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

факультет прикладних інформаційних технологій та електроінженерії
(повна назва факультету)
приладів та контрольно-вимірювальних систем
(повна назва кафедри)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

магістр
(назва освітнього ступеня)

на тему: **Інформаційно-вимірювальна система для стенду повірки індикатора годинникового типу**

Виконав(ла): студент(ка) 6 курсу, групи РІм-61
спеціальності 152
Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка
(шифр і назва спеціальності)

		Кітура Л. В.
	(підпис)	(прізвище та ініціали)
Керівник		Стрембіцький М.О.
	(підпис)	(прізвище та ініціали)
Нормоконтроль		Апостол Ю.О.
	(підпис)	(прізвище та ініціали)
Завідувач кафедри		Паламар М. І.
	(підпис)	(прізвище та ініціали)
Рецензент		
	(підпис)	(прізвище та ініціали)

Тернопіль
2022

Зміст

РЕФЕРАТ……

ВСТУП……..

1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА…….

1.1 Технічні характеристики індикаторів……..

1.2 Загальний опис приладу……

1.3 Вимоги до роботи пристрою…….....

2 ОСНОВНА ЧАСТИНА……

2.1 Схема та принцип роботи пристрою……

2.2 Кінематичний розрахунок приводу обертання кронштейна……..

2.2.1. Підбір числа обертів двигуна……

2.2.2 Визначення крутого моменту на валу двигуна……

2.3 Підбір крокового двигуна……..

2.4 Повірка приладу……..

2.4.1 Умови повірки та підстановка до неї……

2.4.2 Проведення повірки……..

2.5 Похибка приладу…….

2.6 Характеристика давачів……..……

2.6.1 Індуктивний давач переміщення……..…….

2.6.2 Індуктивний давач кута повороту……..……..

2.6.3 Фотодавач типу МикРа-Ф2……..……..

3 НАУКОВО-ДОСЛІДНА ЧАСТИНА…….

3.1 Побудова математичної моделі системи слідкування…….

3.2 Основні метрологічні характеристики засобів вимірювання…….

3.3 Автоматизація процесу фіксування стрілки тестованого індикатора на шкалі повірочного засобу…….

4 СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА…….

4.1 Розрахунок температурного режиму драйвера керування кроковим двигуном…….

5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ……

ВИСНОВКИ……

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ……
ДОДАТКИ……

РЕФЕРАТ

Метою роботи є розробка інформаційно-вимірювальної системи для стенду повірки індикаторів.

Областю використання розробки приладу є контроль точності повірки індикатора годинникового типу ІЧ.

Пристрій призначений для роботи в лабораторіях промислових підприємств, а також в лабораторіях науково-дослідних інститутів та органах держстандарту.

Умови роботи пристрою:

- температура навколишнього середовища від +10°С до +35°С;

- відносна вологість від 50% до 80% Діапазон ходу вимірюваного наконечника 0...10 мм..

Перелік ключових слів:

ІНДИКАТОР, СТЕНД, ФОТОДАВАЧ, ІНДУКТИВНИЙ ДАВАЧ, ФОТОМАТРИЦЯ, РЕБРИСТИЙ РАДІАТОР.

ВСТУП

Контроль розмірів та інших фізичних величин (зусиль, деформацій, ваги і т.д.) може здійснюватися до обробки в процесі та після обробки виробу. Контрольні пристрої виконують функції і управляють роботою обладнання, стенду чи установки, сортують деталі на групи (по розмірам,вазі і т.д.)

Автоматизація технічного контролю являється не тільки засобом підвищення якості виготовлюваної продукції, але і суттєвим етапом автоматизації промисловості, так як питома вага контролю технічного в сучасних виробництвах досить значна: в авто- та тракторобудуванні, в авіаційному моторобудуванні, у виробництві підшипників кочення та інших галузях масового виробництва машин при чому більшість виробничих операцій приходиться на контроль.

Автоматичним пристроєм для контролю називається пристрій, який без втручання людини при контролі кожного виробу виконує всю сукупність операцій необхідних для порівняння дійсних фізичних величин з заданими (необхідними), та в залежності від результату такого порівняння сортують деталі на кілька груп або замінюють режим роботи основного технічного обладнання.

Автоматичні контрольні пристрої діляться на декілька різновидностей.

Контрольні-сортувальні пристрої (пристрої пасивного контролю) фіксують готові фізичні величини та на цій основі сортують готові вироби на придатні та браковані, а часто ще й на ряд розмірних груп.

Існують також ще засоби автоматичного контролю в процесі обробки (активний контроль).

Підвищення ефективності промислових об'єктів йде по шляху вдосконалення як самих технологічних процесів, так процесів керування ними. Широке впровадження цифрової обчислювальної техніки в автоматизовані системи керування об'єктами відкриває практично необмежені можливості обробки інформації про керований об'єкт з метою побудови оптимальних систем керування.

1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

1.1 Технічні характеристики індикаторів

Повірка засобів вимірювання, в даному випадку індикаторів годинникового типу, це встановлення придатності засобів вимірювання до 1 використання на основі експериментально визначених метрологічних характеристик і контролю їх у відповідності з встановленими вимогами.

Основною метрологічною характеристикою засобу вимірювання є його похибка. Як правило вона встановлюється на основі порівняння засобу вимірювання, що проходить повірку із зразковим засобом вимірювання або «еталоном», тобто з більш точним засобом вимірювання, призначеним для проведення повірки.

Еталонний прилад повинен мати хоча би на порядок меншу похибку, ніж прилад що проходить повірку.

Щоб перейти до аналізу поставленої задачі, проведено характеристику індикаторів годинникового типу які повіряються.

Індикатори годинникового (рисунок 1.1) (завод КРИН, ГОСТ 577-68) застосовується для вимірювання розмірів і відхилень форми і взаємного розташування поверхонь виробів, а також в якості відлікових пристроїв в різних вимірювальних приладах і контрольно - вимірювальних пристроях.

Індикатори виготовляються наступних типів:

ІЧ - з переміщенням вимірювального стержня паралельно до шкали, з діапазоном вимірювання 0-2, 0-5, 0-10 мм;

ІТ - з переміщенням вимірювального стержня перпендикулярно до шкали, з діапазоном вимірювання 0-2 мм;

Крім цього, випускають індикатори з діапазоном вимірювання 0-25 і 0-50 мм і спеціальні із збільшеною шкалою 75 і 100 мм.

Ціна поділки шкали індикатора - 0,01 мм, Індикатори випускають двох класів точності: нульового і першого.

Технічна характеристика індикаторів вказана в табл. 1.1.

По виконанню корпусу індикатори поділяються на звичайні, водозахисні і пилозахисні.

До індикаторів випускаються наступні приналежності: прямий і кутовий важелі, стрибуна і державка для закріплення на супорті станка.

Крім цих індикаторів існують індикаторний глибиномір, який застосовується для вимірювання глибин отворів, пазів, висот уступів.

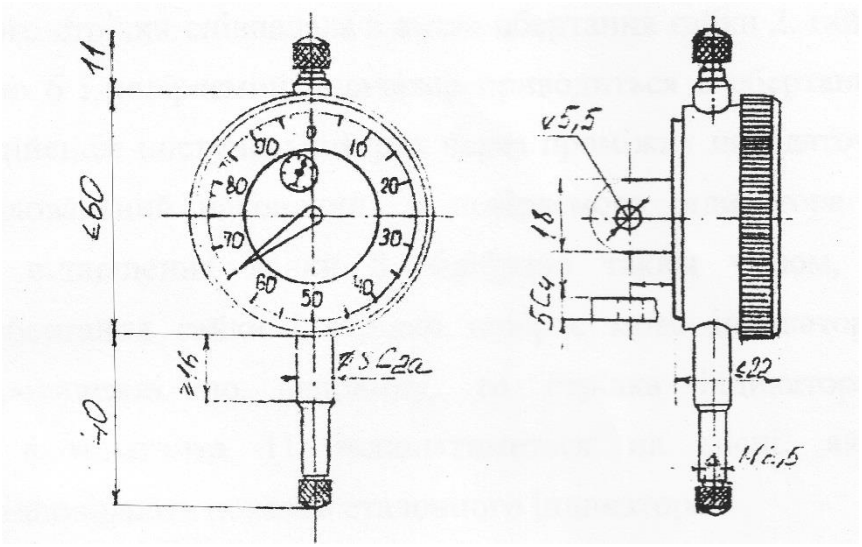


Рисунок 1.1. - Індикатор годинникового типу

Ціна поділки індикаторів глибиноміра - 0,001 мм, діапазон вимірювання від 0 до 10 мм і шкалою з двійною або зворотнім оцифруванням.

Індикатори товщиноміри застосовуються для вимірювання товщини виробів в діапазоні від 0 до 50 мм і ціною поділки 0.01 або 0.1 мм.

Товщиноміри розділяються на настільні і ручні з нормованим і без вимірювального зусилля.

Таблиця 1.1 Технічна характеристика індикаторів (по ГОСТ 577-68)

Основні показники	Діапазон вимірювання, мм					
	0-2		0-5		0-10	
	Класи точності					
	0	1	0	1	0	1
Границя допустимої похибки в мкм в діапазоні:						
0,1 мм на ділянці шкали	4	6	4	6	4	6
1 мм на ділянці шкали	8	10	8	10	8	10
Найбільше вимірювальне зусилля в сН	150	150	150	150	150	150
Коливання вимірювального зусилля при прямому і зворотному ході в сН	40		60		60	

1.2 Загальний опис приладу

Для розв'язання поставленої задачі розглянемо конструкцію спроектованого і розрахованого мною оптико-механічного приладу.

Кінематична схема цього приладу представлена на рисунку 1.2.

Прилад працює наступним чином.

Повірюваний індикатор 10 встановлюється в держак 7, щоб вісь обертання його стрілки співпадала з віссю обертання гайки 2. гайка 2 заодно з платформою 6 і повірюваний індикатор приводиться в обертання. Гвинт 3 при ньому здійснює поступальний рух через проміжну передаточну ланку 8 діє на вимірювальний наконечник 9 повірюваного індикатора 10. так як передаточне відношення ланки 8 підібрано таким чином, що кутові швидкості обертання гайки і стрілки повірюваного індикатора рівні по величині протилежні по напрямку, то стрілка індикатора відносно нерухомого фотодавача 11 залишатиметься на місці, якщо покази індикатора відповідають показам еталонного індикатора.

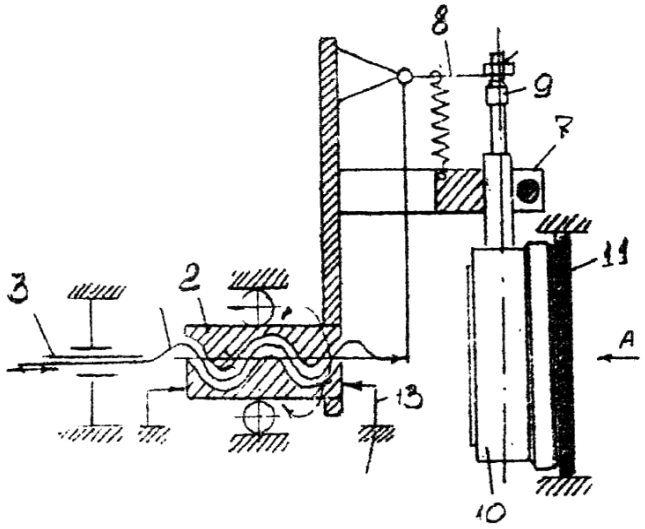


Рисунок 1.2 - Кінематична схема приладу

1.3 Вимоги до роботи пристрою

Сконструйований пристрій призначений для повірки індикаторів типу ІЧ.

Пристрій призначений для роботи в лабораторіях промислових підприємств, а також в лабораторіях науково-дослідних інститутів та органах держстандарту.

Умови роботи пристрою:

температура навколишнього середовища від +10°С до +35°С;

відносна вологість від 50% до 80% Діапазон ходу вимірюваного наконечника 0...10 мм. На пристрої не рекомендується проводити повірки:

індикаторів які мають на поверхні раковини та інші дефекти;

індикаторів із забрудненою поверхнею;

індикаторів іншого типу.

2 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

2.1 Схема та принцип роботи пристрою

Схема приладу для повірки індикаторів годинникового типу представлена на рисунку 2.1

Рисунок 2.1 - Схема приладу.

Принцип роботи приладу полягає в наступному. Вимірювальний індикатор вставляється шкалою до фотодавача (поз. 4) та наконечником вверх в призми (поз. 21) по діаметру зовнішньому та в паз плоскими пружинами (поз. 16). При цьому спочатку диском з двома штифтами розтискаємо призми, а потім пружини притискають призму до індикатора. Таким чином індикатор базується та затискається на вимірювальній позиції.

Потім включаємо двигун кроковий. Обертання через муфту (поз. 18), зубчасту пару (поз. 20) i_{12}=2,5 передається через гайку (поз. 13) на ходовий гвинт (поз. 15). При цьому ходовий гвинт не обертається, а рухається поступально пазом по напрямному штифту кришки (поз. 14).

Гвинт ходовий правим кінцем тисне на важіль (поз. 8), який передає переміщення на вимірювальний наконечник індикатора (поз. 5).

Важіль кріпиться до кронштейну (поз. 7), та крім поступального переміщення здійснює разом з колесом зубчастим, гайкою та кронштейном обертання.

Вимірювальний фотодавач (поз. 4) розташований навпроти індикатора та кріпиться гвинтами до стійки (поз. 1). Число обертів гайки вимірюється датчиком кута повороту, на якому закріплено пасове колесо. яке з'єднано з кронштейном пасиком і обертається разом з ним. Таким чином уникається похибка на зубчастій передачі та на двигуні.

Зубчаста пара (поз. 20) виконана в закритому корпусі з кришкою. Змащення зачеплення здійснюється маслом, яке заливається зверху до необхідного об'єму. Підшипники змащуються пластичним маслом, яке подається в підшипникові.

