



Національний університет

водного господарства  
та природокористування

Міністерство освіти і науки, молоді та спорту України  
Національний університет водного господарства та  
природокористування

Кафедра автоматизації та  
комп'ютерно-інтегрованих технологій

**043-53**

### **Методичні вказівки**

та завдання до виконання розрахунково-графічної роботи з  
дисципліни “Технічні засоби автоматизації” студентами  
напряму підготовки 6.0502 “Автоматизація та  
комп'ютерно-інтегровані технології” денної форми  
навчання

Рекомендовано методичною  
комісією за напрямом підготовки  
6.0502 " Автоматизація та  
комп'ютерно-інтегровані технології"  
Протокол № 5 від 16.02.2012 р.

Рівне 2012



Національний університет

водного господарства

та природокористування

Методичні вказівки та завдання до виконання розрахунково-графічної роботи з дисципліни “Технічні засоби автоматизації” студентами напряму підготовки 6.0502 “Автоматизація та комп’ютерно-інтегровані технології” денної форми навчання /Р.В. Жомирук – Рівне: НУВГП, 2012 – 18 с.

Упорядник: Р.В.Жомирук, к.т.н., доцент кафедри автоматизації та комп’ютерно-інтегрованих технологій.

Відповідальний за випуск: Б.О.Баховець, к.т.н., професор, завідувач кафедри автоматизації та комп’ютерно-інтегрованих технологій.



Національний університет  
водного господарства  
та природокористування

©Жомирук Р.В., 2012

© НУВГП, 2012



Підвищення ефективності виробництва передбачає широке використання автоматичних та автоматизованих систем управління. До складу цих систем входять різноманітні технічні засоби для отримання, перетворення і переробки інформації та інформування керуючих впливів на технологічний процес. Вивчення зазначених технічних засобів є одним з основних етапів підготовки інженерів з автоматизації.

Методичні вказівки для виконання розрахунково-графічної роботи з дисципліни "Технічні засоби автоматизації" складені відповідно до навчального плану підготовки фахівців з автоматизації технологічних процесів.

«Вказівки» сприятимуть засвоєнню студентами:

- принципів побудови та функціонування електричних, пневматичних і гідравлічних пристроїв, регуляторів і приладів;
- принципів побудови і роботи технічних засобів автоматизованих систем управління;
- методів визначення статичних, динамічних і надійнісних характеристик типових засобів автоматизації;
- способів вибору технічних засобів, необхідних для реалізації заданих алгоритмів регулювання та управління;
- методів конструювання з серійних елементів технічних засобів автоматизації з заданими характеристиками і алгоритмами функціонування.

Виконання роботи ґрунтується на знаннях, отриманих під час викладання дисциплін: "Вища математика" (диференціальні рівняння і теорія ймовірностей), "Електротехніка" (аналіз електричних ланцюгів), "Метрологія" (електричні вимірювання та прилади), "Теорія автоматичного управління" (методи аналізу лінійних і нелінійних систем, типові закони регулювання).

Перш ніж приступити до виконання розрахунково-графічної роботи, потрібно уважно ознайомитися з даними вказівками. Недотримання цих вказівок може стати причиною того, що робота не буде прийнята до рецензування. Потрібно пам'ятати, що виконання розрахунково-графічних робіт є важливим елементом у вивченні теоретичного матеріалу. Всі задачі потрібно вирішувати



самостійно, використовуючи опрацьований теоретичний матеріал з дисципліни.

При виконанні розрахунково-графічної роботи повинні дотримуватися наступні вимоги.

1. Кожна робота виконується в окремому зошиті або на зшитих аркушах паперу формату А4, на обкладинці якої повинні бути зазначені: П.І.Б. студента, номер навчального шифру, група, курс.

2. На кожній сторінці повинні бути залишені поля шириною 30мм для зауважень рецензента.

3. Текст, формули і розрахунки повинні бути написані чітко й акуратно, без помарок.

4. Схеми та графіки повинні бути виконані за допомогою креслярських інструментів. Графіки виконується на міліметровому папері.

5. При описі схем автоматизації технологічних процесів повинно бути пояснено призначення і взаємодію вузлів.

6. Розрахунково-графічна робота зараховується після співбесіди з викладачем.

### ***Розрахунково-графічна робота***

Відповідно до варіанта студент повинен вирішити 5 завдань.

**Завдання №1.** Вибрати вимірювальний комплект для вимірювання температури в технологічному апараті, що складається з давача і вторинного приладу. Вихідні дані наведені в табл.1. Варіант завдання вибирається за останньою цифрою шифру.

