

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
КРИВОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
КАФЕДРА ЕЛЕКТРИЧНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
до практичних робіт з дисципліни

«ЕЛЕКТРОПРИВОД»

для студентів спеціальності
141 Електроенергетика, електротехніка електромеханіка

Методичні вказівки до практичних робіт з дисципліни
«Електропривод» для студентів спеціальності
141 Електроенергетика, електротехніка електромеханіка / Укл.:
Пересунько І.І., Кальмус Д.О. – Кривий Ріг: КНУ, 2023. – 21 с.

Укладачі: І.І. Пересунько, доцент
 Д.О. Кальмус, ст. викладач

Розглянуто
на засіданні кафедри
електричної інженерії

Схвалено
на вченій раді
електротехнічного
факультету

Протокол № 1
від 01.09 2023 р.

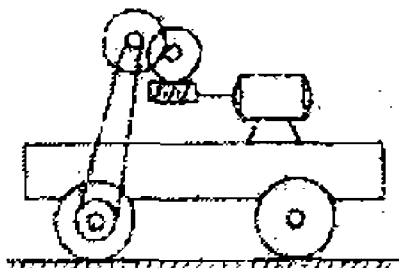
Протокол № 1
від 01.09 2023 р.

Зміст

Завдання 1	4
Завдання 2	5
Завдання 3	6
Завдання 4	7
Завдання 5	8
Завдання 6	9
Завдання 7	10
Завдання 8	11
Література	12
Вихідні данні	13

Завдання 1.

Визначити проведений до валу двигуна статичним момент опоры

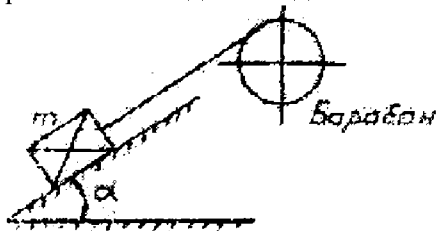


під час руху візка по рейках і відповідну потужність двигуна. Маса візка $m_v=3000$ кг, швидкість його руху $V=1,3$ м/с. Діаметр коліс візка $d_k=300$ мм, діаметр цапф осей коліс $d_{ц}=60$ мм. Коефіцієнт тертя ковзання в підшипниках осей $\mu=0,1$, коефіцієнт тертя ковзання коліс по рейках $f=0,05$ см. Коефіцієнт, що

враховує тертя реборд коліс об рейки, $K=1,3$. Передавальне число $i=10,8$. ККД передачі $\eta=0,85$.

Завдання 2.

Визначити пусковий момент, що постійно діє на систему підйому, яка зображена на рис., котрий необхідний для того, щоб розігнати її до швидкості $V = 1,4$ м/с при наступних початкових



даних: час розгону повинен бути рівним $\Delta t = 2,5$ с; вантаж, що підіймається, має масу $m = 1000$ кг, маховий момент приводного двигуна ($n_n=900$ об/хв) $J_d = 0,43$ кг·м²; маховий момент барабана $J_b = 112$ кг·м², його діаметр $D_b = 700$ мм; коефіцієнт

тертя вантажу об поверхню $\mu = 0,15$; ККД передачі між валом барабана та електродвигуном $\eta = 0,7$; кут підйому похилої площини $\alpha = 30^\circ$.

Завдання 3.

Стала швидкість кабіни ліфта становить $V=3,5$ м/с, а прискорення під час пуску $a = 2,5$ м/с³. Визначити час і шлях кабіни та кут повороту ротора двигуна, а також силу, з якою пасажир масою $m = 75$ кг тисне на долівку кабіни під час пуску на підйом. Привод ліфта безредукторний. Вал барабана лебідки з'єднаний з валом двигуна муфтою, діаметр барабана $D_B = 0,8$ м.

Завдання 4.

