

**МІНІСТЕРСТВО ВНУТРІШНІХ СПРАВ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ВНУТРІШНІХ СПРАВ
КРЕМЕНЧУЦЬКИЙ ЛЬОТНИЙ КОЛЕДЖ**

Циклова комісія авіаційного і радіоелектронного обладнання

МЕТОДИЧНІ МАТЕРІАЛИ

до практичних занять
із навчальної дисципліни «**Основи електропривода**»
обов'язкових компонент
освітньо-професійної програми першого (бакалаврського) рівня вищої освіти

173 Авіоніка
(Авіоніка)

Кременчук 2023

ЗАТВЕРДЖЕНО

Науково-методичною радою
Харківського національного
університету внутрішніх справ
Протокол від 30.08.2023 № 7

СХВАЛЕНО

Методичною радою
Кременчуцького льотного коледжу
Харківського національного
університету внутрішніх справ
Протокол від 28.08.2023 № 1

ПОГОДЖЕНО

Секцією Науково-методичної ради
ХНУВС з технічних дисциплін
Протокол від 29.08.2023 № 7

Розглянуто на засіданні циклової комісії авіаційного і радіоелектронного обладнання, протокол від 28.08.2023 № 1.

Розробник: викладач циклової комісії авіаційного і радіоелектронного обладнання, к.т.н., спеціаліст вищої категорії, викладач-методист Волканін Є.Є.

Рецензенти:

1. Інженер з технічного обслуговування, ремонту та діагностики авіаційної техніки ТОВ «ЕЙР ТАУРУС» Калінін О.В.
2. Професор циклової комісії авіаційного і радіоелектронного обладнання, к.т.н., спеціаліст вищої категорії Гаврилюк Ю.М.

1. Розподіл часу навчальної дисципліни за темами

1.1. Розподіл часу навчальної дисципліни за темами (денна форма навчання)

Номер та назва навчальної теми	Кількість годин, відведених на вивчення навчальної дисципліни						Вид контролю
	Всього	з них:					
		Лекції	Семінарські заняття	Практичні заняття	Лабораторні заняття	Самостійна робота	
Семестр № 4							
Тема № 1. Електромеханічні системи та їх основні елементи.	14	4				10	
Тема № 2. Класифікація електроприводів.	10	2				8	
Тема № 3. Механіка електроприводу.	14	4		2		8	
Тема № 4. Електричні машини постійного струму для автоматизованих систем.	16	4		4		8	
Тема № 5. Регулювання швидкості обертання електродвигунів постійного струму паралельного і послідовного збудження.	12	2				10	
Тема № 6. Електричні машини змінного струму.	20	4		4		12	
Тема № 7. Електротехнічні пристрої керування і захисту.	22	6		4		10	
Тема № 8. Типові механізми.	24	4			4	16	
Тема № 9. Приклади електроприводів в ПС.	20	4		4	6	6	контр. робота
Всього за семестр № 4:	150	34		18	10	88	залік

1.2. Розподіл часу навчальної дисципліни за темами (заочна форма навчання)

Номер та назва навчальної теми	Кількість годин, відведених на вивчення навчальної дисципліни						Вид контролю
	Всього	з них:					
		Лекції	Семінарські заняття	Практичні заняття	Лабораторні заняття	Самостійна робота	
Семестр № 4							
Тема № 1. Електромеханічні системи та їх основні елементи.	14	2				12	
Тема № 2. Класифікація автоматизованих електроприводів.	10					10	
Тема № 3. Механіка електроприводу.	16	2				14	
Тема № 4. Електричні машини постійного струму для автоматизованих систем.	14	2				12	
Тема № 5. Регулювання швидкості обертання електродвигунів постійного струму паралельного і послідовного збудження.	12					12	
Тема № 6. Електричні машини змінного струму.	20					20	
Тема № 7. Електротехнічні пристрої керування і захисту.	22	2		2		18	
Тема № 8. Типові загальнопромислові механізми.	24	2				22	
Тема № 9. Приклади електроприводів в ПС.	18	2		2	2	12	контр. робота
Всього за семестр № 4:	150	12		4	2	132	залік

2. Методичні вказівки до практичних занять

Тема 3. Механіка електроприводу.

Практичне заняття: Розрахунок механічної частини електроприводу.

Навчальна мета заняття: розглянути методи розрахунку механіки електроприводу.

Кількість годин - 2 (денна форма); 0 (заочна форма).

Місце проведення: аудиторія коледжу.

Навчальні питання:

1. Основні положення механіки електропривода.
2. Рівняння руху електропривода.
3. Приведення моментів і сил опору.
4. Побудова еквівалентних схем.
5. Приведення моментів інерції й інерційних мас.
6. Механічні характеристики електродвигунів і виробничих механізмів.
7. Механічні характеристики робочих машин.
8. Механічні характеристики електричних двигунів.
9. Статична стійкість електропривода.

Література: 1-6.

План проведення заняття:

I. Вступ до заняття. Проведення попереднього контролю теоретичних знань, практичних умінь і навичок здобувачів освіти.

II. Основна частина заняття.

1. Розгляд наведених теоретичних питань.

2. Методи розв'язування задач.

Основні розрахункові формули та співвідношення.

Співвідношення між кутовою швидкістю і швидкістю обертання

$$\omega = \frac{2 \cdot \pi \cdot f}{60}$$

Потужність для обертального руху $P = M \cdot \omega$

Потужність для поступального руху $P = F \cdot v$

Кінетична енергія для обертального руху $W = \frac{J \cdot \omega^2}{2}$

Кінетична енергія для поступального руху $W = \frac{m \cdot v^2}{2}$

Приведення моменту M_1 на валу, що обертається зі швидкістю ω_1 , до валу, який обертається зі швидкістю ω через передавальний пристрій з ККД $= \eta_n$

$$M' = \frac{M_1 \cdot \omega_1}{\omega \cdot \eta_{\Pi}}$$

Приведення зусилля F_1 , яке діє на тіло, що рухається поступально зі швидкістю v_1 , до валу, який обертається з кутовою швидкістю ω через передавальний пристрій з $\text{ККД} = \eta_n$

$$F' = \frac{F_1 \cdot v_1}{\omega \cdot \eta_{\Pi}}$$

Приведення моменту інерції J_1 тіла, що обертається зі швидкістю ω_1 до валу, який рухається зі швидкістю ω

$$J' = J_1 \cdot \left(\frac{\omega_1}{\omega} \right)^2$$

Приведення маси m_1 , що рухається з лінійною швидкістю v_1 , до валу, який рухається з кутовою швидкістю ω

$$J' = m_1 \cdot \left(\frac{v_1}{\omega} \right)^2$$

Рівняння руху тіл, що рухаються поступально

$$\pm F \pm F' = m' \cdot \left(\pm \frac{\partial v}{\partial t} \right)$$

Рівняння руху електропривода

$$\pm M \pm M' = J' \cdot \left(\pm \frac{\partial \omega}{\partial t} \right)$$

Приблизне значення часу перехідного процесу в електроприводі

$$t_{\text{пр}} = J' \cdot \frac{\omega_{\text{кін}} - \omega_{\text{п.о.}}}{\pm M_{\text{сер}} \pm M_{\text{с.сер}}}$$

Момент на осі колеса транспортного механізму

$$M_M = m_{\text{в}} \cdot g \cdot \beta \cdot (\mu \cdot D_{\text{ц}} + f)$$

де $m_{\text{в}}$ - маса транспортного механізму з вантажем, що припадає на привідне колесо, кг;

β - коефіцієнт, що враховує тертя реборди колеса до рейки ($\beta = 1.3 \div 1.5$);

$D_{\text{ц}}$ - діаметр цапфи колеса, м;

f - коефіцієнт тертя ковзання.

