

ДОНЕЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
ДО ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ ЗА КУРСОМ
«ТЕОРІЯ АВТОМАТИЧНОГО УПРАВЛІННЯ»**

Донецьк ДонНТУ 2001

ДОНЕЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
до лабораторних робіт за курсом
«Теорія автоматичного управління»
(для студентів спеціальності ЕС, ЕСіМ)

Затверджено
На засіданні кафедри
Електричних систем.
Протокол № ___ от
Електричних станцій.
Протокол № ___ от

Донецьк ДонНТУ 2001

УДК 621.313

Методичні вказівки до лабораторних робіт за курсом «Теорія автоматичного керування» (для студентів спеціальності 7.090601, 7.090602)/ Сост.: В.П.Кобазев, А.В.Левшов, Д.В.Полковніченко. - Донецьк: ДонНТУ, 2001. - 37 с.

Приведені методичні вказівки до виконання лабораторних робіт із курсу «Теорія автоматичного управління». Дана методика дослідження властивостей типових ланок і типових регуляторів, статичних і астатичних систем, засобів корекції систем автоматичного керування. Дослідження проводяться за допомогою прикладної програми *IMDS*. Приведено посібник із її використання.

Укладачі: доц. Кобазев В.П.

доц. Левшов А.В.

ас. Полковніченко Д.В.

Рецензент: доц. Шумяцкий В.М.

ВИКОРИСТАННЯ ПРОГРАМИ *IMDS* ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ НА ЕОМ СИСТЕМ АВТОМАТИЧНОГО УПРАВЛІННЯ

Мета роботи - вивчення мови програми *IMDS* і освоєння технології роботи з програмою.

1.1 Основні відомості

Програма *IMDS* має проблемно-орієнтовану вхідну мову, аналогічну програмі *MACC* (машинний аналіз і синтез систем).

Досліджувана система повинна бути подана у виді структурної алгоритмічної схеми, сформованої з типових блоків вхідної мови *IMDS*. Набір блоків мови проводиться в табл.1-4. Максимальна кількість блоків у схемі моделювання повинно бути не більш 100.

При моделюванні перехідного процесу використовується жорстко стійкий метод інтегрування - неявний метод Ейлера. Програма дозволяє вести інтегрування як із постійним, так і з перемінним кроком.

Програмний засіб *IMDS* складається з двох файлів *ix.exe* і *egavga.bgi*. Пусковий файл *ix.exe*. Після запуску програми на екрані з'являється інформація про розроблювача. Це повідомлення віддалиться з екрана при натисканні на будь-яку клавішу. Середовище програми складається з головного меню, вікна структурного редактора і рядка - опису функціональних клавіш. У меню програми шість пунктів: *File, Edit, Run, Option, View i Report*. У верхньої частині вікна редактора розташовані рядок стану і заголовки стовпчиків: номер блока, тип, 1-й вхід, 2-й вхід і 3-й вхід. Нижче цих рядків розташований курсор.

Для переходу в меню програми потрібно натиснути клавішу *ESC*. Повторне натискання цієї клавіші викликає повернення в структурний редактор.

Пункт меню *File* використовується для роботи з програмними файлами. Призначення пунктів цього меню таке:

Load - завантаження в редактор старого програмного файлу;

Save - запис файлу на диск. Програма записує файл під ім'ям, із яким він був читаний із диска;

Write to - записує файл на диск, замінюючи ім'я (і можливо каталог) файлу;

New - видаляє поточний файл із вікна редактора;

Directory - показує зміст поточного каталогу. По умовчанняю маскою для вибору файлів являється групове ім'я **.**;

Change dir - дозволяє перемістити поточний каталог або диск;

Os shell - команда тимчасового виходу в *DOS*. Повернутися обернено можна за допомогою команди *Exit*.

Quit - команда виходу з програми.

Текст програми може бути набраний у редакторі або введений із диска натисканням клавіші *F3* або виконанням пункту *Load* меню *File*. При цьому на екрані з'являється вікно. Потрібний файл вибирається за допомогою клавіш керування курсором. Обраний файл завантажується в редактор після натискання на клавішу *Enter*. По умовчання програма має тип файлу *.mds*.

Набір програми здійснюється за допомогою блочного редактору. Цей редактор викликається клавішею *F4*. При цьому у вікні блочного редактора потрібно ввести номер блока, його тип, до виходів яких блоків залучені входи блока, що вводиться, і параметри (рис.1.1,а). Запровадження кожного даного закінчується при натисканні на клавішу *Enter*. Вихід із блочного редактора здійснюється натисканням на *<ESC>*. При запровадженні параметрів потрібно пам'ятати, що набрані дані будуть введені в ЕОМ лише після натискання на клавішу *Enter*. Ім'я блока може бути введено або обрано зі списку, що з'являється при натисканні на *F2*. Для запровадження наступного блока знову натискаємо на клавішу *F4* і так до тих пір, поки не буде набрана програма.

Набраний текст (рис.1.1,б) може бути відредагований за допомогою клавіші *F4*. Будь-який блок копіюється в буфер клавішею *F5*, а потім багаторазово уставляється в текст за допомогою курсору і натисканням на клавішу *F6*. При необхідності новий блок вводиться натисканням на клавішу *F9*. Потім на нього встановлюється курсор, і після натискання на *F4*, вводиться потрібна інформація.

Для швидкого переходу до заданого блока можна спалити клавішу *F7*. При цьому з'являється віконце для запровадження номера блока. Пошук починається при натисканні на клавішу *Enter*. Якщо блок знайдений, то він виділяється за допомогою курсору.

Перед виконанням програми потрібно встановити режими інтегрування (команда *<Ctrl>+D* або *Edit/Mode*), задати кількість точок (*Report/Option/Points*) і ввести блоки, що запам'ятовуються, *Bloks* (встановлюються в пункті меню *Option*). У меню *Option* два пункти *Y-Bloks* і *Stored Bloks*. У процесі багатократного рішення задачі номер *Y*-блока буде незмінним. Номери інших блоків можуть змінюватися. Обмеження на зміни блоків накладається тоді, коли вони встановлені в поділі меню *Report/Option*. При виконанні даної команди з'являється діалогове вікно точок *Report*. Ім'я файлу для запису звіту вводиться шляхом установки курсору на рядку *File Name* і натисканням на клавішу *Enter*. У результаті з'являється запит на запровадження імені у віконці. Введіть ім'я файлу. По умовчання пропонується ім'я вихідної програми з розширенням *.rep*. Якщо по одній і той же програмі будуть виконуватися декілька розрахунків, то ім'я прийде змінювати. Наприклад, спочатку набрати *Lab1-1.rep*, а потім *Lab1-2.rep* і т.д. У поділі *Bloks* можна лише задати тільки чотири блока. Ці блоки автоматично стають блоками (*Stored Bloks*), що запам'ятовуються.

File	Edit	Run	Option	View	rePort
Структурный редактор					
Порядковый номер блока	0	Всего блоков	0	Макс. число блоков	125
Номер блока	Тип	1-й вход		2-й вход	3-й вход
Блочный редактор					
Номер	2	1-й	1		
	Входы	2-й	-5	Параметры	
Тип	+	3-й	0		

F1-Help F2-Type Block Choice

a)

File	Edit	Run	Option	View	rePort
Структурный редактор					
Порядковый номер блока	0	Всего блоков	13	Макс. число блоков	125
Номер блока	Тип	1-й вход		2-й вход	3-й вход
1	K				
2	+	1		-12	0
4	/	3		13	
5	AT	4			
6	SI	5			
7	AN	6			
8	G	7		0	0
9	L	8			
10	DH	9			
11	AN	10			
12	I	11		0	0
13	K				
3	/	2		1	

F1-Help F2-Save F4-Edit F5-Copy F6-Paste F7-Search F8-Delete F9-NewBlock F10-Run

b)

Рис.1.1. Середовище *IMDS*: а) набір блоку 2; б) текст програми

У поділі *Comments* можна ввести інформацію про розрахунки. Для коментарю приділяється два рядка. Звичайно *Mode* це *Text*. Число точок вибирається в залежності от часу розрахунку. Звичайно вони повинні слідувати через одну або половину секунди. По умовчання у файл виводиться інформація про

відзначені блоки в розділі *Bloks*. Крім цього, у файл може записуватися структура (*Struct*) і параметри (*Parameters*) блоків. Для цього в зазначених розділах потрібно встановити режим *on*. У пунктах вікна *Report: Mode, Points, Struct, Parameters, Block Outs* потрібні значення встановлюються за допомогою клавіші «пробіл». Для запровадження встановленого значення в дію обов'язково треба натискати *Enter*.

На рис.1.2,б показаний режим перегляду програми (команда *View/Struct*) набраної структурної схеми автоматичної системи регулювання. Для перегляду параметрів блоків структурної схеми потрібно виконати команду *View/Parameters*. При цьому на екран ПЕОМ виводяться номери блоків, їхні імена і параметри (рис.1.2,а).

Запуск програми здійснюється натисканням на клавішу *F10*. Для переривання розрахунків потрібно натиснути на клавішу «пробіл». Повторне натискання на цю клавішу знову дозволяє розрахунки.

Результати розрахунку у виді таблиці можна багаторазово переглядати виконав в меню *View* пункт *Stored Bloks*, або натиснути на клавіші *<Ctrl> + <S>*. Графічне уявлення результатів активізується при виконанні команди меню *View/Graphic* або клавішної команди *<Ctrl> + <G>*.

На рис.1.3 приведений вид середовища програми *IMDS* під час розрахунку після натискання на клавішу «пробіл». На рис.1.4 показаний вихідний сигнал третього блоку (*Block 3*) у вигляді графіку. На екран він виводиться командою *<Ctrl> + <G>* при наборі в діалоговому вікні цифри 3 після натискання клавіші *Enter*. Вивід графіка на друк провадиться командою *<Ctrl> + <P>*.

Приклад 1. Підготувати вихідні дані для дослідження на ПЕОМ за допомогою програми *IMDS* системи автоматичного управління (САУ), структурна схема якої приведена на рис. 1.5.

