


МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

**Дніпровський національний університет залізничного транспорту
імені академіка В. Лазаряна**

Кафедра Електротехніка та електромеханіка

«ДО ЗАХИСТУ»

Завідувач кафедри
 /А. М. Муха/

« 17 » 12 20 20 р.

ДИПЛОМНА РОБОТА
на здобуття освітнього ступеня «магістр»

Галузь знань **14 Електрична інженерія**

Спеціальність **141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка**

Освітньо-професійна програма **Електромеханічні системи автоматизації та електропривод**

Тема **Проектування електроприводу мостового крану та аналіз його енергоефективності**

Theme **Designing of the electric drive of the bridge crane and the analysis of energy efficiency**


Керівник дипломної роботи

доц.  Р. В. Краснов

Нормоконтролер

доц.  О. О. Карзова

Студент групи ЕП1921

 І. О. Ахматов

Student

Akhmatov Ivan

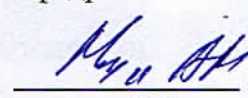
Дніпро – 2020

Дніпровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна
Факультет Управління енергетичними процесами
кафедра Електротехніка та електромеханіка
Спеціальність 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

ЗАТВЕРДЖУЮ

завідувач кафедри


(підпис)


(ПІБ)

«28»  2020 р.

ЗАВДАННЯ

до дипломної магістерської роботи на здобуття ОКР

магістр

(освітньо-кваліфікаційний рівень)

студента групи ЕП1921 Ахматова Івана Олександровича

(номер групи)

(ПІБ)

1. Тема дипломної роботи «Проектування електроприводу мотового крану та аналіз його енергоефективності»

затверджена наказом по університету № 849 від «12» січня 2019 р.

2. Термін подання студентом закінченої роботи 10 грудня 2020 р

3. Вихідні дані до дипломної роботи Спроекувати електропривод мостового крана вантажопід'ємністю 10 т. з використанням асинхронного двигуна з короткозамкненим ротором. Провести аналіз щодо його енергоефективності і надати необхідні рекомендації.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки

- 1) Вступ
- 2) Розрахунок електропривода та вибір електродвигуна і основних складових елементів мостового крану
- 3) Дослідження перехідних процесів під час пуску електродвигуна мостового крана
- 4) Техніко-економічне обґрунтування вибору системи електропривода
- 5) Охорона праці та безпека життєдіяльності у надзвичайних ситуаціях

5. Перелік креслень (з переліком обов'язкових креслень)



1.Схема електрична-принципова електропривода мостового крана

2.Релейно-контакторна схема керування

3.Електрична принципова схема механізму підйому

4. Дослідження перехідних процесів під час пуску електродвигуна мостового крана


6.


Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
Охорона праці та безпека життєдіяльності у надзвичайних ситуаціях	Саблін О.І.		

Дата видачі завдання: «28» 08 2020 р.

Керівник дипломної роботи

Завдання прийняв до виконання


(підпис)


(підпис)

Краснов Р.В.
(ПІБ)


Ахматов І.О.
(ПІБ)


КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва розділу дипломної роботи	Термін виконання	Примітка
1	Вступ	12.10.2020	10%
2	Розрахунок електропривода та вибір електродвигуна і основних складових елементів мостового крану.	12.10.2020	10%
3	Вибір системи керування електроприводом	09.11.2020	15%
4	Дослідження перехідних процесів під час пуску електропривода мостового крана	30.11.2020	15%
5	Техніко-економічне обґрунтування вибору системи електропривода	30.11.2020	30%
6	Охорона праці та безпека життєдіяльності у надзвичайних ситуаціях	30.11.2020	20%

Студент-дипломник

Керівник роботи


(підпис)



РЕФЕРАТ

Дипломна магістерська робота на тему «Проектування електроприводу мостового крана та аналіз його енергоефективності»: 57 сторінок основного тексту, 9 таблиць, 8 рисунків, 14 літературних джерел.

Мета роботи – проектування електроприводу мостового крана вантажопід'ємністю 10 т з використанням асинхронного двигуна з короткозамкненим ротором.

Об'єктом дослідження енергоефективності мостового крана є асинхронний двигун з короткозамкненим ротором.

В розділі 1 приведений розрахунок електропривода та вибір електродвигуна і основних складових елементів крана.

В розділі 2 проведений вибір системи керування електроприводом

В розділі 3 проведені дослідження перехідних процесів під час пуску електропривода мостового крана

В розділі 4 проведено техніко-економічне обґрунтування вибору систему електропривода.