Таблиця 1. - Коефіцієнти тертя деяких змащених матеріалів

Матеріали, що труться		μ_0 при зупиненні	μ під час руху
Вальниці ковзання:	бронза по бронзі	0.11	0.06
	залізо по залізі	0.11	0.08 ÷ 0.1
	сталь по бронзі	0.105	0.09
	чавун по бронзі	0.15 ÷ 0.2	0.07 ÷ 0.08
Вальниці кочення:	ходових коліс	-	0.008
	роликів рольгангів	-	0.01 ÷ 0.015
	кранових редакторів	-	0.005

Таблиця 2. - Коефіцієнти тертя кочення

Тип транспортних елементів	$f, \text{ м}$
Ходові колеса кранових мостів і візків: добре оброблених і обкатаних погано оброблених і не обкатаних	$(0.5 \div 0.8) \cdot 10^{-3}$
	$(0.9 \div 1.0) \cdot 10^{-3}$
Залізничні колісні пари	$(0.15 \div 0.25) \cdot 10^{-3}$
Валики й кульки вальниць	$(0.01 \div 0.03) \cdot 10^{-3}$
Валики рольгангів	$(1.3 \div 1.5) \cdot 10^{-3}$
Автомобільні шини по асфальту	$(1.0 \div 2.5) \cdot 10^{-3}$

Таблиця 3 - Моменти інерції тіл, які найчастіше зустрічаються

	Назва тіла	Момент інерції, кг-м
	Суцільний циліндр	$J = m \cdot D^2 / 8$ $J = \gamma \cdot \pi \cdot l \cdot D^4 / 32$
	Порожнистий циліндр	$J = m \cdot (D_{\text{в}}^2 + D_{\text{с}}^2) / 8$ $J = \gamma \cdot \pi \cdot l \cdot (D_{\text{с}}^4 - D_{\text{в}}^4) / 32$
	Стержень, що обертається навколо осі 0 – 0'	$J = m \cdot l^2 / 3$ $J = \gamma \cdot \pi \cdot l^3 \cdot D^2 / 12$
	Стержень, що обертається навколо осі 0 – 0' при $D < r$	$J = m \cdot r^2$ $J = \gamma \cdot \pi \cdot l \cdot D^2 \cdot r^2 / 4$
	Кільце	$J = m \cdot (D^2 + 0.75 \cdot d^2) / 4$ $J = \frac{\gamma \cdot \pi^2 \cdot (D^3 \cdot d^2 + D \cdot d^4)}{16}$
	Паралелепіпед	$J_{01} = m \cdot (a^2 + b^2) / 12$ $J_{01} = \gamma \cdot a \cdot b \cdot l \cdot \frac{(a^2 + b^2)}{12}$
	Паралелепіпед відносно зміщеної осі 02 – 02'	$J_{02} = J_{01} + m \cdot r^2$ $J_{02} = J_{01} + \gamma \cdot a \cdot b \cdot l \cdot r^2$

Таблиця 4 - Коефіцієнти корисної дії механічних передач

Тип механічних передач	ККД
Циліндричні зубчасті	0.80 ÷ 0.99
Конічні зубчасті	0.97 ÷ 0.98
Черв'ячні	0.61 ÷ 0.82
Пасові	0.94 ÷ 0.98
Клинопасові	0.81 ÷ 0.98
Ланцюгові	0.97 ÷ 0.98
Фрикційні	0.71 ÷ 0.78
Цапфи опор	0.94 ÷ 0.98
Блоки	0.96 ÷ 0.97
Поліспасти	0.92 ÷ 0.98

3. Приклади розв'язування задач.

Задача 1.

Визначити момент інерції J_1 чавунного шківa (рис.1) з такими розмірами: $D_1 = 0.1$ м, $D_2 = 0.2$ м, $D_3 = 0.8$ м, $D_4 = 1.0$, $l_1 = 0.4$ м, $l_2 = 0.06$ м, $l_3 = 0.5$ м. Розрахувати момент інерції J_2 такого ж шківa, якщо його обід зробити з алюмінію, а всі інші частини - з чавуну.

Порівняти, на скільки процентів зменшиться момент інерції шківa з алюмінієвим ободом. Питома маса чавуну $\gamma_b = 7800$ кг/м, алюмінію $\gamma_a = 2500$ кг/м.

Розв'язок:

Момент інерції чавунного шківa з алюмінієвим ободом

$$J_1 = \frac{\pi \cdot \gamma_b}{32} (l_1(D_4^4 - D_3^4) + l_2(D_3^4 - D_2^4) + l_3(D_2^4 - D_1^4));$$

$$J_1 = \frac{3,14 \cdot 7800}{32} (0,4(1^4 - 0,8^4) + 0,06(0,8^4 - 0,2^4) + 0,5(0,2^4 - 0,1^4)) = 200 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$$

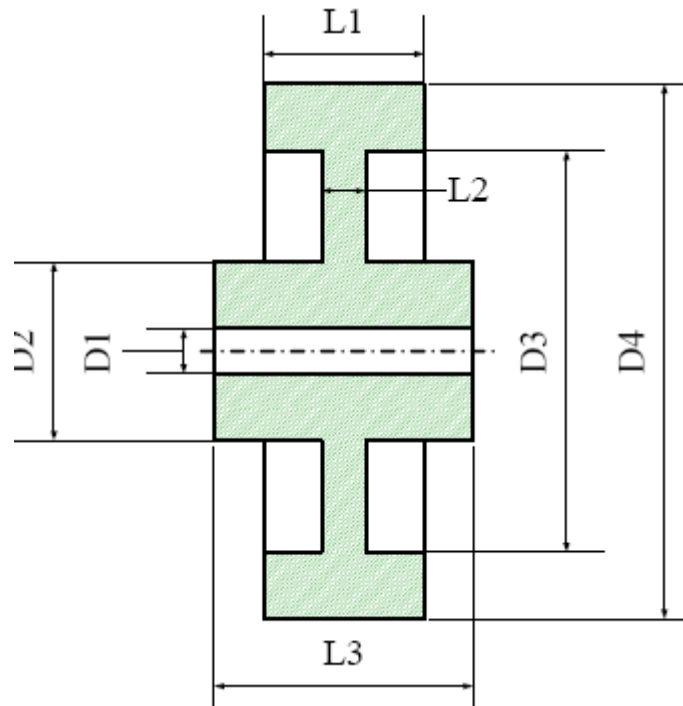


Рисунок 1 – Конструкція чавунного шківa

Момент інерції чавунного шківa з алюмінієвим ободом

$$J_2 = \frac{\pi}{32} (Y_a \cdot l_1 (D_4^4 - D_3^4) + Y_b \cdot l_2 (D_3^4 - D_2^4) + Y_b \cdot l_3 (D_2^4 - D_1^4))$$

$$J_1 = \frac{3,14 \cdot}{32} (2500 \cdot 0,4(1^4 - 0,8^4) + 7800 \cdot 0,06(0,8^4 - 0,2^4) + 7800 \cdot 0,5(0,2^4 - 0,1^4)) = 77,2 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$$

У процентному відношенні

$$(J_1 - J_2) \frac{100\%}{J_1} = (200 - 77,2) \frac{100\%}{200} = 61,4\%$$

Момент інерції шківa з алюмінієвим ободом буде на 61,4 % менший від повністю чавунного.

Задача 2.

Визначити приведені до валу двигуна статичний момент і момент інерції механізму підіймача (рис. 2) при підйманні вантажу масою 1300 кг з швидкістю $V = 1,7$ м/с. Двигун обертається з кутовою швидкістю $\omega = 97$ рад/с. Діаметр барабана $D_6 = 0,65$ м, момент інерції $J_6 = 8,1$ кг*м². Коефіцієнт корисної дії (ККД) передач $\eta = 0,82$. Момент інерції редуктора, приведений до валу двигуна, $J_P = 0,12$ кг*м². Масою троса можна знехтувати.