Параметри передавальних функцій САУ мають такі значення: ланка 1 - $K_1=0,77$; $T_1=0,5$ сек.; ланка 2 - $K_2=1,13$; $T_2=0,75$ сек.; ланка 3 - $K_3=25$; $T_3=9,9$ сек. Величина впливу, що задає, 230 В.

Використовуючи бібліотеку вхідної мови програми *IMDS*, представимо дану схему у виді структури, приведеної на рис.1.6.

При наборі схеми в блочному редакторі програми *IMDS* указується номер блоку, символічне ім'я функції, що виконується блоком, номери блоків, вихідні сигнали яких надходять відповідно на входи блоку, що набирається. Перед номером блоку може бути зазначений «мінус». Одночасно з введенням структури задаються числові значення параметрів блоку. Таким чином, текст програми буде мати вид:

№ п/п	Структура			Параметри			
	ім'я	вхід 1	вхід 2	вхід 3	пар. 1	пар. 2	пар. 3
1	<i>K</i>	-	-	-	230	-	-
2	+	1	- 5	-	-	-	-
3	<i>AN</i>	2	-	-	0,77	0,5	-
4	<i>AN</i>	3	-	-	1,13	0,75	-
5	<i>AN</i>	4	-	-	25	9,9	-

File	Edit	Run	Option	View	rePort																																																												
Порядковый номер блока 0		Всего блоков 13		Макс. число блоков 125																																																													
Номер блока	Тип	1-й вход	2-й вход	3-й вход																																																													
1	К																																																																
2	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Номер</th> <th>Тип</th> <th>Параметр 1</th> <th>Параметр 2</th> <th>Параметр 3</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>4</td><td>/</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>5</td><td>AT</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>6</td><td>SI</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>7</td><td>AN</td><td>2.5000E+00</td><td>2.6000E-01</td><td></td></tr> <tr><td>8</td><td>G</td><td>1.5000E+01</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>9</td><td>L</td><td>2.5000E+01</td><td>-2.5000E+01</td><td></td></tr> <tr><td>10</td><td>DH</td><td>2.4000E+01</td><td>2.2000E+01</td><td></td></tr> <tr><td>11</td><td>AN</td><td>5.0000E-01</td><td>6.9999E-01</td><td></td></tr> <tr><td>12</td><td>I</td><td>0.0000E+00</td><td>0.0000E+00</td><td>0.0000E+00</td></tr> <tr><td>13</td><td>K</td><td>4.0000E-02</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>3</td><td>/</td><td></td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>					Номер	Тип	Параметр 1	Параметр 2	Параметр 3	4	/				5	AT				6	SI				7	AN	2.5000E+00	2.6000E-01		8	G	1.5000E+01			9	L	2.5000E+01	-2.5000E+01		10	DH	2.4000E+01	2.2000E+01		11	AN	5.0000E-01	6.9999E-01		12	I	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	13	K	4.0000E-02			3	/			
Номер						Тип	Параметр 1	Параметр 2	Параметр 3																																																								
4						/																																																											
5						AT																																																											
6						SI																																																											
7						AN	2.5000E+00	2.6000E-01																																																									
8						G	1.5000E+01																																																										
9						L	2.5000E+01	-2.5000E+01																																																									
10						DH	2.4000E+01	2.2000E+01																																																									
11						AN	5.0000E-01	6.9999E-01																																																									
12						I	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00																																																								
13						K	4.0000E-02																																																										
3						/																																																											
4																																																																	
5																																																																	
6																																																																	
7																																																																	
8																																																																	
9																																																																	
10																																																																	
11																																																																	
12																																																																	
13																																																																	
3	13	K	4.0000E-02																																																														
	3	/																																																															

F1-Help F2-Save F4-Edit F5-Copy F6-Paste F7-Search F8-Delete F9-NewBlock F10-Run

a)

File	Edit	Run	Option	View	rePort																																																												
Порядковый номер блока 0		Всего блоков 13		Макс. число блоков 125																																																													
Номер блока	Тип	1-й вход	2-й вход	3-й вход																																																													
1	К																																																																
2	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Номер</th> <th>Тип</th> <th>Вход 1</th> <th>Вход 2</th> <th>Вход 3</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>4</td><td>/</td><td>3</td><td>13</td><td></td></tr> <tr><td>5</td><td>AT</td><td>4</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>6</td><td>SI</td><td>5</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>7</td><td>AN</td><td>6</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>8</td><td>G</td><td>7</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>9</td><td>L</td><td>8</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>10</td><td>DH</td><td>9</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>11</td><td>AN</td><td>10</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>12</td><td>I</td><td>11</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>13</td><td>K</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>3</td><td>/</td><td>2</td><td>1</td><td></td></tr> </tbody> </table>					Номер	Тип	Вход 1	Вход 2	Вход 3	4	/	3	13		5	AT	4			6	SI	5			7	AN	6			8	G	7	0	0	9	L	8			10	DH	9			11	AN	10			12	I	11	0	0	13	K				3	/	2	1	
Номер						Тип	Вход 1	Вход 2	Вход 3																																																								
4						/	3	13																																																									
5						AT	4																																																										
6						SI	5																																																										
7						AN	6																																																										
8						G	7	0	0																																																								
9						L	8																																																										
10						DH	9																																																										
11						AN	10																																																										
12						I	11	0	0																																																								
13						K																																																											
3						/	2	1																																																									
4																																																																	
5																																																																	
6																																																																	
7																																																																	
8																																																																	
9																																																																	
10																																																																	
11																																																																	
12																																																																	
13																																																																	
3	13	K																																																															
	3	/	2	1																																																													

F1-Help F2-Save F4-Edit F5-Copy F6-Paste F7-Search F8-Delete F9-NewBlock F10-Run

b)

Рис.1.2. Перегляд набраної програми: а) параметрів блоків; б) схеми з'єднання блоків

File	Edit	Run	Option	View	rePort
		Структурный редактор			
Порядковый номер блока	0	Всего блоков	13	Макс. число блоков	125
Номер блока	Тип	1-й вход	2-й вход	3-й вход	
1	К				
2	+	1	-12	0	
4	/		13		
5	Интегрирование				
6	Время	Блок 3	Блок 6	Блок 7	Блок 10
7					
8	5.950E+00	5.099E-01	9.969E-01	2.493E+00	1.000E+00
9	6.800E+00	4.249E-01	9.957E-01	2.490E+00	1.000E+00
10	7.650E+00	3.399E-01	9.933E-01	2.485E+00	1.000E+00
11	8.500E+00	2.549E-01	9.883E-01	2.475E+00	1.000E+00
12	9.350E+00	1.699E-01	9.748E-01	2.449E+00	1.000E+00
13	1.020E+01	8.499E-02	9.138E-01	2.348E+00	1.000E+00
3	1.105E+01	3.333E-02	1.240E-01	1.236E+00	0.000E+00

Press any key, to continue....

