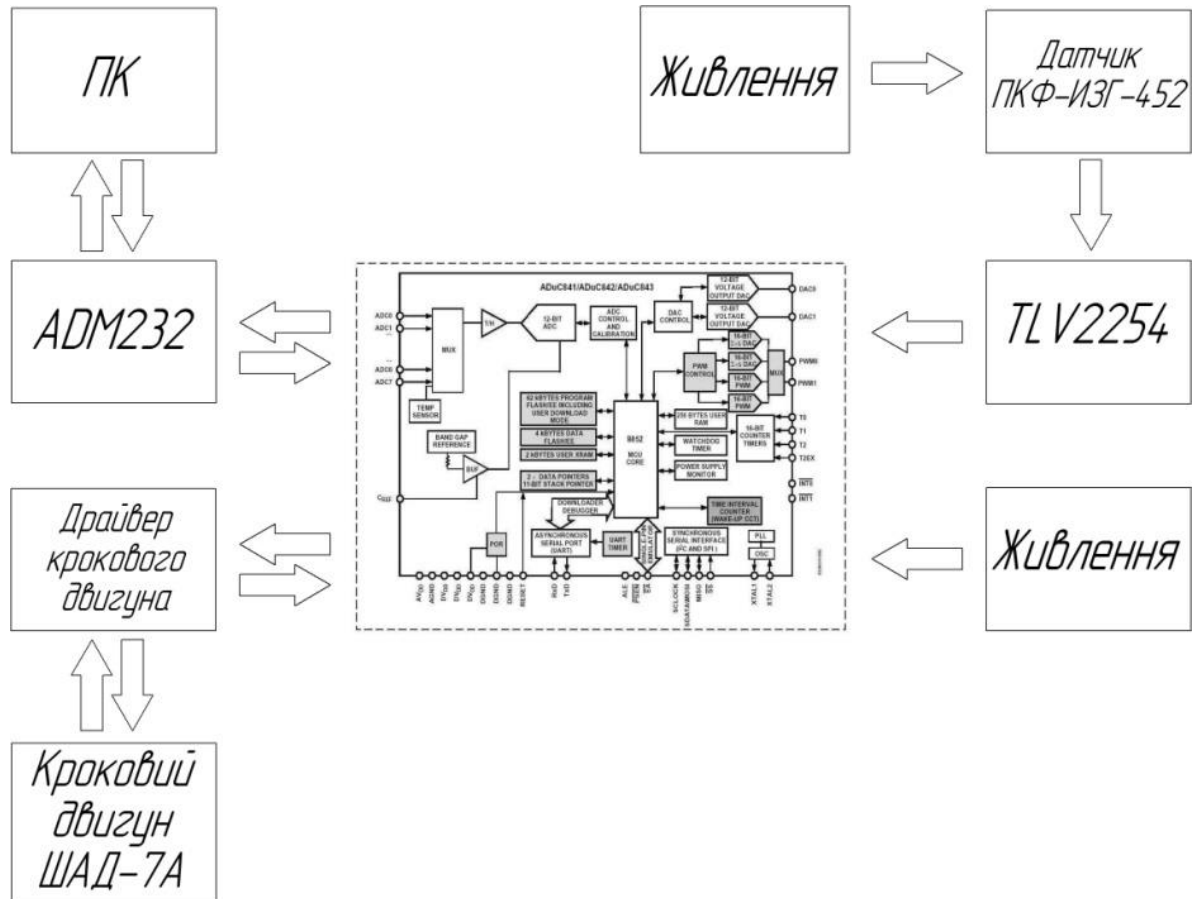


Рис 3.2. Структурна схема стенду

Робота схеми полягає у наступному: здійснюючи керування кроковим двигунам ми визначаємо кут на який провертається вал, на якому закріплені два датчика. Порівнюючи результати - визначаємо вірність або хибність показів датчика, що повіряється.

### 3.10 Вибір елементів та розрахунок параметрів ключових елементів.

Широкого застосування у різноманітних системах керування та регулювання отримали мікроконтролери сімейства MSC51. Тому ми у своїй системі керування використали мікроконтролер даного сімейства, а саме ADUC841 з вбудованим високошвидкісним 8-канальним 12-бітним АЦП.

В спроектованому нами пристрої використовують крокові двигун ДШР40-3,6-00.