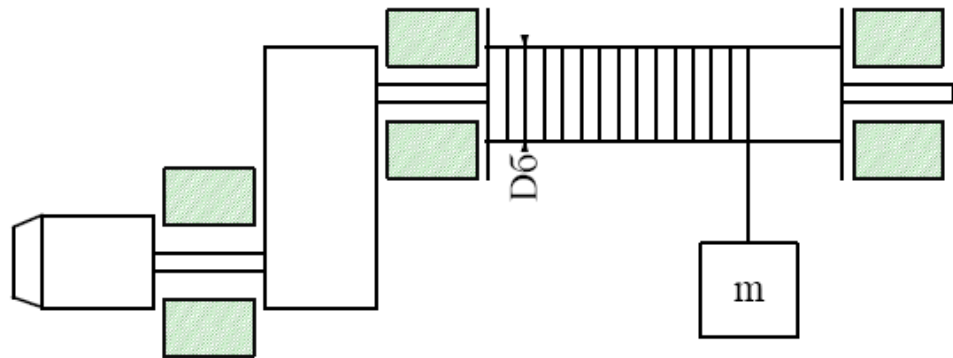


Рисунок 2 – Конструктивна схема механізму підіймача

Розв'язок:

Статичний момент, приведений до валу двигуна, при підйманні вантажу

$$M_c = \frac{m \cdot g \cdot v}{\omega_d \cdot \eta}$$

$$M_c = \frac{1300 \cdot 9.81 \cdot 1.7}{97 \cdot 0.82} = 5.23 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Кутова швидкість барабана

$$\omega_d = \frac{2v}{D_6}$$

$$\omega_d = \frac{2 \cdot 1.7}{0.65} 5.23 \text{ рад/с}$$

Передавальне число передач

$$i_p = \frac{\omega_d}{\omega_6}$$

$$i_p = \frac{97}{5.23} 18.54$$

Момент інерції механізму, приведений до валу двигуна

$$J_{np} = J_p + \frac{J_0}{i_p^2} + m \frac{v^2}{\omega_d^2}$$

$$J_{np} = 0.12 + \frac{8.1}{18.54^2} + 1300 \frac{1.7^2}{97} = 0.534 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$$

4. Написання контрольної роботи.

Варіанти завдань вибрати відповідно до таблиці.

Номер здобувача освіти за списком академічної групи	1, 9, 17, 25	2, 10, 18, 26	3, 11, 19, 27	4, 12, 20, 28	5, 13, 21, 29	6, 14, 22, 30	7, 15, 23, 31	8, 16, 24, 32
Номер варіанта	1	2	3	4	5	6	7	8

Варіант 1.

1. Рівняння руху електропривода.

2. Визначити приведений до валу двигуна сумарний момент інерції $J_{пр}$ механізму підіймача і ротора привідного двигуна (рис. 2), якщо при вимкненому двигуні без гальма вантаж з масою 1000 кг опускається за 8 с на 10 м. Маса вантажу, який потрібний для подолання втрату механізму, складає 400 кг. Допустити, що втрати в механізмі не залежать від швидкості. Діаметр барабана $D = 0.5$ м, передавальне число редуктора $i = 15$.

Варіант 2.

1. Приведення моментів і сил опору.

2. Визначити момент інерції J сталевого ротора (рис. 3) з такими розмірами: $L = 0.6$ м, $D_1 = 6.9$ м, $D_2 = 0.2$ м, $L_1 = 0.6$ м. Питома маса $\gamma = 7800$ кг/м³.

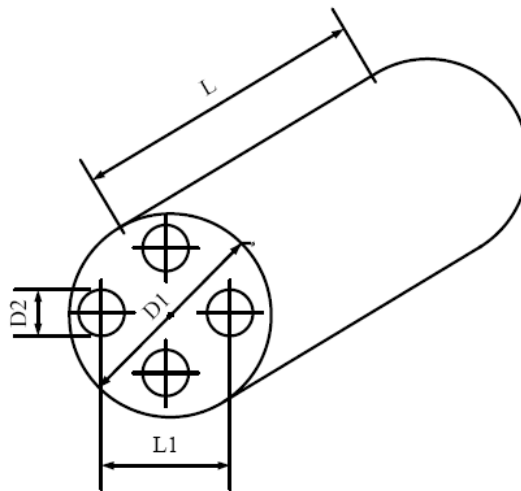


Рисунок 3 – Конструкція сталевого ротора

Варіант 3.

1. Побудова еквівалентних схем.

2. Визначити приведені до валу двигуна статичний момент M і момент інерції J механізму переміщення (рис. 4).

Діаметри валків $D_1 = 0.4$ м, $D_2 = 0.5$ м; довжина валків $L_1 = 0.8$ м, $L_2 = 1.2$ м. Діаметр маховика $D_3 = 1.5$ м, довжина $L_3 = 0.2$ м. Валки та маховик зроблені суцільними із сталі з питомою масою 7800 кг/м³. Зусилля на ободі валка 1 $F_1 = 2000$ Н, на ободі валка 2 $F_2 = 14000$ Н. Передавальне число першого редуктора $i_1 = 2.33$, другого редуктора $i_2 = 2.25$; ККД першого редуктора $\eta =$

0.87, другого редуктора - $\eta = 0.91$. Швидкість обертання приводного двигуна $n_d = 730$ об/хв. Моментом інерції редукторів знехтувати.

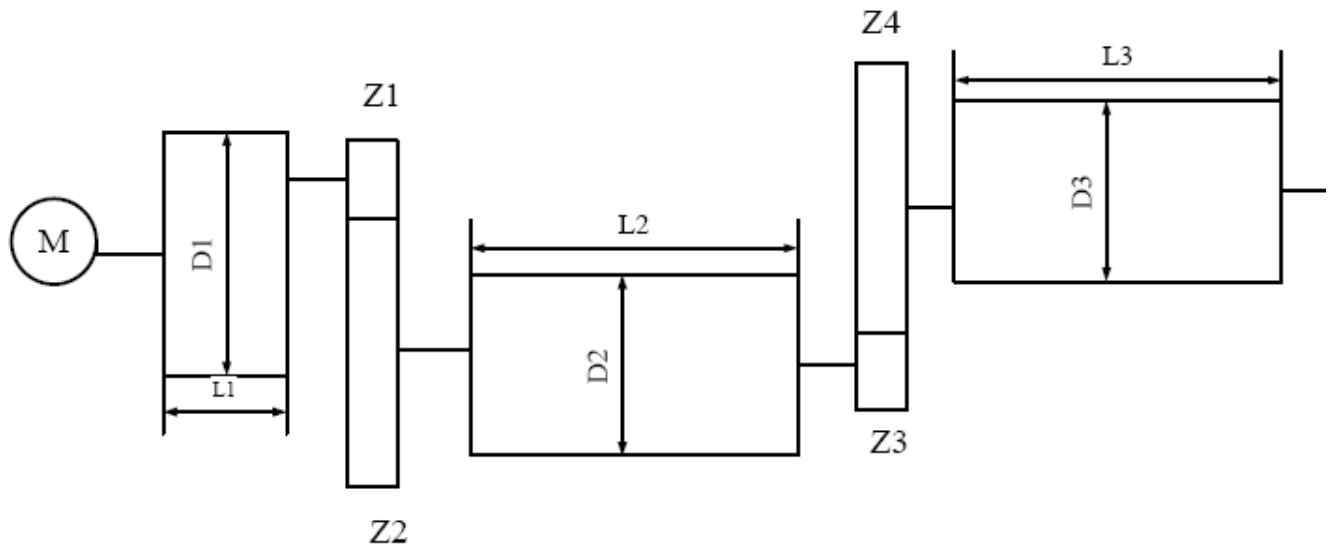


Рисунок 4 - Конструкція механізму переміщення

Варіант 4.

1. Приведення моментів інерції й інерційних мас.
2. Визначити час розгону двигуна до швидкості обертання $n = 720$ об/хв, якщо середнє значення моменту, який розвиває двигун при пуску, $M_d = 445$ Н·м, а момент інерції приводу, приведений до валу двигуна, $J_{zv} = 8.55$ кг·м². Статичний момент на валу двигуна $M_c = 89.4$ Н·м.

Варіант 5.

1. Механічні характеристики електродвигунів і виробничих механізмів.
2. У скільки разів зменшиться момент інерції ротора двигуна, якщо його діаметр D зменшити, а довжину l збільшити у два рази. Будемо вважати ротор суцільним однорідним циліндром.

Варіант 6.

1. Механічні характеристики робочих машин.
2. Визначити час сповільнення електроприводу до зупинки, якщо середній гальмівний момент двигуна $M_d = 950$ Н·м, приведений до валу двигуна статичний момент $M_c = 350$ Н·м, приведений до валу двигуна момент інерції робочого механізму і електроприводу $J_{pr} = 16.2$ кг·м². Початкова швидкість обертання приводного двигуна $n_d = 579$ об/хв.