00:00:27

Рис.1.3. Вид среды *IMDS* при розрахунку САУ

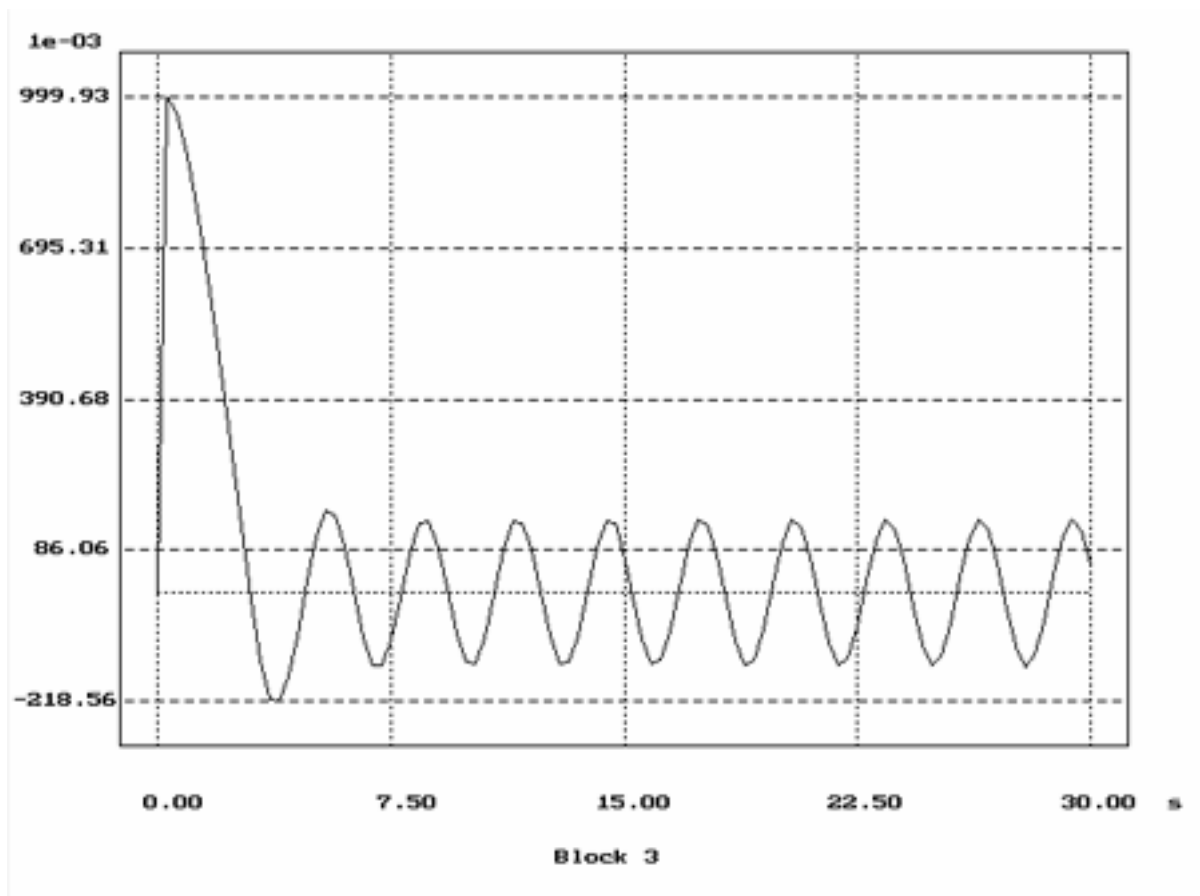


Рис.1.4. Сигнал на виході блоку 3

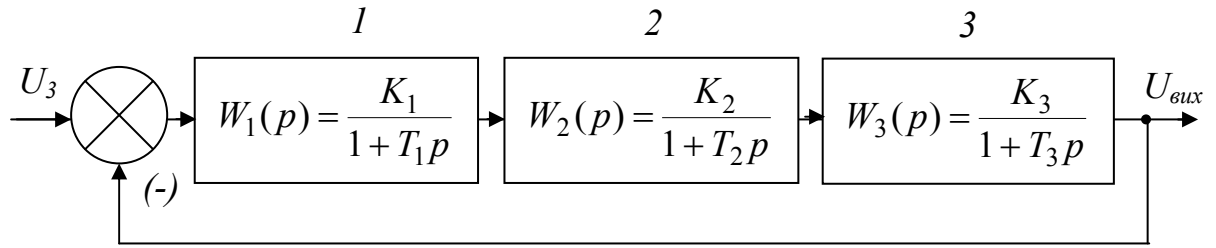


Рис.1.5. Структурна схема САУ

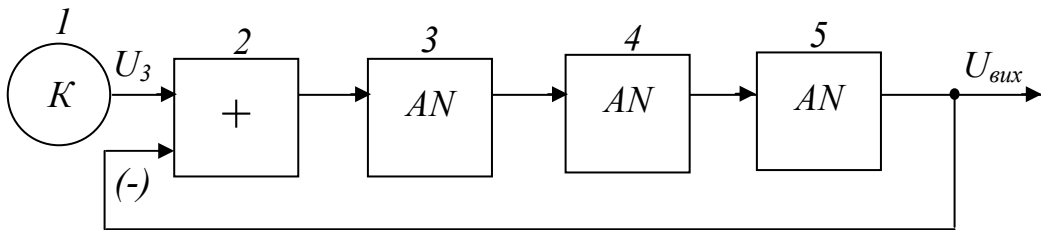


Рис.1.6. Структурна схема моделювання САУ за допомогою програми IMDS

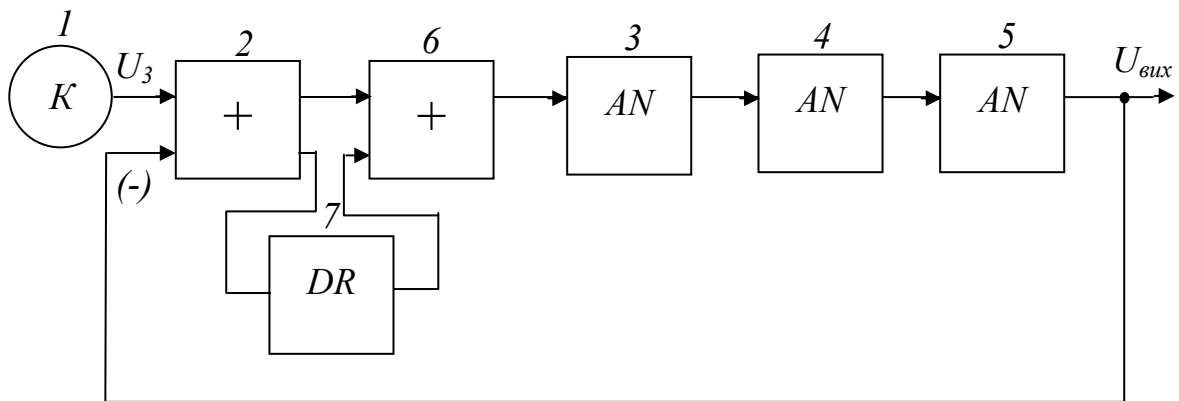


Рис.1.7. Структурна схема САУ з коригувальною ланкою

При виборі кроку інтегрування користуються наступною формулою:

$$\frac{K_1 \cdot K_2 \cdot K_3}{T_1 \cdot T_2 \cdot T_3} \cdot h^3 < 1 ;$$

$$\frac{0,77 \cdot 1,13 \cdot 25}{0,5 \cdot 0,75 \cdot 9,9} \cdot h^3 < 1 ; h < 0,55.$$

Приймаємо $h=0,1$ сек., а час інтегрування - 20 сек.

Введемо в розглянуту структуру ланку DR (рис.1.7), що диференціює, передавальна функція якої:

$$\frac{K \cdot T_p}{T_p + 1}$$

з параметрами $K=1$ і $T_p=0,5$.

Використовуючи бібліотеку вхідної мови, знайдемо параметри реальної ланки, що диференціює:

$$P_1 = K \cdot T = 1 \cdot 0,5 = 0,5 ; P_2 = T = 0,5.$$

Нумерацію блоків у схемі рис.1.7 зберігаємо таку ж, як у схемі рис.1.6. Це дасть можливість не набирати програму заново, а лише додати у вихідну два блоки і змінити місце підключення входу третього блоку. Програма буде мати наступний вид:

№ п/п	Структура				Параметри		
	ім'я	вхід 1	вхід 2	вхід 3	пар. 1	пар. 2	пар. 3
1	<i>K</i>	-	-	-	230	-	-
2	+	1	- 5	-	-	-	-
3	<i>AN</i>	6	-	-	0,77	0,5	-
4	<i>AN</i>	3	-	-	1,13	0,75	-
5	<i>AN</i>	4	-	-	25	9,9	-
6	+	2	7	-	-	-	-
7	DR	2	-	-	0,5	0,5	-

1.2 Порядок виконання роботи

1. Вивчити опис програми *IMDS*.
2. Набрати за допомогою блочного редактора текст програми, приведений у табл.1.1. Записати програму у файл під ім'ям *lab1.mds*.
3. Вивести на екран з початку структуру, а потім параметри блоків.
4. Установити параметри інтегрування: крок інтегрування – 0,1 сек.; час інтегрування – 20 сек.; крок інтегрування постійний (повинно бути змінний крок *off*).
5. Вивести на екран вікно *Report*. У пункті *File Name* набрати *Lab1_1.rep*. У пункті *Blocks* запровадити номери блоків: 2, 3, 4 і 5. У пункті *Comments* набрати тему роботи, групу, П.І.Б. За допомогою клавіші «пробіл» установити: *Mode – Text; Points – 40; Struct – on; Parameters – on; Blocks Outs – on*. Натиснути *Enter*.
6. У пункті *Options* установити *Y-Block* – блок 2. Потім, виконавши команду *Options/Stored Blocks* переконатися, що блоки 3, 4 і 5 тут уже встановлені.
7. Запустити програму на виконання.
8. Вивести на екран вихідні сигнали блоків 2, 3, 4 і 5 (команда *<Ctrl> + <G>*).
9. Записати результати розрахунку у файл *Lab1_1.rep*.
10. Змінити текст програми відповідно до табл.1.2. Записати нову версію програми у файл *lab2.mds*. (команда меню *File/Write to*)
11. Запустити програму на виконання.

12. Вивести по черзі на екран графіки зміни вихідного сигналу блоків 2, 3, 4 і 5 у часі.

13. У вікні *Report* у пункті *File Name* набрати ім'я нового файлу для збереження результатів розрахунку *Lab2_1.rep*.

При виконанні запису на диск тексту варто пам'ятати наступне:

13.1. Запис програмного файлу в ПЕОМ може виконуватися натисканням клавіші *F2* чи виконанням команд *File/Write to*. При цьому потрібно вводити тільки ім'я, а розширення *mds* присвоюється файлу автоматично.

13.2. Запис зміненого програмного файлу в ПЕОМ зі збереженням попередньої його версії можливо тільки за допомогою команди *File/Write to* (при натисканні на клавішу *F2* файл *lab1.mds* буде змінений).

13.3. Для запису результатів потрібно виконати команду *Report/Report* тільки після перевірки чи установки ім'я файлу.

1.3 Зміст звіту

1. Мета роботи.
2. Структурні схеми моделювання САУ за допомогою програми *IMDS*.
3. Текст програми.
4. Програма і результати розрахунку.

Контрольні питання

1. Призначення основних елементів середовища програми *IMDS*.
2. Призначення пунктів меню *File*.
3. Як здійснюється набір тексту програми?
4. Як здійснюється багаторазове копіювання при наборі в програмі однотипних блоків?
5. Клавішні команди *IMDS*. Їхнє призначення і дія.
6. Які установки повинні бути виконані перед запуском програми на виконання?
7. Призначення пунктів діалогового вікна *Report*.
8. Розділ меню *Options*, його призначення.
9. Запуск програми на виконання.
10. Як вивести графік зміни сигналу на виході блоку на екран?
11. Параметри реальної ланки, що диференціює, з бібліотеки блоків *IMDS* $K=0,5$; $T=0,01$. Знайти параметри передавальної функції, що відповідає типовій ланці.

ДИНАМІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ТИПОВИХ ЛАНОК

Мета роботи – аналіз впливу параметрів типових ланок на їхні динамічні характеристики.

2.1 Основні відомості

При алгоритмічному представленні структури автоматичних систем управління (САУ) їхні елементи називаються ланками. Серед реальних ланок можна виділити найпростіші типи, описуваними алгоритмічними чи диференціальними рівняннями не вище другого порядку з постійними коефіцієнтами.

Загальною властивістю типових ланок АСР є односпрямованість їхньої дії, тобто сигнал у будь-якій ланці проходить тільки від входу до виходу. Вхід кожної наступної ланки є виходом попередньої.

Процес автоматичного регулювання визначається не тільки динамічними властивостями системи, а, отже, і її ланок. Докладний опис типових ланок і їхніх особливостей із прикладами реальних елементів приведені в [1-3].

Основними типовими ланками АСР є:

1. Безінерційна (пропорційна, підсилювальна).
2. Аперіодична (інерційна першого порядку).
3. Інтегруюча (астатична).
4. Диференціююча (ідеальна і реальна).
5. Інерційна другого порядку (коливальна).
6. Запізніла.

Для дослідження динамічних властивостей типових ланок і АСР диференціальні рівняння записують в операторній формі, що дозволяє представити ланку передатною функцією:

$$W(p) = \frac{X_{вих}(p)}{X_{вх}(p)},$$

де $X_{вих}(p)$ – зображення вихідної величини ланки (системи);

$X_{вх}(p)$ – зображення вхідної величини.

