

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
«ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ»**

Кафедра **Автоматизовані електромеханічні системи**

(назва кафедри, яка забезпечує викладання дисципліни)

ІНДИВІДУАЛЬНІ ЗАВДАННЯ

до курсової роботи на тему
« Автоматичне керування електромеханічними системами»
з навчальної дисципліни

Проектування систем керування в мехатроніці

(назва навчальної дисципліни)

*Варіант №1. Автоматична система стабілізації кутової частоти
обертання робочого органа*

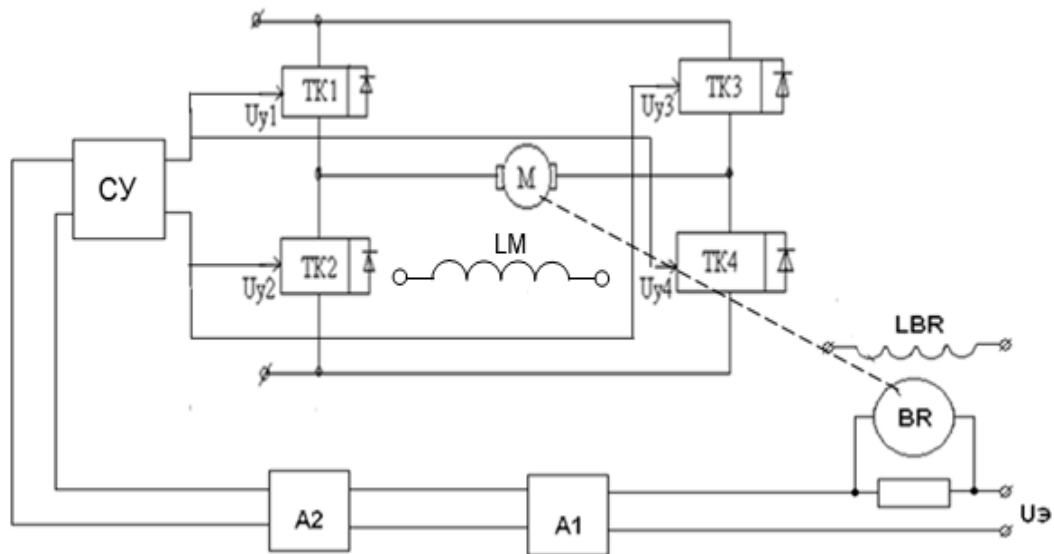


Рисунок А.1 – Принципіальна (спрощена) електрична схема автоматичного керування електроприводом системи ШП-Д

На схемі прийнято позначення:

$U_з$ – напруга завдання бажаної кутової частоти обертання двигуна М;

$U_{y1} \dots U_{y4}$ – напруга керування ключами ТК1...ТК4;

М – якірна обмотка двигуна ДПС НЗ;

LM – обмотка збудження двигуна М;

A1 – фільтр пульсацій тахогенератора BR;

A2 – операційний підсилювач напруги;

СУ – система керування ключами ТК1...ТК4;

ТК1...ТК4 – тиристорні (або транзисторні) ключі керування;

BR – тахогенератор;

LBR – обмотка збудження тахогенератора BR.