Варіант 7.

1. Механічні характеристики електричних двигунів.
2. Визначити кількість обертів двигуна при його розгоні в неробочому ході до швидкості $n_d = 962$ об/хв. Середній момент, який розвиває двигун при пуску, $M_d = 248$ Н·м, момент інерції, приведений до валу двигуна, $J_{pr} = 4.12$ кг·м².

Варіант 8.

1. Статична стійкість електропривода.
2. Визначити момент інерції ротора двигуна, якщо його швидкість

обертання через 9 с після вимкнення з мережі зменшилась на 200 об/хв. Перед тим двигун працював без навантаження зі швидкістю обертання $n_d = 1050$ об/хв. та споживав з мережі потужність $P_c = 5.2$ кВт, Механічні втрати дорівнюють 40 % від втрат неробочого ходу і можна прийняти, що вони не змінюються при зміні швидкості обертання двигуна.

III. Заключна частина заняття.

Перевірка і оцінювання виконаних завдань. Підведення підсумків практичного заняття, акцентування уваги на основних помилках при його виконанні.

Тема № 4. Електричні машини постійного струму для автоматизованих систем.

Практичне заняття: Розрахунок електроприводів з двигунами постійного струму.

Навчальна мета заняття: розглянути методи розрахунку електроприводів з двигунами постійного струму.

Кількість годин - 4 (денна форма); 0 (заочна форма).

Місце проведення: аудиторія коледжу.

Навчальні питання:

1. Двигуни постійного струму в електроприводі.
 2. Властивості і характеристики електроприводів з двигунами постійного струму незалежного збудження.
 3. Електромеханічні та механічні характеристики електроприводів з двигунами постійного струму незалежного збудження.
 4. Визначення параметрів двигунів постійного струму незалежного збудження за каталожними даними.
 5. Режими роботи двигунів постійного струму незалежного збудження.
 6. Способи регулювання швидкості електроприводів з двигунами постійного струму незалежного збудження.
 7. Регулювання швидкості введенням додаткового опору в коло якоря.
 8. Регулювання швидкості зміною напруги на якорі.
 9. Регулювання швидкості зміною магнітного потоку двигуна.
- Література: 1-6.

План проведення заняття:

I. Вступ до заняття. Проведення попереднього контролю теоретичних знань, практичних умінь і навичок здобувачів освіти.

II. Основна частина заняття.

1. Розгляд наведених теоретичних питань.
2. Методи розв'язування задач.

Номінальний момент на валу двигуна $M_n = P_n / \omega_n$.

Конструктивна стала двигуна $c = p \cdot N / (2 \cdot \pi \cdot a)$.

Конструктивний коефіцієнт двигуна $c\Phi_H = (U_H - R_{яд} \cdot I_H) / \omega_{нд}$.

Електромагнітний момент двигуна $M = c\Phi \cdot I_{я}$.

Номинальний електромагнітний момент двигуна $M_H = c\Phi_H \cdot I_H$.

Струм короткого замикання $I_{кз} = U_H / R_{як}$.

Момент короткого замикання $M_{кз} = c\Phi \cdot I_{кз}$.

Коефіцієнт жорсткості лінеаризованої механічної характеристики $\beta = \partial M / \partial \omega = \Delta M / \Delta \omega \approx (c\Phi_H)^2 / R_{як} \approx M_{кз} / \omega_o$.

Номинальна ЕРС двигуна $E_H = c\Phi_H \cdot \omega_H$.

Кутова швидкість неробочого ходу при номінальній напрузі

$$\omega_o = U_H / c\Phi_H.$$

Номинальний опір якоря машини постійного струму

$$R_H = U_H / I_H.$$

Властивості і характеристики електроприводів з двигунами постійного струму незалежного збудження.

Електромеханічна характеристика в нормальній схемі вмикання

$$\omega = \frac{U_H}{c\Phi_H} - \frac{R_{яд} + R_d}{c\Phi_H} \cdot I = \omega_o - \frac{R_{яд} + R_d}{c\Phi_H} \cdot I.$$

Механічна характеристика в нормальній схемі вмикання

$$\omega = \frac{U_H}{c\Phi_H} - \frac{R_{яд} + R_d}{(c\Phi_H)^2} \cdot M = \omega_o - \frac{R_{яд} + R_d}{(c\Phi_H)^2} \cdot M.$$

Електромеханічна характеристика при динамічному гальмуванні

$$\omega = -(R_{яд} + R_d) \cdot I / c\Phi_H.$$

Механічна характеристика при динамічному гальмуванні

$$\omega = -(R_{яд} + R_d) \cdot M / (c\Phi_H)^2$$

Електромеханічна характеристика при шунтуванні обмотки якоря

$$\omega = \frac{U_H}{c\Phi_H} \cdot \frac{R_{ш}}{R_{ш} + R_{п}} - \left(1 - \frac{R_G \cdot R_{ш}}{R_{яд} \cdot (R_{ш} + R_{п})} \right) \cdot \frac{R_{яд}}{c\Phi_H} \cdot I_{я}.$$

Механічна характеристика при шунтуванні обмотки якоря

$$\omega = \frac{U_H}{c\Phi_H} \cdot \frac{R_{ш}}{R_{ш} + R_{п}} - \left(1 - \frac{R_G \cdot R_{ш}}{R_{яд} \cdot (R_{ш} + R_{п})} \right) \cdot \frac{R_{яд}}{(c\Phi_H)^2} \cdot M.$$

Електромеханічна характеристика системи Г-Д

$$\omega = \frac{E_c}{c\Phi_H} - \frac{R_{яд} + R_{яг}}{c\Phi_H} \cdot I_{я}.$$

Механічна характеристика системи Г-Д

$$\omega = \frac{E_c}{c\Phi_H} - \frac{R_{яд} + R_{яг}}{(c\Phi_H)^2} \cdot M.$$

ЕРС генератора, яка забезпечує кутову швидкість двигуна ω_1 при номінальному потоці збудження і статичному навантаженні на валу M_{cl}

$$E_G = c\Phi_H \cdot \omega_1 + (R_{яд} + R_{яг}) \cdot M_{cl} / c\Phi_H.$$

$$E_G = c\Phi_H \cdot \omega_1 + (R_{яд} + R_{яг}) \cdot I_{cl}.$$

Електромеханічна характеристика системи ТП-Д

$$\omega = \frac{E_{до} \cdot \cos \alpha}{c\Phi_H} - \frac{R_{яд} + r_{сум}}{c\Phi_H} \cdot I_{я}.$$

Механічна характеристика системи ТП-Д

$$\omega = \frac{E_{до} \cdot \cos \alpha}{c\Phi_H} - \frac{R_{яд} + r_{сум}}{(c\Phi_H)^2} \cdot M,$$

де $r_{сум} = r_T + r_{TP} + r_{DP} + r_X$ - сумарний активний опір перетворювача.

Розрахунок опорів пускових резисторів для двигуна з незалежним (паралельним) збудженням графоаналітичним методом.

Чим більше співвідношення I_1 / I_2 тим меншою буде кількість пускових резисторів. На рис. 1 наведений графоаналітичний розрахунок опорів пускових резисторів у три ступені.

r_1 - резистор, який першим вимикається з кола якоря.