Наприклад, передавальна функція аперіодичної ланки має вид:

$$W(p) = \frac{k}{T_p + 1},$$

де p – оператор, рівний $\frac{d}{dt}$;

k – коефіцієнт передачі;

T – постійна часу.

За допомогою передатних функцій розрахунок САУ значно спрощується, тому що не потрібно застосування складного математичного апарата. Передавальні функції широко використовуються в програмах розрахунку на ЕОМ перехідних процесів в САУ.

Допуск до виконання роботи здійснюється після правильних відповідей на контрольні питання, що виводяться на екран ПЕОМ після запуску програми *Tipzvm.exe*.

2.2 Порядок виконання роботи

1. При підготовці до роботи скласти диференціальні рівняння, що описують перехідний процес у RC і RLC – ланцюгах (рис.2.1, а, б, в) і одержати передавальні функції для аперіодичної ланки, ланки, що диференціює, інерційної ланки 2-го порядку.

2. По вихідним даним табл.2.1 розрахувати параметри передавальних функцій ланок, якими представлені електричні схеми.

3. Використовуючи вихідні дані табл.2.1, виконати на ЕОМ розрахунок перехідних характеристик типових ланок.

4. Досліджувати на ЕОМ вплив параметрів типових ланок на характер перехідного процесу.

5. Розрахувати на ЕОМ перехідні характеристики ланок, використовуючи в якості вихідних даних результати розрахунків параметрів передавальних функцій відповідних електричних схем.

6. У процесі виконання роботи правильність отриманих рішень контролює ЕОМ.

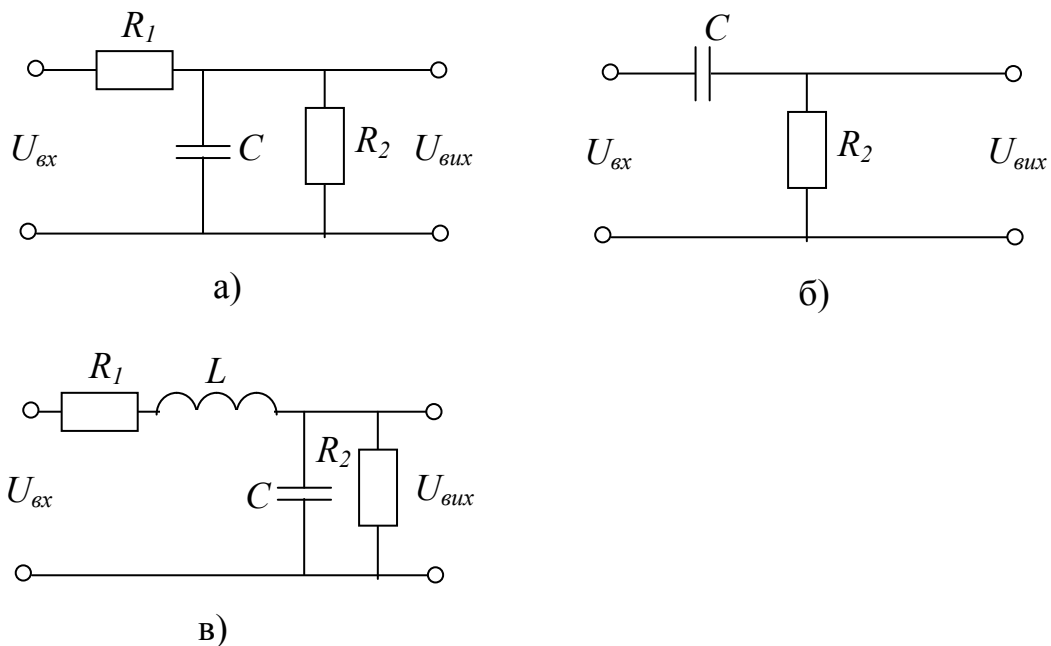


Рис.2.1. Електричні схеми RC і RLC - ланцюгів

2.3 Зміст звіту

1. Мета роботи.
2. Вихідні дані для виконання роботи.
3. Диференціальні рівняння і передатні функції досліджуваних типових ланок.
4. Електричні схеми RC і RLC – ланцюгів, диференціальні рівняння, передавальні функції і розрахунок їхніх параметрів.
5. Графіки перехідного процесу, отримані при різних умовах.
6. Аналіз отриманих результатів.

Контрольні питання

1. Привести диференціальні рівняння, що описують типові ланки?
2. Запишіть передатні функції типових ланок.
3. Скільки параметрів має інерційна ланка другого порядку в перехідному і сталому режимах?
4. Скласти диференціальне рівняння типової ланки по передавальній функції.
5. Скласти диференціальне рівняння, одержати передавальну функцію і визначити параметри схеми RC -ланцюга (RLC -ланцюга).
6. Як по тимчасовій характеристиці ланки визначити постійну часу перехідного процесу?
7. При яких умовах перехідний процес інерційної ланки другого порядку буде коливальним?
8. При яких умовах інерційна ланка другого порядку вироджується в консервативну?
9. Чому дорівнює період коливань для випадку, коли перехідний процес інерційної ланки другого порядку буде незатухаючим коливальним?

Таблиця 2.1

Вихідні дані до лабораторної роботи № 2

Номер варіан- та	Аперіодична ланка						Ланка, що диференціює				Інерційна ланка другого порядку						
	К	T, с	U _{вх} , В	R1, кОм	R2, кОм	C, мкФ	T, с	U _{вх} , В	R, кОм	C, мкФ	К	T, с	R1, кОм	R2, кОм	C, мкФ	L, Гн	U _{вх} , В
1	3,8	0,40	8	8	8	100	0,52	4,0	6	50	2,2	0,20	0,10	10	200	10	3,0
2	4,0	0,46	8	8	10	100	0,54	4,2	8	25	2,3	0,22	0,15	12	160	12	3,0
3	4,1	0,50	7	8	12	50	0,58	4,5	10	25	2,4	0,24	0,20	15	250	15	3,0
4	4,2	0,52	10	10	6	100	0,60	4,8	12	30	2,5	0,15	0,10	12	250	10	3,0
5	4,4	0,54	8	10	10	50	0,36	3,8	15	30	2,1	0,18	0,12	10	220	12	3,5
6	4,5	0,58	8	10	15	100	0,32	4,0	16	40	2,2	0,20	0,15	8	250	10	3,5
7	4,6	0,60	9	12	12	60	0,35	4,2	18	25	2,3	0,22	0,20	10	250	12	3,5
8	4,7	0,62	9	15	15	60	0,38	4,4	20	25	2,4	0,24	0,10	6	160	18	3,0
9	4,8	0,64	10	15	12	75	0,40	4,5	22	15	2,0	0,15	0,08	8	200	12	3,0
10	5,0	0,70	8	20	25	60	0,46	4,6	25	10	2,3	0,21	0,10	5	180	15	3,5
11	4,0	0,58	9	12	12	120	0,38	4,2	14	35	2,5	0,24	0,25	13	250	15	2,8
12	4,4	0,52	10	8	8	100	0,42	4,0	18	25	2,4	0,22	0,15	7	200	10	3,2
13	4,6	0,62	8	18	10	75	0,40	3,8	25	30	2,2	0,24	0,10	10	180	12	3,0
14	3,8	0,55	7	14	20	80	0,32	4,2	21	25	2,3	0,20	0,13	12	170	16	3,4
15	4,9	0,65	9	10	6	55	0,40	4,4	22	35	2,1	0,15	0,10	6	220	10	3,0
16	4,3	0,47	8	17	12	50	0,43	4,5	16	45	2,5	0,21	0,08	11	250	18	3,5
17	4,2	0,69	10	15	22	60	0,52	4,9	18	15	2,2	0,24	0,15	8	160	12	3,0
18	4,1	0,64	8	6	7	75	0,38	4,0	24	40	2,3	0,21	0,20	15	200	12	3,2
19	4,7	0,70	10	20	8	100	0,46	3,8	8	10	2,4	0,20	0,17	12	220	15	2,8
20	4,5	0,57	9	15	12	65	0,40	4,2	6	25	2,0	0,23	0,21	6	160	16	3,0

Коефіцієнт передачі K_d ланки, що диференціює для варіантів 1-10 прийняти рівним 8, а для варіантів 11-20 - рівним 10.

ТИПОВІ РЕГУЛЯТОРИ

Мета роботи – дослідження динамічних характеристик типових регуляторів.

3.1 Основні відомості

Для системи автоматичного управління (САУ), структурна схема якої представлена на рис.3.1, розрахувати на ЕОМ перехідні характеристики при П-; І-; ІІ-; ПД-; і ПІД - регулюванні.

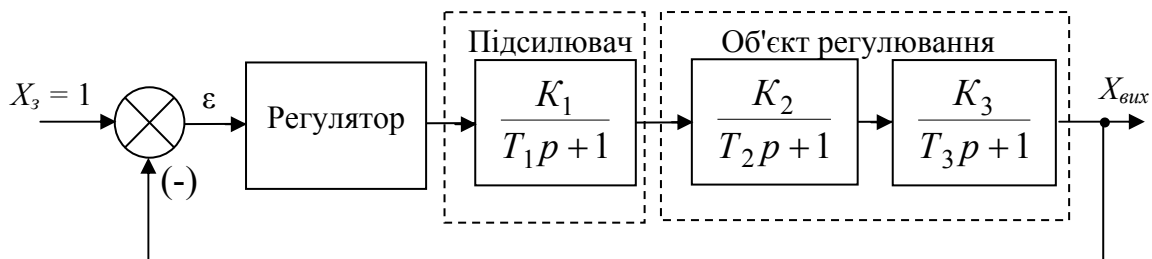


Рис.3.1. Структурна схема САУ

При конструюванні реальних регуляторів розроблювачі прагнуть до того, щоб вони по своїх динамічних властивостях якнайбільше наближались до одного з п'яти ідеальних регуляторів. Хоча створення регуляторів близьких до їх ідеальних типів не завжди можливо з технічних причин, конструктивним чи економічним розумінням, знання законів регулювання, перехідних характеристик САУ з ідеальними регуляторами має велике значення для розробки схем промислових автоматичних регуляторів.