Таблиця 3.1

## Технічні характеристики

Марка двигуна	Тип двигуна	Момент на валу, Нм	Номинальна фазна напруга, В	Номинальний фазний струм, А	Опір фази, Ом	Індуктивність фази, мГн
ДШР40-3,6-00	Уніпол.	0,064	12.0	0,22	56,0	36.0

Крокові двигуни належать до класу електромехатронних перетворювачів енергії, які перетворюють сигнал керування у кутове або лінійне переміщення ротора з фіксацією його у заданому положенні без пристроїв зворотного зв'язку.

Вибираємо для комутації транзисторну збірку типу IRF7501 з двома польовими транзисторами в одному корпусі з такими параметрами:

$$U_{свmax}=60 \text{ В}, I_{кmax}=1.5 \text{ А}, R_{св}=1,2 \text{ Ом}$$

Оскільки максимальний струм, який може поступити на мікроконтролер 1.6mA, то номінали резисторів R1, R2 та R3 становитимуть:

$$R = U/I = 3.3 \text{ КОм}$$

Також в нашому пристрої використовується датчик кута ПКФ-452. Датчик кута ми підключаємо до компаратора, який формує вихідний сигнал та передає його на контролер. Щоб очистити сигнали від шумів використовуються резистори R4, R5, R6 номіналом 33 Ом і конденсатори C4, C5, C6 ємністю 0.1 uF. Далі сигнал йде на АЦП, яке вбудоване в мікроконтролер.

### 3.11 Алгоритм програми

Програма працює наступним чином: після включення установки проводиться ініціалізація внутрішніх блоків. Далі ми вмикаємо кроковий двигун



який обертає вал на якому закріплені два датчика. Зміна швидкості і напрямку оборотів двигуна визначається циклограмою роботи стенду. По закінченні руху покази обох датчиків реєструються мікроконтролером і порівнюються. Наступною дією є визначення похибки датчика що повіряється для цього результат вимірювання базового датчика віднімається від результату датчика, що повіряється і результат (по модулю) прирівнюється до допустимого. Якщо значення суттєво відрізняються то програма повідомить про непридатність датчика. Кінцевою операцією є виведення результатів на екран комп'ютера.