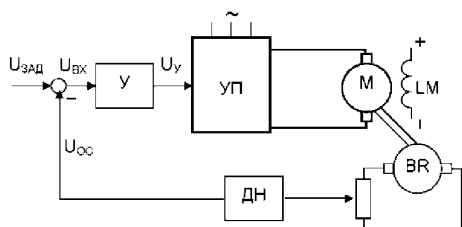
Розрахувати час пуску й гальмування електропривода прокатного стану, що має наступні дані: номінальна потужність - $P_n = 5000$ кВт; номінальна частота обертання - $\omega_n = 5,0$ 1/с. Статичний момент навантаження дорівнює номінальному моменту двигуна $M_o = M_n$. Пусковий момент двигуна дорівнює $M_{п.} = k_{п} M_n$, гальмівний момент - $M_{г.} = k_{г} M_n$, де $k_{п} = 2,0$, $k_{г} = 0,4$. Момент інерції електропривода - $J = 125 \cdot 10^3$ кг·м².

Завдання 5.

Електродвигун постійного струму із незалежним збудженням $V_n = 200$ В, $n_n = 875$ об/хв, $I_n = 150$ А. Опір якоря електродвигуна складає $R_a = 0,06$ Ом. Електродвигун живиться від однофазного повністю регульованого випрямляча з напругою джерела змінного струму $V_m = 220$ В. Для режиму безперервного струму обчисліть кут управління для номінального рухового моменту і швидкості $n = 750$ об/хв.

Завдання 6.

Система електроприводу ТП-Д із негативним зворотним зв'язком за швидкістю. Функціональна схема системи електроприводу з негативним зворотним зв'язком за швидкістю наведена на рисунку.



Керований перетворювач УП забезпечує регулювання напруження на якорі двигуна. На валу двигуна встановлюється датчик швидкості - тахогенератор BR, вихідна напруга якого пропорційна швидкості ω . Напруга тахогенератора BR через дільник і датчик напруги ДН формує напругу зворотного зв'язку за швидкістю U_{OC} . На вході системи напруга U_{OC} порівнюється з напругою завдання швидкості $U_{ЗAD}$, та їх різниця у вигляді сигналу неузгодженості (помилки) U_{BX} подається на вхід підсилювача У. Підсилювач У з коефіцієнтом k_y посилює сигнал неузгодженості U_{BX} та подає його у вигляді сигналу управління U_y на вхід перетворювача УП.

При збільшенні моменту на валу двигуна $M_c > M$ швидкість двигуна знижується, зменшуються напруга тахогенератора та U_{OC} , зростає сигнал помилки, викликаючи зростання U_{BX} та U_y і відповідно ЕРС перетворювача УП. Швидкість двигуна збільшується, відновлюється задане значення швидкості.

При збільшенні моменту на валу двигуна $M_c > M$ швидкість двигуна знижується, зменшуються напруга тахогенератора та U_{OC} , зростає сигнал помилки, викликаючи зростання U_{BX} та U_y і відповідно ЕРС перетворювача УП. Швидкість двигуна збільшується, відновлюється задане значення швидкості.

Рівняння для статички мають вигляд:

$$U_{BX} = U_{ЗAD} - U_{OC} = U_{ЗAD} - k_{OC} \cdot \omega;$$

$$E_{\Pi} = k_y \cdot k_{\Pi} \cdot U_{BX};$$

$$E_{\Pi} = E + I \cdot (r_{\text{я}} + R_{\text{э}}).$$

Коефіцієнти посилення елементів на лінійних ділянках роботи

$$k_y = \frac{U_y}{U_{BX}}, \quad k_{\Pi} = \frac{\Delta E_{\Pi}}{\Delta U_y}, \quad k_{OC} = \frac{U_{OCB}}{\omega_B}.$$