3.2 Порядок виконання роботи

1. Скласти схему набору задачі мовою програми *IMDS*. При цьому узагальнений регулятор повинний складатися з трьох паралельно-включених ланок G , DR і I . Тип досліджуваного регулятора визначається тим, які і скільки ланок підключені до вихідного суматора регулятора. При підключенні ланки I варто використовувати тільки 2-й чи 3-й входи, тому що перший вхід має постійний коефіцієнт передачі рівний 1, а перший параметр задає початкові умови інтегрування

2. Першим розраховується П-регулятор. Початкове значення коефіцієнта передачі підсилювача $K_1=1$. При необхідності K_1 збільшується доти поки $X_{вих}(t)$ не буде мати вид повільно загасаючих коливань. Це значення K_1 потрібно використовувати в подальших розрахунках. Прийняти рівним: час інтегрування – 40 сек., кількість точок – 40, крок інтегрування 0,1 сек. Переконалися, що при збі-

льшенні K_I статична помилка зменшується, але є граничне значення K_I більше якого коефіцієнт підсилення збільшувати не можна за умовою стійкості.

3. Рекомендується наступний порядок розрахунку типових регуляторів: П-; І-; ПІ-; ПД- і ПІД-. Звернути увагу на те, що при ПІ-регулюванні процес, у відмінності від І-регулювання, повинний мати стійкий характер. Час розрахунку І- і ПІ- регуляторів порядку 100÷120 сек. при кількості точок не менш 120. Якщо при ПІ-регулюванні амплітуда коливань також збільшується, то потрібно збільшити постійну часу інтегрування і повторити розрахунки І- і ПІ- регуляторів ще раз. У випадку, коли якість І- і ПІ-регулювання мало відрізняються, те потрібно змінити величину K_{II} регулятора. В І- і ПІ-регуляторах звернути увагу на $X_{вих}$ у сталому режимі і його зв'язок із $X_{вх}$. Переконалися, що при введенні в закон регулювання похідної коефіцієнт передачі K_I підсилювача за умовою стійкості може бути збільшений до 10 і більш. Після перевірки встановлюється вихідне значення K_I .

4. Змінюючи параметри ПІД-регулятора одержати закони регулювання П-; І- і ПІ-. На початку розрахувати на ПЕОМ ПІД-регулятор відповідно до завдання (табл.3.1) .

5. За допомогою багатовіконного редактора сформувати звіт про дослідження регуляторів не більше ніж на дві сторінки. Схема звіту наступна: перший розділ – це схема з параметрами; другий розділ складається зі стовпців даних. Перший стовпець – поточне час, інші стовпці складаються зі значень $X_{вих}(t)$ для п'яти регуляторів. Кожен стовпець потрібно підписати.

3.3 Зміст звіту

1. Мета роботи.
2. Структурні схеми досліджуваних САУ.
3. Структурні схеми і програми моделювання досліджуваних САУ в середовищі *IMDS* на ПЕОМ.
4. Графіки перехідного процесу $X_{вих}(t)$ в одній і тій же системі координат окремо для статичних і астатичних САУ.
5. Розраховані для кожного графіка показники якості регулювання.
6. Висновки.

Контрольні питання

1. Дайте визначення закону регулювання САУ.
2. Назвіть і поясните переваги ПД-регулятора в порівнянні з П-регулятором.
3. Для одного з типових регуляторів записати закон регулювання в диференціальній формі.
4. Побудувати тимчасові характеристики $X_{pec}(t)$ для одного з типових регуляторів при надходженні на вхід постійного сигналу.

5. Назвіть і поясніть дію параметрів настроювання одного з типових регуляторів.

6. За структурною схемою пояснити роботу регулятора по відхиленню (по обурюємому впливу чи комбінованого).

7. Яке призначення головного негативного зворотного зв'язку?

8. Які САУ називають розімкнутими?

9. Визначити передатну функцію об'єкта регулювання.

10. Написати еквівалентну передатну функцію: послідовно, паралельно і паралельно з'єднаних ланок.

11. Дайте визначення статичної й астатичної САУ.

12. Як можна з ПД-регулятором одержати закони регулювання (П-, І-, ІІ-)?

Таблиця 3.1

Вихідні дані до лабораторної роботи № 3

Номер варіанта	Регулятор				Підсилювач	Об'єкт регулювання			
	K_P	K_I	K_D	T_D, c		T_1, c	K_2	T_2, c	K_3
1,16	1	0,018	1	0,02	0,3	3	0,55	5	6,1
2,17	1,1	0,015	1	0,03	0,32	2	0,45	6	6,5
3,18	1,2	0,02	1	0,01	0,4	1	0,5	7	6,8
4,19	1,3	0,012	1	0,04	0,45	3	0,35	8	5,0
5,20	0,9	0,013	1	0,02	0,5	2	0,3	5	5,9
6,21	1	0,016	1	0,03	0,25	1	0,42	6	6,4
7,22	1,1	0,017	1	0,01	0,36	1	0,38	7	5,3
8,23	1,2	0,01	1	0,04	0,42	2	0,48	8	5,6
9,24	1,3	0,02	0,5	0,02	0,33	1	0,6	5	5,8
10,25	0,9	0,018	0,5	0,03	0,45	1	0,7	6	6,0
11,26	1	0,015	0,5	0,01	0,47	2	0,53	7	6,7
12,27	1,1	0,014	0,5	0,04	0,27	1	0,51	8	6,5
13,28	1,2	0,013	0,5	0,02	0,37	3	0,49	5	6,3
14,29	1,3	0,02	0,5	0,03	0,48	2	0,47	6	6,1
15,30	0,8	0,01	0,5	0,01	0,5	1	0,46	7	5,9

Примітка: для варіантів 16-30 значення K_P , K_D , T_1 , приведені в табл.1, зменшити на 0,1. Значення K_I визначається в процесі виконання роботи так, щоб на виході системи мали місце повільне загасаючі коливання.

СТАЛІ ПОМИЛКИ І ПЕРЕДАТНІ ФУНКЦІЇ СТАТИЧНИХ І АСТАТИЧНИХ СИСТЕМ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ

Мета роботи - дослідження на ЕОМ сталих режимів статичних і астатичних систем при відпрацьовуванні впливу, що задає або збурює .

4.1 Зміст роботи

Для систем, структурні схеми яких приведені на рис.4.1-4.3, необхідно одержати криві перехідних процесів $z(t)$ і $\varepsilon(t)$ при нульових початкових умовах у наступних режимах:

- при незмінному у часі впливу, що задає, $g(t) = g_0$;
- при незмінному у часі впливу, що збурює, $f(t) = f_0$;
- при лінійній зміні у часі впливу, що задає, $g(t) = g_1 * t$.

Для кожної системи визначається стала помилка $\varepsilon(t)$, значення величини $z(t)$, що регулюється, і робляться висновки щодо статичних (астатичних) властивостей системи стосовно впливу, що задає g_0 або обурює f_0 .

4.2 Порядок виконання роботи

Складаються структурні схеми моделювання САК , приведені на рис.4.1-4.3, за допомогою програми IMDS. Далі послідовно у середовищі IMDS набираються структурні схеми САК, . Для кожної схеми розраховуються криві зміни помилки $\varepsilon(t)$ і значення величини $z(t)$, що регулюється:

1. При $f(t)=0, g(t)=g_0$.
2. При $g(t)=0, f(t)=f_0$.
3. При $g(t)=g_1 t, f(t)=0$.

У звіті для кожної досліджуваної схеми окремо в одній системі координат будуються криві перехідних процесів $z(t)$ і $\varepsilon(t)$ при різних впливах.

Крок інтегрування приймається меншим чи рівним $\frac{T_1}{2}$. Час інтегрування приймається таким, щоб сигнал на виході системи і величина помилки (в астатичних системах) установилися. Якщо при виводі графіків на екран ЕОМ не видно коливань, то необхідно зменшити час інтегрування, так щоб можна було більш детально побачити на екрані ПЕОМ початкову стадію перехідного процесу. У загальному випадку час інтегрування не повинний перевищувати 5 секунд.

Для статичних систем при $f(t)=0$ і $g(t)=g_1 * t$ значення помилки визначається експериментальним і розрахунковим шляхом для моменту часу $t=t_n$. При цьому визначається значення впливу, що задає $g_1 * t_n$.

Значення помилок у системі, розрахованих аналітично при підготовці до роботі і заносяться в табл.4.1, а отримані в результаті моделювання на ЕОМ помилки у процесі виконання роботи також заносяться у цю ж саму таблицю.

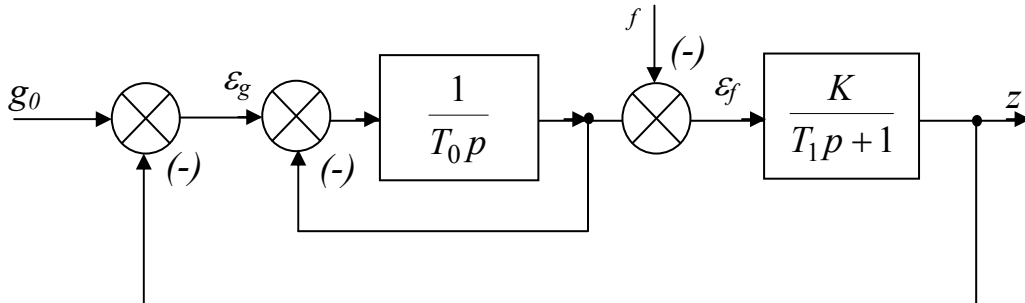


Рис.4.1. Структурна схема статичної системи

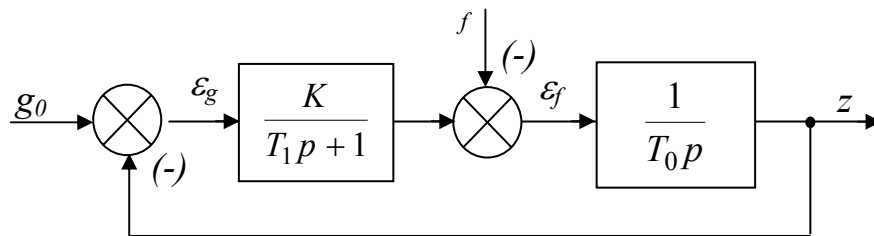


Рис.4.2. Структурна схема системи астатичної по керуючому впливу і статичної по обурюємому впливу