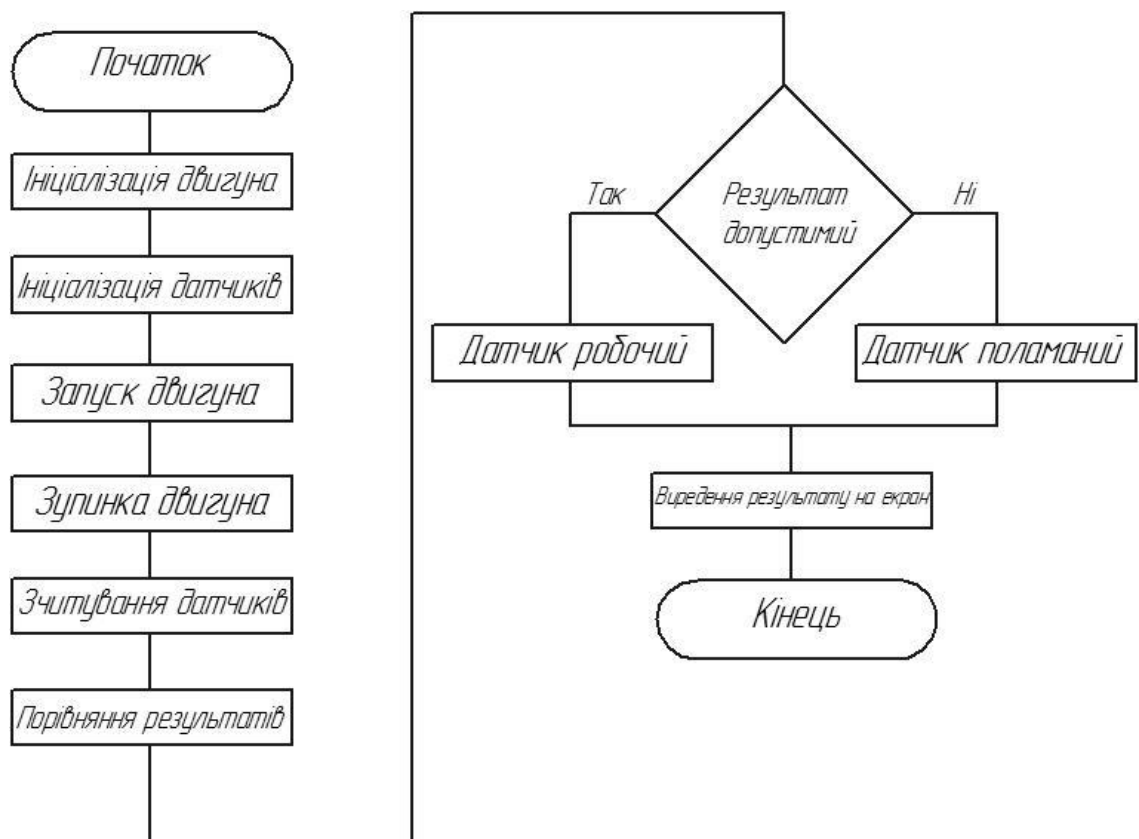


Рис. 3.3. Алгоритм програми

### 3.12 Висновки до розділу 3

Проведено розробку стенда для повірки та налаштування вибраного типу датчиків. При цьому розглянуто схему та принцип роботи пристрою для повірки датчиків кутових переміщень, проведено розрахунок електромеханічного приводу, вибрано тип крокового двигуна, штифта та муфти. Запропоновано

спосіб повірки датчиків, описано схему електричну керування стендом та розроблено алгоритм його роботи.

Пропонований стенд для повірки в майбутньому може бути використаний для керування кутовими положеннями ротаційного елемента рентгендіагностичного комплексу Polistat.

## РОЗДІЛ 4

## ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

## 4.1 Охорона праці

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

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

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

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

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

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

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

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

#### 4.2 Безпека в надзвичайних ситуаціях

*Застосування систем раннього виявлення надзвичайних ситуацій та оповіщення людей у разі їх виникнення на потенційно небезпечних об'єктах*

Підстави для проектування

Стаття 53 Кодексу цивільного захисту

На об'єктах підвищеної небезпеки з метою своєчасного виявлення на них загрози виникнення надзвичайних ситуацій та здійснення оповіщення персоналу та населення, яке потрапляє в зону можливого ураження, створюються та функціонують автоматизовані системи раннього виявлення загрози виникнення надзвичайних ситуацій та оповіщення населення у разі їх виникнення (далі – автоматизовані системи).

На об'єктах з масовим перебуванням людей створюються та функціонують об'єктові системи оповіщення.

Стаття 16 Положення про організацію оповіщення про загрозу виникнення або виникнення надзвичайних ситуацій та зв'язку у сфері цивільного захисту, затв. постановою КМУ від 27 вересня 2017 р. № 733

Об'єктові системи оповіщення створюються і функціонують на :

- об'єктах підвищеної небезпеки,
- об'єктах з масовим перебуванням людей,
- в інтернатних закладах (для дітей, осіб з фізичними, психічними, інтелектуальними та сенсорними порушеннями, осіб похилого віку),
- закладах охорони здоров'я, які мають ліжковий фонд,
- пенітенціарних установах,
- на підприємствах, в установах і організаціях УТОСу та УТОГу,
- на інших підприємствах, в установах і організаціях, що надають послуги особам з інвалідністю та маломобільним групам населення, визначених місцевими органами виконавчої влади та органами місцевого самоврядування, або за місцем роботи зазначених осіб,
  - на промислових підприємствах,
  - вузлових залізничних станціях,
  - у шахтах,
  - місцях збереження небезпечних речовин, на яких зона можливого ураження у разі загрози виникнення або виникнення надзвичайних ситуацій не поширюється за їх територію.

Об'єктові системи оповіщення забезпечують оповіщення керівників та інших працівників об'єкта, осіб, які постійно або тимчасово перебувають на території об'єкта або в його охоронних зонах, про загрозу виникнення або виникнення надзвичайних ситуацій.

Проектування, створення (реконструкція) та забезпечення функціонування об'єктової системи оповіщення здійснюється на підставі рішення керівника об'єкта з її обов'язковою інтеграцією до відповідної місцевої та територіальної автоматизованої системи централізованого оповіщення.

До складу об'єктової системи оповіщення входять спеціалізовані технічні засоби попередження та інформування населення в місцях масового перебування людей та інші технічні засоби оповіщення.

Згідно з п. 5 розділу II «Правил пожежної безпеки в Україні» (НАПБ А.101-0101-21015), до об'єктів з масовим перебуванням людей відносяться об'єкти з

постійним або тимчасовим перебуванням на них 100 і більше осіб або такі, що мають хоча б одне окреме приміщення з одночасним перебуванням 50 осіб.

#### Вимоги до джерел первинної інформації

Як джерела первинної інформації (ДПІ) на виробничому майданчику можуть використовуватися автоматичні датчики (первинні перетворювачі) чи існуючі контрольно-вимірювальні прилади промислової автоматики виробничому майданчику.