В розділі 5 представлена охорона праці та безпека життєдіяльності у надзвичайних ситуаціях

КЛЮЧОВІ СЛОВА: АСИНХРОННИЙ ДВИГУН, МОСТОВИЙ КРАН, ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ, ГІДРАВЛІЧНИЙ ПРИВІД, ПЕРЕТВОРЮВАЧ ЧАСТОТИ, МОМЕНТ ІНЕРЦІЇ, ПЕРЕХІДНІ ПРОЦЕСИ, ПОТУЖНІСТЬ.

						Арк.
						4
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ЗМІСТ

ВСТУП	7
РОЗДІЛ 1 Розрахунок електропривода та вибір електродвигуна і основних складових елементів крана	8
1.1 Розрахунок основних величин	8
1.2 Тахограма руху електропривода механізму підйому	9
1.3 Вибір електродвигуна механізму підйому за потужністю і швидкістю обертання	11
1.4 Перевірка вибраного двигуна механізму підйому за нагрівом, перевантажувальною здатністю та умовами пуску	12
1.5 Розрахунок динамічних навантажень та побудова навантажувальної діаграми електропривода механізму підйому	15
1.6 Розрахунок статичних характеристик приводного двигуна	16
1.7 Вибір двигуна механізму переміщення	19
1.8 Розрахунок потужності двигуна механізму переміщення візка	20
РОЗДІЛ 2 Вибір системи керування електроприводом	22
2.1 Основні відомості про перетворювачі частоти	22
2.2 Визначення можливих варіантів і вибір раціональної системи електроприводу	23
2.3 Розробка системи керування електричного привода розробка функціональної схеми	24
2.4 Загальні рекомендації щодо вибору перетворювача частоти	26
2.5 Розрахунок та вибір перетворювача частоти	27
2.6 Вибір сенсора швидкості	32
2.7 Вибір контролера	35
РОЗДІЛ 3 Дослідження перехідних процесів під час пуску електропривода мостового крана	36

Проектування електропривода мостового крана та аналіз його енергоефективності							
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Ахмагов І.О.		18.12	Пояснювальна записка		
Перевір.		Краснов Р. В.		16.12			
Н. Контр.		Карзова О.О.		16.12			
Консультант							
Затверд.		Муха А. М.		16.12			
					Літ.	Арк.	Аркушів
						5	57
					ДНУЗТ ім. ак. Лазаряна група ЕП1921		

РОЗДІЛ 4 Техніко-економічне обґрунтування вибору системи електропривода	40
РОЗДІЛ 5 Охорона праці та безпека життєдіяльності у надзвичайних ситуаціях	47
5.1 Вимоги охорони праці при експлуатації вантажопідйомних машин та механізмів	48
5.2 Безпека в надзвичайних ситуаціях (НС)	52
ВИСНОВКИ	54
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ	55
ПЕРЕЛІК КРЕСЛЕНЬ	57
ДОДАТОК А	58

					0024.ДМР 20.07.ПЗ	Арк.
						6
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВСТУП

Здійснення вантажно-розвантажувальних робіт, виключення важкої ручної праці при виконанні основних і допоміжних виробничих операцій, комплексна механізація і автоматизація виробничих процесів у всіх галузях народного господарства немислимі без використання широкого комплексу підйомно-транспортних машин. Сучасні потокові технологічні й автоматизовані лінії, міжцеховий і внутрішньо цеховий транспорт, вантажно-розвантажувальні операції на складах та перевалочних пунктах органічно пов'язані із застосуванням різноманітних типів підйомно-транспортних машин і механізмів, що забезпечують безперервність і ритмічність виробничих процесів. Тому застосування даного обладнання визначає ефективність сучасного виробництва, а рівень механізації технічного виробництва – ступінь досконалості і продуктивності підприємства. При сучасній інтенсивності виробництва не можна забезпечити його стійку і ритмічну роботу без узгодженої і безвідмовної роботи засобів транспортування сировини, напівфабрикатів і готової продукції на всіх стадіях обробки і складування.

Мета даної роботи проектування електроприводу мостового крана вантажопід'ємністю 10 т з використанням асинхронного двигуна з короткозамкненим ротором.

Дипломна робота присвячена аналізу енергоефективності мостового крана та надання необхідної рекомендації, щодо поліпшення.

					0024.ДМР 20.07.ПЗ	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 1

РОЗРАХУНОК ЕЛЕКТРОПРИВОДА ТА ВИБІР ЕЛЕКТРОДВИГУНА І ОСНОВНИХ СКЛАДОВИХ ЕЛЕМЕНТІВ КРАНА

Під час проектування сучасного електропривода для мостових кранів перевага як правило віддається асинхронним двигунам з короткозамкненим ротором завдяки їх дешевизні та простоті конструкції. Але у цих двигунів існують певні проблеми з регулюванням частоти обертання. Раніше ця проблема вирішувалась використанням асинхронних двигунів з фазним ротором, де за допомогою резисторів, включених у коло ротора, відбувалось ступінчасте регулювання частоти обертання, а також обмежувався момент двигуна під час пуску, для недопущення динамічних перенавантажень. Але такі двигуни мають дещо більші малогабаритні показники та вартість у порівнянні з двигуном з короткозамкненим ротором.