Для автоматизації процесу зчитування результатів повірки індикатора (визначення кута відхилення стрілки від нульового положення) в проекті передбачено застосування фотоелектричного пристрою. Пристрій може бути виконаний як фотоматриця, на яку проектується ділянка шкали індикатора і стрілка індикатора. При обробці сигналу з фотоматриці програмними методами можна визначити кут відхилення стрілки індикатора від нульового положення. Оскільки цей кут пропорційний похибці індикатора, що повіряється, та знаючи кут відхилень стрілки від нульового положення може визначити похибку індикатора, порівняти її з допустимою і зробити висновок що придатність індикатора для подальшої експлуатації.

2.2 Кінематичний розрахунок приводу обертання кронштейна

2.2.1. Підбір числа обертів двигуна

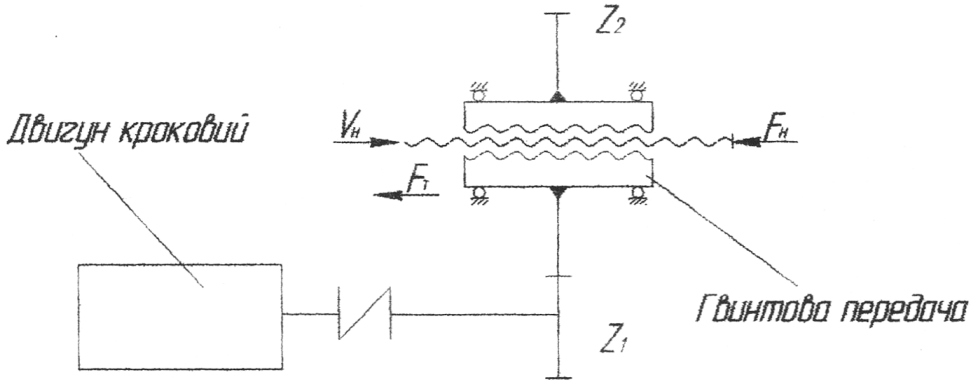


Рисунок 2.2 - Схема приводу обертання кронштейна

Приймаємо число обертів кронштейна разом з повірюваним індикатором

$$n_1 = 7{,}5\ {}^{\text{об}}/_{\text{хв}} = 0{,}125\ {}^{\text{м}}/_{\text{с}}$$

Приймаємо для прямозубої циліндричної зубчастої передачі $i_i = 2{,}5$, тоді

$$n_1 = n_2 \cdot i_1 = 7{,}5 \cdot 2{,}5 = 18{,}75\ {}^{\text{об}}/_{\text{хв}}$$

2.2.2 Визначення крутого моменту на валу двигуна

Запишемо значення моменту на валі 1:

$$M_1 \geq M_{\text{ст.пр.}} + I$$

де: $M_{\text{ст.пр.}}$ статичний момент навантаження, приведений до валу двигуна.

$$M_{\text{ст.пр.}} = M_1 + M_{\text{пр.}} + M_{\text{в}}$$

$M_{\text{пр.}}$ - момент від прямолінійного руху (від навантаження).

$$M_{\text{пр.}} = \frac{F_H \cdot V_H}{i_{12} \cdot \eta_{12} \cdot \eta \cdot \omega_2}$$

Де F_H - сила навантаження, приймаємо від сили на наконечнику індикатора.

$$F_H = 10\ H$$

V_H – швидкість переміщення гвинта

$$V_H = \omega_2 \cdot \frac{d_2}{2};$$

$$d_2 = 8\text{мм}$$

$$\omega_2 = \frac{\pi \cdot d_2}{30} = \frac{3{,}14 \cdot 7{,}5}{30} = 0{,}78\ ^{\text{м}}/_{\text{с}}$$

$$V_i = 0{,}78 \cdot \frac{8}{2} = 3{,}12\ ^{\text{мм}}/_{\text{с}} = 0{,}00312\ ^{\text{м}}/_{\text{с}}$$

$i_{12} = 2.5$ передаточне відношення зубчастої пари

$\eta_{12} = 0.96$ к.к.д. зубчастої пари;

$\eta = 0{,}92$к.к.д гвинтової пари.

Тоді:

$$M_{\text{т}} = \frac{10 \cdot 0{,}00312}{2{,}5 \cdot 0{,}96 \cdot 0{,}92 \cdot 0{,}78} = 0{,}018\ \text{Н} \cdot \text{м}$$

$M_{\text{т}}$- момент тертя приведений в ходовому гвинті.

$$I_{\text{т}} = \frac{F_H \cdot F_{\text{р.напр.}} \cdot 0{,}5 \cdot d_{\text{ср}} \cdot tg(\alpha + \varphi)}{i_{12} \cdot \eta_{12}}$$

$F_{\text{р.напр.}} = M_n \cdot g \cdot f$- сила тертя в направляючих

$M_n = 0{,}297$кг - маса гайки

$f = 0.15$ - коефіцієнт тертя в направляючих.

$$F = 0{,}297 \cdot 9{,}81 \cdot 0{,}15 = 0{,}437H$$

$d_{\text{ср}}$=7 мм- середній діаметр гвинта;

α - кут підйому гвинтової лінії

$$tg\alpha = \frac{S}{\pi \cdot d_{2.ср.}} = \frac{2}{3.14 \cdot 6.8} = 0.707$$

$\alpha = 4°03'$

φ-кут тертя в парі «гвинт-гайка»

φ' - зведений кут тертя

$\varphi' = \varphi = 8°32'$

Так як $tg\varphi = f = 0.15$

$$\text{М}_{\text{тр.хв}} = \frac{(10 + 0{,}437) \cdot 0{,}5 \cdot 7 \cdot 0{,}2232 \cdot 10^{-3}}{2{,}5 \cdot 0{,}96} = 0{,}033 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

$$M_{\text{в.т.п.}} = M_0 + k \cdot F_{\text{рад}} \cdot \frac{d_B}{2}$$

Де:

M_0- власний момент тертя в підшипниках (експериментально)

$F_{\text{рад}}$ −радіальне навантаження на підшипник

M_0=0,05 Н·м

$F_{\text{рад}}$=10 Н

$d_B = 20$ мм- діаметр вала під підшипником;

k - зведений коефіцієнт тертя підшипника

$$f' = 2.26 \cdot \frac{K}{d_{\hat{A}}} \cdot \left(1 + \frac{D}{d_K}\right)$$

K - коефіцієнт тертя кочення

D - внутрішній діаметр доріжки кочення

d_K - діаметр кульки

$K = 0.01$;

$d_К = 6мм$

$D = 28мм$

$$f^{'} = 2.26 \cdot \frac{0.01}{20} \cdot \left(1 + \frac{28}{6}\right) = 0.0064$$

Тоді

$$M_{дв.п.} = 0,05 + 0,0064 \cdot 10 \cdot \frac{0,02}{2} 0,0507 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Маємо:

$$M_{дв.} = 0,018 + 0,0033 + 0,0507 = 0,072 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Приведений момент на валі двигуна:

$$M_{дв.пр.} \geq M_{дв.} + M_{дин.} \cdot \varepsilon$$

де $M_{дин.}$- динамічний момент двигуна

ε - час розгону двигуна

$$\omega_1 = \frac{\pi \cdot d_2}{30} = \omega_2 \cdot i_1$$

$$\omega_1 = 0,125 \cdot 2,5 = 0,31c^{-1}$$

$М_{пр}$- приведений момент інерції всіх рухомих мас

Так як величина $М_{пр}$ досить мала, то будемо приймати, що:

$$М_{дв.} \geq 0,072 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

2.3 Підбір крокового двигуна

По вище порахованих даних приймаємо для приводу двигун кроковий чотирьох фазний хвильовий *(U=27B)* типу ДНІВ 80-0.6-0.45, для якого

$$М_{двиг} = 0,6Н \cdot м$$

$\alpha = 0,45^{\circ}$- крок обертання

Визначаємо число кроків за оберт валу:

$$n_{\text{кр}}\frac{360^{\circ}}{\alpha}=\frac{360^{\circ}}{0{,}45^{\circ}}=800\,{}^{\text{об}}/_{\text{хв}}$$

Число обертів валу двигуна:

$$n_{\text{дв}}\frac{60\cdot f\cdot n}{n_{\text{кр}}}=\frac{60\cdot 250}{800}=18{,}75\,{}^{\text{об}}/_{\text{хв}}$$

При σ=2.5 момент крутний на валу зубчастого колеса:

$$I_2=I_1\cdot\sigma=0{,}6\cdot 2{,}5=1{,}5\ \text{Н}\cdot\text{м}$$

Осьова сила P=10 Н; профіль трапецеїдальна різьба. Приймемо матеріал гвинта - Ст5, для якої $\sigma_т$ = 270 МПа

Так як в стержні гвинта крім напружень стиску будуть виникати і напруження кручення, то розрахунок гвинта ведемо по розрахунковій силі, β =1.3

$$\text{P}_{\rho}=\text{P}\cdot\beta=1.3\cdot 10=13\text{Н}$$

Допустиме напруження на стиск

$$[\sigma_c]=0{,}25\cdot o_T=0{,}25\cdot 270=64{,}5\ \text{МПа}$$

Визначимо внутрішній діаметр гвинта з умови міцності на стиск

$$d_1\geq\sqrt{\frac{4\cdot P_p}{\pi\cdot[\sigma_c]}}=\sqrt{\frac{4\cdot 13}{3{,}14\cdot 67{,}5}}=1{,}22\text{мм}$$

Оскільки за один оберт стрілки індикатора, шток індикатора переміщається на 1 мм, а співвідношення плечей важеля рівне 2, то крок гвинта, відповідно, рівний 2 мм.

Тоді, за довідником діаметр гвинта приймаємо:

$$d_1 = 8 \text{ мм}$$

$$d_2 = 7{,}25 \text{ мм}$$

$$d_{23} = 6{,}2 \text{ мм}$$

Перевіряємо самогальмування гвинтової пари, приймаючи коефіцієнт тертя

$$f = 0.15$$

Умова самогальмування:

$$\varphi < \rho - 1°$$

Кут підйому різьби:

$$tg\varphi = \frac{S}{\pi \cdot d_{ñð}} = \frac{2}{3.14 \cdot 7.25} = 0.087;$$

$$\varphi = 4°46'$$

Кут тертя рівний:

$$tg = f = 0.15$$

$$\rho = 8°32'$$

Тоді

$$4°46' < 8°32' - 1°$$
$$4°46' < 7°32'$$

Умова самогальмування виконується. Тепер проведемо розрахунок гайки. Матеріал гайки приймаємо Бр0Ф7-0,2 ГОСТ 5017-7k

Висоту різі визначають за формулою

$$\text{H} = S \cdot Z$$

Необхідне число витків гайки Z визначаємо за умови не видавлювання мастила, приймаючи допустимий питомий тиск рівний $[q] = 12$ МПа

$$Z \geq \frac{4 \cdot P}{\pi \cdot (d_{\text{íîì}}^2 - d_{\text{âí}}^2) \cdot [q]} = \frac{4 \cdot 10}{3.14 \cdot (8^2 - 6.2^2) \cdot 12} = 0.042$$

Оскільки гайка виконана без зазорів, то вона є розбірною, і різьба міститься на двох частинах. На першій частині приймаємо Z=2, а на другій *Z=5*

Тоді,

$$H = 2 \cdot 7 = 14 \text{ мм}$$

Конструктивно приймаємо $H = 32$ мм

2.4 Повірка приладу

2.4.1 Умови повірки та підстановка до неї

При проведені повірки необхідно дотримуватися наступних вимог:

- температура навколишнього середовища повинна бути від +15°С до +28°С;
- відносна вологість повітря 65±15%;
- атмосферний тиск 84.. .106 КПа

Повірюваний прилад необхідно встановити на стенд, на якому розміщений прилад для повірки.

2.4.2 Проведення повірки

При зовнішньому огляді повинно бути встановлено відповідність приладу наступним вимогам:

- прилад повинен бути укомплектований згідно з паспортом;
- прилад повинен мати механічних пошкоджень, які впливають на його працездатність, а також дефектів лакофарбових покриттів і корозії.

Спробувати прилад з метою перевірки взаємодії його окремих вузлів та елементів. Опробування необхідно проводити в нормальному робочому положенні на стенді для повірки. При цьому звертаємо увагу на плавність переміщення гвинта, рівномірність обертання рамки, забезпечення підрахунку показів по переміщенню на цифровому табло.

Визначення похибки приладу проводиться на стенді для повірки в такій послідовності:

1. старанно протираються поверхні столу робочих частин приладу та зразкового електронного давача;
2. встановлюємо в затискні призми зразковий електронний давач;
3. запускаємо кроковий двигун, після чого рамка обертається, а ходовий гвинт рухається поступально та тисне на важіль;
4. знімаємо дані;
5. виключаємо двигун;
6. знімаємо зразковий електронний давач
7. встановлюємо індикатор еталонний ІЧ
8. повторюємо п. 3-6
9. встановлюємо індикатор ІЧ з похибкою яка виходить за межі допустимої
10. повторюємо п. 3-6

Таким чином ми повіряємо електронним індикатором робочу здатність самого механізму приладу, а індикаторами ІЧ повіряємо робочу здатність фотодавача МикРа-Ф2 (який слідкує за відхиленням стрілки).

Повірку проводимо по п'яти дослідженням. Потім підраховуємо абсолютну похибку приладу по середньому арифметичному. Похибка приладу при його повірці не повинна перевищувати значень, вказаних в розділі «Похибка приладу».

2.5 Похибка приладу

Похибка приладу це точність вимірювання контрольованого параметру. Вона складається з похибки вимірювання $\Delta_{вим}$ та технічної частини похибки $\Delta_{тех}$.