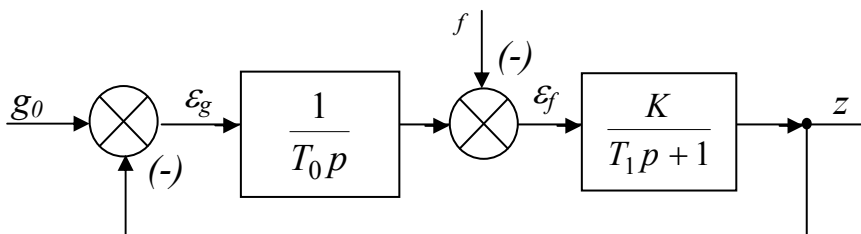


Рис.4.3. Структурна схема астатичної системи

Таблиця 4.1

Порівняльний аналіз розрахункових і експериментальних даних

Схема	$F(t)=0, g(t)=g_0$		$g(t)=0, f(t)=f_0$		$f(t)=0, g(t)=g_1 t$	
	$\varepsilon_{\text{уст}}$	$\varepsilon(t)$	$\varepsilon_{\text{уст}}$	$\varepsilon(t)$	$\varepsilon_{\text{уст}}$	$\varepsilon(t)$
	Розр-нок	Екс-мент	Розр-нок	Екс-мент	Розр-нок	Екс-мент
Рис.4.1						
Рис.4.2						
Рис.4.3						

У ході виконання роботи потрібно звернути увагу на те, що для схеми, представленої на рис.4.3, при $g(t)=0$ і $f(t)=f_0$ у сталому режимі на виході систе-

ми $z(t)=0$ при будь-яких значеннях f через наявність інтегруючої ланки в ланцюзі зворотного зв'язку.

При виводі на екран монітора графіків для випадків при $f(t)=0$ і $g(t)=g_0$ варто знати, що при розрахунку ПЕОМ приймає в початковий момент часу ($t=0$) значення сигналів на виході блоків рівними 0 , навіть якщо вони відмінні від нього. Насправді $\varepsilon(t=0) = g_0 - z(t=0) = g_0 = 1$.

4.3 Зміст звіту

1. Структурні схеми досліджуваних систем.
2. Структурні схеми рішення задачі за допомогою пакета *IMDS*.
3. Значення параметрів досліджуваних систем.
4. Графіки перехідних процесів $\varepsilon_g(t)$ і $\varepsilon_f(t)$, $z(t)$ для кожного випадку розрахунку САК
4. Результати порівняльного аналізу розрахункових і експериментальних даних.
5. Висновки.

Контрольні питання

1. Передатні функції САК по помилці.
2. Передатна функція по помилці статичних САУ.
3. Передатна функція по помилці астатичних САУ.
4. Стала помилка системи, що стежить, з астатизмом першого порядку (нульового, другого порядку).
5. У яких системах мають місце статичні помилки і від чого вони залежать?
6. Як визначити коефіцієнт передачі розімкнутої системи регулювання?
7. Статичні характеристики статичних і астатичних САУ $z(f)$.
8. Чи може система мати різні властивості у смислі статизму й астатизму стосовно впливу, що задає або збурює? Привести приклад.
9. Коли порядок астатизму системи дорівнює нулю?
10. Які помилки виникають в астатичній системі регулювання при $g(t)=g_1*t$ і $g(t)=g_2*t^2$?

Таблиця 4.2

Вихідні дані до лабораторної роботи № 4

Варіант	T_0, c	T_1, c	k	g_0	f_0	g_1	$t_{нв}, c$
1	0,02	0,02	1,0	1	1	7	0,5
2	0,01	0,02	1,1	1	1	8	0,4
3	0,03	0,015	0,8	1	1	7	0,46
4	0,01	0,01	0,9	1	1	7	0,4
5	0,02	0,01	1,0	1	1	8	0,41
6	0,022	0,02	0,8	1	1	6	0,45

7	0,01	0,015	1,2	1	1	7	0,42
8	0,025	0,02	0,9	1	1	5	0,51
9	0,011	0,014	1,1	1	1	8	0,42
10	0,01	0,012	1,0	1	1	7	0,43
11	0,02	0,02	1,2	1	1	5	0,48
12	0,03	0,015	0,9	1	1	6	0,42
13	0,02	0,01	0,8	1	1	7	0,47
14	0,016	0,016	1,1	1	1	8	0,4
15	0,022	0,12	1,0	1	1	4	0,5
16	0,025	0,01	0,8	1	1	7	0,41
17	0,01	0,02	1,1	1	1	8	0,44
18	0,012	0,025	1,0	1	1	6	0,46
19	0,015	0,03	0,9	1	1	9	0,52
20	0,02	0,015	1,2	1	1	7	0,41
21	0,025	0,02	0,8	1	1	5	0,6
22	0,02	0,015	0,9	1	1	7	0,7
23	0,015	0,01	1,1	1	1	8	2,0
24	0,01	0,014	1,2	1	1	6	0,65

СТІЙКІСТЬ ЛІНІЙНИХ ЗАМКНУТИХ СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ

Мета роботи - придбання навичок по визначенню стійкості замкнутих систем і вивченню поведінки стійких і хитливих систем.

5.1 Зміст роботи

Скориставшись критерієм Гурвіца, визначити граничне значення постійної інтегрування T_{usz} І-регулятора, при якому система (рис.5.1) знаходиться на границі стійкості. За результатами розрахунку побудувати логарифмічну амплітудно-частотну характеристику (ЛАЧХ) і логарифмічну фазо-частотну характеристику (ЛФЧХ) розімкнутої системи.

На ПЕОМ виконати дослідження стійкості системи, структурна схема якої представлена на рис.5.1, при трьох значеннях постійної інтегрування: І – регулятора: $T_u = T_{usz}$; $T_u = 2T_{usz}$; $T_u = T_{usz}/2$.

Змінити структуру регулятора, зробивши його пропорційно-інтегральним (ПІ) (рис.5.2). Довести за допомогою критерію Гурвіца, що при зазначених на рис.5.2 параметрах система буде стійка при будь-яких значеннях $T_u = T_2$.

Визначити величини постійних інтегрування T_u , при яких замкнута система (рис.5.2) поводитья як коливальна ланка з коефіцієнтом демпфірування: $\varepsilon = 0,5$, $\varepsilon = \sqrt{2}/2$; $\varepsilon = 1$ ($\varepsilon = T_{1эк}/T_{2эк}$). Для знайдених значень T_u розрахувати на ПЕОМ перехідні характеристики системи і побудувати асимптотичні ЛАЧХ.

5.2 Порядок виконання роботи

Значення параметрів об'єкта регулювання взяти з табл.5.1. При дослідженні стійкості системи з І-регулятором (рис.5.1) керуючий вплив задавати рівним $g(t) = 0,1$. В одній системі координат побудувати графіки перехідних процесів для різних значень T_u при тривалості процесу $t_n = 0,2$ сек.

Розрахувати перехідні характеристики системи з ПІ-регулятором (рис.5.2) при $g(t) = 1$ для різних значень коефіцієнта демпфірування ε . Отримані характеристики побудувати в одній системі координат.

5.3 Зміст звіту

1. Структурні схеми досліджуваних систем (рис.5.1-5.2).
2. Заповнені таблиці 5.2 і 5.3.
3. ЛАЧХ і ЛФЧХ розімкнутої системи з І-регулятором для трьох значень T_u .
4. Графіки перехідних процесів у системі з І-регулятором.

5. Сімейство асимптотичних ЛАЧХ для системи з ІІ-регулятором при різних коефіцієнтах демпфірування;
6. Графік перехідних процесів у системі з ІІ-регулятором.

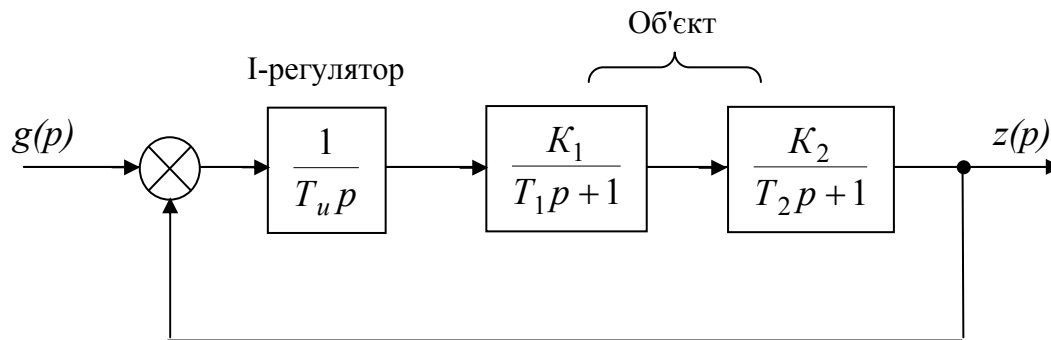


Рис.5.1. Структурна схема системи з інтегральним регулятором

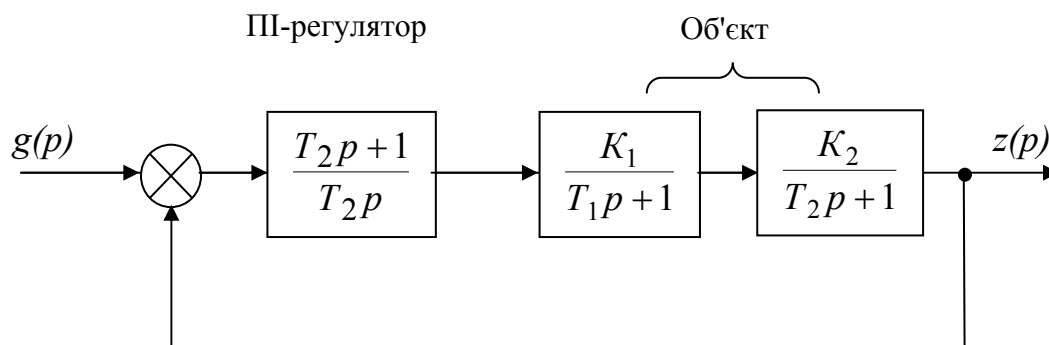


Рис.5.2. Структурна схема системи з пропорційно-інтегральним регулятором

Контрольні питання

1. Визначити $K_{раз}$ для схеми рис.5.1.
2. Як можна одержати характеристичне рівняння з передатної функції замкнутої САУ?
3. Як по коренях характеристичного рівняння визначити стійкість САУ?
4. Сформулюйте необхідні і достатні умови критерію Гурвіца.
5. Сформулюйте критерій Михайлова.
6. Критерій Найквіста для стійкої в розімкнутому стані системи.
7. Критерій Найквіста для хитливої в розімкнутому стані системи.
8. Фізичний зміст критерію Найквіста.
9. Логарифмічний частотний критерій.
10. Правила побудови ЛАЧХ розімкнутої системи.
11. Для схеми рис.5.2 визначити умову стійкості за критерієм Гурвіца.