1.1 Розрахунок основних величин

Вага номінального вантажу:

$$G_B = m_B \cdot g ;$$

$$G_B = 10000 \cdot 9,81 = 147150 \text{ Н.}$$

де m_B – маса вантажу,

g – прискорення вільного падіння.

Вага підвісу:

$$G_0 = m_0 \cdot g ;$$

$$G_0 = 500 \cdot 9,81 = 4905 \text{ Н.}$$

Номінальна швидкість підйому (опускання):

$$V_{\text{ном}} = \frac{V_{\text{ном}}}{60} ;$$

$$V_{\text{ном}} = \frac{6}{60} = 0,1 \text{ м/с.}$$

Швидкість обертання барабану $n_{б.ном}$ при номінальній швидкості підйому:

					0024.ДМР 20.07.ПЗ	Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$n_{\zeta.\text{НОМ}} = \frac{60 \cdot u \cdot V_{\text{НОМ}}}{\pi \cdot D_{\zeta}};$$

$$n_{\zeta.\text{НОМ}} = \frac{60 \cdot 4 \cdot 0,1}{3,14 \cdot 0,44} = 17,362 \text{ об/хв.}$$

Кутова швидкість двигуна $\omega_{\text{ДВ.НОМ}}$ при номінальній швидкості підйому:

$$\omega_{\text{ДВ.НОМ}} = \frac{2 \cdot \pi \cdot n_{\zeta.\text{НОМ}}}{60} \cdot i;$$

$$\omega_{\text{ДВ.НОМ}} = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 17,362}{60} \cdot 40 = 72,727 \text{ с}^{-1}.$$

Швидкість двигуна при номінальній швидкості підйому:

$$n_{\text{ДВ.НОМ}} = \frac{60 \cdot \omega_{\text{ДВ.НОМ}}}{2 \cdot \pi};$$

$$n_{\text{ДВ.НОМ}} = \frac{60 \cdot 72,727}{2 \cdot 3,14} = 1886 \text{ об/хв.}$$

1.2 Тахограма руху електропривода механізму підйому

Робочий цикл механізму підйому мостового крану складається з таких складових: опускання пустого вантажозахватного пристрою; пауза, під час якої вантаж застроповується; підйом вантажу; пауза, під час якої піднятий вантаж переміщується в точку з необхідними координатами; опускання вантажу; пауза, під час якої вантаж розстроповується; підйом пустого вантажозахватного пристрою; пауза, під час якої відбувається повернення крану в точку з вихідними координатами.

Час роботи механізму при пуску (підйом, опускання):

$$t_{\Pi} = \frac{V_{\text{НОМ}}}{a};$$

$$t_{\Pi} = \frac{0,1}{0,1} = 1 \text{ с.}$$

Час роботи механізму при гальмуванні (підйом, опускання):

$$t_{\Gamma} = t_{\Pi} = 1 \text{ с.}$$

Шлях, який проходить вантаж за час пуску (підйом, опускання):

					0024.ДМР 20.07.ПЗ	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$H_{\Pi} = \frac{V_{\text{НОМ}}^2}{2 \cdot a};$$

$$H_{\Pi} = \frac{0,12}{2 \cdot 0,1} = 0,05 \text{ м. к.}$$

Середнє значення висоти підйому (опускання), причому ($H = 12$ м):

$$H_{\text{с}} = 0,7 \cdot H;$$

$$H_{\text{с}} = 0,7 \cdot 12 = 8,4 \text{ м.}$$

Пройдений шлях з усталеною швидкістю в режимах навантаження або холостого ходу (підйом, опускання), м:

$$H_y = H_{\text{с}} - H_{\Pi} - H_{\Gamma};$$

$$H_y = 8,4 - 0,05 - 0,05 = 8,3 \text{ м.}$$

Час роботи механізму з усталеною номінальною швидкістю в режимах навантаження або холостого ходу (підйом, опускання):

$$t_y = \frac{H_y}{V_{\text{НОМ}}};$$

$$t_y = \frac{8,3}{0,1} = 83 \text{ с.}$$

Сумарний час роботи механізму за один цикл:

$$t_{\text{роб}} = 4 \cdot (t_{\Pi} \cdot t_y \cdot t_{\Gamma});$$

$$t_{\text{роб}} = 4 \cdot (1 + 83 + 1) = 340 \text{).}$$

Час циклу:

$$t_{\text{ц}} = t_{\text{роб}} + 2 \cdot (t_{0\text{з}} + t_{0\text{пер}}),$$

де $t_{0\text{з}}$ – час застроповування (розстроповування) ($t_{0\text{з}} = 150$ с);