Засоби вимірювальної техніки, які застосовують як ДПІ, повинні мати достатню для реєстрування значень параметрів чутливість – не гірше ніж 0,05 від граничних значень.

Межа допустимої відносної основної похибки засобів вимірювальної техніки повинна бути не більше ніж  $\pm 25\%$ .

Під час проектування місць встановлення автоматичних датчиків-газоаналізаторів необхідно керуватися вимогами ВСН 64-80.

#### Ступінь захисту ДПІ обрати відповідно до вимог ПУЕ

Зони контролю, вид ДПІ, контрольовані параметри та режим інформування СРВНСО обслуговуючого персоналу зазначений у розділі інформаційне забезпечення.

#### Вимоги до складових СРВНСО

СРВНСО повинна бути створена на базі сучасних апаратно-програмних засобів та мати такі базові зв'язані блоки (підсистеми) відповідно до вимог ДБН В.2.5-76:2014 та СОУ МНС 75.2-00013528-003:2011, а саме:

- джерела первинної інформації, у т.ч. ручні сповіщувачі;
- моноблоки збирання даних та керування засобами сповіщення СОЛА (виробник НВФ "Інтелект", Україна);
- трансляційну мережу з кінцевими технічними засобами оповіщення;
- пульт керування СРВНСО на базі ПО СОВАЛАЙЗЕР (виробник НВФ "Інтелект", Україна);
- канали зв'язку, інтерфейси.

СРВНСО повинна бути підключена до пульту централізованого спостереження (ПЦС) для забезпечення віддаленого цілодобового нагляду за її технічним станом, а також для прийняття від СРВНСО та передавання (ретрансляції) тривожних сповіщень про загрозу або виникнення НС до систем вищого рівня реагування.

СРВНСО повинна бути підключена до ПЦС <https://yoopl.net> (виробник НВФ "Інтелект", Україна).

#### Вимоги до ручних сповіщувачів

Сповіщення про виявлення обслуговуючим персоналом небезпеки виникнення НС може забезпечуватися за допомогою застосування засобів ручного сповіщення (РС). РС використовуються як додаткові ДПІ.

При проектуванні необхідно врахувати наступне:

- РС установлювати на висоті 1,4  $\pm$  0,2 м біля основних виходів з потенційно небезпечної ділянки, складу, цеху;
- передбачити захист РС від несанкціонованого включення;
- відстань від ручного сповіщувача до кнопок та перемикачів електричних апаратів установлюють не менше ніж 0,5 м; до обладнання, що не містить небезпечних чинників, - 1,5 м, а до обладнання з небезпечними чинниками - 5 м;
- рівень освітленості у місцях встановлення РС та знаків, що вказують на місця їх розташування, має бути не менше ніж 10 лк;
- кольорове оформлення РС виконати відповідно до п. 7.4.2 Правил. Використовувати жовтий сигнальний колір.
- ступінь захисту ручних оповіщувачів обирають відповідно до вимог НАОП 40,1-1.32-01;
- ручні оповіщувачі мають бути захищеними від несанкціонованого включення.

При необхідності, передбачити установку знаків з написом "ТРИВОГА!" та стрілкою, що вказує на розміщення конкретного РС. Знаки виконати відповідно до ДСТУ ISO 6309:2007.



## Вимоги до моноблоків СОЛА

Центральною підсистемою СРВНСО має бути моноблок СОЛА (виробник НВФ "Інтелект", Україна) або група таких пристроїв, що з'єднанні в мережу та виконують функції зазначені в СОУ МНС 75.2-00013528-003:2011 таких пристроїв як: комунікаційні пристрої, пульти керування зональним оповіщенням, пристрої оповіщення.

Моноблок(и) СОЛА повинні:

- діагностувати працездатність своїх складових частин та складових СРВНСО, у тому числі перемикачі електроживлення з основного джерела на резервне і навпаки, визначати працездатність каналів зв'язку з ДПІ, ліній трансляції.
- збирати дані від ДПІ щодо поточного стану джерел небезпеки виробничого майданчику;
- обробляти отриману інформацію, передавати її на пульт керування СРВНСО, інформувати респондентів щодо результатів оброблення інформації;
- приймати та виконувати команди, що надходять від пульта керування СРВНСО та з автоматизованого робочого місця оперативного чергового територіальної автоматизованої системи централізованого оповіщення, відповідно до типового проекту регіональна автоматизована система централізованого оповіщення.
- формувати архівний журнал.
- включати (відключати) звукові, світлові оповіщувач, інформаційні табло, виконавчі пристрої тощо згідно закладеного алгоритму, транслявати через мовні оповіщувачі інформаційні та тривожні ЗПМ, а також оперативні мовні повідомлення, що надходять з мікрофону пульта керування АСРВО, автоматизованого робочого місця оператора територіальної автоматизованої системи централізованого оповіщення;
- зберігати в енергонезалежній пам'яті: налаштування КП, номери телефонів респондентів, ЗПМП, архівний журнал.