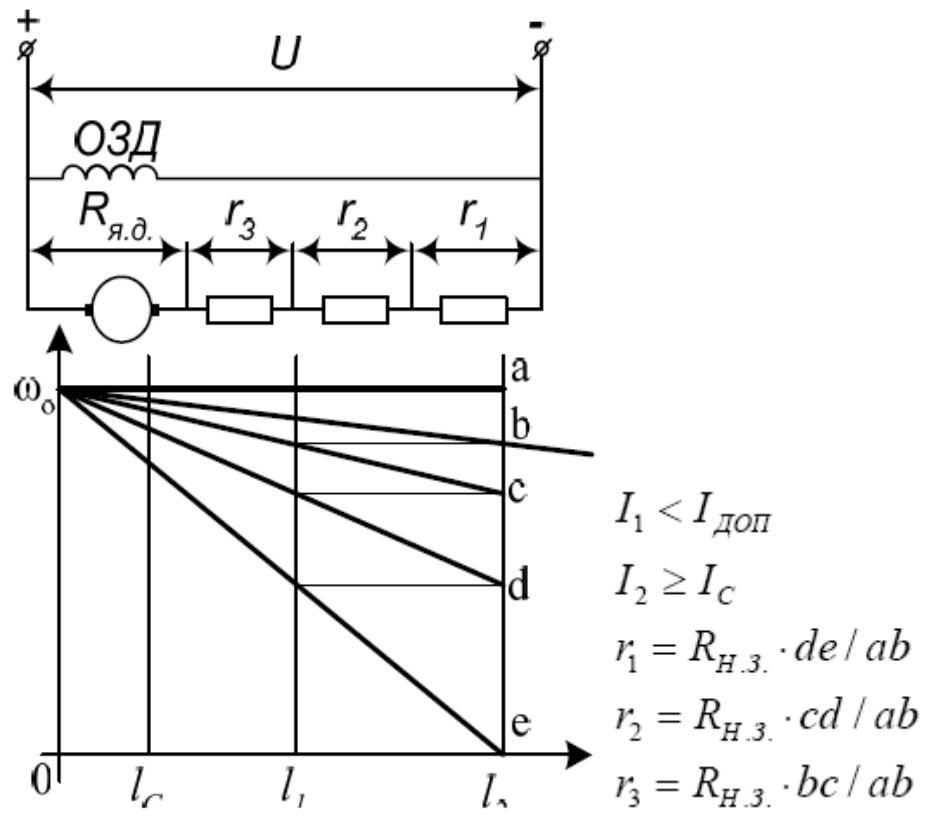


Рисунок 1 - Электрична схема ДПС

Розрахунок опору пускових резисторів для двигуна з незалежним (паралельним) збудженням аналітичним методом.

На рисунку 2 наведена принципова схема пуску в m ступенів.

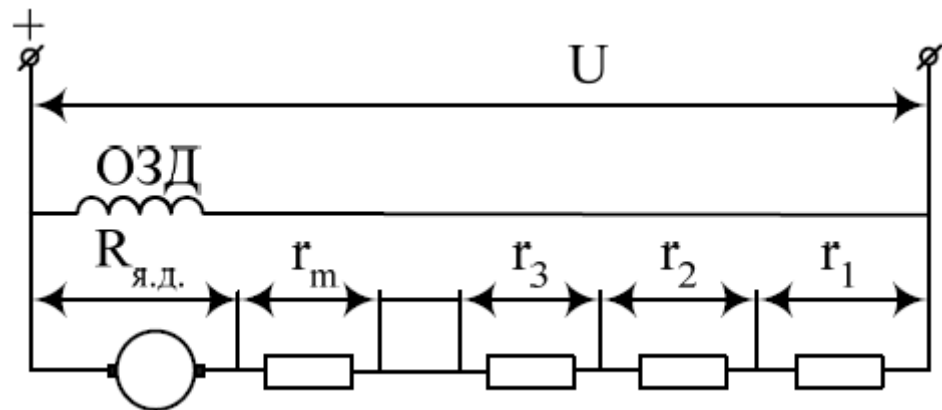


Рисунок 2 - Принципова схема пуску в m ступенів

Опір пускових резисторів можна розрахувати за формулами:

$$r_1 = R_{\text{я.д.}} \cdot (\lambda - 1) \cdot \lambda^{m-1}$$

Співвідношення струмів перемикання при заданих I_1 або I_2

$$\lambda = \sqrt[m]{\frac{U_H}{1 - R_{\text{я.д.}}}} = \sqrt[m+1]{\frac{U_H}{2 - R_{\text{я.д.}}}}$$

Кількість ступенів пускових резисторів при заданому значенні λ

$$m = \frac{\ln(U_H / (1 - R_{\text{я.д.}}))}{\ln \lambda} = \frac{\ln(U_H / (2 - R_{\text{я.д.}}))}{\ln \lambda} - 1$$

Опір додаткового резистора при динамічному гальмуванні

$$R_{\text{ГД}} = \frac{c\Phi_H \cdot \omega_{\text{но}}}{I_{\text{дод}}} - R_{\text{я.д.}} = \frac{(c\Phi_H)^2 \cdot \omega_{\text{но}}}{M_{\text{дод}}} - R_{\text{я.д.}}$$

Опір додаткового резистора при гальмуванні проти вмиканням

$$R_{\text{Г пр}} = \frac{U_H + c\Phi_H \cdot \omega_{\text{но}}}{I_{\text{доп}}} - R_{\text{я.д.}} = \frac{(U_H + c\Phi_H \cdot \omega_{\text{но}}) \cdot c\Phi_H}{M_{\text{доп}}} - R_{\text{я.д.}}$$

3. Приклади розв'язування задач.

Задача 1.

Для двигуна постійного струму з незалежним збудженням потужністю $P_H = 11$ кВт ($U_H = 220$ В, $I_H = 59$ А, $\omega_H = 314$ 1/с) визначити ККД при номінальному навантаженні та величину внутрішнього опору якоря, враховуючи, що при номінальному навантаженні його постійні та змінні втрати рівні між собою. Розрахувати та побудувати:

- природну електромеханічну характеристику;
- штучну з введенням послідовно в коло якоря додатковим резистором з опором $R_d = 1.63$ Ом;

- штучну при динамічному гальмуванні, в якій при номінальній швидкості струм у колі якоря дорівнює 118 А; визначити також опір додаткового резистора, який треба ввести послідовно в коло якоря для одержання цієї характеристики.

Розв'язок:

Коефіцієнт корисної дії двигуна

$$\eta = \frac{P_H \cdot 10^3}{U_H \cdot I_H}; \quad \eta = \frac{11 \cdot 10^3}{220 \cdot 59} = 0.846.$$

Внутрішній опір якоря двигуна

$$R_{яд} = 0.5 \cdot (U_H \cdot I_H - P_H \cdot 10^3) / I_H^2;$$

$$R_{яд} = 0.5 \cdot (220 \cdot 59 - 11 \cdot 10^3) / 59^2 = 0.284 \text{ Ом}.$$

Конструктивний коефіцієнт

$$c\Phi_H = \frac{U_H \cdot R_{яд} \cdot I_H}{\omega_H}; \quad c\Phi_H = \frac{220 - 0.284 \cdot 59}{314} = 0.647 \text{ В} \cdot \text{с/рад}.$$

Кутова швидкість неробочого ходу

$$\omega_0 = U_H / c\Phi_H; \quad \omega_0 = 220 / 0.647 = 340 \text{ рад/с}.$$

Природна електромеханічна характеристика будується через дві точки з координатами: $I_a = 0$, $\omega = \omega_0$, та $I_a = I_H$, $\omega = \omega_H$. Ця характеристика повинна обов'язково проходити через точку з координатами: $\omega = 0$, $I_a = I_{кз}$.

Це дає можливість проконтролювати правильність розрахунку.

Струм короткого замикання кола якоря

$$I_{кз} = U_H / R_{яд}; \quad I_{кз} = 220 / 0.284 = 774.5 \text{ А}.$$

Треба відзначити, що струм короткого замикання у 13,1 разів більший від номінального.

Кутова швидкість на штучній характеристиці при номінальному навантаженні

$$\omega_{ш} = \frac{U_H - (R_{яд} + R_d) \cdot I_H}{c\Phi_H};$$

$$\omega_{ш} = \frac{220 - (0.284 + 1.63) \cdot 59}{0.647} = 165.5 \text{ рад/с}.$$

Штучна електромеханічна характеристика будується через точки з координатами: $I_a = 0$, $\omega = \omega_0$ та $I_a = I_H$, $\omega = \omega_{ш}$.

Електромеханічна характеристика динамічного гальмування будується через точки з такими координатами: $I_a = 0$, $\omega = 0$ та $I_a = 118 \text{ А}$, $\omega = \omega_H$.

Величину опору додаткового резистора, який потрібно ввести послідовно в коло якоря при динамічному гальмуванні

$$R_{дг} = \frac{0.647 \cdot 314}{118} - 0.284 = 1.44 \text{ Ом}.$$

Розраховані характеристики зображені на рис. 3.