Таблиця 1

Вихідні дані до завдання № 1

Вихідні дані	Номер варіанта									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Температура, °С	120	150	180	200	220	250	300	320	350	400
Абсолютна похибка, °С	1,5	2,5	2,5	2,5	5	5	7	6	4	4
Інерційність, с	2,5	3	6	7	5	4	2,5	2,5	8	5

Технічні характеристики вторинних приладів і перетворювачів температури наведені в табл. 2, 3 відповідно. Представити принципову електричну схему вибраного комплексу.



Таблиця 2

Технічні характеристики потенціометрів та мостів

Тип	Градування, °С	Межі вимірювання, °С	Клас точності	Швидкодія, сек
КСП 1	ХК, ХА	0...100; 0...150; 0...200; 0...300	0,5; 1	2,5; 10
КСП 2	ХК, ХА	0...400; 0...600; 200...800, 0...400; 0...900; 0...1100	1	1; 2,5; 10
КСП 3	ХК, ХА	0...1300; 200...1200	0,5	5; 16
КСП 4	ХК, ХА	700...1300; 200...1100	0,25; 0,5	1; 2,5; 10
КСМ 2, 3, 4	20	0...300; 0...400; 0...500; 0...650; 300...650	0,25; 0,5	1; 2,5; 5; 10
КСМ 2, 3, 4	21	-50...150; -70...80; 0...100; 0...150; 0...200; 0...300; 0...400; 200...500	0,5	1; 2,5; 5; 10
КСМ 2, 3, 4	22	-50...150; -70...80; 0...100; 0...150; 0...200; 0...300; 0...400; 200...500	0,5	1; 2,5; 5; 10
КСМ 2, 3, 4	23	-50...0; -50...150; -50...100 0...50; 0...100; 0...150; 0...180; 50...100	0,5	1; 2,5; 5; 10



Таблиця 3

Основні характеристики первинних вимірювальних перетворювачів

Об'єкт вимірювання	Тип	Межі вимірювання, °С	Основна похибка, °С	Принцип вимірювання
Масла, вода	ТПП-2В	0...125	4	Манометричний
	ТКП-160	0...120	1,5; 2,5	
Неагресивні рідини, рідкі і газоподібні середовища	ТПП-160	-50...+300	1; 1,5; 2,5	Терморезисторний
Повітря, газ	СТП-805І	-200...+500	II кл. точності	
		-50...+100	II кл. точності	
Газоподібні і рідкі середовища	СТП-6097	-50...+250	I, II, III	
	СТМ-6097	-50...+250		
Газ	ТПП-0555	0...+1300	0,01	Термоелектричний
Газ який містить Н <sub>2</sub> , О <sub>2</sub> , вищі вуглеводи	ТПР-0555	0...+1600	0,01	
	ТПР-0213	300...+1600	0,01	
Газ (окислювальні середовища)	ТХК-920	0...+600	0,20	
	ТХК-410	0...+800	0,16	
	ТХК-0445	60...+200	0,20	
	ТХК-0445	60...+400	0,20	
Рідини	ТХК-0806	0...+600	0,20	
	ТХА-0515	-60...+900	0,16	
	ТХК-0515	-60...+60	0,16	
	ТХК-0083	0...300	0,20	

*Приклад.* Вибрати вимірювальний комплект для вимірювання температури в технологічному апараті, що складається з давача і вторинного приладу. Межі зміни температури в об'єкті : 0 - 240°С. Середовище – рідина. Абсолютна похибка вимірювання не повинна перевищувати 5°С., а швидкодія 3,5 с.

*Рішення:*

Структурна схема вимірювального комплексу зображена на рис.1.

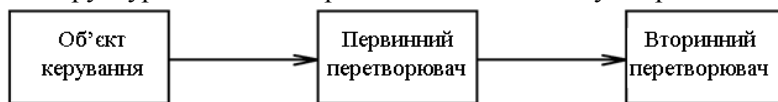


Рис. 1. Структурна схема вимірювального комплексу



В якості первинного вимірювального перетворювача вибираємо термопару «хромель – копель» ТХК-0083 з параметрами:

- межі вимірювання: 0 ...+300 °С;
- основна похибка: 0,20%;
- принцип вимірювання: термоелектричний,
- швидкодія <2.5с.