$t_{0\text{пер}}$ – середній час паузи при переміщенні крану (візка) ($t_{0\text{пер}} = 100$ с),

$$t_{\text{ц}} = 340 + 2 \cdot (150 + 100) = 840 \text{ (с).}$$

Фактична тривалість включення:

$$ТВ_{\text{ф}} = \frac{t_{\text{роб}}}{t_{\text{ц}}} \cdot 100\%,$$

					0024.ДМР 20.07.ПЗ	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$TB_{\phi} = \frac{340}{840} \cdot 100\% = 40,476\%.$$

1.3 Вибір електродвигуна механізму підйому за потужністю і швидкістю обертання

Згідно із завданням для привода механізму підйому мостового крана вибираємо асинхронний двигун з короткозамкненим ротором типу МТКН-411-8 (табл. 1.1).

Номінальний момент приводного двигуна:

$$M_{\text{НОМ}} = 9550 \cdot \frac{P_{\text{НОМ}}}{n_{\text{НОМ}}};$$

$$M_{\text{НОМ}} = 9550 \cdot \frac{15}{695} = 206,11 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Таблиця 1.1 – Технічні дані приводного двигуна типу МТКН-411-8

№	Параметри	Значення
1	Номінальна потужність $P_{\text{НОМ}}$, кВт	15
2	Номінальна напруга $U_{\text{НОМ}}$, В	380
3	Номінальна швидкість обертання $n_{\text{НОМ}}$, об/хв	695
4	Коефіцієнт потужності $\cos\phi_{\text{НОМ}}$	0,71
5	Коефіцієнт корисної дії $\eta_{\text{НОМ}}$, %	80
6	Кратність пускового моменту двигуна λ_m пуск	3,154
7	Кратність максимального моменту двигуна λ_m max	3,251
8	Номінальний струм статора $I_{\text{НОМ}}$, А	40
9	Кратність пускового струму λ_1	4,625
10	Момент інерції ротора $J_{\text{рот}}$, кг · м ²	0,538

Номінальна кутова швидкість обертання приводного двигуна:

$$\omega_{\text{НОМ}} = \frac{2 \cdot \pi \cdot n_{\text{НОМ}}}{60};$$

$$\omega_{\text{НОМ}} = \frac{2 \cdot \pi \cdot 695}{60} = 72,727.$$

Пусковий момент двигуна:

$$M_{\text{пуск}} = \lambda_{m\text{пуск}} \cdot M_{\text{пуск}}$$

					0024.ДМР 20.07.ПЗ	Арк.
						11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$M_{\text{пуск}} = 3,152 \cdot 206,115 = 650$$

1.4 Розрахунок динамічних навантажень та побудова навантажувальної діаграми електропривода механізму підйому

Момент інерції робочої машини приведений до валу двигуна в режимі холостого ходу:

$$J_0 = 1,1 \cdot J_{\text{рот}} + J_{\text{ш}} + J_{\text{ред}} + \frac{J_{\text{б}}}{i} + m_0 \cdot \frac{V_{\text{ном}}^2}{\omega_{\text{ном}}};$$

$$J_0 = 1,1 \cdot 0,0538 + 0,16 + 0,18 + \frac{8,7}{40^2} + 500 \cdot \frac{0,1^2}{72,727^2} = 0,938 \text{ кг} \cdot \text{м}^2.$$

Момент інерції робочої машини приведений до валу двигуна в режимі номінального навантаження:

$$J_{\text{нав}} = 1,1 \cdot J_{\text{рот}} + J_{\text{ш}} + J_{\text{ред}} + \frac{J_{\text{б}}}{i} + (m_0 + m_{\text{В}}) \cdot \frac{V_{\text{ном}}^2}{\omega_{\text{ном}}};$$

$$J = 1,1 \cdot 0,0538 + 0,16 + 0,18 + \frac{8,7}{40^2} + (500 + 10000) \cdot \frac{0,1^2}{72,727^2} = 0,967 \text{ кг} \cdot \text{м}^2.$$

Динамічний момент при пуску (гальмуванні) в режимі холостого ходу:

$$M_{\text{д.хх}} = J_0 \cdot \varepsilon_{\text{дв}};$$

$$M_{\text{д.хх}} = 0,938 \cdot 72,727 = 68,2 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Динамічний момент при пуску (гальмуванні) в режимі номінального навантаження:

$$M_{\text{д}} = J_{\text{нав}} \cdot \varepsilon_{\text{дв}};$$

$$M_{\text{д}} = 0,967 \cdot 72,727 = 70,3 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Гальмування в режимі номінального навантаження (підйом):

$$M_{\text{Г.нав.п}} = M_{\text{с нав1}} - M_{\text{д нав}};$$

$$M_{\text{Г.нав.п}} = 246 - 70,3 = 175,7.$$

Гальмування в режимі номінального навантаження (опускання):

$$M_{\text{Г.нав.о}} = M_{\text{с нав2}} - M_{\text{д нав}};$$

					0024.ДМР 20.07.ПЗ	Арк.
						12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$M_{Г.нав.о} = 172,2 - 70,3 = 101,9.$$