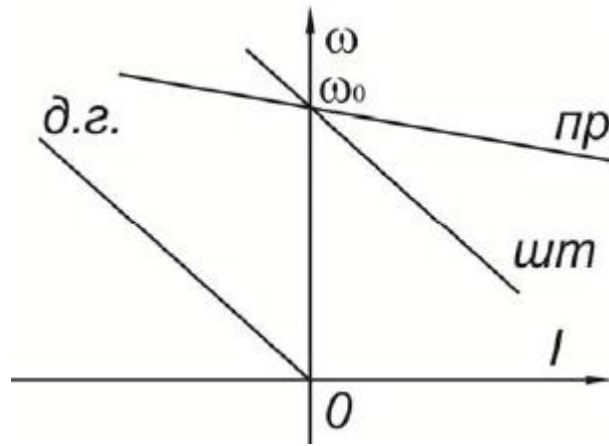


Рисунок 3 - Електромеханічна характеристика

4. Написання контрольної роботи.

Варіанти завдань вибрати відповідно до таблиці.

Номер здобувача освіти за списком академічної групи	1, 9, 17, 25	2, 10, 18, 26	3, 11, 19, 27	4, 12, 20, 28	5, 13, 21, 29	6, 14, 22, 30	7, 15, 23, 31	8, 16, 24, 32
Номер варіанта	1	2	3	4	5	6	7	8

Варіант 1.

1. Двигуни постійного струму в електроприводі.

2. Двигун постійного струму з незалежним збудженням типу 2П250М ($P_n = 30$ кВт, $U_n = 220$ В, $I_n = 168.4$ А, $n_n = 750$ об/хв..., Ряд = 0.298 Ом) приводить в рух підіймальний механізм. Визначити, з якою кутовою швидкістю працює двигун, підіймаючи вантаж зі статичним моментом на валу $M_c = 320$ Н·м, якщо в коло його якоря введено додатковий резистор з опором $R_d = 1.1$ Ом.

Варіант 2.

1. Електромеханічні та механічні характеристики електроприводів з двигунами постійного струму незалежного збудження.

2. Двигун постійного струму з незалежним збудженням типу 2ПН225М ($P_n = 37$ кВт, $U_n = 220$ В, $I_n = 193.3$ А, $n_n = 1500$ об/хв., Ряд + $R_{дп} = 0.0524$ Ом) працює на природній механічній характеристиці зі статичним моментом на валу двигуна $M_c = 0.72$ Мн. Для зупинки двигун переводиться в режим противмикання. Визначити величину електромагнітного моменту на початку гальмування і при зупинці, якщо в коло якоря ввести додатковий резистор з опором $R_d = 1.63$ Ом.

Варіант 3.

1. Визначення параметрів двигунів постійного струму незалежного збудження за каталожними даними.

2. Двигун постійного струму з незалежним збудженням типу 2ПН180L ($P_n = 7.1$ кВт, $U_n = 220$ В, $I_n = 40$ А, $n_n = 750$ об/хв., Ряд + $R_{ш} = 0.443$ Ом) приводить в рух підіймач лебідки. Визначити величину електромагнітного моменту двигуна та значення струму в колі якоря при опусканні вантажу, якщо двигун працює на природній механічній характеристиці в рекуперативному

режимі паралельно з мережею з кутовою швидкістю $\omega_s = -83$ рад/с.

Варіант 4.

1. Режим роботи двигунів постійного струму незалежного збудження.
2. Двигун постійного струму з незалежним збудженням типу 2ПН132L ($P_n = 5.5$ кВт, $U_n = 220$ В, $I_n = 31.1$ А, $n_n = 1500$ об/хв..., $R_a + R_{дп} = 0.592$ Ом) працює при ослабленому магнітному потоці з швидкістю обертання 2250 об/хв. і статичним моментом на валу двигуна $M_c = 0.8$ Мн. Для зупинки двигун переводиться в режим проти-вмикання з номінальним потоком збудження. Визначити величину електромагнітного моменту на початку та кінці гальмування, якщо в коло якоря ввести додатковий резистор з опором $R_d = 3.8$ Ом.

Варіант 5.

1. Способи регулювання швидкості електроприводів з двигунами постійного струму незалежного збудження.
2. Визначити кутову швидкість і струм у колі якоря двигуна постійного струму з незалежним збудженням типу 2ПН180М ($P_n = 8.0$ кВт, $U_n = 220$ В, $I_n = 43.8$ А, $n_n = 1060$ об/хв..., $R_a + R_{дп} = 0.303$ Ом), якщо статичний момент на валу двигуна $M_c = 0.47$ Мн, а магнітний потік $\Phi_1 = 0.47$ Фн.

Варіант 6.

1. Регулювання швидкості введенням додаткового опору в коло якоря.
2. Визначити величину опорів, які потрібно ввімкнути в коло якоря двигуна постійного струму з незалежним збудженням типу 2ПН225L ($P_n = 30$ кВт, $U_n = 220$ В, $I_n = 161.4$ А, $n_n = 1060$ об/хв..., $R_{ад} = 0.0687$ Ом) для забезпечення таких режимів роботи механізму:
 - 1) $n_1 = 300$ об/хв...; $M_{c1} = 51$ Н·м,
 - 2) $n_2 = 600$ об/хв...; $M_{c2} = 110$ Н·м,
 - 3) $n_3 = 900$ об/хв...; $M_{c3} = 170$ Н·м.

Варіант 7.

1. Регулювання швидкості зміною напруги на якорі.
2. Визначити величину опору додаткового резистора, який потрібно ввімкнути в колі якоря двигуна постійного струму з незалежним збудженням типу 2ПН132L ($P_n = 3.0$ кВт, $U_n = 220$ В, $I_n = 18.1$ А, $n_n = 1000$ об/хв., $R_a + R_{дп} = 1.52$ Ом, $R_{оз} = 183$ Ом) для одержання швидкості обертання $n_c = 4000$ об/хв. при статичному моменті на валу двигуна $M_c = 5.6$ Н·м. Потік вважати пропорційним струмові збудження.

Варіант 8.

1. Регулювання швидкості зміною магнітного потоку двигуна.
2. Двигун постійного струму з незалежним збудженням типу 2ПН225М ($P_n = 37$ кВт, $U_n = 220$ В, $I_n = 193.3$ А, $n_n = 1500$ об/хв, $R_{ад} + R_{дп} = 0.0524$ Ом) працює на природній механічній характеристиці зі статичним моментом на валу двигуна $M_c = 0.72$ Мн. Для зупинки двигун переводиться в режим проти-вмикання. Визначити величину електромагнітного моменту на початку гальмування і при зупинці, якщо в коло якоря ввести додатковий резистор з опором $R_d = 1.63$ Ом.

III. Заключна частина заняття.

Перевірка і оцінювання виконаних завдань. Підведення підсумків практичного заняття, акцентування уваги на основних помилках при його виконанні.

Тема № 6. Електричні машини змінного струму.

Практичне заняття: Розрахунок електроприводів з двигунами змінного струму.

Навчальна мета заняття: розглянути методи розрахунку електроприводів з двигунами змінного струму.

Кількість годин - 4 (денна форма); 0 (заочна форма).

Місце проведення: аудиторія коледжу.

Навчальні питання:

1. Асинхронні двигуни в електроприводі.
 2. Особливості роботи асинхронних двигунів з короткозамкненим ротором.
 3. Розрахунок механічних характеристик асинхронних двигунів з короткозамкненим ротором.
 4. Властивості і характеристики електроприводів із синхронними двигунами.
 5. Механічні характеристики синхронного двигуна в двигунному режимі.
 6. Гальмівні режими роботи синхронного двигуна.
 7. Способи регулювання швидкості електроприводів з синхронними двигунами.
 8. Способи пуску синхронного двигуна.
- Література: 1-6.

План проведення заняття:

I. Вступ до заняття. Проведення попереднього контролю теоретичних знань, практичних умінь і навичок здобувачів освіти.

II. Основна частина заняття.

1. Розгляд наведених теоретичних питань.

2. Методи розв'язування задач.

Основні розрахункові формули та співвідношення.