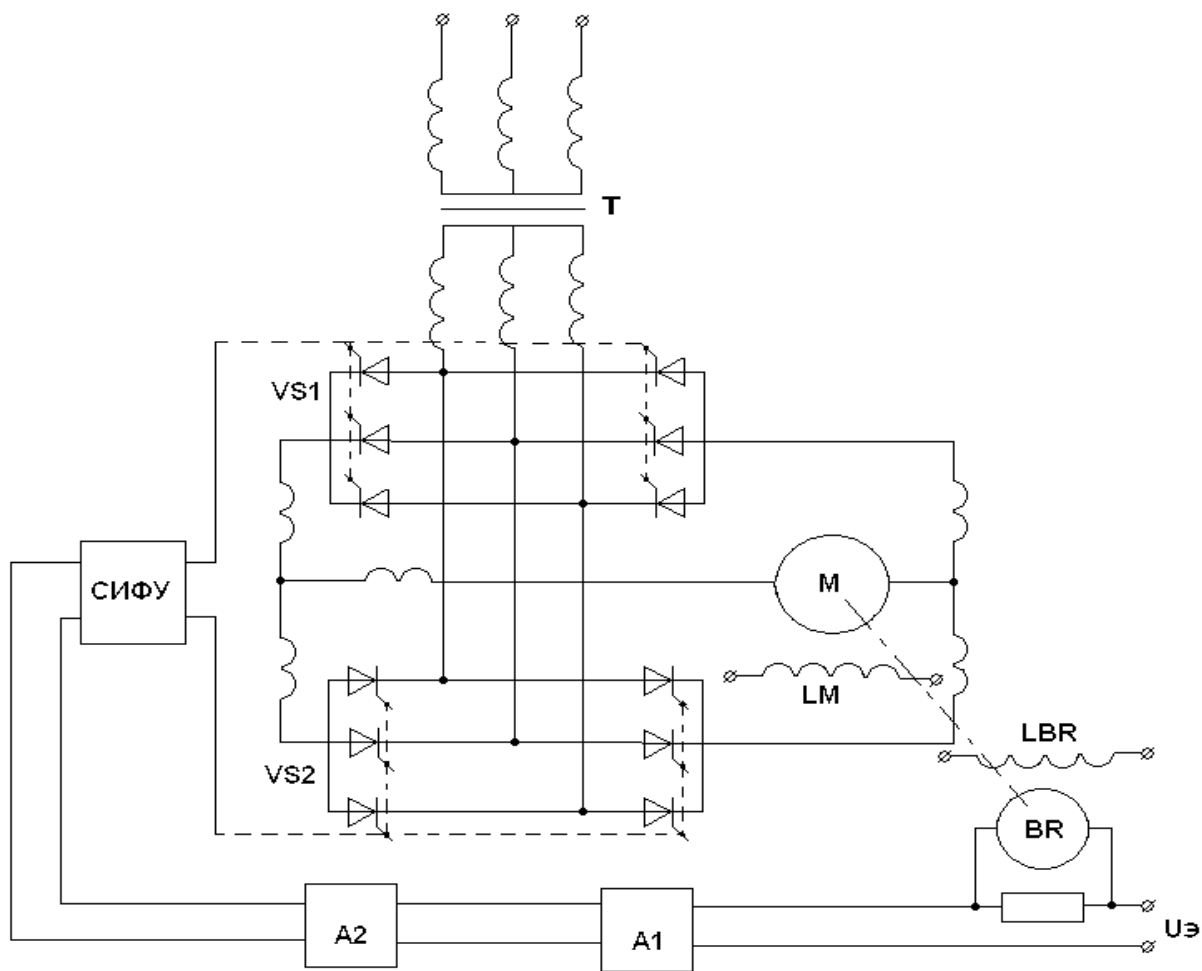


Рисунок А.2 – Принципіальна (спрощена) електрична схема автоматичного керування електроприводом системи ТП-Д

На схемі прийнято позначення:

T – трансформатор;

VS1, VS2 – вентильні групи відповідно ВПЕРЕД, НАЗАД;

СИФК – система імпульсно-фазового керування;

M – якірна обмотка двигуна постійного струму;

LM – обмотка збудження двигуна постійного струму;

BR – тахогенератор;

LBR – обмотка збудження тахогенератора BR;

A1 – фільтр (коефіцієнт фільтра приймаємо рівним 1)

A2 – операційний підсилювач напруги.

Короткий опис роботи автоматичної системи стабілізації кутової частоти обертання робочого органа.