ЕРС двигуна

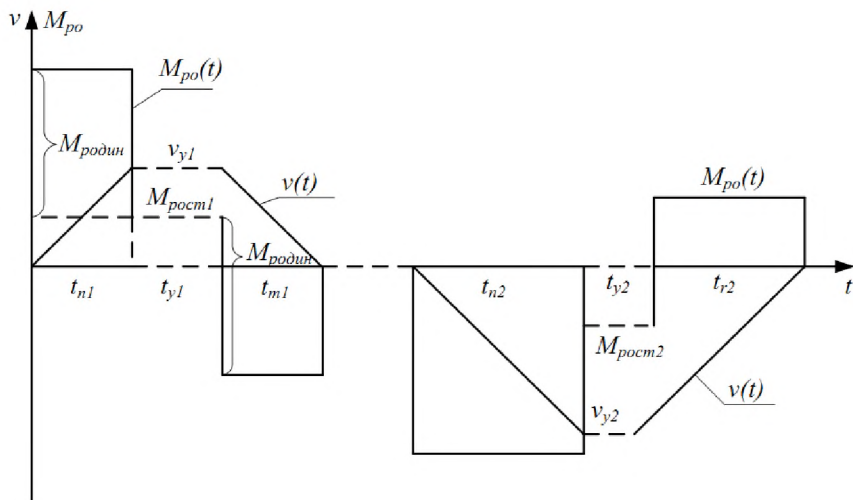
$$E = k_y \cdot k_{\Pi} \cdot U_{ЗAD} - k_y \cdot k_{\Pi} \cdot k_{OC} \cdot \omega - I \cdot (r_{\text{я}} + R_{\text{э}}).$$

Розрахувати коефіцієнт підсилювача k_y , забезпечує у схемі з ООС за швидкістю діапазон регулювання $D = 100:1$. Еквівалентний опір перетворювача $R_{\text{э}} = 1 \text{ Ом}$, опір якоря $r_{\text{я}} = 1 \text{ Ом}$, $k\Phi_H = 1 \text{ В} \cdot \text{с}$, $I_{ЗAD} = 10 \text{ А}$, $\omega_B = 200 \text{ 1/с}$, $U_B = 200 \text{ В}$, $U_{OCB} = 5 \text{ В}$, $U_{ЗБ} = 10 \text{ В}$.

Завдання 7.

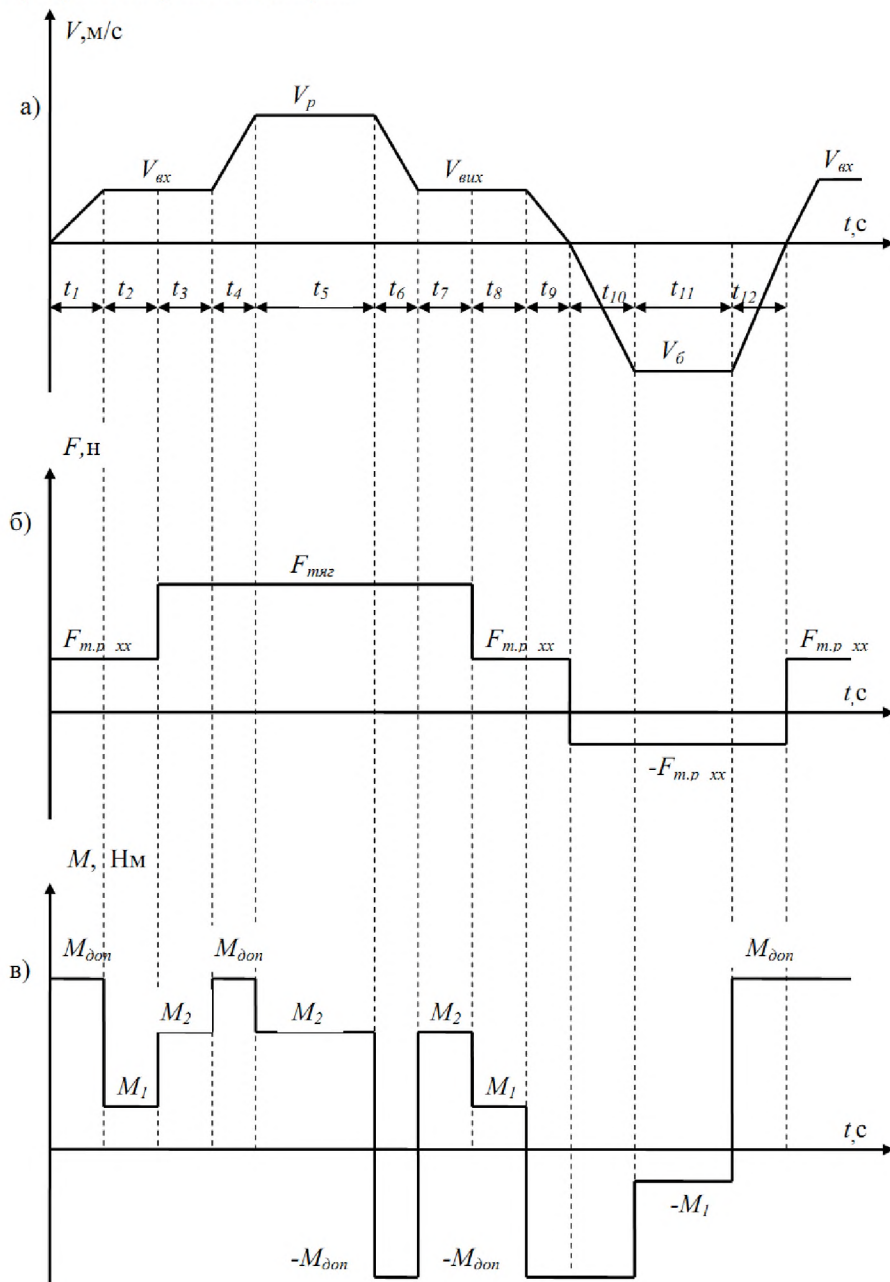
Для електроприводу механізму циклічної дії (підйомна кліть) виконати попередній розрахунок потужності двигуна. Підйомна кліть призначена для підйому вантажу з нижнього майданчика на верхній. Униз кліть опускається без вантажу. Цикл роботи механізму містить у собі час підйому й опускання кліті, а також час завантаження й вивантаження. Підйом кліті зі швидкістю, що встановилася, V_p , а опускання – зі швидкістю $V_c > V_p$.