В якості вторинного перетворювача вибираємо резистивний міст КСМ 2-20 з параметрами:

- межі вимірювання: 0 ...+300 °С;
- клас точності: 0,25;
- швидкодія: 1с.

Принципова схема вимірювального комплексу зображена на рис.2

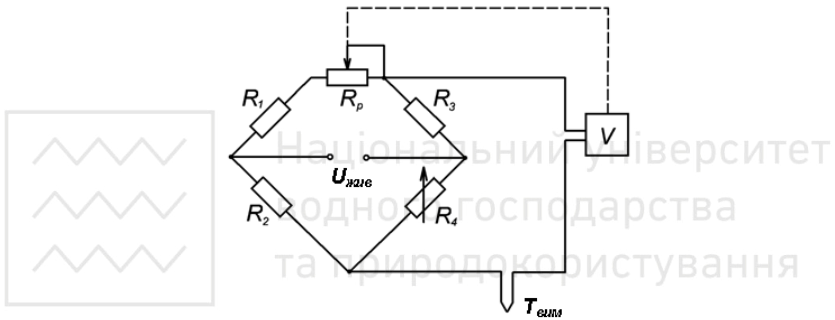


Рис. 2. Принципова схема вимірювального комплексу

Визначимо швидкодію вимірювального комплексу:

$$t_{\text{компл}} = t_{\text{нп}} + t_{\text{ен}} = 2,5 + 1 = 3,5 \text{ с.}$$

Визначимо можливий діапазон вимірювання температури:

$$D_{\text{вим}} = (0 - 300^\circ\text{C}) \cap (0 - 300^\circ\text{C}) = (0 - 300^\circ\text{C}) > (0 - 240^\circ\text{C})$$

Знайдемо точність вимірювального комплексу:

$$\Delta_{\text{компл}} = \Delta_{\text{нп}} + \Delta_{\text{ен}},$$

$$\Delta_{\text{нп}} = \frac{300^\circ\text{C} \cdot 0,2\%}{100\%} = 0,6^\circ\text{C}$$

$$\Delta_{\text{ен}} = \frac{300^\circ\text{C} \cdot 0,25\%}{100\%} = 0,75^\circ\text{C}$$

$$\Delta_{\text{компл}} = 0,6^\circ\text{C} + 0,75^\circ\text{C} = 1,35^\circ\text{C}.$$

Таким чином характеристики вибраних перетворювачів задовольняють всім вимогам, що пред'являються до вимірювального комплексу.

**Завдання № 2.** Побудувати статичну характеристику  $P_{вих} = f(x)$  перетворювача сопло-заслінка. Вихідні дані наведені в табл. 4. Варіант завдання вибирається за останньою цифрою шифру.

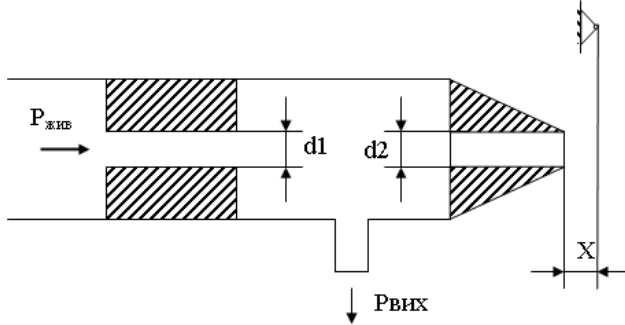


Рис. 3. Схема перетворювача «сопло-заслінка»

Таблиця 4

Вихідні дані до завдання № 2

Вихідні дані	Номер варіанту									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Тиск живлення $P_{жив}$ , КПа	50	100	150	200	250	300	350	400	450	500
Діаметр дроселя $d1$ , мм	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0
Діаметр сопла $d2$ , мм	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5
Початкова відстань заслінки від сопла $X$ , мм	0,02	0,04	0,08	0,12	0,16	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0

Примітка: вихідний тиск

$$P_{вих} = \frac{P_{жив}}{1 + \frac{S_2^2}{S_1^2}}, \quad (1)$$

де  $S_1$ ,  $S_2$  – площі перерізів постійного і змінного дроселів відповідно, визначаються як

$$S_1 = \pi \frac{d_1^2}{4}, \quad S_2 = \pi d_2 x. \quad (2)$$

Тоді

$$P_{вих} = \frac{P_{жив}}{d_1^4 + 16d_2^2 x}. \quad (3)$$

**Завдання №3.** Побудувати статичну характеристику мембранного виконавчого механізму. Вихідні дані наведені в табл.5. Варіант завдання вибирається за останньою цифрою шифру.