При не тривалому часі роботи приладу:

$\Delta_{від}$ – це похибка відлікового вузла (фотодавача). В даному випадку ця похибка дуже маленька, тому:

$$\delta - \Delta_{пр}$$

$\Delta_{пр}$- складається в основному з похибки гвинтової передачі, похибки важільної системи та з похибки давача кута повороту.

$$\Delta_{пр} = \Delta_{вим} + \Delta_{тех} + \Delta_{від}$$

Для гвинтової передачі маємо крок:

$$S = 2 \pm 0{,}002 \text{ мм}$$

Тоді:

$$\Delta_{гв} = \frac{0{,}002}{2} \cdot 100\% = 0{,}1\%$$

Для давача кута повороту:

$$\Delta_{дав} = 0{,}4\%$$

$$\Delta_{гв} = \frac{0{,}002}{2} \cdot 100\% = 0{,}1\%$$

Для важільної системи:

$2 \pm 0{,}02$ - відношення плечей важеля

$$\Delta_{важ} = \frac{0{,}02}{2} \cdot 100\% = 1\%$$

Технологічна похибка:

$$\Delta_{тех} = 0{,}1 + 0{,}4 + 1 = 1{,}5\%$$

2.6 Характеристика давачів

2.6.1 Індуктивний давач переміщення

Індуктивний давач переміщення застосовується в даному проекту для повірки сконструйованого приладу, і він розміщений на стенді повірки.

Діапазон переміщень визначається довжиною котушок LI, L2. Розташовуватися вони повинні одна за одною на єдиному каркасі. При використанні сталевого сердечника - діаметром 3 мм, кількість витків котушок повинна бути 1 200 витий ./см, тобто для котушок завдовжки 10 мм кількість витків кожної котушки повинна бути 1 200 і намотується дротом ПЕВ 2 діаметром 0,2 мм . Довжина сталевого сердечника повинна відповідати довжині котушок - 10 мм, цієї довжини достатньо для діапазону вимірювання 0..5мм з точністю 2мкм . Загальна довжина котушок в цьому випадку складе величину 20 мм . Схема індуктивного давача представлена на рисунку 2.3.

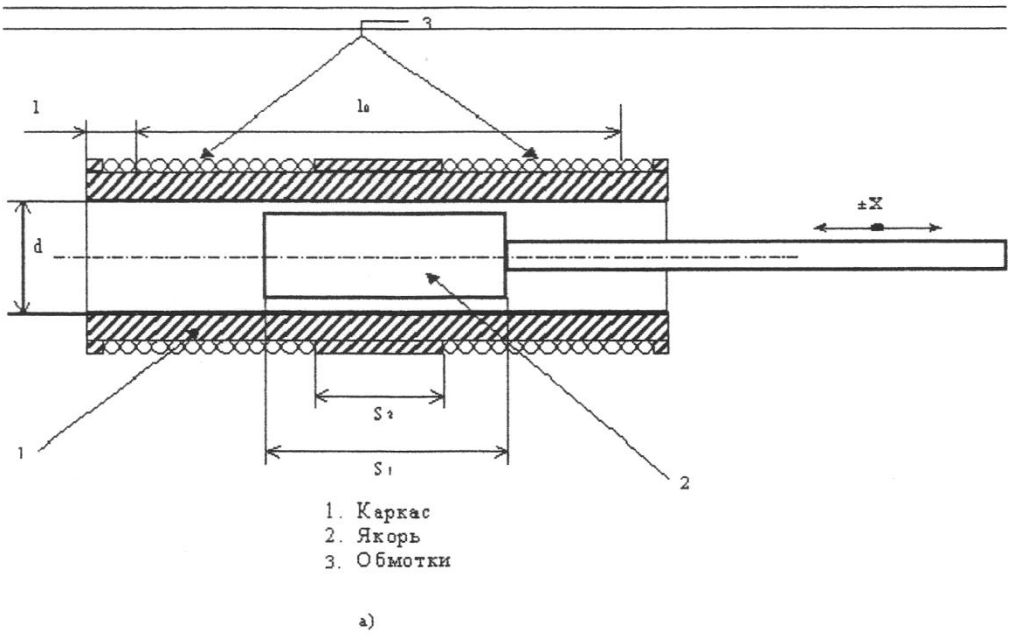


Рисунок 2.3 - Схема індуктивного давача малих лінійних переміщень

Із збільшенням поперечних розмірів зростає чутливість давача, а при збільшенні поздовжніх - зростає діапазон вимірювання . При переміщенні сердечника індуктивність одної котушки збільшується, а іншої - зменшується,

порівняння цих змін дає більшу точність ніж коли б використовувалась одна котушка.

Залежність вихідної напруги від зміни індуктивності:

$$U_{\hat{A}} \cong \frac{1}{2}\frac{\Delta L}{L}U_O,$$

2.6.2 Індуктивний давач кута повороту

В даному проекті застосовується індуктивний давач кута повороту ІДП-310 для визначення кута повороту повірюваного давача ІЧ. Він з'єднаний з блоком керування. Електричні та механічні характеристика; давача подані в таблиці 1.2 та таблиці 1.3

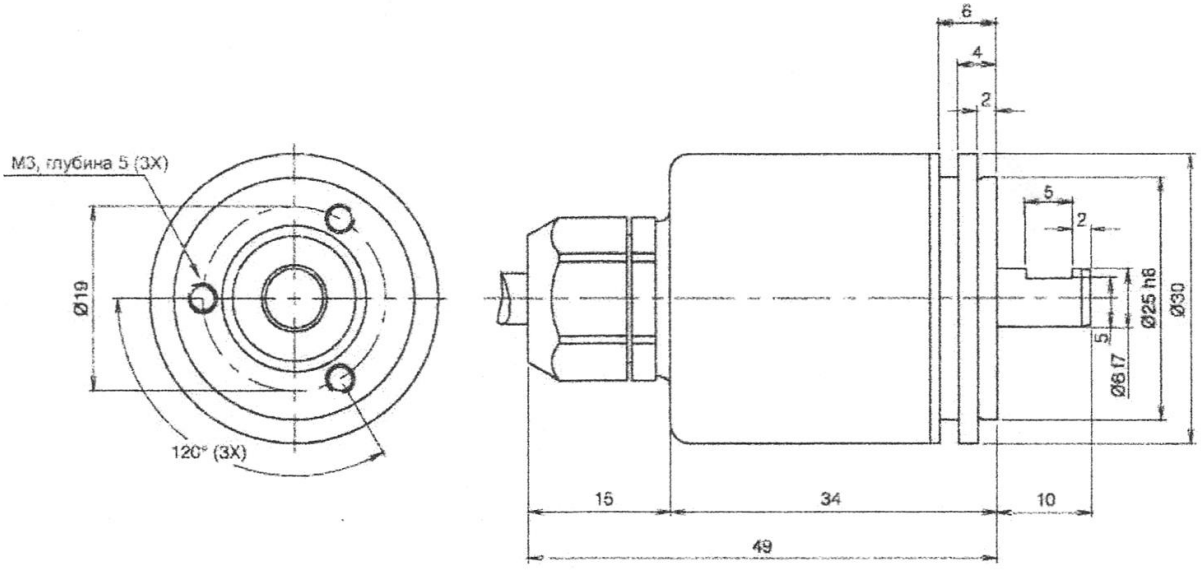


Рисунок 2.4 - Схема індуктивного давача кута повороту ІДП-310

Таблиця 2.1 Електрична характеристика

Напруга живлення +EV	9-36В	5В±10%
	Захист від зміни полярності	
Використання струму без навантаження	35 мА при 24В Макс. 110 мА	70 мА Макс. 150 мА

Кількість міток/оберт	50, 80, 100, 160, 200, 500, 512, 600,1000, 1024, 1200	
Похибка Макс, похибка Розділ, послідов.	 ± 50° el 90° ± 25° el	
Виходи	HTL	TTL
	Захист від короткого замикання	
Макс, навантаження	±20мА	
Макс, довжина кабеля	100 м при 50 кГц	
U_B (принавантажІОмА) Uu (принавантаж1 ОмА)	> +EV - 3,0 В <0,5В	>3,0В <0,4В
Діапазон частота	0...200 кГц	
Сигнал стану Енкодер В НОРМІ Попер. /Аварія	Високий рівень Низький рівень хв. 25 мс	

Таблиця 2.2 Механічна характеристика

Вал, нержавіюча сталь	∅ 0 6 мм
Момент інерції	0,15 х 10^{-2} кгм^2
Макс,навантаж на вал Радіальна Осьова	 10Н 10Н
Макс, швидкість	3000 об/хв (12000 об/хв)
Диск	Стандартний
Температура Робоча	-35° С ... +70° С 40° С ... +85° С

Зберігання	
Корпус	Алюміній
Вага	70 г
Клас захисту	IP 67 по МЄК 529
Вібростійкість	< 100 м/с^2 (50...2000Гц)
Ударостійкість	< 1000 м/с^2 (11 мс)
Кабель	6х0,25 мм^2 PUR

2.6.3 Фотодавач типу МикРа-Ф2

Фотодавач МикРа-Ф2 розташований на стійці перед шкалою індикатора і застосовується для контролю. Якщо стрілка повірюваного індикатора відхилиться в процесі повірки від заданого їй положення то індикатор подасть сигнал на блок управління, який в свою чергу повідомить оператора (якщо відхилення вийдуть за межі допустимого) про придатність чи непридатність повірюваного індикатора.

Основні відомості про фотодавач МикРа-Ф2

Фотодавач МікРА-Ф2 (далі фотодавач призначений для безконтактної комутації ланцюгів постійного струму при зміні здатності управляючого об'єкту, що відображає, в полі зору чутливого елемента фотодавача.

Фотодавач сприймає відображене від об'єкту оптичне випромінювання. При цьому за допомогою регулятора чутливості встановлюється необхідний поріг спрацьовування.

Вихідний транзистор фотодавач має гальванічну розв'язку від ланцюга джерела живлення.

Для запобігання виходу з ладу вихідного каскаду у разі короткого замикання в навантаженні у вихідному ланцюзі фотодавач застосований запобіжник, що самовідновлюється.

Фотодавач може використовуватися для виявлення міток на поверхні пакувальної плівки в автоматичних пакувальних установках, а також для

визначення положення різних предметів, деталей, частин механізмів у складі промислового устаткування.

Технічні характеристики

1). Довжина хвилі випромінюваного оптичного сигналу,	950 *
2). Оптимальна відстань до об'єкту,	1-1
3). Мінімальні розміри керуючого об'єкт,	4х8
4). Час спрацьовування, мс	2
5). Максимально допустима напруга емітер-колектор вихідного транзистора,В	40
6). Максимальний струм навантаження, мА	100
7). Напруга живлення постійного струму, В	18-27
8). Споживана потужність не більш, Вт	0.5
9). Розмір приєднувального різьблення на корпусі	МІ 7х1
10). Габаритні розміри (з гайками) не більш, мм	90х 25х25
11). Довжина кабелю не менше, м	1,5

* Не допускається засвічення фотодавача зовнішніми джерелами інфрачервоного випромінювання з частотою модуляції світлового потоку більше 5 кГц.

Конструкція фотодавача

Електронна схема фотодавача зібрана на друкарській платні і поміщена в циліндровий корпус з неіржавіючої сталі, що герметизується епоксидним компаундом. В передній частині за світлофільтром розташовані випромінювач і приймач оптичного випромінювання. В задній - регулятор чутливості, індикатор включення навантаження і кабель для підключення фотодавача.

Принцип роботи фотодавача

Імпульсний світловий потік, що генерується випромінювачем, відображається від об'єкту і потрапляє на приймач, де перетвориться в електричний сигнал змінного струму.

Далі сигнал детектує, проходить через фільтр, інтегратор і порівнюється з напругою регулятора чутливості. По результату виробляється сигнал включення навантаження.

Якщо величина відображеного сигналу більше порогової, встановленої регулятором чутливості, то вихідний транзистор відкривається.

Спрацьовування фотодатчика відбувається при наближенні керуючого об'єкту як в осьовому, так і в радіальному напрямах.

Вказівки заходів безпеки

Фотодавач повинен зберігатися при температурі навколишнього повітря від 5 до 40 3 і відносної вогкості до 80 % при температурі 25 3.

В комплект поставки фотодавача входить: -фотодавач МікРА Ф2

-фотодавач МікРА Ф2 1 шт

-гайка 2 шт

-керівництво по експлуатації 1 шт

Гарантії виробника

Гарантійний термін експлуатації фотодавача складає 12 місяців з дня продажу при дотриманні умов експлуатації, зберігання, транспортування і монтажу. Гарантія не розповсюджується на фотодавачі, що вийшли з ладу в результаті недотримання умов експлуатації, неправильного включення, короткого замикання в навантаженні, а також мають механічні пошкодження, сліди розкриття, некваліфікованого ремонту або модернізації.

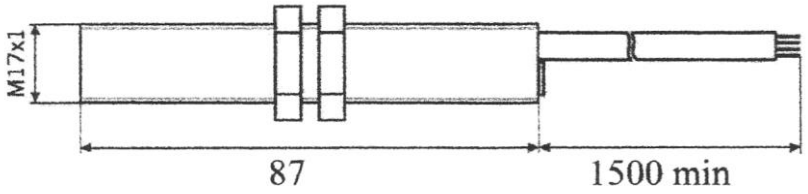


Рисунок 2.5 - Габаритні розміри фотодавача МікРА Ф2

3 НАУКОВО-ДОСЛІДНА ЧАСТИНА

3.1 Побудова математичної моделі системи слідкування

Задачі, розв'язувані системою, що стежить за дотриманням певної робочої характеристики технічної системи на заданому рівні, зводяться до забезпечення зміни регульованої координати у відповідності з керуючим впливом, що надходить на вхід системи. У найпростішому випадку слідкуючу систему можна розглядати як підсилювач потужності, якість роботи якого характеризується точністю відтворення регульованою координатою керуючого впливу.