Попередні навантажувальні діаграми швидкості й моментів робочої машини мають вигляд:



Завдання 8.

Для головного електроприводу поздовжньо-стругального верстата, відповідно до діаграми його роботи, визначити режим його роботи та виконати попередній розрахунок потужності двигуна.



а) тахограма руху стола;

б) діаграма зусиль;

в) навантажувальна діаграма двигуна

Література

1. Зеленов А.Б. Теорія електропривода. Методика проектування електроприводів: підручник / А.Б. Зеленов. – Луганськ: вид-во «Ноулідж», 2010. – 670 с.
2. Шевченко І.С. Спеціальні питання теорії електропривода. Динамічні процеси в складних механічних системах: навч. посіб. / І.С. Шевченко, Д.І. Морозов. – К.: Кафедра, 2014. – 200 с.
3. Колб Ант. А. Теорія електроприводу: навч. посібник / Ант. А. Колб, А.А. Колб. – 2-ге вид., перероб. і доп. – Д: Національний гірничий університет, 2011. – 565 с.
4. Півняк Г.Г., Волков О.В. Сучасні частотно-регульовані електроприводи з широтно-імпульсною модуляцією: Монографія. – Дніпропетровськ: Національний гірничий університет, 2006. – 471 с.
5. Красношарпа Н. Д., Піжов В. М., Пушкар М. В. Теорія електропривода-1. – 2017.
6. Островерхов М. В., Піжов В. М., Пушкар М. В. Теорія електропривода-2. – 2014.
7. Попович М.Г. Теорія електропривода. - Запоріжжя: ЗНТУ. 2003. - 313с.
8. Зеленов А.Б. Теорія електропривода. Методика проектування електроприводів.-Луганськ: вид-во «Ноулідж», 2010.-670 с.
9. Попович М.Г., Борисюк М.Г., та ін.. Теорія електропривода. Підручник. - К., «Вища школа», 1993, - 494 с.
10. Булгар В.В. Теорія електроприводу: збірник задач. /ОНПУ. - Одеса: Поліграф, 2006. - 408 с.
11. Електропривод: Підручник / За ред. Ю.М. Лавріненко. Вид-во «Ліра-К». – К., 2009.
12. Моделювання електромеханічних систем: Підручник / Чорний О.П., Луговой А.В., Родькін Д.Й., Сисюк Г.Ю., Садовой О.В. – Кременчук, 2001. – 376 с.