Вихідні дані до завдання № 3

Вихідні дані	Номер варіанту									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Діаметр мембрани $D$ , мм	200	150	250	100	300	150	200	100	350	400
Діаметр жорсткого центра $d$ , мм	160	100	200	60	250	80	150	70	270	300
Робочий хід приводу $\Delta l$ , мм	50	40	50	30	60	50	40	30	60	80
Жорсткість пружини, кН/мм	0,04	0,045	0,05	0,054	0,06	0,07	0,075	0,06	0,075	0,08
Початкове стиснення пружини $\Delta l_n$ , мм	4	3	4	3	6	4	5	4	7	7

Примітка: середнє значення ефективної площі мембрани

$$S_{ef} = \frac{1}{3} \frac{\pi}{4} (D^2 + Dd + d^2), \quad (4)$$

де  $D$  - діаметр мембрани, мм;

$d$  - діаметр жорсткого центру мембрани, мм.

Деформація пружини пов'язана з тиском  $P$  співвідношенням

$$l = \frac{PS_{ef}}{c}, \quad (5)$$

де  $c$  - жорсткість пружини, кН/мм.

Тиск для подолання початкового стиснення пружини

$$\Delta P_n = \frac{c \Delta l_n}{S_{ef}}, \quad (6)$$

де  $\Delta l_n$  - початкове стиснення пружини, мм.

Залежність переміщення  $\Delta l$  від тиску визначається:

$$\Delta l = \frac{(P - P_n) S_{ef}}{c}. \quad (7)$$

Статична характеристика мембранного виконавчого механізму  $\Delta l = f(P)$ .

**Завдання №4.** Розрахунок динамічних характеристик електродвигунного виконавчого механізму

*Вихідними даними* для розрахунків є: тип виконавчого механізму; тип двигуна; тип давача положення вала виконавчого механізму, які наведено в табл.6, 7.



Вихідні дані до завдання № 4

Одиниці шифру	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
тип виконавчого механізму	МЕБ- 100/250-250	МЕО- 250/10-0,25	МЕБ-40/63-25	МЕП- 25000/63-250	МЕО 1600/10-0,25	МЕО-250/10-0,25	МЕБ-40/25-10	МЕБ-100/63-25	МЕО-630/20-0.25	МЕП- 63000/63-250
тип приводного двигуна	АИР71В4	АИР56В4	АИР56А4	АИР71А4	АИР63В4	АИР56В4	АИР80А4	АИР80В4	АИР56В4	АИР90Л4

Таблиця 7

Вихідні дані до завдання № 4

Десятки шифру	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Тип давача положення валу (штоку) виконавчого механізму	БСПП-10	БСПТ-20	БСПР-10	БСПТ-10	БСП-10	БСПТ-20	БСПР-10	БСПТ-10	БСП-10	БСПР-10

Приклад. Розрахувати динамічні характеристики електродвигунного виконавчого механізму типу МЕБ - 100/250-250 із приводним двигуном типу АД132М2 з давачем положення вихідного валу виконавчого механізму типу БСПП-10.

Згідно технічних даних двигун АД132М2 має наступні параметри:

$P_{ном}=11,0$  кВт - номінальна потужність двигуна;

$n_o=1500$  об/хв. - синхронна швидкість обертання магнітного поля двигуна;

$J_o=0,04$  кг\*м<sup>2</sup> - момент інерції двигуна;

$s_k=19,5$  % - критичне ковзання двигуна;

$s_{ном}=2,8$  % - номінальне ковзання двигуна;

$$m_n = \frac{M_{пуск}}{M_{ном}} = 2,2; m_m = \frac{M_{min}}{M_{ном}} = 1,7; m_k = \frac{M_{кр}}{M_{ном}} = 3,0.$$

Структурну схему трифазного асинхронного двигуна за каналом



$\Delta\omega_0 \rightarrow \Delta\omega$  можна представити у вигляді з'єднання двох частин – електромагнітної і електромеханічної (рис.4), передаточні функції яких наступні:

$$W(s) = \frac{M(s)}{\omega_0 - \omega(s)} = \frac{\beta}{T_e s + 1} \quad \text{- електромагнітна частина трифазного}$$

асинхронного двигуна (АД) (лінеаризована);

$$W(s) = \frac{\omega(s)}{M(s) - M_c(s)} = \frac{1}{\beta T_m p} \quad \text{- механічна частина електричного}$$

двигуна.