Передача руху від виконавчого механізму до навантаження здійснюється за допомогою механічної передачі. У малопотужних слідкуючих системах, у більшості випадків можна вважати, що вали і зубчасті колеса мають нескінченно велику твердість, а використання спеціальних пристроїв, наприклад розрізних шестерень, цілком виключає можливість появи зазорів. У механічних передачах систем великої потужності неминуча поява пружних деформацій і зазорів у зубчастих зачепленнях. В системах великої потужності в ряді випадків використовують зазоровибираючі пристрої. Однак це завжди пов'язано зі значним ускладненням конструкції і збільшенням статичних моментів.

Вплив зазорів і пружних деформацій на якість роботи системи збільшується з ростом моменту інерції навантаження. Крім того в багатьох слідкуючих системах, наприклад, у системах радіотехнічних засобів (антенні установки), маніпуляторів, стрічкопротягувальних пристроїв і т.д., момент інерції робочого інструмента має змінний характер і залежить або від значення власної регульованої координати, або від регульованої координати системи, що переміщає навантаження щодо інших осей.

Істотний вплив на динамічні властивості системи може бути спричинений:

- моментом сухого тертя в опорах валів, сальниках, зубчастих зачепленнях;

- моментом в’язкого тертя, спричиненим, наприклад, опором руху зубчастих коліс у масляній ванні;

- аеродинамічним моментом, обумовленим опором повітряного середовища, в якому відбувається рух робочого інструмента.

При цьому зазначені моменти носять розподілений характер.

Часто при розв’язанні практичних задач доцільно використовувати кілька виконавчих двигунів, що працюють безпосередньо на загальний вал або через механічний диференціал. Це істотно ускладнює кінематичну схему механічної передачі.

Із сказаного випливає, що механічна передача і навантаження являють собою складну нелінійну динамічну систему з розподіленими і змінними параметрами. Тому при аналізі і синтезі слідкуючих систем, а також при визначенні їхніх енергетичних параметрів доцільно виділити механічну передачу і навантаження в окремий елемент — об'єкт регулювання. При цьому при визначенні енергетичних параметрів системи момент інерції обертових частин виконавчого механізму зручно віднести до моменту інерції обертових частин механічної передачі. Тому, надалі під об'єктом регулювання будемо розуміти сукупність навантаження і механічної передачі.

У більшості практичних випадків розподілений характер моментів сухого і в’язкого тертя, а також моментів інерції об'єкта регулювання не робить істотного впливу на показники якості регулювання. У цих випадках зазначені параметри можуть бути замінені еквівалентними, що мають зосереджений характер. Тому надалі, якщо це не оговорено окремо, будемо вважати, що на об’єкт регулювання діють зосереджені моменти опору і збурюючі впливи.

Моменти, що діють на об'єкт регулювання, можуть бути розділені на окремі групи в залежності від їхнього зв'язку зі зміною регульованої координати:

- до першої групи відносимо динамічні моменти, величина яких пропорційна прискоренню і моментам інерції мас, що рухаються;

- до другої групи відносимо моменти опору, дія яких завжди спрямована проти швидкості руху об'єкта регулювання. Сюди також можуть бути віднесені моменти сухого і в’язкого тертя;

- до третьої групи відносимо моменти, напрям дії яких не залежить від напрямку зміни координат об'єкта регулювання. Цю групу моментів називають збурюючі моменти. Сюди можуть бути віднесені момент від дії сил вітру (вітровий момент) та моменти інших впливів.

До характерних ознак зазначених вище моментів належать наступні.

Динамічний момент М пропорційний прискоренню і моменту інерції мас, що рухаються:

$$M(t) = Jp^2\alpha_n(t)$$

де $Jp^2\alpha_n(t)$ — прискорення об'єкта регулювання; символ $p = \frac{d}{dt}$; J — момент інерції об'єкта регулювання.

Момент інерції щодо осі обертання тіла, що проходить через його центр ваги, визначається сумою добутків мас окремих елементів тіла на квадрат відстані від центра їх ваги до осі обертання, тобто

$$J = \sum_{lmax1}^{n} m_i\, r_i^2$$

Причому, *момент інерції тіла складної конфігурації* визначають як суму моментів інерції його окремих частин щодо осі обертання. Для цього спочатку визначають моменти інерції окремих частин щодо осей, що проходять через їхній центр ваги і рівнобіжні до спільної осі обертання, а потім, використовуючи формулу

$$J = \sum_{l=1}^{n} J_i + m_i\, a_i^2$$

І знаходять момент інерції всього тіла. Тут J_i — момент інерції окремого елемента конструкції щодо осі, що проходить через його центр ваги; a_i —

відстань від осі обертання окремого елемента, що проходить через його центр ваги і рівнобіжна загальній осі обертання, до загальної осі обертання.

При визначенні енергетичних параметрів слідкуючої системи, а також при її синтезі варто враховувати моменти інерції всіх елементів об'єкта регулювання. Для цього моменти інерції приводять до одного вала. Найчастіше це або вал двигуна, або вал об'єкта регулювання.

Об'єкт регулювання слідкуючої системи схематично зображено на рис. 3.1а).

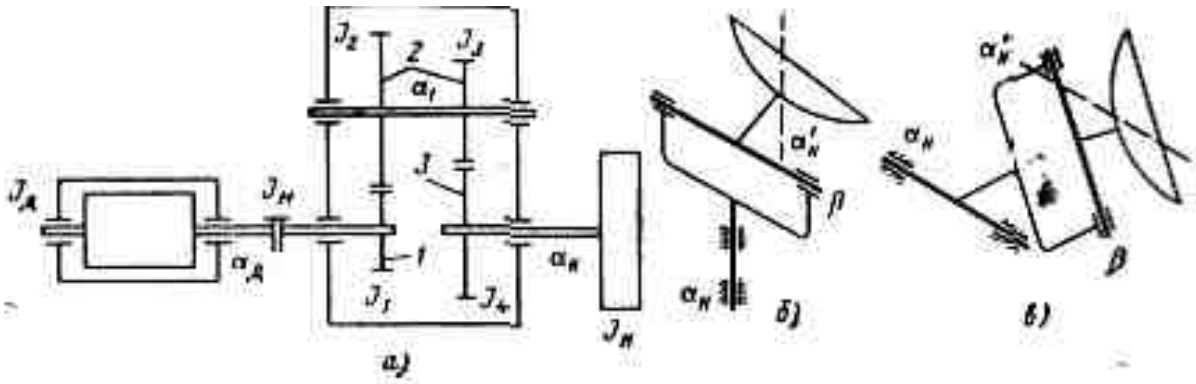


Рисунок 3.1 - Об'єкти регулювання

Нехтуючи моментами інерції валів, знайдемо кінетичну енергію механічної системи:

$$A = \frac{1}{2}J_A(p\alpha_A)^2 + \frac{1}{2}J_M(p\alpha_A)^2 + \frac{1}{2}J_1(p\alpha_A)^2 + \frac{1}{2}J_2(p\alpha_1)^2$$

$$+\frac{1}{2}J_3(p\alpha_1)^2 + \frac{1}{2}J_4(p\alpha_H)^2 + \frac{1}{2}J_H(p\alpha_H)^2$$

де $J_1, J_2 \ldots$— моменти інерції окремих елементів механічної системи;

$p\alpha_1, p\alpha_H$ — кутові швидкості окремих елементів механічної системи;

$J_Д, J_М, J_H$— моменти інерції відповідно виконавчого двигуна, муфти і робочого інструмента (навантаження);

$p\alpha_A$— кутова швидкість виконавчого двигуна;

символ $p = \frac{d}{dt}$

Розглянута механічна система може бути замінена маховиком з тією ж кінетичною енергією, прискорення якого дорівнює прискоренню кожного з валів системи, наприклад, вала двигуна. Тобто

$$A = \frac{1}{2} J_{\Sigma}^{/} (p\alpha_{Д})^2$$

З даних рівностей випливає, що

$$J_{\Sigma}^{/} (p\alpha_{Д})^2 = \left(J_{Д} + J_{М} + J_{H}\right)\left(p\alpha_{Д}\right)^2 + (J_2 + J_3)(p\alpha_1)^2 + (J_4 + J_H)(p\alpha_H)^2$$

звідки

$$J_{\Sigma}^{/} = J_{Д} + J_{М} + J_1 + \frac{1}{i_1^2}(J_2 + J_3) + \frac{1}{i_3^2}(J_4 + J_H)$$

де $i_1 = \frac{p\alpha_{Д}}{p\alpha_1}$, $i_2 = \frac{p\alpha_i}{p\alpha_H}$ — передавальні числа між валом двигуна і відповідними валами механічної системи.

Момент інерції *J*, який надалі будемо називати приведеним моментом інерції, можна розглядати як момент інерції деякого еквівалентного маховика на валу виконавчого двигуна, що має ту ж кінетичну енергію, що і вся механічна система. У цьому випадку можна говорити про приведення інерційних мас системи до вала двигуна.

В аналогічний спосіб можна здійснити приведення моментів інерції окремих елементів системи до кожного з її валів. Причому при приведенні моменту інерції тихохідного вала до швидкохідного значення моменту інерції ділимо на квадрат передавального числа від швидкохідного вала до тихохідного, а при приведенні моменту інерції швидкохідного вала до тихохідного - значення моменту інерції множимо на квадрат передавального числа.

Зазначимо, що для певного класу слідкуючих систем, момент інерції яких має змінний характер в часі, або в залежності від значення регульованих координат.(наприклад, момент інерції навантаження у стрічкопротягувальних

механізмах, чи момент інерції дзеркала антени відносно азимутальної осі при зміні кута місця).

Більш складну залежність моменту інерції навантаження мають маніпулятори і радіотехнічні засоби спостереження з двома і більш ступенями вільності. Так на рис. 1 схематично зображено опорно-поворотні пристрої радіотехнічних систем, що мають азимутальне компонування (рис. 1б) і компонування типу карданова підвіска (рис. 1в). Очевидно, що при постійному моменті інерції робочих інструментів щодо осей моменти інерції щодо осей будуть змінюватися в залежності від значень кутів. Причому зміна моменту інерції щодо осей має складний нелінійний характер, тому що, по-перше, нелінійним способом змінюється момент інерції робочого інструмента щодо осі, рівнобіжної осі , яка не проходить через центр ваги навантаження (якщо робочий інструмент не є кулястої форми і постійної щільності по всьому об'ємі), і, по-друге, як випливає з формули, момент інерції системи залежить від квадрата відстані між осями. При значних змінах моменту інерції доводиться враховувати цю зміну як при визначенні енергетичних параметрів системи, так і при синтезі її коригувальних пристроїв.

Момент в'язкого тертя пропорційний кутовій швидкості вала і протилежний їй за знаком. Його значення визначають за формулою

$$M_{\text{в.т}}(t) = k_{\text{в.т}} p\alpha_n(t)$$

де $k_{\text{в.т}}$— коефіцієнт в'язкого тертя.

Коефіцієнт в'язкого тертя залежить як від в'язкості рідини, у якій рухаються елементи пристрою, так і від конструкції елементів об'єкта регулювання.. Варто мати на увазі, що коефіцієнт в'язкого тертя $k_{\text{в.т}}$ залежить також і від температури рідини, тому що від температури залежить її в'язкість. Тому в тих випадках, коли момент в'язкого тертя досягає значень, порівнянних зі значеннями інших моментів діючих на об'єкт, доцільно обирати мастило, коефіцієнт в'язкості якого мало залежить від температури. Якщо це зробити не вдається, то, підігріваючи змазку, підтримують її температуру в досить вузькому діапазоні. Момент в'язкого тертя має істотне значення

найчастіше в редукторах, що заливаються мастилом. В інших елементах об'єкта регулювання значеннями моментів в'язкого тертя, як правило, можна знехтувати. За своїм характером до моменту в'язкого тертя близькі аеродинамічні моменти, спричинені власним рухом об'єкта регулювання при відсутності вітру.

При розрахунках усі моменти в'язкого тертя доцільно привести до якого-небудь одного валу, наприклад, валу двигуна. Якщо припустити, що втрати в механізмі відсутні, то

$$M'_{\text{в.т}}(t)p\alpha_{\text{д}}(t) = \sum_{i=1}^{n} M_{\text{в.т}l}(t)p\alpha_1(t)$$

де $M_{\text{в.т}l}(t)$ — момент в'язкого тертя в і-й ланці механізму;

$M'_{\text{в.т}}(t)$ — еквівалентний момент в'язкого тертя, приведений до вала двигуна.

Якщо коефіцієнт в'язкого тертя є однаковим для всіх елементів механізму, можна записати

$$M'_{\text{в.т}}(t) = p\alpha_{\text{д}}(t) = \sum_{i=1}^{n} M_{\text{в.т}l}(t)\frac{p\alpha_1(t)}{p\alpha_{\text{д}}(t)} = \sum_{i=1}^{n} k_{\text{в.т}l}\frac{p\alpha_{\text{д}}(t)}{i_1^3}$$

Момент сухого тертя в більшості випадків можна вважати незалежним від швидкості і спрямованим в протилежний бік. Однак це твердження справедливе лише для однорідних матеріалів за умови спеціальної обробки поверхонь. У загальному випадку момент сухого тертя є складною функцією швидкості. Якщо вважати, що момент сухого тертя не залежить від швидкості, можна записати

$$M_{C.\text{т}}(t) = M_{C.\text{т}}sign\, p\alpha_H(t)$$

Слід зауважити, що в початку координат мають місце пікові сплески даного моменту, обумовлені тертям спокою, але при визначенні енергетичних

показників системи ними можна знехтувати. Але при дослідженні динаміки слідкуючих систем, а особливо плавності їхнього руху в системах, у яких переважають статичні моменти, доцільно враховувати ці піки. Найбільш зручно змоделювати їх за допомогою аналогових моделей.

В об'єктах регулювання слідкуючих систем момент сухого тертя має найбільше значення в сальниках редуктора, особливо, якщо він заливається мастилом, і в опорах навантаження об'єкта регулювання. Останні моменти, як правило, становлять 90—95% загального значення моменту сухого тертя.