Моноблок(и) СОЛА повинні включати в себе:

- Програмований логічний контролер з пристроєм постійного енергонезалежного збереження інформації про діяльність СРВНСО.
- Модемний пристрій для оповіщення респондентів каналами зв'язку та зв'язку з сервером моніторингу.
- Блок інтерфейсів (модулі вводу/виводу, перетворювачі інтерфейсів тощо).
- Блок живлення з акумуляторними батареями.
- Джерело заздалегідь підготовлених мовних повідомлень (джерело ЗПМП).
- Блок зонального оповіщення (трансляції)

#### Модемний пристрій

Модемний пристрій повинен виконувати такі функції:

- оповіщати респондентів за списком оповіщення за допомогою СМС та голосового дзвінка;
- проводити реєстрацію результатів оповіщення (підтвердження респондентами факту прийому мовних повідомлень);

#### Блок зонального оповіщення

Блок зонального оповіщення моноблоку СОЛА повинен забезпечувати трансляцію спеціальних мовних повідомлень (далі трансляція) через трансляційну мережу в одній або декількох зонах оповіщення, а саме:

- Трансляція повідомлень повинна проходити в автоматичному режимі після відповідної команди системи, не залежно від присутності диспетчера
- Повинна бути передбачена можливість примусового включення /виключення трансляції диспетчером (відповідальною особою).
- Усі повідомлення, що автоматично відтворюються у разі тривоги, повинні бути ясними, короткими, однозначними, заздалегідь підготовленими (записаними в джерело ЗПМП). Усі інші повідомлення, наприклад, обідня перерва, початок або кінець робочого дня, повинні за своїм оформленням відрізнятися від повідомлення про тривогу, причому сигнал тривоги повинен мати вищий пріоритет;

- Перед повідомленням рекомендовано передбачити передачу сигналу залучення уваги;
- Тривалість повідомлення повинна бути більше 30 с (включно з сигналом привернення уваги). Інтервал часу між повторами повідомлень про тривогу не повинен перевищувати 30 с, а в разі, якщо використовується сигнал, що заповнює паузу, схожий на умовний сигнал, то період паузи повинен перевищувати 10 с;
- При введенні стану стан тривоги повинно відбутися автоматичне відключення всіх аудіовходів за винятком мікрофонів для передавання повідомлень і пристроїв (або рівноцінний мовний генератор) передавання повідомлення про тривогу;
- У розпорядження диспетчера (відповідальної особи) повинен бути один або більше мікрофонів. Ці мікрофони повинні бути підключені таким чином, щоб була можливість трансляції тільки оголошень або вказівок (тільки для аварійних ситуацій); доступ до "аварійного" мікрофона повинен бути можливий тільки вповноваженому персоналу.

#### Вимоги до трансляційної мережі

Для своєчасного оповіщення працюючого персоналу та відвідувачів виробничого майданчику про виникнення надзвичайної ситуації необхідно створити трансляційну мережу.

Трансляційна мережа повинна задовольняти наступним вимогам:

- Рівень звукового тиску сигналу тривоги «Увага всім!», що відтворюють акустичні системи (АС), повинен бути вищий на 15 дБА рівня шуму у прогнозованій зоні ураження, але не перевищувати 120 дБА в містах перебування людей.
- Рівень звукового тиску сигналів мовного оповіщення повинен бути не менше ніж на 15 дБА вище рівня постійного шуму та не менше ніж на 5дБА вище рівня максимального шуму у будь-якій точці зони оповіщення.
- Загальний рівень звукового тиску, отриманий в результаті складання шумів навколишнього середовища з акустичними сигналами від усіх працюючих

технічних засобів оповіщення, не повинен перевищувати 120 дБА в будь-якій точці зони оповіщення.