Вихідні данні для завдання 1

Величини	Одиниці	Варіанти											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
m_v	кг	3000	3200	3400	3600	3800	4000	4200	4400	4600	4800	5000	5200
V	м/с	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2
d_k	мм	250	300	300	300	350	350	350	350	400	400	400	400
d_n	мм	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60
μ	-	0,08	0,1	0,1	0,1	0,15	0,15	0,15	0,15	0,17	0,17	0,17	0,17
f	-	0,04	0,05	0,05	0,05	0,08	0,08	0,08	0,08	0,03	0,03	0,03	0,03
K	-	1,3	1,3	1,2	1,2	1,25	1,25	1,35	1,35	1,4	1,4	1,45	1,45
i	-	10,8	10,8	12,5	12,5	12,5	12,5	10,8	10,8	11,4	11,4	11,4	11,4
η	-	0,85	0,85	0,85	0,87	0,87	0,87	0,9	0,9	0,9	0,92	0,92	0,92

Продовження вихідних даних для завдання 1

Величини	Одиниці	Варіанти											
		13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
m_v	кг	3000	3200	3400	3600	3800	4000	4200	4400	4600	4800	5000	5200
V	м/с	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6
d_k	мм	400	400	400	400	450	450	450	450	500	500	500	500
d_n	мм	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60
μ	-	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
f	-	0,05	0,05	0,05	0,05	0,08	0,08	0,08	0,08	0,03	0,03	0,03	0,03
K	-	1,3	1,3	1,2	1,2	1,25	1,25	1,35	1,35	1,4	1,4	1,45	1,45
i	-	10,8	10,8	12,5	12,5	12,5	12,5	10,8	10,8	11,4	11,4	11,4	11,4
η	-	0,85	0,85	0,85	0,87	0,87	0,87	0,9	0,9	0,9	0,92	0,92	0,92

Вихідні данні для завдання 2

[illegible]

Продовження вихідних даних для завдання 2

[illegible]

Вихідні данні для завдання 3

[illegible]

Продовження вихідних даних для завдання 3

[illegible]

Вихідні данні для завдання 4

Величини	Одиниці	Варіанти											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
P_n	$кВт$	5000	4000	4000	4000	4500	4500	4500	5500	5500	6000	6000	6000
ω_n	l/c	4,0	4,6	4,6	4,6	4,8	4,8	4,8	5,0	5,0	5,0	5,2	5,2
k_n	-	2,0	2,0	2,0	2,1	2,1	2,1	2,2	2,2	2,2	2,3	2,3	2,3
k_r	-	0, 4	0,2	0,2	0,2	0,25	0,25	0,25	0,35	0,35	0,35	0,4	0,4
J	$т·м^2$	100	100	100	100	110	110	110	135	135	135	145	145

Продовження вихідних даних для завдання 4

Величини	Одиниці	Варіанти											
		13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
P_n	$кВт$	5000	4000	4000	4000	4500	4500	4500	5500	5500	6000	6000	6000
ω_n	l/c	5,0	4,6	4,6	4,6	4,8	4,8	4,8	5,0	5,0	5,0	5,2	5,2
k_n	-	2,0	2,0	2,0	2,1	2,1	2,1	2,2	2,2	2,2	2,3	2,3	2,3
k_r	-	0, 4	0,2	0,2	0,2	0,25	0,25	0,25	0,35	0,35	0,35	0,4	0,4
J	$т·м^2$	240	240	240	240	240	260	260	260	260	280	280	280

Вихідні данні для завдання 5

Величини	Одиниці	Варіанти											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
V_n	<i>В</i>	200	200	200	200	200	200	220	220	220	220	220	220
n_n	<i>об/хв</i>	875	875	875	900	900	900	940	940	940	970	970	970
I_n	<i>А</i>	250	250	170	170	190	190	130	130	130	140	140	170
R_a	<i>Ом</i>	0,06	0,06	0,06	0,07	0,07	0,07	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08
V_m	<i>В</i>	220	220	220	220	220	220	240	240	240	240	240	240
n	<i>об/хв</i>	750	750	750	780	780	780	820	820	820	850	850	850