При приведенні статичних моментів до якого-небудь одного валу об'єкта регулювання вважають, що втрати в передачі відсутні. Тоді

$$M'_{С.т}(t) = p\alpha_{д}(t) = \sum_{i=1}^{n} M_{С.тi}(t) p\alpha_1(t)$$

Враховуючи, що $\frac{p\alpha_{Д}}{p\alpha_i} = i_1$, отримаємо

$$M'_{С.т}(t) = \sum_{i=1}^{n} \frac{1}{i_1} M_{С.тi}(t)$$

Момент неврівноваженості обумовлений розбіжністю центра ваги рухомих частин навантаження і центра її обертання (хитання). Якщо відстань від центра ваги навантаження до її центра обертання не змінюється, то момент неврівноваженості визначається тільки її положенням. Як правило, зміна моменту неврівноваженості $M_{кр}$ відбувається за косинусоїдальним законом, тобто

$$M_{кр}(t) - Plcos\, p\alpha_H(t)$$

де P — маса рухомих частин робочого вузла;

l — відстань центра ваги рухливих частин робочого вузла від центра хитання.

Можна виділити певний клас об'єктів регулювання, у яких відстань від центра ваги навантаження до центра обертання змінюється в залежності від її

біжучого положення. До таких систем можна віднести маніпулятори, радіотехнічні засоби спостереження, що мають два і більше ступенів вільності. У цих системах зміна моменту неврівноваженості має більш складний характер і визначається добутком тригонометричних функцій від кутів повороту навантаження. Як приклад можна привести двохосьові системи, наведені вище при розгляді моментів інерції об'єктів регулювання.

У слідкуючих системах великої потужності, момент неврівноваженості може досягати істотних значень. Для його зменшення передбачають систему противаг. Однак у цьому випадку збільшується момент інерції об'єкта регулювання, тому при виборі противаг необхідно приймати до уваги значення моменту інерції системи в цілому.

До моменту неврівноваженості близький так званий шарнірний момент $M_{\text{Ш}}(t)$, величина якого залежить від кута повороту навантаження:

$$M_{\text{Ш}}(t) = k_{\text{Ш}}\alpha_H(t)$$

де $k_{\text{Ш}}$ — коефіцієнт шарнірного моменту.

Шарнірний момент слід враховувати, наприклад, у кермових механізмах, а також у кривошипно-шатунних механізмах різного роду.

Окрім зазначених моментів на об'єкт регулювання можуть діяти моменти, що мають специфічний характер, наприклад, *вітровий момент*. Він залежить від парусності об'єкта регулювання, виносу його щодо центра хитання і відносної швидкості вітрового потоку. Вітровий потік можна розглядати як сукупність складових: постійного по швидкості географічного вітру, флуктуації щодо середнього географічного вітру (значення математичного очікування) і вітру, викликаного власним переміщенням об'єкта регулювання.

Зміна середньої швидкості географічного вітру по висоті відбувається за логарифмічним законом:

$$U_z = U_{Z_0} \frac{ln\frac{z}{a}}{ln\frac{z_0}{a}}$$

де U_{Z_0} — швидкість вітру на висоті Z_0; a — параметр «шорсткості» (рівень, де швидкість вітру в середньому дорівнює нулю).

Зміну швидкісного напору Q з висотою можна представити квадратичною залежністю, тобто

$$Q = Q_0 \frac{ln^2\frac{z}{a}}{ln^2\frac{z_0}{a}}$$

де $Q = c\frac{\rho}{2}U_{z_0}^2$ — швидкісний напір на висоті Z_0;

ρ — щільність повітря;

c — коефіцієнт аеродинамічної сили.

Важливою характеристикою вітрового потоку є його поривчастість. Коефіцієнт поривчастості визначається відношенням максимальної швидкості вітрового потоку в пориві до середньої швидкості протягом «характерного проміжку», тобто

$$k = U_{zmax}/U_{zcp}$$

За характерний проміжок на морі, наприклад, приймають напівперіод хитавиці корабля. Зі збільшенням швидкості вітру цей коефіцієнт спадає. Наприклад, при силі вітру в 6 балів коефіцієнт поривчастості $k = 1{,}6$, при силі вітру 12 балів k = *1,3*. З ростом висоти коефіцієнт поривчастості теж падає, але варто мати на увазі, що коефіцієнт поривчастості — це відносна міра, а не абсолютна. Можна вважати, що пориви вітру мають нормальний закон розподілу, а випадкова складова швидкісного напору визначається рівністю

$$Q_n = mQ$$

де $m = \alpha \frac{\sigma}{Q}$ — коефіцієнт пульсацій швидкісного напору;

Q — середній швидкісний напір;

σ — стандарт кривої розподілу пульсацій швидкісного напору;

α — число стандартів (переважно приймається рівним 2—3). При вказаних значеннях a коефіцієнт пульсацій $m = (0{,}25 \div 0{,}35)$ і випадкова складова швидкісного напору

$$Q_n = (0{,}25 \div 0{,}35)Q$$

Таким чином, сумарний момент від вітрового потоку можна представити як:

$$M_n(t) = kSl(Q + Q_n + Q_d)$$

де k — коефіцієнт потокозчеплення;

S — площа об'єкта регулювання;

l — плече геометричного центру об'єкта регулювання відносно центра хитання;

Q_d — швидкісний напір від власного руху об'єкта регулювання.

Отже, математична модель системи може бути представлена у вигляді умови зрівноваженості моментів - моменту приводу, з одного боку, і суми моментів, направлених на виконання призначеної дії та на подолання паразитних впливів. Як було зазначено вище, в загальному випадку до них належать:

- моменти інерції (приведений момент інерції),
- моменти в'язкого тертя (приведений момент в'язкого тертя),
- моменти сухого тертя (приведений момент сухого тертя),
- момент неврівноваженості,
- шарнірний момент,
- вітровий момент.

Стосовно конкретного випадку, при побудові математичної моделі системи спершу слід визначитися в наступних питаннях:

1. котрі із наведених факторів суттєво впливають на процеси, що в ній відбуваються (суттєвість впливу оцінюється точністю відтворення моделлю характеристик системи, наперед заданих користувачем);

2. які параметри системи потрібні для опису цих факторів (вони можуть бути результатами вимірювань, табличних значень та обчислень, точність виконання яких також слід враховувати);

3. враховуючи п.1, записати вирази для включених в розгляд моментів, від яких залежать процеси в системі;

4. записати рівняння балансу між привідними моментами і моментами опору;

5. перевірити розмірності доданків, що ввійшли в записане рівняння.

6. звести отримане рівняння до канонічного виду (звичайного диференційного рівняння n-го порядку, або рівняння стану - системи диференційних рівнянь).

Методи дослідження отриманої математичної моделі системи залежатимуть від мети, з якою проводилося моделювання. Так оцінку керованості системи і її стійкості часто можна здійснювати не вдаючись до розвязування рівнянь, що представляють ММ, для дослідження динамічних характеристик (часу встановлення перехідного процесу, показника перерегулювання, тощо) слід звернутися до знаходження розв’язку диференційного рівняння, здебільшого числовими методами.

3.2 Основні метрологічні характеристики засобів вимірювання

Засіб вимірювання є технічним пристроєм, який використовуються при вимірюваннях та має нормовані метрологічні властивості. За метрологічним призначенням засоби вимірювань поділяються на зразкові та робочі. Зразкові призначені для повірки інших засобів вимірювань (як робочих, так і зразкових меншої точності). Робочі засоби вимірювань призначені для вимірювання значень фізичних величин в повсякденній діяльності людини.

В межах єдиної вимірювальної системи інформація про значення фізичних величин передається від одного засобу вимірювання до іншого за допомогою сигналів. Найчастіше в ролі сигналів використовуються:

– сигнали постійного рівня (постійні електричні струми та напруги, тиск стисненого повітря, світловий потік);

– синусоїдні сигнали (змінний електричний струм або напруга);

– послідовність прямокутних імпульсів (електричних або світлових).

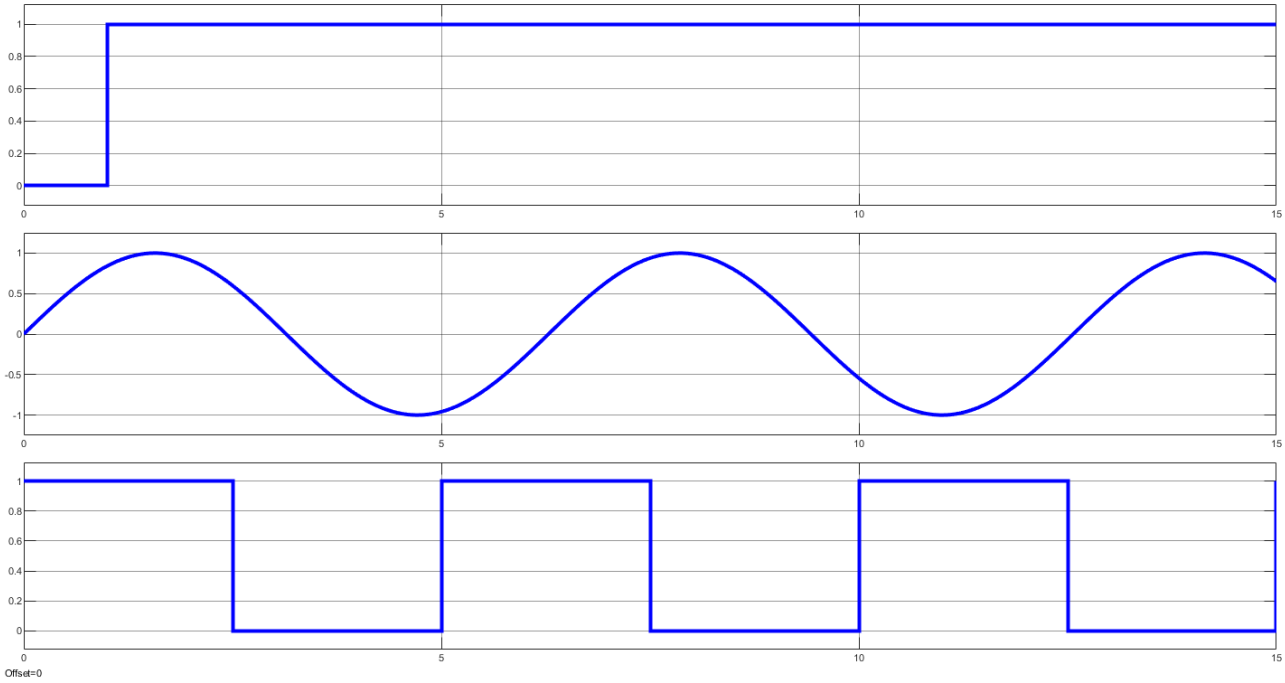


Рисунок 3.2 - Типові сигнали для передачі інформації в межах вимірювальної системи

При виборі засобів вимірювань необхідно враховувати їх метрологічні характеристики, а саме:

– довжину поділки шкали (відстань між серединами двох сусідніх відміток (штрихів, точок тощо) шкали);

– ціну поділки (різницю значень величин, що відповідають двом сусіднім відміткам шкали);

– градуювальну характеристику (залежність між значеннями величин на виході та вході засобу вимірювання);

– діапазон показів (область значень шкали, яка обмежена кінцевим та початковим значеннями шкали, тобто найбільшим та найменшим значеннями вимірюваної величини);

– діапазон вимірювань (область значень вимірюваної величини, в межах якої нормовані допустимі межі похибки засобу вимірювання);

– чутливість приладу (відношення зміни сигналу на виході вимірювального приладу до зміни вимірюваної величини);

– варіацію (нестабільність) показів приладу (алгебраїчну різницю між найбільшим та найменшим результатами вимірювань при багатократному вимірюванні однієї і тої ж величини в незмінних умовах);

– стабільність засобу вимірювання (властивість незмінності в часі його метрологічних характеристик).

Технічні характеристики, що описують загальні властивості, необхідні для функціонування засобів вимірювання та характеризують результати і похибки вимірювань, подаються як їх метрологічні характеристики. До них належать:

– клас точності засобів вимірювань. Клас точності, дає узагальнену метрологічну характеристику засобу. Вимоги до метрологічних характеристик встановлюються в стандартах для засобів вимірювань конкретного типу. Класи точності присвоюються засобам вимірювань з врахуванням результатів державних приймальних випробовувань;

– метрологічна надійність засобів вимірювань. В процесі експлуатації будь-якого засобу вимірювання може виникнути несправність або поломка, яка називається відмовою. Метрологічна надійність – це властивість засобів вимірювань зберігати встановлені значення метрологічних характеристик протягом визначеного часу в нормальних режимах та робочих умовах експлуатації. Вона характеризується інтенсивністю відмов, ймовірністю безвідмовної роботи та напрацюванням на відмову. Інтенсивність відмов визначається виразом

$$\lambda = N \Delta t L,$$

де L – число відмов; N – число однотипних елементів; Δt – проміжок часу.

– метрологічна атестація засобів вимірювань Під метрологічною атестацією розуміють дослідження засобу вимірювання, яке виконується метрологічним органом з метою визначення його метрологічних властивостей та видачі відповідного документу з наведенням отриманих даних. За результатами метрологічної атестації засобу вимірювання приписуються визначені метрологічні характеристики, визначається можливість застосування його як зразкового або робочого засобу вимірювання.

Таким чином невизначеність результату вимірювання (рис.3.3) обумовлена як ціною поділки шкали вимірювального засобу так і суб'єктивними причинами: умовами зовнішнього середовища, помилками оператора, а також втратою адекватності показів вимірювального засобу через тривалу експлуатацію.