- Вимірювання рівнів звукового тиску виконується на висоті 1,5 м. від рівня підлоги з використанням А-зваженого фільтра (дБА) з часовою характеристикою F (швидко);
- У приміщеннях, де рівень постійного шуму може перевищувати 100 дБА, необхідно додатково встановлювати світлові оповіщувачі.
- У приміщеннях, де персоналом підприємства використовується шумозахисне спорядження для ослаблення рівня шуму навколишнього середовища, це ослаблення враховується згідно з технічними даними шумозахисного спорядження. Для компенсації рівня ослаблення необхідно відповідне збільшення рівня звукового тиску сигналу оповіщення. У цих зонах необхідно додатково встановлювати світлові оповіщувачі.
- Якщо в одному приміщенні встановлено два, або більше звукових оповіщувачів, їх сигнали повинні бути синхронними.
- У приміщеннях, де рівень постійного шуму перевищує 105 дБА, необхідно використовувати лише візуальні оповіщувачі.
- При розрахунку рівнів звукового тиску оповіщувачів та гучномовців необхідно враховувати, що різке збільшення рівня звукового тиску більше ніж на 30 дБА порівняно з рівнем постійного шуму навколишнього середовища може привести до раптового та небезпечного переляку людей.
- Трансляційна мережа повинна бути розділена на зональні системи оповіщення. Включення всіх зональних систем може реалізовувати загальнооб'єктову систему оповіщення.
- Акустичні системи (АС) повинні рівномірно розміщуватися по зонам трансляції з метою виключення зон з підвищеним або недостатнім рівнями звуку.
- Трансляційну мережу СРВНСО можуть бути інтегровані внутрішні радіотрансляційні мережі та інші мережі мовлення, наявні на підприємстві (за умови забезпечення надійності оповіщення).

- У будівлі необхідно встановити, як мінімум, дві АС, навіть якщо рівень звукового сигналу, що рекомендується, можна забезпечити одною. Якщо між встановленими АС та приміщенням знаходиться декілька дверей, АС встановлюються в кожному приміщенні, щоб забезпечити гарантоване оповіщення персоналу.

- Висота розміщення настінних АС повинна бути не менш 2,3 метри від рівня підлоги і не менш 0,2 м від стелі.

АС повинні задовольняти наступним вимогам:

- АС не повинні мати регуляторів гучності й повинні підключатися до мережі без рознімних пристроїв.

Вимоги до пультів керування СРВНСО

Пульт керування повинен бути створений на базі комп'ютера з монітором та блоком безперебійного живлення. На комп'ютері повинне бути встановлене спеціалізоване програмне забезпечення ПО СОВАЛАЙЗЕР виробництва НВФ "Інтелект".

Загальні вимоги до пульту керування:

Пульт повинен реалізувати людиномашинний інтерфейс взаємодії з диспетчером. Для реалізації людиномашинного інтерфейсу у пульта повинні бути органи керування (пристрої введення даних), що можуть бути представлені у вигляді функціональних або алфавітно-цифрових клавіатур, різних видів маніпуляторів (наприклад, "миша", світлове перо, сенсорний пристрій вказування).

Обов'язковими є органи управління для ручного запуску/зупинення систем оповіщення про НС або її загрозу. Органи управління пульту повинні відповідати ДСТУ ІЕС 60447.

Пульт керування СРВНСО повинен виконувати такі функції:

- інформувати диспетчера СРВНСО стосовно досягнення граничних значень параметрами, що контролюють;
- відображати на екрані план (схему) з місцем розташування відповідного ДПІ та одночасно відтворювати тривожний звуковий сигнал;

- здійснювати інформаційну підтримку дій диспетчера у разі наявності на ПНО загрози виникнення або виникнення НС, відображаючи при цьому відповідні картки аварії, які визначають на підставі отриманих від ДПП даних та необхідної додаткової інформації;
- за командою диспетчера СРВНСО формувати для передавання до АСЦС (ПТО) сповіщення щодо виникнення НС, загрози НС (або відсутності небезпеки) разом з ідентифікатором картки ПНО та ідентифікатором картки можливої аварії(НС);
- автоматично формувати (у разі відсутності реагування диспетчера на сигнали про досягнення параметрами критичних значень або спрацювання ручних сповіщувачів) та передавати до АСЦС(ПТО) відповідне сповіщення разом з ідентифікаторами картки ПНО та картки аварії за найгіршим сценарієм розвитку НС;
- за командою диспетчера СРВНСО формувати та передавати на всі КП або вибраній КП команди включення гучномовного оповіщення та оповіщення респондентів каналами зв'язку;
- контролювати працездатність складових СРВНСО, каналів зв'язку, КП та їх складових;
- реєструвати в архівному журналі інформацію, що надходить від складових СРВНСО та щодо дій диспетчера АСРВО із зазначенням дати та часу реєстрації.
- інформувати диспетчера у разі відсутності зв'язку з будь-яким компонентом СРВНСО протягом певного часу, але не більше ніж 60 с.