Продовження вихідних даних для завдання 5

Величини	Одиниці	Варіанти											
		13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
V_n	<i>В</i>	400	400	400	400	400	400	440	440	440	440	440	440
n_n	<i>об/хв</i>	875	875	875	900	900	900	940	940	940	970	970	970
I_n	<i>А</i>	250	250	270	270	290	290	240	240	240	280	280	290
R_a	<i>Ом</i>	0,06	0,06	0,06	0,07	0,07	0,07	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08
V_m	<i>В</i>	460	460	460	460	460	460	520	520	520	520	520	520
n	<i>об/хв</i>	750	750	750	780	780	780	820	820	820	850	850	850

Вихідні данні для завдання 6

Величини	Одиниці	Варіанти											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
R_3	Ом	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
D	-	100	100	100	140	140	140	160	160	160	180	180	180
r_n	Ом	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
$k\Phi_n$	$B \cdot c$	2,8	2,8	3,5	3,5	4,8	2,5	2,8	2,8	3,0	3,3	2,0	2,0
$I_{\text{зад}}$	A	800	1000	1000	1000	1000	1000	500	500	500	500	500	500
ω_B	$1/c$	220	200	180	180	160	160	140	140	140	130	100	100
U_B	B	600	600	700	700	800	440	440	440	460	460	220	220
U_{OCB}	B	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
U_{3B}	B	15	15	15	15	15	15	12	12	12	12	12	12

Продовження вихідних даних для завдання 6

Величини	Одиниці	Варіанти											
		13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
R_3	Ом	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
D	-	200	200	200	300	300	300	300	350	350	400	400	400
r_n	Ом	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
$k\Phi_n$	$B \cdot c$	3,1	3,1	3,5	4,4	5,1	2,7	3,1	3,1	3,2	3,8	2,0	2,0
$I_{\text{зад}}$	A	400	400	400	400	400	400	700	700	700	700	700	700
ω_B	$1/c$	180	180	180	150	150	150	130	130	130	110	110	110
U_B	B	600	600	700	700	800	440	440	440	460	460	220	220
U_{OCB}	B	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
U_{3B}	B	12	12	12	12	12	12	10	10	10	10	10	10

Вихідні данні для завдання 7

Величини	Одиниці	Варіанти											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
V_p	м/с	1,4	1,4	1,45	1,45	1,5	1,5	1,55	1,55	1,6	1,6	1,65	1,65
t	с	25	35	45	55	25	35	45	55	25	35	45	55
m	кг	1200	1200	1400	1600	1800	2000	2200	2400	2600	2800	3000	3200
m_k	кг	900	900	900	900	900	900	900	900	900	900	900	900
V_c	м/с	1,5	1,6	1,6	1,5	1,7	2,5	2,5	1,7	1,7	1,75	1,9	2,6
J_6	кг·м ²	112	112	112	112	128	128	128	128	135	135	135	135
D_6	мм	700	700	700	700	700	700	900	900	900	900	900	900
h	м	10	10	15	15	10	10	15	15	10	10	15	15
a	м/с ²	0,7	0,73	0,75	0,77	0,81	0,85	0,7	0,73	0,75	0,77	0,81	0,85
z	-	30	30	60	60	30	30	60	60	30	30	60	60

Продовження вихідних даних для завдання 7

Величини	Одиниці	Варіанти											
		13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
V_p	м/с	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2
t	с	25	35	45	55	25	35	45	55	25	35	45	55
m	кг	1000	1200	1400	1600	1800	2000	2200	2400	2600	2800	3000	3200
m_k	кг	750	750	750	750	750	750	750	750	750	750	750	750
V_c	м/с	2,4	2,5	2,7	2,55	2,9	2,6	3,43	3,52	3,47	3,55	3,59	3,61
J_6	кг·м ²	112	112	112	112	128	128	128	128	135	135	135	135
D_6	мм	800	800	800	800	800	800	600	600	600	600	600	600
h	м	10	10	15	15	10	10	15	15	10	10	15	15
a	м/с ²	0,7	0,73	0,75	0,77	0,81	0,85	0,7	0,73	0,75	0,77	0,81	0,85
z	-	30	30	60	60	30	30	60	60	30	30	60	60