АСК, схеми яких наведено на рис. А1 і рис. А2, дозволяють автоматично усунути відхилення кутової швидкості обертання Ω електродвигуна М від заданої, яка визначається величиною U_3 . Тахогенератор ВR встановлено на валу двигуна, він виробляє пропорційну кутової швидкості двигуна напругу $U_{33} = K_{out} \cdot \Omega$. Система керування замкнена, напруга зворотного зв'язку $U_{33} = U_{BR}$. Збільшення (зменшення) моменту статичного опору M_c на валу двигуна призводить до зменшення (збільшення) кутової швидкості обертання Ω і сигналу U_{BR} на виході тахогенератору ВR. Внаслідок цього збільшується (зменшується) результуючий сигнал неузгодженості $\Delta U = U_3 - U_{BR}$. Цей сигнал проходить через фільтр А1 та підсилювач А2 і надходить на вхід ШПІ (або ТП). Напруга на вході ШПІ (ТП) зростає (зменшується), що приводить до зростання (зменшення) напруги на якірної обмотці двигуна М: $U_{ШПІ} = U_a$ ($U_{ТП} = U_a$). Аналіз рівняння електромеханічної характеристики ДПС НЗ

$$\Omega = \frac{U_a - I_a \cdot R_{a\Sigma}}{K \cdot \Phi}$$

показує, що кутова швидкість обертання Ω двигуна залежить від U_a , тому при зростанні (зменшенні) напруги U_a зростає (зменшується) Ω .

У підсумку, завдяки наявності зворотного зв'язку здійснюється автоматичне регулювання напруги на виході перетворювача ШПІ (ТП), напруги, що подається на якірну обмотку ДПС НЗ, та кутової швидкості обертання Ω електродвигуна М. Процес керування автоматично продовжується, доки не буде виконано умову: $\Delta U = U_3 - U_{BR} = 0$.

ІНДІВІДУАЛЬНІ ЗАВДАННЯ ДО ВАРІАНТУ № 1

Таблиця А.1 – Вихідні данні для синтезу АСК стабілізації

№ з/п	Тип двигуна/ Потужність, кВт	Система електро- привода	Діапазон регулювання частоти обертання двигуна, $D=\Omega_{\max}/\Omega_{\min}$	Бажані показники якості регулювання АСК		
				Точність γ , %	Перерегулювання σ , %	Час регулювання $t_{\text{рег}}$, с
1	П11/ 0,3	ТП-Д	10	1,0	0	0,02
2	П11/ 0,7			2,0	10	0,08
3	П12/ 0,2			0,5	15	0,1
4	П12/ 0,45			1,5	20	0,05
5	П12/ 1,0			2,5	25	0,1
6	П21/ 0,3	ШПП-Д	20	1,0	10	0,08
7	П21/ 0,7			2,5	15	0,02
8	П21/ 1,5			1,5	20	0,05
9	П22/ 0,3			0,5	25	0,1
10	П22/ 0,45			2,0	4,3	0,05
11	П22/ 1,0	ТП-Д	15	1,0	5,0	0,1
12	П22/ 2,2			2,5	10	0,02
13	П31/ 0,45			0,5	15	0,05
14	П31/ 0,7			2,0	20	0,1
15	П31/ 1,5			1,5	25	0,15
16	П31/ 3,2	ШПП-Д	5	1,0	10	0,02
17	П32/ 0,7			2,5	15	0,05
18	П32/ 1,0			2,0	20	0,1
19	П32/ 2,2			0,5	25	0,05
20	П32/ 4,5			1,5	20	0,1
21	П41/ 1,0	ТП-Д	10	1,0	4,3	0,05
22	П41/ 1,5			2,0	10	0,02
23	П41/ 3,2			0,5	15	0,05
24	П41/ 6,0			1,5	20	0,1
25	П42/ 1,5			2,5	25	0,05
26	П42/ 2,2	ШПП-Д	15	1,0	10	0,1
27	П42/ 4,5			1,5	15	0,05
28	П51/ 2,2			2,0	20	0,2
29	П51/ 3,2			0,5	25	0,1
30	П51/ 6,0			2,5	5,0	0,05
31	П52/ 3,2	ТП-Д	20	1,0	10	0,3
32	П52/ 4,5			0,5	10	0,1
33	П61/ 6,0			2,5	15	0,05
34	П62/ 8,0			2,0	20	0,4
35	П62/ 14,0			1,5	25	0,1
36	П71/ 7,0	ШПП-Д	10	1,0	5,0	0,05
37	П71/ 10,0			0,5	10	0,2
38	П71/ 19,0			1,5	15	0,3
39	П72/ 10,0			2,5	20	0,1
40	П72/ 12,5			2,0	25	0,05