#### Вимоги до каналів зв'язку, інтерфейсів

Канали зв'язку між СРВНСО, їх складовими та суміжними системами організовують з урахуванням забезпечення їх функціонування протягом часу, необхідного для виявлення НС, інформування та оповіщення, виконання невідкладних заходів щодо ліквідування НС та їх наслідків, перш за все - евакуювання людей із зони НС.

Для інформаційного обміну із суміжними системами використовують не менше ніж два канали зв'язку.

Для забезпечення надійного функціонування СРВНСО необхідно безперервно контролювати працездатність каналів зв'язку між складовими СРВНСО та із суміжними системами, а також передбачити їх дублювання.

Як базові можуть бути використані інтерфейси для провідного зв'язку Ethernet та RS-485, для мобільного зв'язку GSM/GPRS/EDGE.

Як базове обладнання можуть бути використані модеми, мережеві карти та інше обладнання, що підтримують зазначені вище інтерфейси.

Оповіщення керівного складу підприємства про загрозу або виникнення надзвичайних ситуацій проводиться через канали телефонної лінії та Інтернет.

#### 4.3 Висновки до розділу

В розділі «Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях» описано вплив ультразвуку на організм людини, також застосування систем раннього виявлення надзвичайних ситуацій та оповіщення людей у разі їх виникнення на потенційно небезпечних об'єктах.

## ВИСНОВКИ

Розглянуто питання функціонування рентгендіагностичної техніки, її види та області використання. Проаналізовано задачу контролю положення ротаційних елементів в рентгендіагностичному комплексі Polistat.

Показано актуальність задачі забезпечення можливості автоматизованого переміщення випромінювача як ротаційно так і лінійно для можливості дистанційного виставлення випромінювача в потрібному положенні в залежності від об'єкта дослідження та положення пацієнта, оскільки це впливатиме на якість отриманих діагностичних зображень.

Розглянуто задачу вимірювання кутових переміщень та проведено огляд датчиків, що можуть при цьому застосовуватись. Розглянуто фотоелектричні та ротаційні датчики кута повороту. Вибрано датчик типу ПКФ-452. Проаналізовано його характеристики і встановлено, що він підходить для використання в рентгендіагностичному комплексі Polistat.

Проаналізовано впливи дифракції оптичного випромінювання в структурі таких датчиків на результат вимірювання кутових положень та запропоновано математичну модель реєстрації проходження світла в таких перетворювачах. Також розглянуто види і засоби забезпечення герметизації датчиків.

Проведено розробку стенда для повірки та налаштування вибраного типу датчиків. При цьому розглянуто схему та принцип роботи пристрою для повірки датчиків кутових переміщень, проведено розрахунок електромеханічного приводу, вибрано тип крокового двигуна, штифта та муфти. Запропоновано спосіб повірки датчиків, описано схему електричну керування стендом та розроблено алгоритм його роботи.

Пропонований стенд для повірки в майбутньому може бути використаний для керування кутовими положеннями ротаційного елемента рентгендіагностичного комплексу Polistat.



## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Клименко Б.В. Електричні апарати. Електромеханічна апаратура комутації, керування та захисту. Загальний курс: Навчальний посібник. – Харків: Точка, 2012. – 340 с.
2. Клименко Б.В. Комутаційна апаратура, апаратура керування, запобіжники. Терміни, тлумачення, коментарі. Навчальний посібник. – Харків: Талант, 2008. – 208 с.
3. Матвійків М.Д., Когут В.М., Матвійків О.М. Елементна база електронних апаратів: Підручник /. – 2-ге вид. – Львів: Видавництво Національного університету “Львівська політехніка”, 2007. – 428 с.
4. Бурштинський М.В., Хай М.В. Апарати захисту та керування в електричних установках низької напруги. – Підручник. – Львів: ТзОВ „Простір М”, 2013. – 732 с.
5. Дж. Фрайден. Сучасні датчики. Довідник - К: Техносфера, 2005. - 592 с.
6. Ізольовані датчики струму та напруги: Характеристики – Застосування – Розрахунки. Матеріали компанії ЛЕМ.
7. Маргелов А. Датчики струму компанії Honeywell. – Новини електроніки №8, 2006 р.
8. ІЕС 60947-5-2-97.
9. EN1434-2.
10. Галузеве застосування датчиків. – Каталог продукції ТЕКО, 2011 р.
11. [www.svaltera.ua](http://www.svaltera.ua).
12. Перетворювач надлишкового тиску вимірювальний ПД100-ДІ. Інструкція з експлуатації.
13. ПД100-ДГ. Перетворювач гідростатичного тиску вимірювальний. Інструкція з експлуатації.
14. ПД200. Перетворювач тиску вимірювальний. Інструкція з експлуатації.
15. Пестерев Ю. Перетворювач тиску ОВЕН ПД100-ДІ. – Новини компанії ОВЕН, №2’06.