Таблиця 5.1

Вихідні дані до лабораторної роботи № 5

Варіант	T_1 , сек.	T_2 , сек.	K_1	K_2
1	0,01	0,02	11	7
2	0,01	0,015	9	12
3	0,007	0,03	10	8
4	0,009	0,025	8	13
5	0,006	0,02	11	9
6	0,012	0,02	10	11
7	0,01	0,03	9	12
8	0,016	0,025	14	6
9	0,015	0,01	10	9
10	0,011	0,015	11	8
11	0,008	0,02	11	7
12	0,012	0,021	10	12
13	0,008	0,024	14	8
14	0,011	0,017	9	13
15	0,01	0,014	10	9
16	0,012	0,018	11	10
17	0,007	0,025	8	12
18	0,01	0,022	10	6
19	0,013	0,025	9	9
20	0,011	0,021	11	8

Таблиця 5.2


Результати дослідження системи з інтегральним регулятором

1	Передатна функція розімкнутої системи	$W(p) = \text{формула}$
2	Характеристичний поліном замкнутої системи	$G(p) = \text{формула}$
3	Умови стійкості за критерієм Гурвіца	
4	Розрахункове значення T_{igr} , при якому система знаходиться на границі стійкості	$T_{igr} = \text{формула}$ $T_{igr} = \text{чисельне значення}$

Таблиця 5.3

Результати дослідження системи з пропорційно-інтегральним регулятором

1	Передатна функція розімкнутої системи	$W(p) = \text{формула}$
2	Передатна функція розімкнутої системи	$K(p) = \frac{W(p)}{1 + W(p)}$
3	Значення постійної T_u для різних значень коефіцієнта демпфірування	$T_u = \text{формула}$ $T_u = \text{число при } \varepsilon=0,5$ $T_u = \text{число при } \varepsilon = \sqrt{2}/2$ $T_u = \text{число при } \varepsilon=1$

4	<p data-bbox="279 174 1484 257">Асимптотичні ЛАЧХ замкненої системи для різних значень коефіцієнта демпфірування</p>  <p data-bbox="395 291 1356 526">A blank coordinate system for plotting asymptotic Bode plots. The vertical axis is labeled $L(\omega)$ and the horizontal axis is labeled ω. Both axes have arrows at their ends.</p>
---	--

КОРЕКЦІЯ СИСТЕМ АВТОМАТИЧНОГО УПРАВЛІННЯ

Мета роботи – аналіз показників якості САУ при різних способах корекції

6.1 Зміст роботи

Синтез САУ, що відповідає поставленим вимогам, не має однозначного рішення і може здійснюватися різними способами. До них відносяться включення коригувальних ланок: послідовно, паралельно і паралельно з ланками керуючої частини, а також введення в закон регулювання похідних і інтегралів.

Умову стійкості замкнутої САУ (рис. 6.1,а) можна знайти з критерію Гурвіца. Для цього використовується передатна функція замкнутої САУ

$$W_{\text{зам}}(p) = \frac{K_{\text{раз}}}{(T_y p + 1)(T_{ep} + 1)(T_{d0p} + 1) + K_{\text{раз}}}$$

де $K_{\text{раз}} = K_U \cdot K_y \cdot K_B \cdot K_T \cdot K_G$.

Вирішуючи визначник Гурвіца другого порядку відносно $K_{\text{раз}}$ можна одержати умови стійкості вихідної САУ з слідує, що вона обмеженні можливості по збільшенню $K_{\text{раз}}$. Підвищити це значення можливо за допомогою корекції.

Одним зі способів корекції є введення гнучкого негативного зворотного зв'язку, що охоплює послідовно з'єднані ланки $W_y(p)$ і $W_B(p)$. Розглянемо вплив цього зв'язку на процес регулювання. Передатна функція еквівалентної ланки буде мати вид

$$W_{\text{эк}}(p) = \frac{K_y \cdot K_B}{T_y \cdot T_e \cdot p^2 + (T_y + T_e + K_y \cdot K_B \cdot K_{дг})p + 1}$$

Зневажаючи першим членом у знаменнику, що не вносить істотної погрішності, одержимо

$$W_{\text{эк}}(p) = \frac{K_y \cdot K_B}{(T_y + T_e + K_y \cdot K_B \cdot K_{дг})p + 1}$$

САУ перетворюється в систему другого порядку - складається з двох інерційних ланок $W_{\text{эк}}(p)$ і $W_G(p)$, що стійка при будь-якому коефіцієнті передачі. Однак у цьому випадку сповільнюється процес регулювання.

При перетворенні П-регулятора в ПД-регулятор вдається підвищити стійкість і зменшити час регулювання.

Користаючись критерієм Гурвіца можна довести, що це дозволяє підвищити коефіцієнт передачі у відношенні [3]:

$$\frac{K_{раз\ k}}{K_{раз}} = \frac{1}{1 - K_{1U} \left(\frac{1}{T_y} + \frac{1}{T_e} + \frac{1}{T_{d0}} \right)},$$

де $K_{раз\ k}$ – коефіцієнт передачі скоректованої АСР;

K_{1U} – коефіцієнт передачі ланки, що диференціює.

Максимально припустиме значення K_{1U} обмежується вимогою позитивності знаменника.

6.2 Порядок виконання роботи

1. Розрахувати граничний за умовою стійкості коефіцієнт передачі САУ в розімкненому стані.

2. Визначити граничний коефіцієнт передачі підсилювача K_1 .

3. Скласти структурні схеми моделювання САУ за допомогою програми *IMDS*.

4. Моделюючи вихідну САУ (рис.6.1, а) на ЕОМ з отриманим значенням коефіцієнта передачі підсилювача K_1 , переконатися, що перехідна характеристика системи являла собою повільно загасаючий коливальний процес. При необхідності змінити значення K_1 і повторити розрахунок.

5. Досліджувати на ЕОМ якість процесу регулювання при рівнобіжному і послідовному способах корекції.

Для схеми рис.6.1,б час розрахунку прийняти не менш 75 сек., крок розрахунку – $0,001 \div 0,0001$ сек., $K_4 = 0,1 \div 10$, $T_4 = 0,01 \div 0,03$ сек.

При аналізі на ЕОМ схеми рис.6.1,в прийняти час розрахунку $10 \div 15$ сек., крок розрахунку той же, $K_4 = 0,1 \div 1$, а $T_4 = 0,01 \div 0,03$ сек.

6.3 Зміст звіту

1. Мета роботи.

2. Розрахунок коефіцієнтів передачі підсилювача.

3. Структурні схеми вихідної і скоректованих САУ.

4. Структурні схеми моделювання САУ за допомогою програми *IMDS*.

5. Програми розрахунку.

6. Перехідні характеристики і показники якості САУ при різних умовах.

7. Висновки.

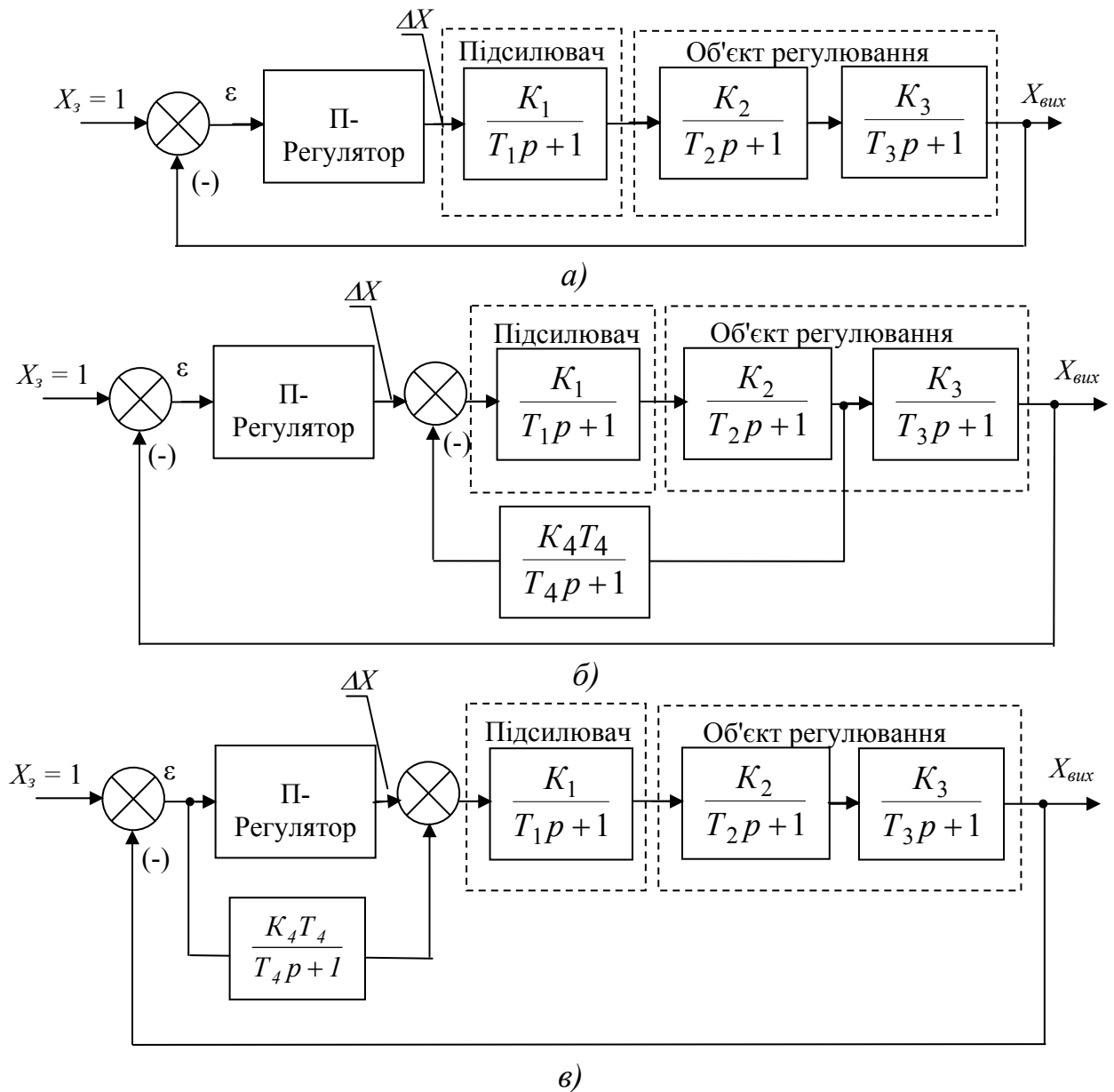


Рис.6.1. Структурна схема АСР: а) з П-регулятором; б) з негативним гнучким зворотним зв'язком; в) із ПД-регулятором