Таблиця А.2 - Технічні дані двигунів постійного струму серії П

№ п/п	ОСНОВНІ ДАННІ					ПАРАМЕТРИ ЯКРНОГО КОЛА					ПАРАМЕТРИ КОЛА ЗБУДЖЕННЯ				
	Тип двигуна	Напруга живлення якоря, $U_{\text{я}}, \text{В}$	Потужність на валу, $P_{\text{в}}, \text{кВт}$	Частота обертання, $n_{\text{н}}, \text{об/хв}$	Струм якоря, $I_{\text{я}}, \text{А}$	Кількість актив. провідн. в пазу, N	Кількість парал. гілок якоря, $2a$	Опір якорної обмотки, $R_{\text{я}} = R_{\text{ст}} + R_{\text{др}} + R_{\text{сн}} + R_{\text{б}}, \text{Ом}$	Момент інерції, $J, \text{кг}\cdot\text{м}^2$	Кількість головних полюсів, $2p$	Номинальний струм обмотки збудження, $I_{\text{нз}}, \text{А}$	Номинальний потік обмотки збудження, $\Phi_{\text{нз}}, \text{Вб}$	Кількість витків обмотки збудження, $W_{\text{пзр}}, \text{вит}$	Кількість обмотки збудження, $R_{\text{с}}, \text{Ом}$	Опір обмотки збудження, $R_{\text{с}}, \text{Ом}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
1	П11	220	0,3	1500	2,1	3304	2	22,6	0,003125	2	0,27	0,0019	4000	670	
2	П11	220	0,7	3000	4,3	1708	2	5,3	0,003125	2	0,27	0,0022	4000	670	
3	П12	220	0,2	1000	1,4	3360	2	26,8	0,00375	2	0,23	0,0031	4000	785	
4	П12	220	0,45	1500	2,9	2352	2	11,76	0,00375	2	0,23	0,003	4000	785	
5	П12	220	1,0	3000	6,0	1288	2	3,29	0,00375	2	0,23	0,003	4000	785	
6	П21	220	0,3	1000	2,0	3384	2	16,6	0,0105	2	0,24	0,0031	5300	740	
7	П21	220	0,7	1500	4,3	2376	2	6,75	0,0105	2	0,3	0,0031	4800	600	
8	П21	220	1,5	3000	9,0	1224	2	1,99	0,0105	2	0,3	0,0032	4800	600	
9	П22	220	0,3	750	1,95	3240	2	14,3	0,013	2	0,25	0,0045	4800	712	
10	П22	220	0,45	1000	2,75	2484	2	9,65	0,013	2	0,25	0,0045	4800	712	
11	П22	220	1,0	1500	5,9	1728	2	4,17	0,013	2	0,25	0,0043	4800	712	
12	П22	220	2,2	3000	12,5	864	2	1,03	0,013	2	0,25	0,0047	4800	712	
13	П31	220	0,45	750	2,9	2844	2	9,48	0,0225	2	0,29	0,0052	5000	605	
14	П31	220	0,7	1000	4,25	2160	2	5,45	0,0225	2	0,38	0,0053	4600	470	
15	П31	220	1,5	1500	8,7	1512	2	2,455	0,0225	2	0,38	0,0051	4600	470	
16	П31	220	3,2	3000	17,5	720	2	0,642	0,0225	2	0,62	0,0057	3600	285	
17	П32	220	0,7	750	4,2	1908	2	4,98	0,029	2	0,31	0,0081	4600	564	
18	П32	220	1,0	1000	5,7	1440	2	3,17	0,029	2	0,49	0,0043	3600	358	
19	П32	220	2,2	1500	12,0	936	2	1,205	0,029	2	0,49	0,0086	3600	358	
20	П32	220	4,5	3000	24,3	504	2	0,352	0,029	2	0,65	0,0082	3600	270	