Пуск в режимі номінального навантаження (опускання):

$$M_{П.нав.о} = M_{с нав2} + M_{д нав};$$

$$M_{П.нав.о} = 172,2 + 70,3 = 242,5.$$

Пуск в режимі холостого ходу (підйом):

$$M_{П.хх.п} = M_{с хх1} + M_{д хх};$$

$$M_{П.хх.п} = 28,1 + 68,2 = 96,3.$$

Гальмування в режимі холостого ходу (підйом):

$$M_{Г.хх.п} = M_{с хх1} - M_{д хх};$$

$$M_{Г.хх.п} = 28,1 - 68,2 = -40,1.$$

Пуск в режимі холостого ходу (опускання):

$$M_{П.хх.о} = M_{с хх2} - M_{д хх};$$

$$M_{П.хх.о} = -14,6 - 68,2 = -82,9.$$

Гальмування в режимі холостого ходу (опускання):

$$M_{Г.нав.о} = M_{с хх2} + M_{д хх};$$

$$M_{Г.нав.о} = -14,6 + 68,2 = 53,6.$$

За отриманими розрахунками побудуємо навантажувальну діаграму електропривода (рис. 1.1):

					0024.ДМР 20.07.ПЗ	Арк.
						13
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

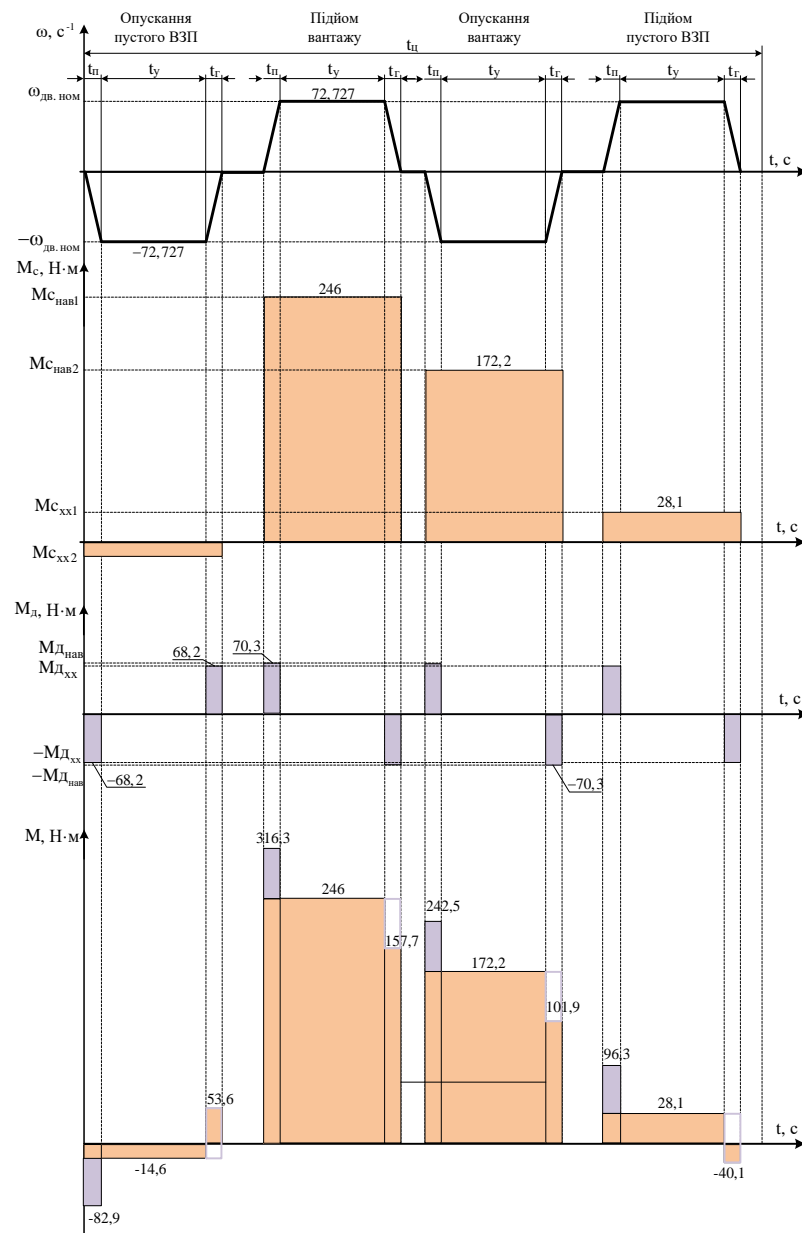


Рис. 1.1. Навантажувальна діаграма електропривода

1.5 Перевірка вибраного двигуна механізму підйому за нагрівом, перевантажувальною здатністю та умовами пуску