$\beta$  - модуль жорсткості лінеаризованої механічної характеристики АД

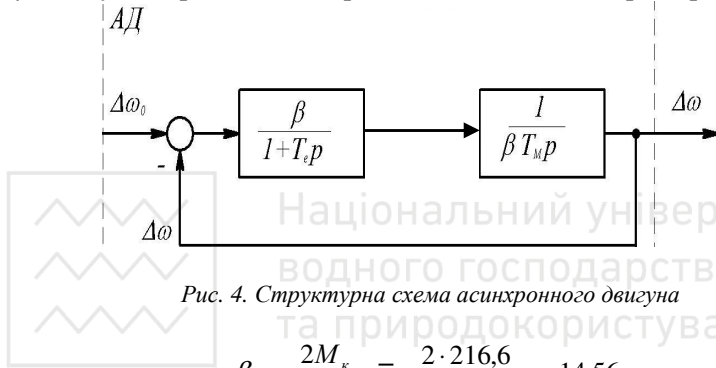


Рис. 4. Структурна схема асинхронного двигуна

$$\beta = \frac{2M_{\kappa}}{\omega_{ном} \cdot s_{\kappa}} = \frac{2 \cdot 216,6}{152,6 \cdot 0,195} = 14,56,$$

де  $M_{\kappa} = M_{ном} \cdot m_{\kappa} = 72,2 \cdot 3 = 216,6 \text{ Н} \cdot \text{м}$ , - критичний момент;

$$M_{ном} = 9570 \cdot \frac{P_{ном}}{n_c (1 - s_{ном})} = \frac{11}{1500 \cdot (1 - 0,028)} = 72,2 \text{ Н} \cdot \text{м},$$

номінальний момент;

$$\omega_{ном} = \frac{2\pi n_c (1 - s_{ном})}{60} = \frac{2 \cdot 3 \cdot 14 \cdot 1500 (1 - 0,028)}{60} = 152,604 \text{ рад/с}$$

номінальна кутова швидкість двигуна;

$$\omega_0 = \frac{2\pi n_c}{60} = \frac{2 \cdot 3 \cdot 14 \cdot 1500}{60} = 157 \text{ рад/с} \quad \text{- синхронна кутова}$$

швидкість двигуна;

$s_{ном}$  – номінальне ковзання;

$P_{ном}$  – номінальна потужність двигуна.

Еквівалентна електромагнітна постійна часу кіл статора і ротора асинхронного двигуна  $T_e = (0,006...0,06)$  с, визначається за формулою



$$T_e = \frac{1}{(\omega_0 \cdot s_k)} = \frac{1}{157 \cdot 0,195} = 0,033 c,$$

Електромеханічна стала часу визначається наступним чином:

$$T_M = \frac{J_\Sigma}{\beta} = \frac{0,051}{14,56} = 0,0035 c,$$

де  $J_\Sigma$  - сумарний момент інерції приведений до вала двигуна

$$J_\Sigma = J_o + J_p = 0,04 + 0,04 \cdot 0,27 = 0,051 \text{ кг} \cdot \text{м}^2,$$

$J_p = 0,27J_o$  - момент інерції редуктора разом із запірним органом.

У відповідності зі структурною схемою АД його результуюча передаточна функція стосовно відхилення  $\Delta\omega_0$

$$W_d(p) = \frac{\Delta\omega}{\Delta\omega_0} = \frac{1}{T_e T_M p^2 + T_M p + 1}.$$

При  $T_M \geq 4T_e$



де

$$W_d(p) = \frac{1}{(T_{01}p+1)(T_{02}p+1)},$$

$$\frac{1}{T_{01}} = \frac{1}{2T_e} \left( 1 + \sqrt{1 - \frac{4T_e}{T_M}} \right);$$

$$\frac{1}{T_{02}} = \frac{1}{2T_e} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{4T_e}{T_M}} \right).$$

Згідно розрахунку  $T_M < 4T_e$ , звідси

$$W_d(p) = \frac{\Delta\omega}{\Delta\omega_0} = \frac{1}{T_e T_M p^2 + T_M p + 1} =$$

$$\frac{1}{0,033 \cdot 0,0035 p^2 + 0,0035 p + 1} = \frac{1}{0,00012 p^2 + 0,0035 p + 1}$$

Потужність від вала двигуна до регулюючого органу передається через редуктор.

Схема виконавчого механізму представлена на рис. 5.