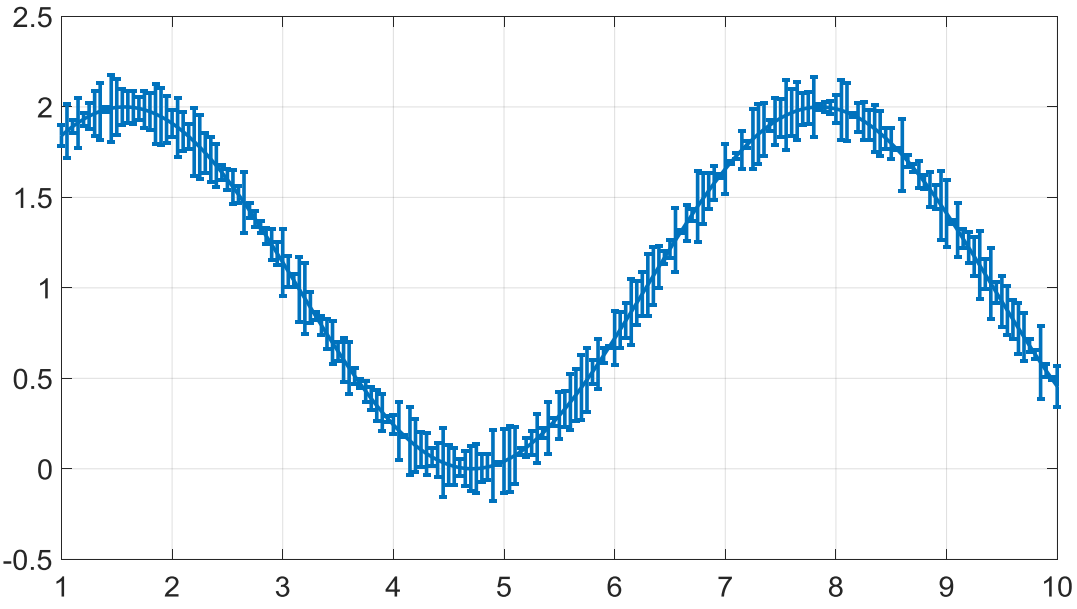


Рисунок 3.3 - Інформація про вимірювальну величину із врахуванням ціни поділки вимірювального засобу

3.3 Автоматизація процесу фіксування стрілки тестованого індикатора на шкалі повірочного засобу

Пристрій для реєстрації положення стрілки вимірювального засобу на контрольній шкалі може бути виконаний у вигляді фотоматриці, на яку проектується ділянка контрольної шкали, як показано на Рис.3а) і стрілка індикатора (рис. 3б)).

Визначення положення проекції стрілки на шкалу здійснюється за аналізом піксельного зображення на фотоматриці за допомогою програмного забезпечення.

Відхилення проекції стрілки індикатора (Рис. 3.4 б) від нульового положення пропорційне похибці тестованого індикатора за наступним алгоритмом

1. Для зображень проекції шкали і проекції шкали із накладеною проекцією стрілки піксельні ваги елементів фотоматриці сумуємо по стовбцях;
2. Обчислюємо ценри ваги в отриманих одновимірних масивах як

$$X_c = \frac{\sum_{i=1}^{n} x_i \, i}{\sum_{i=1}^{n} x_i}$$

3. Значення відхилення знаходимо як відстань між центрами ваги зображень проекції шкали із стрілкою і проекції шкали без проекції стрілки і:

$$\Delta = X_{c1} - X_{c2}$$

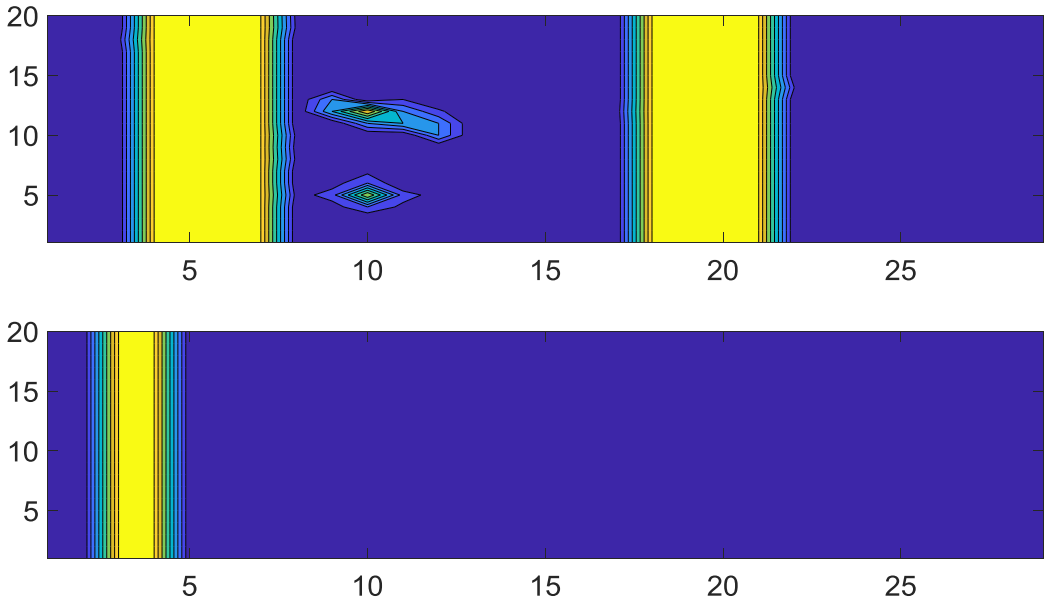


Рисунок 3.3 - Положення шкали (а) і стрілки (б) на фотоматриці

4. Отримані значення переводимо в зміщення на шкалі приладу.

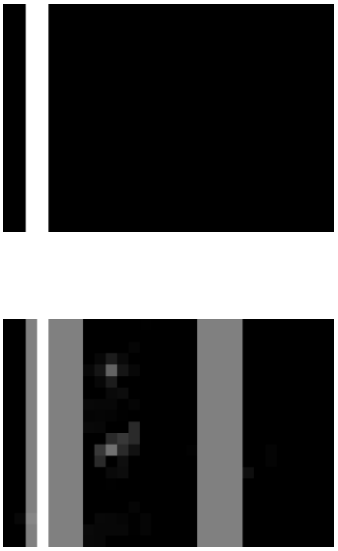


Рисунок 3.4 - Проекція стрілки а) і її накладання на проекцію шкали б) на фотоматриці.

За порівнянням отриманого значення із допустимою похибкою робимо висновок, що придатність індикатора для подальшої експлуатації.

Висновок

Розглянутий спосіб автоматизації процесу повірки підвищує точність вимірювань і скорочує час проведення процедури.

4 СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА

4.1 Розрахунок температурного режиму драйвера керування кроковим двигуном

Для керування кроковим двигуном використано драйвер схема якого зображена на рисунку 4. .

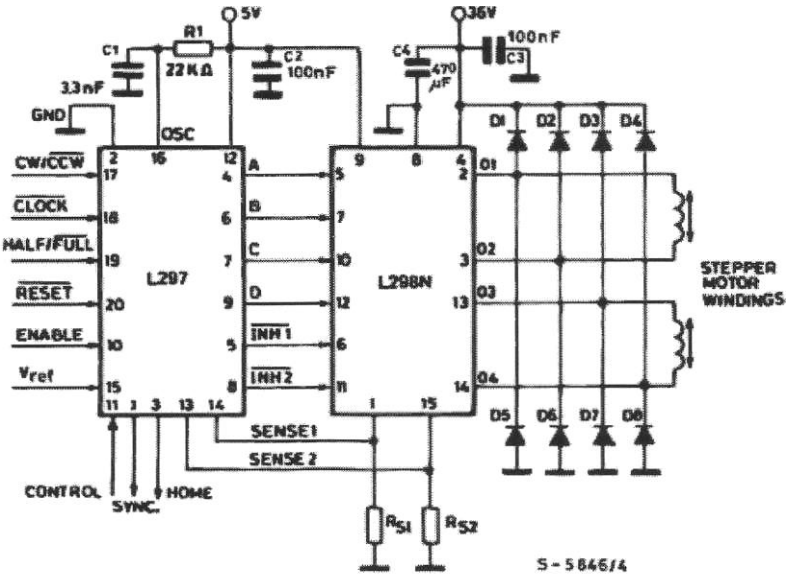
L297 - схема керування кроковими двигунами

L298 - інтегральна мікросхема являє собою чотирьох канальний напівмостовий струмовий перемикач, призначений для двигунів постійного стуму, кроковими двигунами, обмотками реле, потужними транзисторами.

Особливості:

- складається з чотирьох півмостових каналів, об'єднаних попарно входами керування третім станом
- кожен канал керується логічним входом, сумісним з ТТЛ - логікою
- вхід Е переводить свою пару каналів у стан з високим імпедансом на виході
- вбудована схема теплового захисту
- напруга комутації до 36В
- чотири середні виводи з'єднаних із загальним висновком використовуються для відводу тепла кристалу.

Мікросхема L298 в залежності від навантаження під час своєї роботи може виділяти значну кількість тепла. Тому необхідно забезпечити відповідний температурний режим даної мікросхеми.



$R_{S1} = R_{S2} = 0.5\ \Omega$

Рисунок 4.1 - Схема включення драйвера крокового двигуна

Розрахунок радіатора напівпровідникового приладу

Вихідні дані

t_{max}- максимальна температура переходу;

$R_{\text{вн}}$ - внутрішній тепловий опір приладу;

$P_{\text{роз}}$- потужність, що розсіюється приладом;

t_c - температура навколишнього середовища;

$R_{\text{оп}}$- контактний опірний прилад - теплостік (величина $R_{\hat{E}\grave{O}}$ лежить в межах 0.1... 1,0 град/Вт).

Послідовність розрахунку

1. Визначається перегрів місця кріплення приладу з радіатором

$$\Delta t = (t_{max} - t_c) - P_{\text{роз}}(R_{\text{вн}} + R_{KT})$$

де R_{KT} - контактний опір прилад – теплостік $R_{KT} = 2.2 \cdot 10^{-4} / S_k$,

S_k - площа контактної поверхні, м^2

$R_{\text{т}}$ - Тепловий опір теплостік (радіатор)

При цьому має виконуватись умова $P_{\max} > P_{pac}$.

$$S_k = 17{,}5\text{мм}^2 \cdot 19{,}6\text{мм}^2 = 3{,}43 \cdot 10^{-4}\text{м}^2$$

$$R_T = 2{,}2 \cdot {}^{10^4}/_{S_k} = 2{,}2 \cdot {}^{10^4}/_{3{,}43 \cdot 10^4 \text{м}^2} = 0{,}64$$

$$\Delta t = (t_{max} - t_c) - P_{\text{роз}}(R_{\text{вн}} + R_{KT}) = (75 - 20) - 25 \cdot (3 + 0{,}64) = 36$$

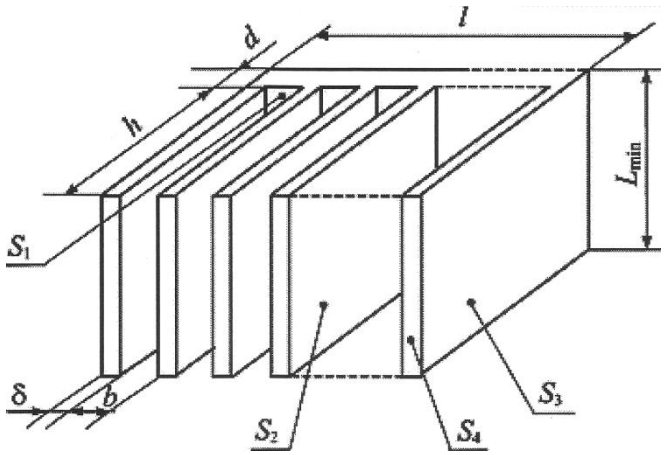


Рисунок. 4.2 - Односторонній ребристий радіатор

2. *Тепловий опір теплостік - середовище* визначається за формулою

$$R_{\text{тс}} = \frac{(t_{max} - t_c) - P_{\text{роз}}(R_{\text{вн}} + R_{KT})}{qP_{\text{роз}}}$$

де q- коефіцієнт, що враховує нерівномірність розподілу температури по радіатору (q= 0.9).

$$R_{TC} = \frac{(75-20) - 25 - (3 + 0.64)}{0.9 - 25} = 1.6$$

3. Середньоповерхнева температура перегріву радіатора ΔT_p (рис.7)

$$\Delta T_p = P_{рас} \cdot R_{TC}$$

$$\Delta T_p = P_{рас} \cdot R_{TC} = 25 \cdot 1.6 = 40$$

4. за значенням ΔT_p *(рис.8) знаходять мінімальну висоту радіатора* Lmin

Вибираємо Lmin=90

5. Задаються габаритами радіатора:

l – ширина радіатора;

b – відстань між ребрами

h – висота ребра

d– товщина основи радіатора

Рекомендується дотримуватися наступних співвідношень,

при основі радіатора 90·90 мм: δ = 3мм; d = 5 мм; h = 20 мм; b = 12 b = 6 мм (примусовий рух повітря).

6. Відстань між ребрами

$$b = \frac{L_{\min} - \delta n}{n - 1}$$

де п і δ - Число і товщина ребра.

Відстань між ребрами визначають з умови b > А, де А товщина граничного шару (природна конвекція А = 8 ... 10 мм, вимушена - А> 2,5 мм).

Вибираємо охолодження за допомогою природної конвекції. Відповідно приймаємо b = 12 мм.