Для перевірки правильності вибору потужності приводного двигуна виконаємо його перевірку за нагрівом відповідно до умови:

$$M_{ном} \geq M_{екв} \cdot \sqrt{\frac{TB_{\phi}}{TB_{ст}}},$$

де $M_{ном}$ – номінальний момент приводного двигуна;

$M_{екв}$ – еквівалентний момент.

Еквівалентний момент:

$$M_{\text{екв}} = \sqrt{\frac{\left(M_{\Sigma \text{p.нав.п}}^2 + M_{\Sigma \text{p.нав.о}}^2 + M_{\Sigma \text{p.хх.п}}^2 + M_{\Sigma \text{p.хх.о}}^2\right) \cdot t_{\text{п}} + \left(M_{\text{нав1}}^2 + M_{\text{нав2}}^2 + M_{\text{хх1}}^2 + M_{\text{хх2}}^2\right) \cdot t_{\text{у}} + \left(M_{\Sigma \text{г.нав.п}}^2 + M_{\Sigma \text{г.нав.о}}^2 + M_{\Sigma \text{г.хх.п}}^2 + M_{\Sigma \text{г.хх.о}}^2\right) \cdot t_{\text{г}}}{4 \cdot (\beta_{\text{п}} \cdot t_{\text{п}} + t_{\text{у}} + \beta_{\text{г}} \cdot t_{\text{г}})}};$$

$$M_{\text{екв}} = \sqrt{\frac{\left(316,3^2 + 101,9^2 + 96,3^2 + (-82,9)^2\right) \cdot 1 + \left(246^2 + 172,2^2 + 28,1^2 + (-14,6)^2\right) \cdot 83 + \left(175,7^2 + 242,5^2 + (-40,1)^2 + 53,6^2\right) \cdot 1}{4 \cdot (0,75 \cdot 1 + 83 + 0,75 \cdot 1)}} = 151,8 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

$$206,1 \geq 151,8 \cdot \sqrt{\frac{40,476}{40}}.$$

Оскільки умова перевірки виконується, то приводний двигун, при заданих умовах роботи, перегріватись не буде.

Умова перевірки двигуна на перенавантажувальну здатність:

$$M_{\text{дв.макс}} \geq M_{\Sigma \text{p.нав.п}}.$$

де $M_{\text{дв.макс}}$ – критичний момент приводного двигуна,

$$M_{\text{дв.макс}} = M_{\text{max}} = 670;$$

$$M_{\Sigma \text{p.нав.п}} = 316,3;$$

$$670 \geq 316,3.$$

Умова перевірки на перевантажувальну здатність виконується.

Перевірка двигуна за умовою пуску:

$$k_{\text{у}}^2 \cdot M_{\text{дв.макс}} \geq M_{\Sigma \text{p.нав.п}}.$$

де $k_{\text{у}}^2$ – коефіцієнт, який враховує можливе падіння напруги в мережі при пуску ($k_{\text{у}}^2 = 0,9$),

$$k_{\text{у}}^2 \cdot M_{\text{дв.макс}} = 0,9^2 \cdot 650 = 526,5 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

					0024.ДМР 20.07.ПЗ	Арк.
						15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$526,5 \geq 316,3.$$

Отже, перевірка за умовами пуску виконується.

1.6 Розрахунок статичних характеристик приводного двигуна

Для побудови природної механічної характеристики асинхронного двигуна з короткозамкненим ротором можна скористатись як формулою Клосса, так і формулою Чекунова.

Механічна характеристика за спрощеною формулою Клосса:

$$M = \frac{2 \cdot M_{кр}}{\frac{S}{S_{кр}} + \frac{S_{кр}}{S}}.$$

де $M_{кр}$ – критичний момент двигуна;

S – ковзання;

$S_{кр}$ – критичне ковзання.

Всі необхідні параметри взяті з паспортних даних електродвигуна.