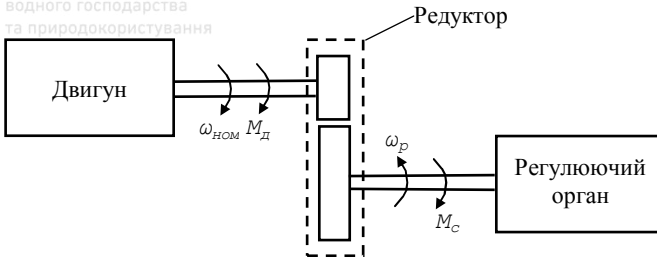


Рис.5. Принципова схема виконавчого механізму

Коефіцієнт передачі редуктора, як елемента САР, розраховується за формулою

$$k_p = 1/i_{ред},$$

де  $i_{ред} = \omega_n / \omega_p$  - передаточне число редуктора,

$\omega_p$  - кутова швидкість вихідного валу виконавчого механізму.

$$\omega_p = 2\pi n_p = \frac{2\pi N}{t} = \frac{2 \cdot 3.14 \cdot 250}{250} = 6,28 \text{ рад/с},$$

$$n_p = \frac{N}{t} = \frac{250}{250} = 1 \text{ об/с} - \text{швидкість обертання вихідного валу}$$

виконавчого механізму;

$N$  - кількість повних обертів вихідного валу виконавчого механізму ( $N = 250$  обертів, згідно паспортних даних);

$t$  - час перестановки вихідного валу виконавчого механізму з одного крайнього положення в інше ( $t = 250$  с, згідно паспортних даних).

$$i_{ред} = \omega_n / \omega_p = 152,60 / 6,28 = 24,30.$$

$$k_p = 1/i_{ред} = 1/24,30 = 0,041.$$

Передаточна функція редуктора:

$$W(p)_{ред} = \frac{\varphi_2(p)}{\omega_1(p)} = \frac{1}{i_{ред} \cdot p} = \frac{k_p}{p} = \frac{0,041}{p},$$

де  $\varphi_2$  - кут повороту вихідного валу.

Виконавчий механізм (ВМ) є невід'ємною частиною автоматичної системи регулювання (АСР). Він перетворює енергію керування у механічну енергію переміщення регулюючого органа. При цьому, динамічні властивості АСР в значній мірі залежать від динаміки ВМ. Якщо ВМ має суттєву інерційність, це може викликати появу перерегулювання в роботі АСР. У момент часу, коли сигнал завдання на вході регулятора дорівнює сигналу



зворотного зв'язку, регулятор мусить відключатися. Однак ВМ не може раптово зупинитися і продовжує рух. Подолати це явище можна за допомогою паралельно-зустрічного коригувального пристрою, якій здійснює допоміжний зворотний зв'язок за положенням вихідного штока чи вихідного валу ВМ. Такі зв'язки дозволяють зменшити інерційний вибіг ВМ, що покращує роботу системи в цілому [4]. Введення коригувального зворотного зв'язку зменшує ступінь коливальності системи, перерегулювання, а також час регулювання.

Для коригувального зворотного зв'язку (КЗЗ) та контролю за положенням вихідного валу виконавчого механізму можуть використовуватися блоки сигналізації БСПІ, БСПР, БСПТ.

БСПІ - блок сигналізації положення індуктивний призначений для перетворення переміщення вихідного органу виконавчого механізму у зміну індуктивного опору, або блокування в крайніх або проміжних положеннях вихідного органу;

БСПР - блок сигналізації положення реостатний - призначений для перетворення переміщення вихідного органу виконавчого механізму у зміну активного опору, або блокування в крайніх або проміжних положеннях вихідного органу;

БСПТ - блок сигналізації положення струмовий - призначений для перетворення переміщення вихідного органу виконавчого механізму в уніфікований струмовий сигнал 0 - 5 мА, 0 - 20 мА, або 4 - 20 мА, або блокування в крайніх чи проміжних положеннях вихідного органу.

Блоки БСПІ і БСПР працюють в комплекті з блоком підсилювача, який призначений для перетворення сигналів індуктивного чи реостатного давачів положення валу виконавчих механізмів в уніфікований струмовий сигнал 0 ... 5 (0 ... 20, 4 ... 20) мА

Блок сигналізації представляє собою пропорційну ланку вхідним сигналом якої є переміщення вихідного валу виконавчого механізму, а вихідним - струмовий сигнал 0 ... 5 (0 ... 20, 4 ... 20) мА.