№ п/п	ОСНОВНІ ДАННІ					ПАРАМЕТРИ ЯКІРНОГО КОЛА					ПАРАМЕТРИ КОЛА ЗБУЖДЕННЯ				
	Тип двигуна	Напруга живлення якоря, $U_{\text{я}}, \text{В}$	Потужність в валу, $P_{\text{в}}, \text{кВт}$	Частота обертання, $n_{\text{об}}, \text{об/хв}$	Струм якоря, $I_{\text{я}}, \text{А}$	Кількість актив. провідн. в пазу, N	Кількість парал. гілок якоря, $2a$	Опір якорної обмотки, $R_{\text{я}} = R_{\text{дт}} + R_{\text{др}} + R_{\text{ев}} + R_{\text{б}}, \text{Ом}$	Момент інерції $J, \text{кг}\cdot\text{м}^2$	Кількість головних полюсів, $2p$	Номинальний струм обмотки збудження, $I_{\text{об}}, \text{А}$	Номинальний потік обмотки збудження, $\Phi_{\text{я}}, \text{Вб}$	Кількість витків обмотки збудження, $W_{\text{др}}, \text{вит}$	Опір обмотки збудження, $R_{\text{з}}, \text{Ом}$	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
21	П41	220	1,0	750	6,8	1890	2	5,35	0,0375	4	0,6	0,0036	2100	280	
22	П41	220	1,5	1000	9,3	1458	2	2,9	0,0375	4	0,6	0,0038	2100	280	
23	П41	220	3,2	1500	18,4	972	2	1,032	0,0375	4	0,84	0,004	1750	198	
24	П41	220	6,0	3000	33,0	540	2	0,36	0,0375	4	0,6	0,0037	2100	280	
25	П42	220	1,5	750	9,75	1404	2	2,92	0,045	4	0,69	0,0051	1800	242	
26	П42	220	2,2	1000	13,3	1080	2	1,75	0,045	4	0,69	0,0052	1800	243	
27	П42	220	4,5	1500	25,4	756	2	0,78	0,045	4	0,73	0,0051	1350	228	
28	П51	220	2,2	750	13,6	1364	2	1,91	0,0875	4	0,99	0,0054	1600	168	
29	П51	220	3,2	1000	18,3	1054	2	1,051	0,0875	4	0,99	0,0055	1600	168	
30	П51	220	6,0	1500	33,2	682	2	0,472	0,0875	4	1,27	0,0058	1500	132	
31	П52	220	3,2	750	19,0	992	2	1,073	0,1	4	0,91	0,0077	1650	184	
32	П52	220	4,5	1000	25,2	744	2	0,632	0,1	4	0,91	0,0079	1650	184	
33	П61	220	6,0	1000	32,6	744	2	0,494	0,14	4	1,05	0,0079	1950	158	
34	П62	220	8,0	1000	43,0	558	2	0,328	0,1625	4	1,23	0,0107	1700	136	
35	П62	220	14,0	1500	73,5	370	2	0,1275	0,1625	4	1,44	0,0111	1600	116	
36	П71	220	7,0	750	42,0	810	2	0,546	0,35	4	1,49	0,0092	1500	106	
37	П71	220	10,0	1000	63,0	594	2	0,3	0,35	4	1,85	0,0097	1400	85	
38	П71	220	19,0	1500	103,0	396	2	0,1235	0,35	4	2,04	0,0101	1250	76,8	
39	П72	220	10,0	750	58,0	594	2	0,357	0,4	4	1,69	0,0127	1300	92,5	
40	П72	220	12,5	1000	78,0	540	2	0,237	0,4	4	1,46	0,0107	1450	108	