Критичний момент двигуна:

$$M_{к} = M_{\text{макс}};$$

$$M_{к} = 670 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Синхронна кутова швидкість двигуна:

$$\omega_0 = \frac{2 \cdot \pi \cdot f_1}{p}.$$

де f_1 – частота напруги живлення ($f_1 = 50$ Гц);

p – число пар полюсів електричної машини ($p = 4$),

$$\omega_0 = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 50}{4} = 78,54.$$

Синхронна швидкість обертання двигуна:

$$n_0 = \frac{60 \cdot f_1}{p};$$

$$n_0 = \frac{60 \cdot 50}{4} = 750 \text{ об/хв}.$$

Номінальне ковзання:

					0024.ДМР 20.07.ПЗ	Арк.
						16
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$s_{\text{НОМ}} = \frac{n_0 - n_{\text{НОМ}}}{n_0};$$

$$s_{\text{НОМ}} = \frac{750 - 695}{750} = 0.073.$$

Критичне ковзання:

$$S_K = S_{\text{НОМ}} \cdot \left(\lambda_{\text{m.max}} + \sqrt{\lambda_{\text{m.max}}^2 - 1} \right);$$

$$s_K = 0,073 \cdot \left(3,251 + \sqrt{3,251^2 - 1} \right) = 0,465.$$

Розрахунковий активний опір ротора приведений до статора:

$$R_p' = \frac{1}{3} \cdot \frac{P_{\text{НОМ}} + P_{\text{мех}}}{I_{\text{НОМ}}^2 \cdot \frac{1 - s_{\text{НОМ}}}{s_{\text{НОМ}}}};$$

$$R_p' = \frac{1}{3} \cdot \frac{11000 + 550}{29^2 \cdot \frac{1 - 0,067}{0,067}} = 0,327.$$

Номінальна фазна напруга:

$$U_{\text{ф.НОМ}} = \frac{U_{\text{НОМ}}}{\sqrt{3}};$$

$$U_{\text{ф.НОМ}} = \frac{380}{\sqrt{3}} = 219,393.$$

Розрахунковий активний опір статора:

$$R_c = \frac{U_{\text{ф.НОМ}} \cdot \cos \varphi \cdot (1 - \eta_{\text{НОМ}})}{I_{\text{НОМ}}} - C^2 \cdot R_p' - \frac{P_{\text{мех}}}{3 \cdot I_{\text{НОМ}}^2}.$$

де C – розрахунковий коефіцієнт ($C = 1,032$),

$$R_c = \frac{219,393 \cdot 0,74 \cdot (1 - 0,78)}{29} - 1,032^2 \cdot 0,327 - \frac{550}{3 \cdot 29^2} = 0,665.$$

Коефіцієнт a :

$$a = \frac{R_c}{R_p};$$

					0024.ДМР 20.07.ПЗ	Арк.
						17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$a = \frac{0,665}{0,327} = 2,035.$$

Механічна характеристика за формулою Чекунова:

$$M(s) = M_K \cdot \frac{2 + (s^2 - s_K^2) K_s}{\frac{s}{s_K} + \frac{s_K}{s}}$$

де K_s – розрахунковий коефіцієнт:

$$K_s = \frac{\frac{\lambda_{m.пуск}}{\lambda_{m.max}} \cdot \left(\frac{1}{s_K} + s_K \right) - 2}{1 - s_K^2}$$

$$K_s = \frac{\frac{3,154}{3,251} \cdot \left(\frac{1}{0,465} + 0,465 \right) - 2}{1 - 0,465^2} = 0,685$$

Вираз набуде вигляду:

$$M(s) = 670 \cdot \frac{2 + (s^2 - 0,465^2) \cdot 0,685}{\frac{s}{0,465} + \frac{0,465}{s}} = \frac{670 \cdot (0,69 \cdot s^2 + 1,9)}{2,1 \cdot s + \frac{0,47}{s}}$$

Рівняння, яке описує залежність швидкості обертання двигуна від ковзання має вигляд:

$$\omega(s) = \omega_0 \cdot (1 - s).$$

Для побудови механічної характеристики скористаємось MathCad.