Синхронна швидкість обертання:

$$n_o = \frac{60 \cdot f}{P_H}$$

Синхронна кутова швидкість:

$$\omega_o = \frac{2 \cdot \pi \cdot f}{P_H}$$

Ковзання ротора:

$$S = \frac{n_o - n_H}{n_o} = \frac{\omega_o - \omega_H}{\omega_o}$$

Електромеханічна характеристика:

$$I_2' = \frac{U_\phi}{\sqrt{\left(r_1 + \frac{r_2'}{S}\right)^2 + (x_1 + x_2')^2}}$$

Механічна характеристика:

$$M = \frac{m U_\phi r_2'}{S \omega_o \left[\left(r_1 + \frac{r_2'}{S}\right)^2 + (x_1 + x_2')^2 \right]}$$

або після математичних перетворень:

$$M = \frac{2 \cdot M_K \cdot (1 + \varepsilon)}{\frac{S}{S_K} + \frac{S_K}{S} + 2 \cdot \varepsilon} = \frac{2 \cdot M_K \cdot (1 + a \cdot S_K)}{\frac{S}{S_K} + \frac{S_K}{S} + 2 \cdot a \cdot S_K};$$

при $\varepsilon \rightarrow 0$

$$M = \frac{2 \cdot M_K}{\frac{S}{S_K} + \frac{S_K}{S}};$$

$$a = \frac{r_1}{r_2};$$

де r_1, r_2 - співвідношення активних опорів статора й ротора; m - кількість фаз статора.

Критичне ковзання ротора:

$$S_K = \pm \frac{r_2'}{\sqrt{r_1^2 + (x_1 + x_2')^2}};$$

$$\varepsilon = \frac{r_1}{\sqrt{r_1^2 + (x_1 + x_2')^2}};$$

Відносне значення активного опору статора:

$$M_K = \frac{m \cdot U_{\Phi}^2}{2 \cdot \omega_0 \cdot \left(r_1 \pm \sqrt{r_1^2 + (x_1 + x_2')^2} \right)}.$$

Критичний момент:

$$R_H = \frac{U_{2K}}{\sqrt{3} \cdot I_{2H}}.$$

Номинальний активний опір обмотки ротора:

$$r_2 = \frac{U_{2K} \cdot S_H}{\sqrt{3} \cdot I_{2H}}.$$

Активний опір обмотки фази ротора:

Коефіцієнт трансформації ЕРС від статора до ротора:

$$k_C = \frac{E_1}{U_{2K}} \approx \frac{0.95 \cdot U_H}{U_{2K}}.$$

Приведені опори ротора до обмотки статора:

$$z_2' = k_C^2 \cdot z_C; \quad r_2' = k_C^2 \cdot r_2; \quad x_2' = k_C^2 \cdot x_2.$$

Приведений активний опір ротора можна визначити також:

$$r_2' = \frac{M_{\Pi} \cdot \omega_0}{3 \cdot I_{\Pi}^2} \approx \frac{M_{\Pi} \cdot \omega_0}{3 \cdot k_i^2 \cdot I_H^2}$$

де $k_i = I_{\Pi} / I_H$; M_{Π} - пусковий момент двигуна.

Механічна характеристика динамічного гальмування при ненасиченому магнітному колі двигуна:

$$M = \frac{-2 \cdot M_{K \text{ ДГ}}}{\frac{V}{V_K} + \frac{V_K}{V}};$$

де

$$V = \frac{n}{n_0} = \frac{\omega}{\omega_0}$$

- відносна швидкість обертального руху.

3. Приклади розв'язування задач.

Задача 1.

Визначити середнє значення моменту при запуску асинхронного короткозамкненого двигуна типу МТКН512-8 ($P_H = 45$ кВт, $U_H = 380$ В, $I_H = 104$ А, $n_H = 680$ об/хв., $r_1 = 0.103$ Ом, $x_1 = 0.172$ Ом, $r_2' = 0.237$ Ом, $x_2' = 0.366$ Ом, $\lambda_M = M_K / M_H = 2.5$). Статичний момент на валу двигуна $M_H = 520$ Н·м.

Розв'язок:

Номинальна кутова швидкість:

$$\omega_H = \pi \cdot n_H / 30; \quad \omega_H = 3.14 \cdot 680 / 30 = 71.2 \text{ рад/с.}$$

Синхронна кутова швидкість:

$$\omega_0 = \pi \cdot n_0 / 30; \quad \omega_0 = 3.14 \cdot 750 / 30 = 78.5 \text{ рад/с.}$$

Номинальне ковзання:

$$s_H = \frac{(\omega_0 - \omega_H)}{\omega_0}; \quad s_H = \frac{(78.5 - 71.2)}{78.5} = 0.093.$$

Номинальний момент двигуна:

$$M_H = \frac{P_H \cdot 10^3}{\omega_H}; \quad M_H = \frac{45 \cdot 10^3}{71.2} = 632 \text{ Н·м.}$$

Ковзання при статичному навантаженні:

$$s_c = \frac{s_H \cdot M_c}{M_H}; \quad s_c = \frac{0.093 \cdot 520}{632} = 0.0765.$$

Критичний момент двигуна:

$$M_K = \lambda_M \cdot M_H; \quad M_K = 2.5 \cdot 632 = 1580 \text{ Н·м.}$$

Індуктивний опір короткого замикання:

$$x_K = x_1 + x_2'; \quad x_K = 0.172 + 0.366 = 0.538 \text{ Ом.}$$

Критичне ковзання:

$$s_K = r_2' / \sqrt{r_1^2 + x_K^2}; \quad s_K = 0.237 / \sqrt{0.103^2 + 0.538^2} = 0.433.$$

Середнє значення моменту при пуску двигуна

$$M_{\text{сер п}} = \frac{M_K \cdot s_K}{s_{\text{по}} - s_{\text{кін}}} \cdot \ln \frac{s_{\text{по}}^2 + s_K^2}{s_{\text{кін}}^2 + s_K^2}.$$

Враховуючи, що при пуску двигуна $s_{\text{по}} = 1$, $s_{\text{кін}} = s_c$.

Відношення середнього пускового моменту до номінального:

$$k_{\Pi} = M_{\text{cep } \Pi} / M_{\text{H}} ; \quad k_{\Pi} = 1345/632 = 2.13.$$

4. Написання контрольної роботи.

Варіанти завдань вибрати відповідно до таблиці.

Номер здобувача освіти за списком академічної групи	1, 9, 17, 25	2, 10, 18, 26	3, 11, 19, 27	4, 12, 20, 28	5, 13, 21, 29	6, 14, 22, 30	7, 15, 23, 31	8, 16, 24, 32
Номер варіанта	1	2	3	4	5	6	7	8

Варіант 1.

1. Асинхронні двигуни в електроприводі.

2. Підіймальний механізм приводиться в рух асинхронним короткозамкненим двигуном типу МТК11- 6 ($P_n = 2,2$ кВт, $U_n = 380$ В, $I_n = 6,4$ А, $n_n = 883$ об/хв., $M_k / M_n = 2,6$, $I_n / I_k = 3,3$). Приведений до валу двигуна статичний момент механізму $M_c = 18,2$ Н. м. ККД передач $\eta = 0,81$. Визначити номінальний момент двигуна.

Варіант 2.

1. Особливості роботи асинхронних двигунів з короткозамкненим ротором.

2. Підіймальний механізм приводиться в рух асинхронним короткозамкненим двигуном типу МТК11- 6 ($P_n = 2,2$ кВт, $U_n = 380$ В, $I_n = 6,4$ А, $n_n = 883$ об/хв., $M_k / M_n = 2,6$, $I_n / I_k = 3,3$). Приведений до валу двигуна статичний момент механізму $M_c = 18,2$ Н. м. ККД передач $\eta = 0,81$. Визначити кутову швидкість двигуна при підйманні вантажу.

Варіант 3.

1. Розрахунок механічних характеристик асинхронних двигунів з короткозамкненим ротором.

2. Підіймальний механізм приводиться в рух асинхронним короткозамкненим двигуном типу МТК11- 6 ($P_n = 2,2$ кВт, $U_n = 380$ В, $I_n = 6,4$ А, $n_n = 883$ об/хв., $M_k / M_n = 2,6$, $I_n / I_k = 3,3$). Приведений до валу двигуна статичний момент механізму $M_c = 18,2$ Н. м. ККД передач $\eta = 0,81$. Визначити момент, який розвиватиме двигун при переведенні його в режим противмикання

Варіант 4.