16. НАРТ. Протокол первинного зв'язку. Технічний огляд.
17. Техноекологія та цивільна безпека. Частина «Цивільна безпека». Навчальний посібник / В.С. Стручок, – Тернопіль: ТНТУ ім. І.Пулюя, 2022. – 150 с.
18. Стручок В.С. Безпека в надзвичайних ситуаціях. Методичний посібник для здобувачів освітнього ступеня «магістр» всіх спеціальностей денної бо та заочної (дистанційної) форм навчання / В.С.Стручок. — Тернопіль: ФОП Паляниця В. А., 2022. — 156 с.

# ДОДАТКИ

УДК 615.831: 615.84

О.А. Дедів, Я.В. Липницький, Л.Є. Дедів, к.т.н., доц., В.Г. Дозорський, к.т.н., доц.,  
О.Ф. Дозорська, к.т.н.

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

## ЗАДАЧА СИНХРОНІЗАЦІЇ ПРОЦЕДУРИ СВІТЛОТЕРАПІЇ ІЗ РОБОТОЮ СЕРЦЕВО-СУДИННОЇ СИСТЕМИ

О.А. Dediv, Ya.V. Lypnytskyi, L.E. Dediv, Ph.D., Assoc. Prof., V.G. Dozorskyi, Ph.D., Assoc. Prof., O.F. Dozorska, Ph.D.

### THE TASK OF SYNCHRONIZING THE LIGHT THERAPY PROCEDURE WITH THE WORK OF THE CARDIOVASCULAR SYSTEM

Актуальним був і залишається пошук методів підвищення адаптаційних можливостей організму до несприятливих факторів зовнішнього середовища, шляхом активації стрес-лімітуючих та синхронізуючих систем організму. Останнім часом все більшу увагу привертають природні методи підвищення адаптаційних можливостей організму, зокрема застосування світлової дії на зоровий аналізатор, який призводить до стимуляції адаптаційних реакцій, направлених на підтримання гомеостазу організму та підвищення його резистентності до дії різних пошкоджуючих чинників. Відомо, що найбільшу ефективність має червоне світло, за рахунок кращого поглинання тканинами і активації адаптивних процесів в клітинах.

В основі такого впливу лежить метод світлотерапії, що ґрунтується на впливі на пацієнта штучно створеним світловим випромінюванням з нормованими параметрами у визначені проміжки часу.

Відповідно до проведеного аналізу встановлено, що найбільше підвищення адаптаційних можливостей організму спостерігалось при узгодженні процедури світлотерапії із роботою серцево-судинної системи людини. У відомих дослідженнях така синхронізація проводилась із R-зубцями електрокардіографічного сигналу. Однак, вимірювання і опрацювання такого сигналу при цьому є трудомістким, а технічна реалізація є досить громіздкою.

Перспективним є використання для синхронізації світлових імпульсів з серцевими скороченнями сигналу пульсової хвилі, який і запропоновано використати за вихідний біосигнал для формування електричних імпульсів синхронізації процедури світлотерапії. Відповідно також потрібно розробити технічні засоби для проведення такої синхронізації.

#### Література

1. Тітенко, Т.М. Кольорова світлотерапія – новий метод прискореного відновлення функціонального стану спортсменів / Т.М. Тітенко, О.І. Плиска // Вісник Чернігівського національного педагогічного університету – 2011, Вип. 82, Том II – 3 с.

2. Мисула, І. Р., Левицький П.Р., Дем'яненко В. В. Вплив світло- імпульсних подразнень на резистентність білих щурів до гіпоксичної гіпоксії / І.Р. Мисула, П.Р. Левицький, В.В. Дем'яненко // Вісник наук. досл. – Тернопіль: Укрмедкнига, – 2003. – № 3. – С.81-82.

3. Фотоплетизмографічні технології контролю серцево-судинної системи : Монографія / С.В. Павлов, В.П. Кожем'яко, В.Г. Петрук, П.Ф. Колісник/ – Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2007. – 254 с. ISBN 978-966-641-211-2