Вихідні дані для завдання 8

Найменування	Величини	Одиниці	Варіанти													
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Маса столу	m_c	10 ³ кг	0,6	0,8	1	1,2	1,4	1,6	1,8	3	4	5,8	12	20	45	80
Маса деталі	m_d	10 ³ кг	2	2,5	2,3	1,5	4,5	3,6	6	7	7,5	10	4,5	35	75	140
Довжина столу	l_c	м	1,8	1,7	1,8	3,5	1,6	1,8	2	2,3	2,5	3	1,5	4	6	5,5
Кількість вертикальних супортів	N_{cg}	шт.	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	1	2	2	2
Кількість горизонтальних супортів	N_{cz}	шт.	1	1	1	2	1	2	2	2	2	2	1	2	3	3
Максимальне зусилля різання по супорту	F_p	10 ³ Н	0,5	0,5	0,6	1,5	0,6	0,8	0,6	1	1	1,2	0,6	1,5	1,2	1
Швидкість різання	v_p	м/с	0,7	0,7	0,8	0,5	1	0,8	0,6	0,6	0,6	0,7	1	0,5	0,4	0,4
Швидке переміщення столу	v_{θ}	м/с	2,5	2,7	2,9	2,7	2,0	2,1	1,9	1,8	1,6	1,7	2,3	1,4	5	1,2
Швидкість входу різця в метал	v_{ax}	м/с	0,1	0,1	0,1	9	0,1	0,1	0,1	0,1	9	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0
Швидкість виходу різця з металу	$v_{вых}$	м/с	0,4	0,4	0,3	0,2	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3	0,2	0,2	0,2

Продовження вихідних

Найменування	Величини	Одиниці	Варіанти														
			15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	
Маса столу	m_c	10 ³ кг	100	75	50	75	45	20	10	9	8	6	5,5	4,5	3	1,5	
Маса деталі	m_0	10 ³ кг	175	100	90	120	60	55	18	17	14	9	7	6,5	7	2,5	
Довжина столу	l_c	м	9	7	6	7	6	4	3,5	3	3	2,5	2	2	1,6	1,5	
Кількість вертикальних супортів	$N_{\text{вк}}$	шт.	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	
Кількість горизонтальних супортів	$N_{\text{гз}}$	шт.	3	3	3	3	3	2	2	2	2	2	2	1	1	1	
Максимальне зусилля різання по супорту	F_p	10 ³ Н	1	1	1	1,2	0,8	0,8	0,8	0,6	0,6	0,6	0,5	0,5	0,5	0,5	
Швидкість різання	v_p	м/с	0,3	0,3	0,35	0,3	0,4	0,5	0,6	0,6	0,8	0,8	1	1	1,2	1,2	
Швидке переміщення столу	$v_0^{\text{шдп}}$	м/с	0,9	1,1	1,6	1,0	1,55	1,6	1,7	2,1	2,0	2,9	2,7	2,8	3,0	2,9	
Швидкість входу різця в метал	$v_{\text{вх}}$	м/с	0,07	0,075	0,08	0,07	0,085	0,085	0,9	0,1	0,1	0,1	0,09	0,095	0,1	0,1	
Швидкість виходу різця з металу	$v_{\text{вих}}^{\text{шдп}}$	м/с	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,4	

Методичні вказівки
до практичних робіт з дисципліни
«Електропривод»
для студентів спеціальності 141 Електроенергетика, електротехніка
електромеханіка
усіх форм навчання

Укладачі: І.І. Пересунько, доцент
Д.О. Кальмус, ст. викладач

Реєстраційний № _____

Дозволено до друку «____» _____ 2023 року.

Формат: А5

Тираж: _____ примірників.

Обсяг: 21 стор.

Видавничий центр КНУ,
вул. В. Матусевича, 11, м. Кривий Ріг