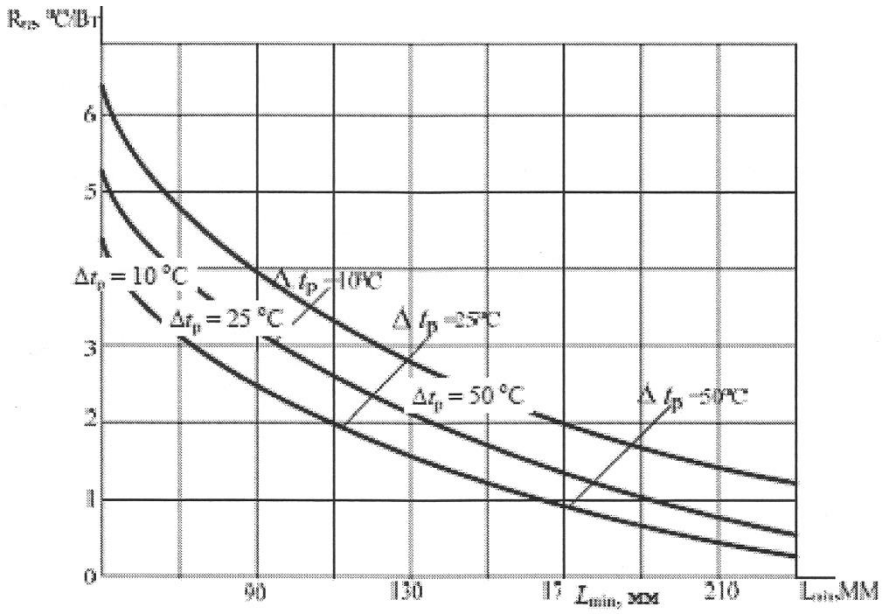


Рисунок 4.3 - Зміна опору R_{TC} від розміру ребра радіатора і ΔT_p, при 50 °С; ε = 0,9; δ = 0,2 см; h = 30мм

Товщина і висота ребра вибираються з умови

$$\frac{\delta}{h^2} > \frac{\alpha}{\lambda},$$

де: h - висота ребра;

α - сумарний коефіцієнт тепловідведення;

λ - теплопровідність матеріалу радіатора.

Ширину радіатора 1 визначають з конструктивних міркувань, вважаючи

$$1 \approx L_{\min};$$

$$l - n(b + \delta) - b$$

Кількість ребер $n = 7$

Назва матеріалу	, кг/м^3	λ, Вт/(м^2°С)
Мідь	8960	390
Сплав алюмінію	2660	236

Вибираємо в якості матеріалу сплав алюмінію.

7.Доцільність оребрення радіатора визначається в залежності від значення критерію Біо

$B_i = 0.5\alpha\delta / \lambda$

$Bi < 1$(ребро охолоджується)

$Bi < 1$ (ребро ізолятор)

$Bi = 1$(ребро не впливає)

$B_i = 0,5*25*3 / 236 = 0,16<1$

Отже використання радіатора із ребрами є доцільним

Всю поверхню радіатора розбивають на частини:

S1- площа між ребрами;

S2- площа ребер, пророщення один до одного;

S3- площа крайніх ребер;

S4- площа торців ребер;

S5- неоребрена площа.

Неоребрена площа

$$S_5 = lL = 8{,}1 - 10^3 \text{м}^2 \text{ Обребрена площа}$$

$$S_{\text{обр}} = S1 + S2 + S3 + S4 = (i-1)(b \cdot l) + 2hl(i-1) +$$

$$+2(h+d)L_{\min} + 2nh\delta + n\delta L_{\min.}$$

$$S_{\text{обр}} = S1 + 6 \cdot 12 \cdot 90 + 2 \cdot 20 \cdot 90 \cdot 6 + 2 \cdot 23 \cdot 90 + 2 \cdot 3 \cdot 90 \approx 35^{-3} \text{м}^2$$

9. Поєні коефіцієнти тепловіддачі оребренної і неоребренної поверхонь

$$\alpha_{\tilde{a}\ddot{e}} = \alpha_{\ddot{e}.\tilde{a}\ddot{e}} + \alpha_{\hat{e}.\tilde{a}\ddot{e}}, \alpha_{\hat{i}\,\acute{a}\mathring{a}\eth} = \alpha_{\ddot{e}.\hat{i}\,\acute{a}\mathring{a}\eth} + \alpha_{\hat{e},\hat{i}\,\acute{a}\mathring{a}\eth}, \alpha_{\ddot{e}} = \varepsilon_{\ddot{i}}\,\varphi_{ij}\,f(t_{\grave{O}} - t_{\tilde{N}})$$

Для поверхонь S1 та S2 коефіцієнти взаємного опромінення визначаються з графіка (рис. 9) або розраховуються

$$f(t_i, t_c) = 5{,}67[(t_i + 273)^4 - (t_c + 273)^4] \cdot 10^{-8}(t_i - t_c)^{-1}$$

Конвективний коефіцієнт тепловіддачі, Вт / (см / С),

$$\alpha_K = 5{,}62A(t_M)B;$$

$$B = \left(\frac{t_{\ddot{I}\ .\max} - t_c}{L_{\min}} \right)^{1/4}$$

де - $t_i = 0.5(t_{\ddot{I}\ .\max} + t_c)$

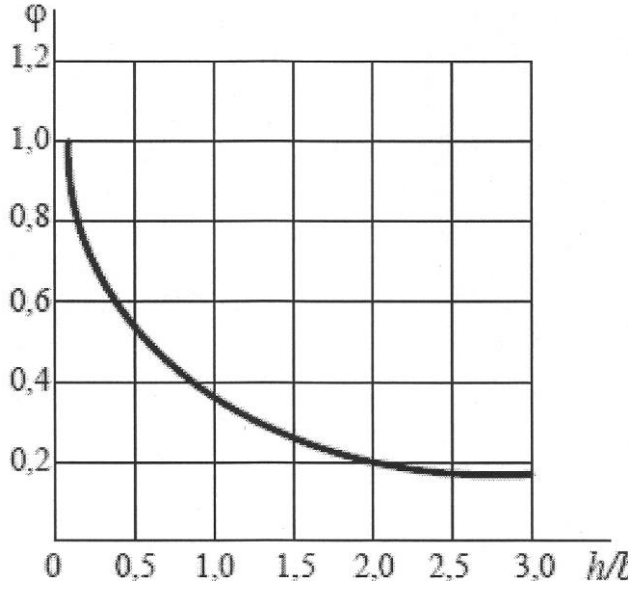


Рисунок 4.4 - Коефіцієнт взаємного опромінення

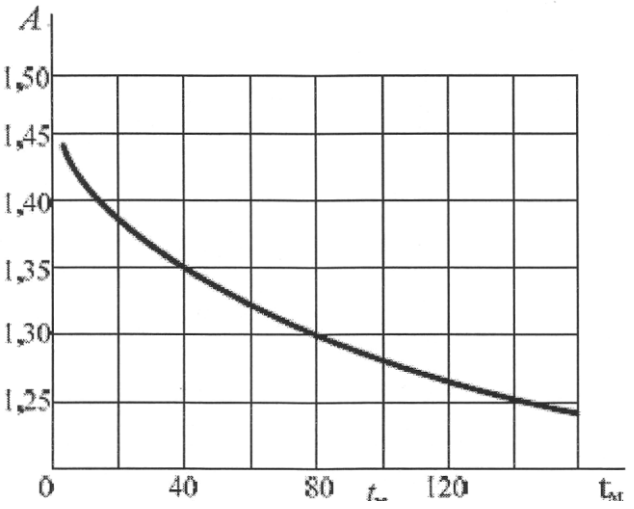


Рисунок 4.5 - Залежність $A(t_i)$

Величина $A(t_i)$ враховує властивості середовища і знаходиться за графіком.

Вплив атмосферного тиску на величину $A(t_i)$ знаходять з графіка.

10. Потужність, що розсіюється гладкою поверхнею радіатора, Вт,

$$P_{\text{роз}}=\alpha_k S_k(t_1 - t_c)$$

$$P_{\text{роз}}=25 \cdot 8{,}1 \cdot 10^{-3}(75 - 20) \approx 11{,}1\text{Вт}$$

11. Величина теплового опору гладкій поверхні, , °С/ Вт,

$$P'_{\text{роз}} = \frac{1}{\alpha_k S_k}$$

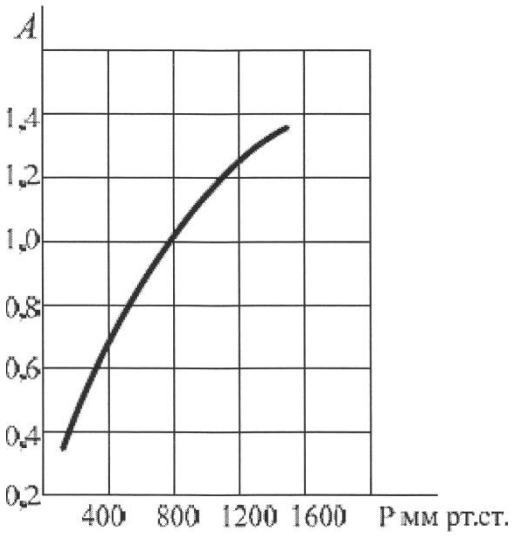


Рисунок 4.6 - Залежність А від атмосферного тиску

12. Потужність, що розсіюється оребреною поверхнею,

$$P_0 = \sum P_i = \sum S_i[\alpha_{ik}(t_{it} - t_{ic}) + \alpha_{in}(t_{it} - t_{ic})],$$

де P_i - потужність, що розсіюється і-й поверхнею; t_{ic} - температура середовища між ребрами.

Температура повітря поблизу поверхонь S3, S4 і S5 дорівнює t_i.

Температура повітря поблизу поверхонь S1 та S2 (між ребрами) дорівнює

$$t_{iC} = t_T - (t_T - t_C)H,$$

де H - відносний температурний напір;

$t_T -$ середньоповерхнева температура теплостоку.

Якщо ребра розташовуються вертикально, то

$$\acute{I} = f(\eta),$$

де $\eta = A4(t_i)bC, t_i = 0,5(t_{\grave{o}} + t_{\tilde{n}})^{1/4} / (L)^{1/4}$;

$t_{ci} = t_c$ для S3, S4, S5. $t_{ci} = t_{ic}$ S1 та S2 (коефіцієнт торцевих поверхонь ребер приймається рівним крайнім ребрам).

Тепловий опір оребренної поверхні, °С/ Вт,)

$$P'_{TC} = \frac{t_T - t_C}{P}$$

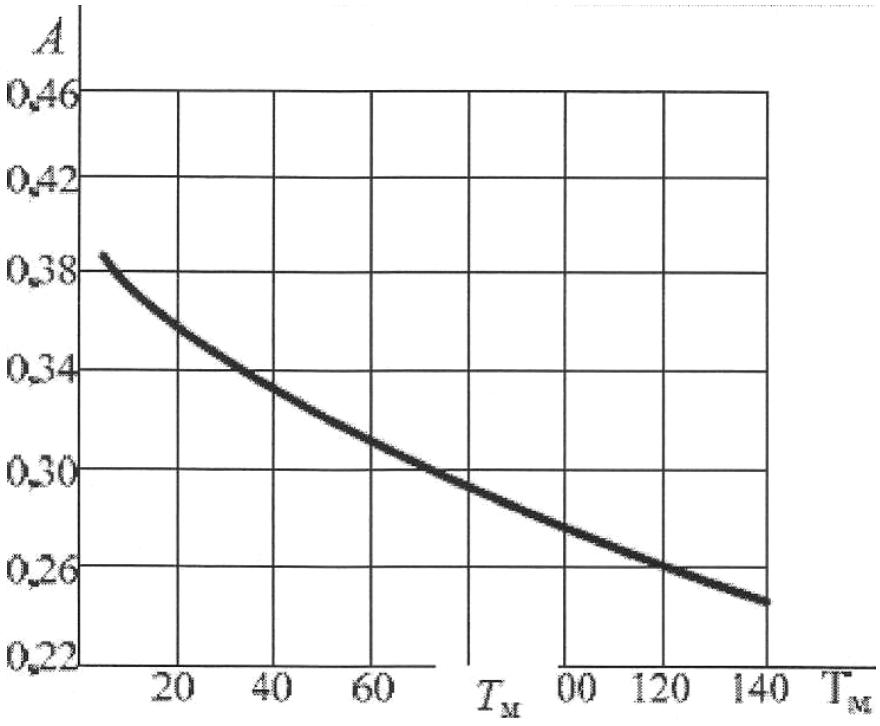


Рисунок 4.7 - Залежність А = f ($t_М$)

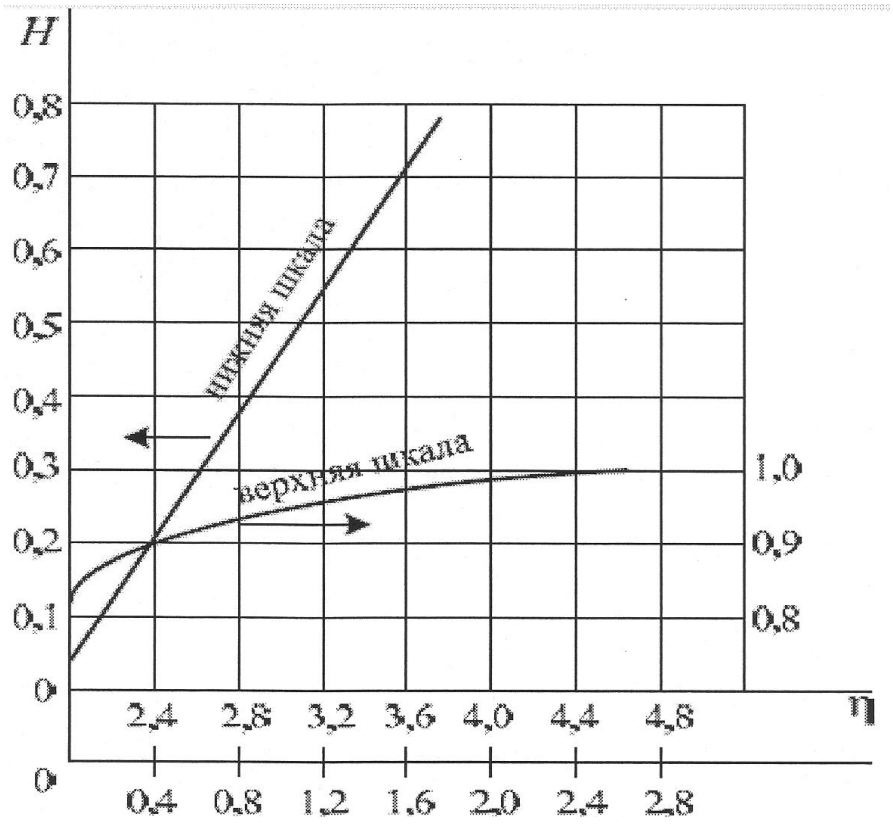


Рисунок 4.8 - Залежність H = f (η)

Загальний тепловий опір дорівнює

$$R_{TC}^{\text{заг}} = \frac{R_{TC}^{/} R_{TC}^{//}}{R_{TC}^{/} + R_{TC}^{//}}$$

Потужність що розсіюється радіатором, Вт,

$$P_{\text{рад}} = P_{\text{роз}} + P_{\text{т}}$$

$$P_{\text{рад}} + P_{\text{т}} = 11{,}1 + 27 \approx 38 \text{ Вт}$$

Необхідно виконати умову

$$P_{\text{рад}} \geq P_{\text{роз}}$$

$$37 \text{ Вт} \geq 25 \text{ Вт}$$

Вибраний радіатор задовольняє вимогам.