Структурна схема ВМ з ланкою коригувального зворотного зв'язку за положенням регулюючого органу наведено на рис.6.

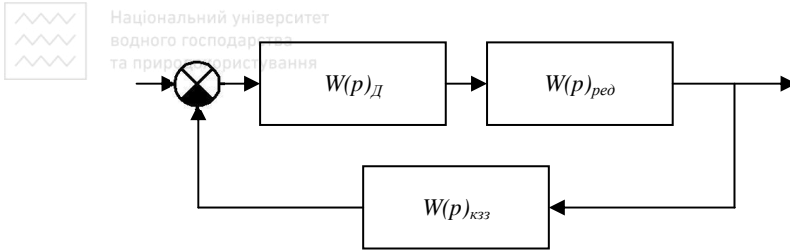


Рис.6. Структурна схема виконавчого механізму з коригувальним зворотнім зв'язком за положенням регулюючого органу

Передаточна функція ланки коригувального зворотного зв'язку :

$$W(p)_{кзз} = \frac{x_{вих}}{x_{вх}} = \kappa_{кзз} ,$$

$$W(p)_{кзз} = \frac{20 \cdot 10^{-3}}{250} = 8 \cdot 10^{-5} \text{ A / об.}$$

Передаточна функція виконавчого механізму згідно структурної схеми (рис. 4) має вид:

$$W(p)_{вм} = \frac{W(p)_{д} \cdot W(p)_{ред}}{1 + W(p)_{д} \cdot W(p)_{ред} \cdot W(p)_{кзз}} .$$

$$W(p)_{вм} = \frac{0.041}{(0.00012 p^2 + 0.0035 p + 1) \cdot p} ;$$

$$1 + \frac{0.041 \cdot 8 \cdot 10^{-5}}{(0.00012 p^2 + 0.0035 p + 1) \cdot p}$$

$$W(p)_{вм} = \frac{0.041}{0.00012 p^3 + 0.0035 p^2 + p + 3.28 \cdot 10^{-6}} .$$

**Завдання № 5.** Представити рішення завдання відповідно до варіанту. Варіант завдання вибирається за останньою цифрою шифру.

Варіант 1. На випробування поставлено 1000 однотипних транзисторів. За 3000 годин відмовило 80 транзисторів. Визначити ймовірність безвідмовної роботи та ймовірність відмови протягом 3000 годин.

Варіант 2. На випробування було поставлено 1000 однотипних елементів. За перші 3000 годин відмовило 80 елементів, а за інтервал



часу 3000-4000 годин відмовило ще 50 елементів. Визначити частоту і інтенсивність відмов в проміжку часу 3000-4000 годин.

Варіант 3. Система складається з 12600 елементів, середня інтенсивність відмов яких  $\lambda_{cp} = 0,32 * 10^{-6}$  1/год. Визначити ймовірність безвідмовної роботи протягом 50 годин, середню напрацювання до першої відмови.

Варіант 4. Проводилось спостереження за роботою трьох однотипних САУ. За період спостереження було зареєстровано відмов 1САУ - 6, 2САУ - 11, 3САУ - 8. Напрацювання 1САУ - 181 годин, 2САУ - 329 годин, 3САУ - 245 годин. Визначити напрацювання апаратури на відмову.

Варіант 5. Система складається з 2-х пристроїв. Вірогідність безвідмовної роботи кожного з них протягом часу- $t = 100$  годин відповідно рівні  $P_1(100) = 0,95$ ,  $P_2(100) = 0,97$ . Інтенсивність -  $\lambda$  не змінюється в часі. Знайти середнє напрацювання до першої відмови системи.

Варіант 6. На випробування поставлено 500 однотипних транзисторів. За 1000 годин відмовило 30 транзисторів. Визначити ймовірність безвідмовної роботи та ймовірність відмови протягом 1000 годин.

Варіант 7. На випробування було поставлено 3000 однотипних елементів. За перші 2000 годин відмовило 50 елементів, а за інтервал часу 2000-2500 годин відмовило ще 20 елементів. Визначити частоту і інтенсивність відмов в проміжку часу 2000-2500 годин.

Варіант 8. Система складається з 8500 елементів, середня інтенсивність відмов яких  $\lambda_{cp} = 0,02 * 10^{-5}$  1/год. Визначити ймовірність безвідмовної роботи протягом 100 годин, середнє напрацювання до першої відмови.