Варіант № 2. Автоматична електромеханічна слідкуюча система

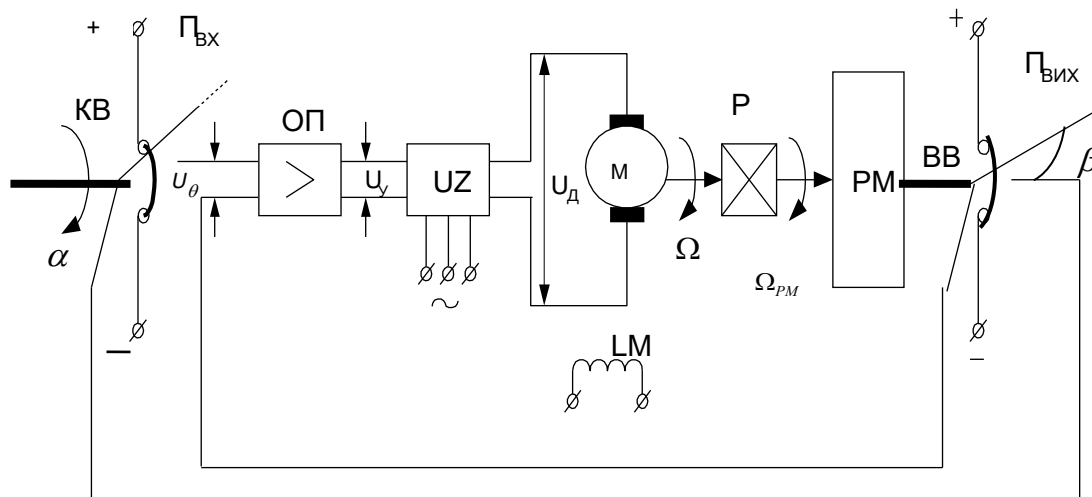


Рисунок А.3 – Спрощена схема автоматичної електромеханічної слідкуючої системи

Електромеханічна система містить:

UZ – тиристорний перетворювач;

ОП – операційний підсилювач;

М –двигун постійного струму з незалежним збудженням;

LM – обмотка збудження двигуна постійного струму;

Р – редуктор;

PM –робочій механізм;

KB– керуючий вал завдання кута повороту робочого механізму;

ВВ – виконавчий вал робочого механізму;

П_{вз} і П_{вих}– потенціометричний вимірювальний пристрій неузгодженості (порівнювальний елемент);

α – кут завдання повороту вала робочого механізму;

β – фактичний кут повороту вала робочого механізму;

U_ϵ – напруга неузгодженості потенціометричного моста;

U_a – напруга, що подається на якірну обмотку двигуна М;

U_k – напруга керування, що подається на СІФК ТП;

Ω – кутова частота обертання вала двигуна;

Ω_{PM} – кутова частота обертання вала робочого механізму.

Короткий опис роботи автоматичної слідкуючої системи

Вихідною керованою координатою є кут повороту ВВ – β (кут повороту движка потенціометра $\Pi_{\text{вих}}$) оскільки він розташований на одному валу з РМ (на виконавчому валу ВВ). Вхідним сигналом завдання є кут повороту α движка потенціометра $\Pi_{\text{вх}}$, який розташований на КВ.

Алгоритм функціонування приводу полягає в тому, щоб виконавчий вал ВВ стежив β за положенням командного вала КВ, що довільно змінюється, забезпечуючи виконання умови $\beta(t)=\alpha(t)$ незалежно від дії на елементи системи різних збурень, зокрема моменту статичного опору M_c на валу двигуна.