1. Властивості і характеристики електроприводів із синхронними двигунами.

2. Підіймальний механізм приводиться в рух асинхронним короткозамкненим двигуном типу МТК11- 6 ($P_n = 2,2$ кВт, $U_n = 380$ В, $I_n = 6,4$ А, $n_n = 883$ об/хв., $M_k / M_n = 2,6$, $I_n / I_k = 3,3$). Приведений до валу двигуна статичний момент механізму $M_c = 18,2$ Н. м. ККД передач $\eta = 0,81$. Визначити кутову швидкість двигуна в режимі рекуперативного гальмування при опусканні вантажу.

Варіант 5.

1. Механічні характеристики синхронного двигуна в двигунному режимі.

2. Асинхронний короткозамкнений двигун типу МТКФ312-6 ($P_n = 11$ кВт, $U_n = 380$ В, $I_n = 26$ А, $n_n = 935$ об/хв., $M_k / M_n = 30$, $M_p / M_n = 2,8$, $I_p / I_k = 5,3$,

$r_1 = 0,595 \text{ Ом}$, $x_1 = 0,485 \text{ Ом}$) приводить в рух вентилятор з механічною характеристикою $M = M_n (0,16 + 0,84 \cdot (n/n_n)^2)$. Розрахувати, з якою кутовою швидкістю буде працювати цей двигун, якщо його ввімкнути до мережі з напругою $U_m = 220 \text{ В}$, а також визначити, чому дорівнюватиме при цьому його пусковий момент.

Варіант 6.

1. Гальмівні режими роботи синхронного двигуна.
2. Асинхронний двигун з номінальною напругою $U_n = 500 \text{ В}$, номінальною частотою $f_n = 60 \text{ Гц}$ та перевантажувальною здатністю $\lambda_m = M_k / M_n = 2,3$ вмикається у мережу з напругою $U_m = 380 \text{ В}$ та частотою $f_m = 50 \text{ Гц}$. Визначити, чи можна довго-тривало завантажити двигун номінальним моментом, та розрахувати його відносний допустимий момент навантаження.

Варіант 7.

1. Способи регулювання швидкості електроприводів з синхронними двигунами.
2. Асинхронний двигун типу 4АК200L4 ($P_n = 30 \text{ кВт}$, $U_n = 380 \text{ В}$, $I_n = 57,7 \text{ А}$, $n_n = 1460 \text{ об/хв.}$, $U_{2k} = 350 \text{ В}$, $I_{2n} = 55 \text{ А}$, $\lambda = M_k / M_n = 4,0$) працює на природній механічній характеристиці з номінальним моментом навантаження. Визначити, як зміниться кутова швидкість двигуна та струм у колі його ротора в порівнянні з номінальними їх значеннями, якщо напруга в мережі, від якої двигун одержує живлення, зменшиться на 20 %.

Варіант 8.

1. Способи пуску синхронного двигуна.
2. Визначити середнє значення моменту при розгоні та реверсуванні асинхронного короткозамкненого двигуна типу 4АН160М4 ($P_n = 22 \text{ кВт}$, $U_n = 380 \text{ В}$, $I_n = 42 \text{ А}$, $n_0 = 1500 \text{ об/хв.}$, $s_n = 0,022$, $s_k = 0,16$, $M_p / M_n = 1,4$, $M_m / M_n = 1,0$, $M_k / M_n = 2,3$). Статичний момент на валу двигуна $M_c = 200 \text{ Н·м}$. Механічну характеристику на робочій ділянці вважати прямолінійною.

III. Заключна частина заняття.

Перевірка і оцінювання виконаних завдань. Підведення підсумків практичного заняття, акцентування уваги на основних помилках при його виконанні.

Тема № 7. Електротехнічні пристрої керування і захисту.

Практичне заняття: електротехнічні пристрої керування і захисту.

Навчальна мета заняття: розглянути електротехнічні пристрої керування і захисту.

Кількість годин – 4 (денна форма); 2 (заочна форма).

Місце проведення: аудиторія коледжу.

Навчальні питання:

1. Класифікація електричних апаратів.
2. Апарати неавтоматичного керування.
3. Пускорегулюючі і струмообмежуючі апарати неавтоматичного керування.

4. Апарати керування та захисту.
5. Командні апарати і датчики.
6. Конструкції трансформаторів та їх призначення.
7. Безконтактні апарати та пристрої кіл автоматики.

Література: 1-4.

План проведення заняття:

I. Вступ до заняття. Проведення попереднього контролю теоретичних знань, практичних умінь і навичок здобувачів вищої освіти.

II. Основна частина заняття.

1. Розгляд наведених теоретичних питань.

1.1. Класифікація електричних апаратів.

1.2. Апарати неавтоматичного керування.

1.3. Пускорегулюючі і струмообмежуючі апарати неавтоматичного керування.

1.4. Апарати керування та захисту.

1.5. Командні апарати і датчики.

1.6. Конструкції трансформаторів та їх призначення.

1.7. Безконтактні апарати та пристрої кіл автоматики.

III. Заключна частина заняття. Перевірка і оцінювання виконаних завдань. Підведення підсумків практичного заняття, акцентування уваги на основних помилках при його виконанні.

Тема 9. Приклади електроприводів в ПС.

Практичне заняття: Приклади електроприводів в ПС.

Навчальна мета заняття: розглянути приклади електроприводів що застосовуються в повітряних судах.

Кількість годин - 4 (денна форма); 2 (заочна форма).

Місце проведення: аудиторія коледжу.

Навчальні питання:

1. Електромагнітні приводи.

2. Привід постійного струму.

3. Привід змінного струму.

Література: 1-6.

План проведення заняття:

I. Вступ до заняття. Проведення попереднього контролю теоретичних знань, практичних умінь і навичок здобувачів освіти.

II. Основна частина заняття.

1. Розгляд наведених теоретичних питань.

1.1. Електромагнітні приводи.

1.2. Привід постійного струму.

1.3. Привід змінного струму.

III. Заключна частина заняття.

Перевірка і оцінювання виконаних завдань. Підведення підсумків практичного заняття, акцентування уваги на основних помилках при його виконанні.

3. Рекомендована література

Основна література:

1. А. А. Видмиш, Л. В. Ярошенко. Основи електропривода. Теорія та практика. Частина 1. / Навчальний посібник. – Вінниця: ВНАУ, 2020. – 387 с.
2. Харченко В.П. Авіоніка: навч. посіб. / В.П. Харченко, І.В. Остроумов. – К. : НАУ, 2013. – 272 с.
3. Павленко Т. П. Автоматизований електропривод загальнопромислових механізмів. Конспект лекцій (для студентів усіх форм навчання за спеціальністю 141 – Електроенергетика, електротехніка, електромеханіка) / Т.П. Павленко, О. В. Донець, О. М. Петренко; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків: ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2018. – 132 с.
4. Aircraft General Knowledge 2 - Electrics and Electronics - 2014

Допоміжна література:

1. Introduction to Avionics Systems R.P.G. Collinson BScEng(Hons)., CEng., FIET., FRAeS Formerly Manager of the Flight Automation Research Laboratory of GEC Avionics, Rochester, Kent, UK (now part of BAE Systems) Third Edition - 2011. – 547 p.
2. Методичні вказівки до виконання практичних та самостійних робіт з дисципліни "Теорія електропривода" (для студентів 3, 4 курсів усіх форм навчання напряму підготовки 6.050702 «Електромеханіка» та слухачів другої вищої освіти спеціальності 7.05070203 «Електричний транспорт») / Харк. нац. акад. міськ. госп-ва; уклад.: О. В. Донець, П. М. Пушков, М. І. Шпіка. – Х.: ХНАМГ, 2013. – 39 с.

Інформаційні ресурси в Інтернеті:

1. <https://en.wikipedia.org/wiki/Avionics>
2. <https://www.geaerospace.com/systems/avionics>
3. <https://www.youtube.com/watch?v=e9wZstVoP9s>