Варіант 9. Проводилось спостереження за роботою трьох однотипних САУ. За період спостереження було зареєстровано відмов 1САУ - 8, 2САУ - 5, 3САУ - 12. Напрацювання 1САУ - 232 години, 2САУ - 287 годин, 3САУ - 389 годин. Визначити напрацювання апаратури на відмову.

Варіант 0. Система складається з 2-х пристроїв. Вірогідність безвідмовної роботи кожного з них протягом часу  $t = 300$  годин відповідно рівні  $P_1(100) = 0,92$  і  $P_2(100) = 0,9$ . Інтенсивність -  $\lambda$  не змінюється в часі. Знайти середнє напрацювання до першої відмови системи.





## **Література:**

### **Основна література**

1. Родионов В.Д., Терехов В.А., Яковлев В.Б. Технические средства АСУ ТП: учеб. пособие для вузов по спец. «Автоматизация и управление в технических системах». М.: Высш. шк., 1989. - 263с.
2. Технические средства автоматизации. Программно-технические комплексы и контроллеры: Учебное пособие. М.: «Издательство Машиностроение-1», 2004. 180 с.
2. Жужалов В.Е., Солдатов В.В., Маклаков В.В., Жиров М.В. Технические средства автоматизации. Учебно-практическое пособие. – М.: МГУТУ, 2004.
3. Жомирук Р.В., Маланчук Є.З. Основи автоматизації гірничого виробництва: Навч. Посібник. – Рівне: НУВГП, 2009. – 373 с.
4. Клюев А.С., Минаев. Наладка систем контроля и автоматического регулирования. – Л.: Стройиздат, 1980. – 280 с.

### **Допоміжна література**

5. А.К. Бабіченко, В.И. Тошинський и др. Промислові засоби автоматизації. Ч.1., Ч.2. Вимірювальні пристрої. Регулювальні і виконавчі пристрої. - Х.: ООО "Роми", 2001. <http://bt.kpi.cc>
6. Наладка средств автоматизации и автоматических систем регулирования: Справочное пособие / А.С.Клюев, А.Т.Лебедев, С.А.Клюев, А.Г. Товарнов. Под редакцией А.С.Клюева. - М.: Энергоиздат, 1989. - 368 с.
7. Программируемые контроллеры для систем управления. Ч.2. Характеристики микроконтроллеров и ПЛК: Учебное пособие для вузов / Г.И. Загорный, Н.О. Ковзель, В.С. Коновалов, В.И. Мойсеенко, А.И. Стасюк. – Харьков: ХФИ «Транспорт Украины», 2003. – 264 с.
8. Фарзани Т.К. и др. Пневматические комплексы технических средств автоматизации. - М.: Машиностроение, 1987. - 280 с.
9. Технические средства автоматизации : учебник для студ. высш. учеб. заведений / Б. В. Шандров, А. Д. Чудаков. — М. : Издательский центр «Академия», 2007. — 368 с.
10. Пьявченко Т.А. Автоматизированные системы управления технологическими процессами и техническими объектами: учебное пособие. Таганрог: ТРТУ.1997. 128с



Технічні дані асинхронних двигунів

$T_{un}$	$P_{2ном},$ кВт	$n_o,$ об/хв	$J_{\partial},$ кг*м <sup>2</sup>	$s_K,$ %	$s_{ном},$ %	$m_n = \frac{M_{пуск}}{M_{ном}}$	$m_m = \frac{M_{max}}{M_{ном}}$	$m_k = \frac{M_{кр}}{M_{ном}}$
АИР71В4	0,75	1500	0,0015	32,1	5,67	2,0	2,5	3,2
АИР56В4	0,18	1500	0,00008	41,3	9,33	2,2	2,3	3,0
АИР56А4	0,12	1500	0,00007	43,6	10,00	2,2	2,3	2,9
АИР63В4	0,37	1500	0,00008	36,2	12,00	2,2	2,3	3,1
АИР71А4	0,55	1500	0,0001	28,1	9,33	2,3	2,4	3,2
АИР80В4	1,5	1500	0,0034	22,4	5,33	2,2	2,3	3,1
АИР80А4	1,1	1500	0,0028	21,7	6,00	2,2	2,3	3,1
АИР90Л4	2,2	1500	0,0056	19,8	5,33	2,0	2,1	2,8
АИР100С4	3	1500	0,01	19,5	6,00	2,0	2,1	2,9
АИР100Л4	4	1500	0,013	18,1	6,00	2,1	2,2	2,9