Оператор задає кут повороту КВ $\alpha(t)$, величина якого визначає потрібний кут $\beta(t)$ повороту вала робочого механізму (наприклад засувки водопроводу). Вимірювальний потенціометр $\Pi_{\text{вх}}$ і $\Pi_{\text{вих}}$ визначає кутову неузгодженість $\varepsilon(t)=\alpha(t)-\beta(t)$ між заданим значенням кута повороту КВ $\alpha(t)$ і дійсним значенням керованої координати - кутом повороту ВВ $\beta(t)$ й перетворює сигнал неузгодженості $\varepsilon(t)$ у пропорційну йому напругу неузгодженості $U_\varepsilon(t) = K_d \cdot \varepsilon(t)$. Напруга $U_\varepsilon(t)$, як правило, є малою, тому подається на операційний підсилювач ОП, який формує напругу керування U_k тиристорним перетворювачем ТП. Вихідна напруга ТП U_a подається на якірну обмотку двигуна М. Кутова частота обертання вала двигуна Ω перетворюється редуктором Р до меншого значення, що потрібно для повільного повороту виконавчого вала ВВ робочого механізму РМ з метою забезпечення точного його позиціонування.

Якщо $U_\varepsilon(t) \neq 0$, на якір ДПС НЗ подається напруга U_a , вал двигуна починає обертатися, разом з ним обертається й вал робочого органу механізму зі зниженою завдяки редуктору швидкістю. Повзунок движка потенціометра $\Pi_{\text{вих}}$ на ВВ почне пересуватися, змінюючи величини опорів відповідних пліч вимірювального моста. Повзунок потенціометра $\Pi_{\text{вих}}$ зупиниться після досягнення рівноваги вимірювального моста, це відбудеться при виконанні умови $U_\varepsilon(t) = 0$. Обертання вала двигуна М припиниться, $\beta(t)=\alpha(t)$.

ІНДІВІДУАЛЬНІ ЗАВДАННЯ ДО ВАРІАНТУ № 2

Таблиця А.3 – Вихідні дані для синтезу слідкуючої АСК

№ з/п	Варіант типу двигуна МІ- (з табл. А.4)	Передавальне число редуктора $i = \frac{\omega_1}{\omega_2}$	Закон зміни кута повороту командного валу $\alpha(t)$	Бажані показники якості регулювання		
				Коефіцієнт швидкісної похибки C_1, c^{-1}	Перерегулювання $\sigma, \%$	Час регулювання $t_{пер}, c$
1	25	840	$\alpha(t)=2 \cdot t$	0,02	0	0,2
2	26			0,01	10	0,5
3	27			0,015	15	0,1
4	28			0,01	20	0,5
5	29			0,015	25	0,1
6	30	1000	$\alpha(t)=2 \cdot t$	0,025	10	0,8
7	31			0,01	15	0,2
8	32			0,015	20	0,5
9	33			0,01	25	0,1
10	34			0,015	4,3	0,5
11	35	640	$\alpha(t)=3 \cdot t$	0,025	5,0	0,1
12	36			0,01	10	0,2
13	37			0,015	15	0,5
14	38			0,01	20	0,1
15	39			0,015	25	0,5
16	40	725	$\alpha(t)=3 \cdot t$	0,02	10	0,2
17	41			0,01	15	0,5
18	42			0,015	20	0,1
19	43			0,01	25	0,5
20	44			0,015	20	0,1
21	45	600	$\alpha(t)=4 \cdot t$	0,02	4,3	0,8
22	46			0,01	10	0,2
23	47			0,015	15	0,5
24	42			0,01	20	0,1
25	43			0,005	25	0,5
26	19	840	$\alpha(t)=4 \cdot t$	0,02	10	0,1
27	20			0,01	15	0,5
28	21			0,15	20	0,2
29	22			0,01	25	0,1
30	23			0,015	5,0	0,5
31	24	1000	$\alpha(t)=5 \cdot t$	0,02	10	0,3
32	13			0,01	10	0,1
33	14			0,05	15	0,5
34	15			0,01	20	0,4
35	16			0,015	25	0,1
36	17	800	$\alpha(t)=5 \cdot t$	0,02	5,0	0,5
37	18			0,01	10	0,2
38	9			0,015	15	0,3
39	10			0,01	20	0,1
40	11			0,015	25	0,5