Контрольні питання

1. Якими показниками якості характеризується САУ?
2. Яку передатну функцію має САУ по впливу, що задає?
3. Пояснити необхідність і шляхи корекції САУ?
4. Які способи корекції можна застосовувати в САУ?
5. При якому способі корекції П – регулятор перетворюється в ПД – регулятор?
6. Дати порівняльну характеристику використовуваних у роботі способів корекції САУ.

7. Привести приклад приведення структурно-хитливих САУ до стійкості за допомогою коригувальних ланок.
8. Як можна за критерієм Гурвіца визначити запас стійкості САУ?
9. Пояснити протиріччя між умовами підвищення точності системи в сталих і перехідних режимах.
10. Фізичний смисл введення похідних від сигналу неузгодженості в алгоритм управління.

Таблиця 6.1

Вихідні дані до лабораторної роботи № 6

Номер варіанта	Підсилювач	Об'єкт регулювання				
		K_D	T_1, c	K_2	T_2, c	K_3
1,16	1	0,3	2,3	0,55	2	6,1
2,17	1,1	0,32	2	0,45	3	6,5
3,18	1,2	0,4	1,7	0,5	3,5	6,8
4,19	1,3	0,45	2,1	0,35	3,9	5,0
5,20	0,9	0,5	2,2	0,3	2,3	5,9
6,21	1	0,25	1,5	0,42	3,3	6,4
7,22	1,1	0,36	1	0,38	3,7	5,3
8,23	1,2	0,42	2	0,48	4	5,6
9,24	1,3	0,33	1,3	0,6	2,1	5,8
10,25	0,9	0,45	1,8	0,7	3,1	6,0
11,26	1	0,47	2,4	0,53	3,4	6,7
12,27	1,4	0,27	1,2	0,51	3,8	6,5
13,28	1,2	0,37	2,5	0,49	2,4	6,3
14,29	1,3	0,48	2	0,47	3	6,1
15,30	0,8	0,5	1,5	0,46	3,6	5,9

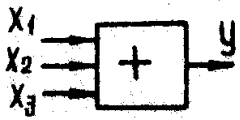
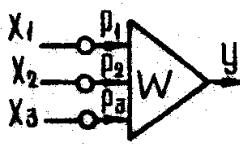
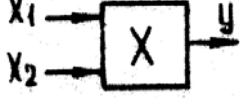
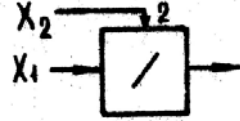

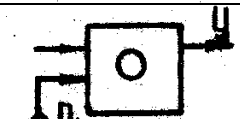
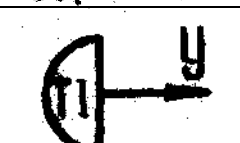
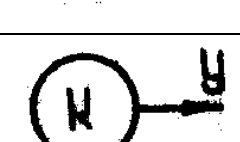
Примітка: для варіантів 16-30 значення K_D , приведені в табл.1, зменшити на 0,1. Значення K_I визначається в процесі виконання роботи.

ЛІТЕРАТУРА

1. Теория автоматического управления // Под ред. А.А. Воронова. – М.: Высшая школа, 1977. – 591 с.
2. Зайцев Г.Ф. Теория автоматического управления и регулирования. – К.: Вища школа, 1975. – 424 с.
3. Автоматика энергетических систем / О.П. Алексеев, В.Е. Казанский, В.Л. Козис и др. – М.: Энергоиздат, 1981. – 480 с.
4. Ключев А.С. Автоматическое регулирование. – М.: Энергия, 1973. – 399 с.
5. Методические указания к лабораторным работам по курсу «Теория автоматического управления», Ч.І /Сост.: П.Х. Коцегуб, С.С. Старостин. – Донецк: ДПИ, 1993. – 39 с.










ДОДАТОК А

Функціональні блоки мови. Арифметичні операції

Тип блоку	Мовний символ	Графічне зображення	Функція
Суматор	+		$y = \pm X_1 \pm X_2 \pm X_3$
Суматор з ваговими коефіцієнтами	W		$y = P_1 X_1 + P_2 X_2 + P_3 X_3$
Умножитель	X		$y = X_1 X_2$
Дільник	/		$y = X_1 / X_2$
Підсилювач	G		$y = P_1 X_1$
Зсув	O		$y = X_1 + P_1$
Системний час	Tt		$y = t$
Константа	K		$y = P_1$

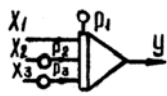


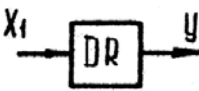
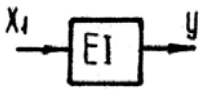
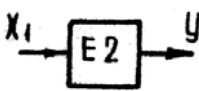
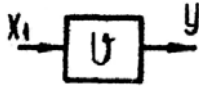

ДОДАТОК Б


Елементарні математичні функції (Фортран-функції)

Тип блоку	Мовний символ	Графічне зображення	Функція
Синус	SI		$y = \sin X_1$
Косинус	CO		$y = \cos X_1$
Показова функція	EX		$y = \exp(X_1)$
Зведення в ступінь	AX		$y = (X_1)^{X_2}$
Логарифм натуральний	LN		$y = \ln X_1$
Тангенс	TA		$y = \operatorname{tg} X_1$
Логарифм десятковий	LG		$y = \lg X_1$
Арктангенс	AT		$y = \operatorname{arctg} X_1$
Корінь квадратний	SR		$y = \sqrt{X_1}$

ДОДАТОК В

Лінійні динамічні ланки

Тип блоку	Мовний символ	Графічне зображення	Функція
Інтегратор	I		$y = P \int (X_1 + P_2 X_2 + P_3 X_3) dt$ $P_1 = y(0)$
Диференціювання	DI		$y = \frac{dX_1}{dt}; P_1 = y(0)$
Інерційна ланка	AN		$W(S) = \frac{P_1}{1 + SP_2}; P_2 \neq 0$ $P_2 y + y = P_1 X_1$
Реальна диференційна ланка	DR		$W(S) = \frac{SP_1}{1 + SP_2}; P_2 \neq 0$ $P_2 y + y = P_1 X_1$
Пружна ланка	EI		$W(S) = \frac{1 + SP_1}{1 + SP_2}; P_2 \neq 0$ $P_2 y + y = P_1 X + X_1$
Ланка другого порядку	E2		$W(S) = \frac{P_1}{S^2 P_2 + SP_3 + 1};$ $P_2 \neq 0$
Затримка	V		$y = P_1; t < \frac{\Delta t}{2} P_2;$ $y = X \left[t - (P_2 + 1) \frac{\Delta t}{2} \right];$ $P_2 = 0, t \geq \frac{\Delta t}{2} (P_2 + 1)$
Запізнювання	DT		$W(S) = e^{-P_2 S};$ $y = \begin{cases} P_1 & \left\{ t < P_2 \right. \\ X_1(t - P_2) & \left. \left\{ t \geq P_2 \right. \right. \end{cases}$ $P_2 \leq 100 \Delta t$

Ланка загального виду	TF		$W(S) = \frac{\prod_{j=1}^m \left(\sum_{i=0}^n B_i S^i \right)_j}{\prod_{i=1}^n \left(\sum_{j=0}^n Q_j S^i \right)_i};$ $\sum_{i=0}^N A_i y_i^{(i)} = \sum_{j=0}^n B_j X_1^{(j)}$ $A_N = 1, m \leq N$
-----------------------	----	---	---

ДОДАТОК Д

Нелінійні статичні характеристики

Тип блоку	Мовний символ	Графічне зображення	Функція
Знакова функція	B		
Нечутливість	D		
Реле з зоною нечутливості	RD		
Обмеження (насичення)	L		
Нечутливість з обмеженням	DL		
Квантування	Q		
Реле з гистерезисом	H		
Реле з гистерезисом і зоною нечутливості	DH		
Люфт	BL		

ЗМІСТ

Лабораторна робота № 1.	Використання програми <i>IMDS</i> для дослідження на ЕОМ автоматичних систем регулювання	3
Лабораторна робота № 2.	Динамічні властивості типових ланок	12
Лабораторна робота № 3.	Типові регулятори	16
Лабораторна робота № 4.	Сталі помилки і передатні функції статичних і астатичних систем регулювання	19
Лабораторна робота № 5.	Стійкість лінійних замкнутих систем управління.....	23
Лабораторна робота № 6.	Корекція систем автоматичного управління ...	27
	Література	31
Додаток А.	Функціональні блоки мови. Арифметичні операції	32
Додаток Б.	Елементарні математичні функції (Фортран-функції)	33
Додаток В.	Лінійні динамічні ланки	34
Додаток Д.	Нелінійні статичні характеристики	36