5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

5.1 Підвищення стійкості роботи підприємств приладобудівної галузі у воєнний час

Під стійкістю роботи підприємства приладобудівної галузі розуміють здатність його в умовах надзвичайних ситуацій мирного і воєнного часу випускати продукцію в запланованому обсязі й номенклатурі, а при одержанні слабких і середніх руйнувань, порушенні зв'язків по кооперації і постачанням відновлювати виробництво в мінімальний термін.

Підвищення стійкості роботи об'єкта господарювання є складною задачею, що вимагає великих матеріальних витрат і постійної уваги з боку всіх органів ЦЗ. Заходи щодо підвищення стійкості роботи об'єкта господарювання в умовах воєнного часу проводяться як у мирний час, воєнний час так і при погрозі нападу супротивника. На мирний час плануються, головним чином, трудоємні заходи, що вимагають значних матеріальних витрат і часу. Економічна ефективність цих заходів може бути досягнута при їхньому максимальному пов'язанні з задачами по забезпеченню безаварійної роботи об'єкта, поліпшенню умов праці, удосконалюванню виробничого процесу.

Здатність об'єкта народного господарства випускати продукцію залежить від захисту і нормального функціонування чотирьох основних елементів сучасного виробництва, якими є:

– виробничий персонал (робітники та службовці); – будинки і споруди з технологічним устаткуванням;

– система постачання енергією, водою, паливом, устаткуванням і ремонтною базою;

– система виробничих і кооперативних зв'язків з іншими об'єктами.

Тому стійкість роботи об'єктів і галузі народного господарства в цілому в умовах воєнного часу визначається наступними факторами:

– надійністю захисту робітників та службовців від усіх вражаючих факторів зброї масового ураження;

– здатністю інженерно-технічного комплексу (ІТК) об’єкта протистояти вражаючим факторам вибуху;

– надійністю системи постачання об’єкта всім необхідним для виробництва продукції (сировиною, паливом, що комплектують виробами, електроенергією, водою, газом тощо.);

– захищеності об’єкта від вторинних вражаючих факторів (пожеж, вибухів, затоплень, зараження місцевості отруйними і сильнодіючими отруйними речовинами);

– стійкістю і безперервністю керування виробництвом і цивільною обороною;

– підготовленість об’єкта до проведення рятувальних та інших невідкладних робіт і робіт з відновленням порушеного виробництва.

Перераховані фактори визначають собою й основні, загальні для всіх об’єктів господарювання, шляхи підвищення стійкості роботи в надзвичайних ситуаціях, а саме:

– забезпечення надійного захисту робітників та службовців від вражаючих факторів зброї масового ураження;

– захист основних виробничих фондів від вражаючих факторів, у тому числі й від вторинних; – підвищення надійності й оперативності керування виробництвом;

– забезпечення стійкості постачання всім необхідним для випуску запланованої на час надзвичайних ситуацій продукцією; – підготовка до відновлення порушеного виробництва.

Для забезпечення умов підвищення стійкості роботи підприємств приладобудівної галузі у воєнний час необхідно провести оцінку та розробити і втілити необхідні заходи по захисту працівників та обладнання від наслідків ураження різними видами зброї.

Дослідження стійкості підприємства проводиться силами інженерно-технічного персоналу із залученням фахівців науково-дослідних і проектних організацій, пов’язаних із даним підприємством. Організатором і керівником дослідження є голова підприємства – начальник ЦЗ об’єкта.

5.2 Методи і засоби захисту

Захист робітників та службовців від зброї масового ураження в сучасних умовах здійснюється трьома основними способами:

– укриття людей у захисних спорудженнях (сховищах, протирадіаційних укриттях);

– проведення евакуації робітників, службовців і членів їхніх родин;

– використання засобів індивідуального захисту, а також проведенням заходів щодо протирадіаційного, протихімічного і протибактеріологічного захисту з урахуванням конкретних обставин.

Захист засобів виробництва полягає в підвищенні фізичної опірності будинків, споруджень і конструкцій об’єкта до впливу вражаючих факторів ядерного вибуху, захисту технологічного і верстатного устаткування, засобів зв’язку й інших засобів, що складають матеріальну основу виробничого процесу.

Підвищення надійності й оперативності керування підприємством приладобудівної галузі і цивільним захистом досягається створенням на об’єкті стійкої системи керування, високої підготовки керівного і особового складу ЦЗ до виконання покладених функціональних обов’язків, своєчасним прийняттям рішень і постановкою задач підлеглим відповідно до обставин, що складаються.

Підготовка до відновлення порушеного виробництва здійснюється завчасно і передбачає планування відбудовних робіт по декількох варіантах: підготовку ремонтних бригад, створення необхідного запасу матеріалів і устаткування, надійний його захист.

Інженерно-технічні заходи, як правило, включають комплекс робіт, що забезпечують підвищення стійкості виробничих будівель і споруд, верстатного і технологічного устаткування, комунально-енергетичних систем. Технологічні заходи забезпечують підвищення стійкості роботи підприємства приладобудівної галузі шляхом зміни технологічного процесу, що сприяє прискоренню виробництва продукції і виключає можливість утворення вторинних вражаючих факторів.

5.3 Вимоги до систем електропостачання

Електропостачання є основою усякого виробництва. Порушення нормальної подачі електроенергії на підприємство чи окремі ділянки виробництва може призвести до повного припинення роботи підприємства.

Для забезпечення надійного електропостачання в умовах війни при його проектуванні та будівництві повинні бути враховані наступні основні вимоги, що випливають із задачі цивільного захисту:

- електропостачання повинне здійснюватися від енергосистем, до складу яких входять електростанції, що працюють на різних видах палива;

- районні понижуючі станції, диспетчерські пункти енергосистем і лінії електропередач варто розміщати за межами зон можливих сильних руйнувань.

- постачання електроенергією підприємств, що не припиняють роботу у воєнний час, необхідно передбачати від двох незалежних джерел. При електропостачанні підприємства від одного джерела повинне бути не менш двох уведень з різних напрямків;

- трансформаторні підстанції необхідно надійно захищати, їхня стійкість повинна бути не нижчою ніж стійкість самого підприємства.

- електроенергію до ділянок виробництва варто подавати по незалежних електрокабелях, прокладених у землі на глибині 0,8 – 1,2 м;

- крім того, необхідно створювати автономні резервні джерела електропостачання. Для цього можна використовувати пересувні електростанції на залізничних платформах і суднах, малопотужні електростанції, не включені в енергосистеми, тощо;

- при проектуванні систем електропостачання варто зберігати в якості резервних дрібні стаціонарні електростанції підприємств.

Організаційні заходи передбачають розробку і планування дій керівного, командно-начальницького складу, штабу, служб і формувань ЦЗ при захисті робітників та службовців підприємства й інших невідкладних робіт.

Захист основних систем життєзабезпечення від ударної хвилі здійснюється:

– заглибленням комунально-енергетичних мереж;

– створенням резервних джерел постачання електрикою, газом, водою;

– установкою запірно-регулюючих пристосувань;

– подача енергоносіїв із різних напрямків (не менш двох);

– пристрій роздільних систем.

Для підвищення протипожежної стійкості на підприємстві приладобудівної галузі проводяться профілактичні заходи як для запобігання пожеж, так і для створень умов, що ускладнюють поширення вогню і полегшують боротьбу з ним у осередках виникнення. Це забезпечується шляхом: підвищення вогнестійкості різних конструкцій; створенням мережі водойм на території підприємства; створення площадок для пожежної техніки; захист відкритих технологічних установок; зменшення на виробництві до технологічно обґрунтованого мінімуму легкозаймистих матеріалів; зміною технологій, що виключають застосування вогненебезпечних і вибухонебезпечних речовин; застосування автоматичних ліній засобів гасіння пожеж.

Варто також підкреслити, що найважливішою умовою успішного вирішення задачі захисту людей є навчання їх правилам дії по сигналах оповіщення цивільного захисту, застосуванню способів і засобів захисту, наданню самодопомоги і взаємодопомоги, діям у складі формувань цивільного захисту.

На даний час, як відомо, реальна загроза руйнування її з використанням сучасних засобів нападу висувають у число основних задач підвищення стабільної роботи об’єктів господарювання у воєнний час. Виконання цієї задачі покладається на сили цивільної захисту. Підвищення стійкості роботи досягається проведенням ряду організаційних та інженерно-технічних заходів, що враховують вимоги ЦЗ та БЖД. Результати оцінки стійкості роботи об’єкта і спрямованих на забезпечення безперебійності виробничого процесу в надзвичайній ситуації допомагають досягти максимального зниження можливих втрат і руйнувань, характерних для умов воєнного часу.

ВИСНОВКИ

У даній кваліфікаційній роботі магістра були опрацьовані такі питання:

1. Зроблено аналіз наявних на даний час методів та засобів проведення вимірів, створено опис типів приладів для вимірювання

2. Зроблено опис схеми функціональну даного приладу, проведено розрахунок його механічних елементів та проведено розрахунок похибки приладу

3. Проведено дослідження та створено модель математичну, що описує залежність показів давачів тензометричних від навантаження

4. Здійснено створення та опис схеми включення драйвера керування кроковим двигуном та проведено розрахунок температурного режиму даного драйвера

5. Розглянуто та описано заходи, потрібні для того, щоб впровадити для основні вимоги щодо безпеки життєдіяльності та охороні праці, необхідні під час виготовлення даного приладу

6. Здійснено оформлення у графічному вигляді креслень, розрахункових схем та результатів досліджень, що як результат роботи були зроблені

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Паламар М.І. Методичні вказівки до лабораторних і практичних робіт з дисциплін «Проектування інформаційно-вимірювальних систем», «Мікропроцесори і ЕОМ», «Проектування приладів і систем на основі мікроконтролерів» Проектування пристроїв і вузлів інформаційно-вимірювальних систем та створення програмного забезпечення на базі навчально-налагоджувального стенда / укл. : М.І. Паламар, А.В. Чайковський, М.О. Стрембіцький, Ю.В. Пастернак та інш. – Тернопіль: ТНТУ, 2014. – 76

2. Методичні вказівки по виконанню графічної частини дипломного проекту - ТНТУ, 2014р. 23с.

3. Навчання рекурентної НМ для прямого інверсного керування динамічним об’єктом / Паламар М.І., Стрембіцький М.О.// Матеріали IV Всеукраїнської конференції "GE0-UA" (26-30 травня 2014 р.). — Київ.: Наукова думка, 2014.-с.171-174.

4. Selection of the efficient video data processing strategy based on the analysis of statistical digital images characteristics / Mykhailo Palamar, Myroslava Yavorska, Mykhailo Strembitskyi, Volodymyr Strembitskyi // Scientific Journal of TNTU. — Tern. : TNTU, 2018. — Vol 91. — No 3. — P. 107–114. — (Instrument-making and information-measuring systems).

5. http://www.autonicsonline.com/image/pdf/PA10.pdf

6.Паламар М.І. Комп’ютерні технології штучного інтелекту для прецизійного управління у мехатронних ситемах : навчальний посібник / Паламар М.І., Стрембіцький М.О. – Тернопіль : Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2018. – 128 с.

7. Батюк В. В. Адаптивна системи керування для мехатронних систем / В. В. Батюк, М. О. Стрембіцький // Збірник тез доповідей IX Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених та студентів „Актуальні задачі сучасних технологій“, 25-26 листопада 2020 року. — Т. : ТНТУ, 2020. — Том 1. — С. 39. — (Сучасні технології в будівництві, машино- та приладобудуванні). https://www.automationsystemsandcontrols.net.au/PDF's%20Autonics/proxi/PS%20

Series%20Rectangular%20Proximity%20Sensors%20from%20ASC%20Ph%2003%209720%200211.pdf

8. Обробка зображень в динамічних системах / Михайло Паламар, Михайло Стрембіцький, Володимир Стрембіцький // Матеріали Міжнародної науково-технічної конференції „Фундаментальні та прикладні проблеми сучасних технологій“ до 100 річчя з дня заснування НАН України та на вшанування пам’яті Івана Пулюя (100 річчя з дня смерті), 22-24 травня 2018. — Т. : ТНТУ, 2018. — С. 271. — (Електротехніка та енергозбереження).

9. Стрембіцький М.О. Проектування комп’ютеризованих вимірювальних систем і комплексів : навч. посіб. / М. О. Стрембіцький, М. І. Паламар, А. М. Паламар. – Тернопіль: вид-во Джура, 2018. – 150 с.

10. Струтинський В.Б. Математичне моделювання процесів та систем механіки: Підручник. - Житомир: ЖІТІ, 2011. - 612 с.

11. Паламар А.М. Паламар М.І., Пастернак Ю.В., Стрембіцький М.О. Методичні вказівки для виконання лабораторних робіт з дисципліни «Комп’ютерна електроніка та схемотехніка». Тернопіль: ТНТУ. 2020. 48 с.

12. http://ww1.microchip.com/downloads/en/devicedoc/doc2466.pdf