Таблиця А.4 – Технічні дані двигунів постійного струму серії МІ

№ з/п	Тип двигуна	Потужність P_n , кВт	Швидкість обертання n_n , об/хв	Напруга U_n , В	Струм якоря I_n , А	Опір кола якоря R_{∂} , Ом	ККД η_{∂} , %	Момент інерції J_{∂} , кг·м ²
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	МІ-11	0,12	3000	60	2,87	0,46	62	0,0015
2		0,10	3000	60	2,27	0,94	63	0,0015
3		0,12	3000	110	1,53	1,48	62	0,0015
4		0,10	2000	110	1,22	3,60	63	0,0015
5	МІ-12	0,20	3000	60	4,57	0,23	66	0,002
6		0,12	2000	60	2,72	0,52	64	0,002
7		0,20	3000	110	2,46	0,765	66	0,002
8		0,12	2000	110	1,46	1,74	64	0,002
9	МІ-21	0,25	3000	60	5,60	0,284	67	0,0035
10		0,20	2000	60	4,30	0,645	68	0,0035
11		0,25	3000	110	3,05	0,945	67	0,0035
12		0,20	2000	110	2,33	2,20	68	0,0035
13	МІ-22	0,37	3000	60	8,2	0,195	71	0,004
14		0,25	2000	60	5,5	0,360	69	0,004
15		0,12	1000	60	2,6	1,44	64	0,004
16		0,37	3000	110	4,4	0,546	72	0,004
17		0,25	2000	110	2,9	1,29	70	0,004
18		0,12	1000	110	1,4	4,58	64	0,004
19	МІ-31	0,45	3000	60	10,3	0,204	68	0,009
20		0,37	2000	60	8,2	0,405	70	0,009
21		0,20	1000	60	4,4	1,32	66	0,009
22		0,45	3000	110	5,6	0,585	68	0,009
23		0,37	2000	110	4,4	1,16	70	0,009
24		0,20	1000	110	2,4	3,9	66	0,009
25	МІ-32	0,76	2500	110	8,2	0,391	80	0,0142
26		0,45	1500	110	5,0	0,975	75	0,0142
27		0,37	1000	110	4,2	2,21	73	0,0142
28		0,76	2500	220	4,1	1,36	80	0,0142
29		0,37	1000	220	2,1	8,57	73	0,0142

Кінець таблиці А.4

1	2	3	4	5	6	7	8	9
30	MI-41	1,6	2500	110	19,2	0,249	73	0,035
31		1,1	1500	110	13,0	0,67	74	0,035
32		0,76	1000	110	9,0	1,3	72	0,035
33		1,6	2500	220	9,5	0,93	73	0,035
34		1,1	1500	220	6,4	2,63	75	0,035
35		0,76	1000	220	4,5	5,32	72	0,035
36	MI-42	3,2	2500	110	36,3	1,01	78	0,065
		1,3	1500	110	18,2	0,32	78	0,065
38		1,1	1000	110	12,6	0,75	75	0,065
39		3,2	2500	220	18,0	0,376	79	0,065
40		1,6	1500	220	9,1	1,28	78	0,065
41		1,1	1000	220	6,3	2,95	75	0,065
42	MI-51	5,0	2500	220	27,2	0,164	82	0,125
43		3,2	1500	220	17,1	0,46	82	0,125
44		1,6	1000	220	8,7	1,1	79	0,125
45	MI-52	7,0	2500	220	37,0	0,088	84	0,15
46		4,5	1500	220	23,3	0,26	85	0,15
47		2,5	1000	220	13,1	0,569	82	0,15