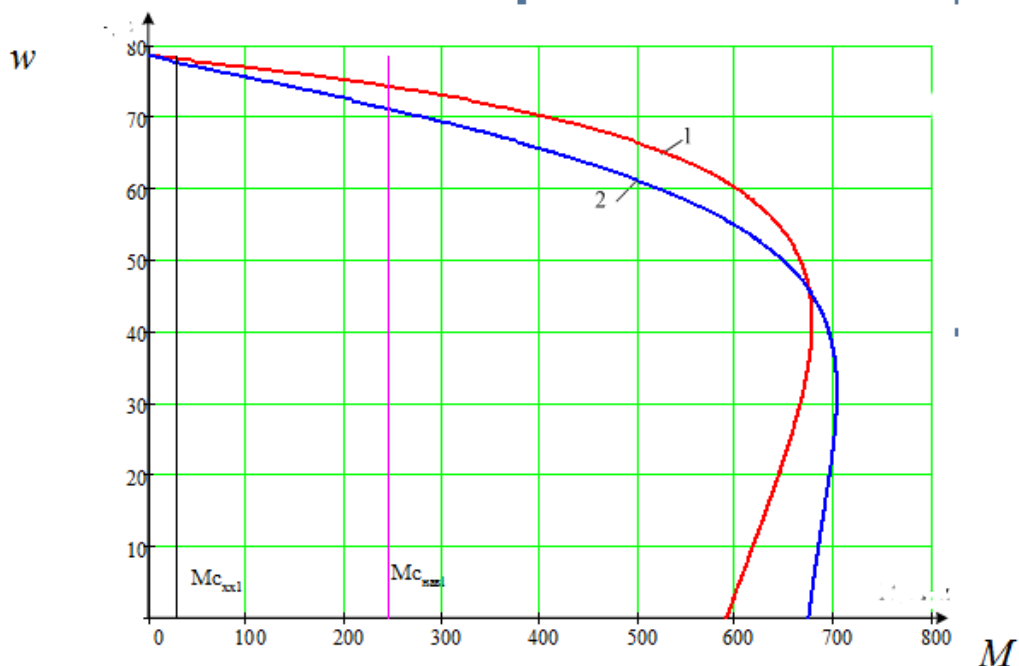


Рис. 1.2. Механічна характеристика

1.7 Вибір двигуна механізму переміщення

З каталогу вибираємо електродвигун з короткозамкненим ротором для механізму переміщення типу МТФ 312-8. Паспортні дані приведені у табл .1.2.

Таблиця 1.2 – Паспортні дані електродвигуна механізму переміщення

№	Параметри	Значення
1	Номінальна потужність $P_{\text{ном}}$, кВт	11
2	Номінальна напруга $U_{\text{ном}}$, В	380
3	Номінальна швидкість обертання $n_{\text{ном}}$, об/хв	680
4	Коефіцієнт потужності $\cos\phi_{\text{ном}}$	0,71
5	Коефіцієнт корисної дії $\eta_{\text{ном}}$, %	80
6	Кратність пускового моменту двигуна $\lambda_{\text{м пуск}}$	2.931
7	Кратність максимального моменту двигуна $\lambda_{\text{м max}}$	2.914
8	Номінальний струм статора $I_{1 \text{ ном}}$, А	31
9	Кратність пускового струму λ_{I}	4,325
10	Момент інерції ротора $J_{\text{рот}}$, кг · м ²	0,498

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

0024.ДМР 20.07.ПЗ

Арк.

19

1.8 Розрахунок потужності двигуна механізму переміщення візка

Попередній розрахунок потужності електродвигуна в більшості випадків проводиться на основі значень потужності статичних опорів на окремих ділянках руху робочої машини. Розрахунок цей наближений, оскільки до вибору двигуна неможливо точно визначити динамічні навантаження електроприводу при пуску і гальмуванні.

Середньоквадратичне значення потужності статичних опорів

$$P_{\text{Сск}} = \sqrt{\frac{(P'_1 + P'_2)^2 \cdot t' + (P''_1 + P''_2)^2 \cdot t''}{t'' + t'}} =$$
$$= \sqrt{\frac{(7,325 + 2,136)^2 \cdot 13,393 + (1,465 + 0,427)^2 \cdot 13,393}{13,393 + 13,393}} = 6,474$$

Для електроприводів повторно-короткочасного режиму роботи потужність двигуна може бути наближено визначена за співвідношенням:

$$P_{\text{Д}} = \kappa_1 \cdot P_{\text{Сск}} \cdot \sqrt{\frac{ТВ_{\text{ф}}}{ПВ_{\text{к}}}},$$

де κ_1 – коефіцієнт, що враховує динамічні навантаження електропривода,

$\kappa_1 = 1,3 \dots 2,0$, приймаємо $\kappa_1 = 2$;

$ТВ_{\text{ф}}$ – фактичне значення відносної тривалості включення проєктованого електроприводу, %;

$ПВ_{\text{к}}$ – найближче до $ТВ$ значення відносної тривалості включення для електродвигунів заданого типу, %

Середньоквадратичне значення потужності статичних опорів для електроприводу повторно-короткочасного режиму роботи розраховується тільки за час роботи, без урахування часу пауз:

$$t' = t'' = \frac{L}{0,8 \cdot v_p} = \frac{15}{0,8 \cdot 1,4} = 13,393$$

Фактичне значення відносної тривалості включення знайдемо за формулою

$$ПВ_{\text{ф}} = \frac{\sum_{i=1}^n t_i}{t_{\text{ц}}},$$

					0024.ДМР 20.07.ПЗ	Арк.
						20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де t_i – тривалість i -ої ділянки часу роботи, с;

n – кількість ділянок часу роботи;

t – тривалість циклу роботи, с.

$$t_{\text{ц}} = \frac{3600}{z} = \frac{3600}{70} = 51,429 \text{ с.}$$

За довідником обираємо металургійний асинхронний двигун з короткозамкнутим ротором типу МТК411-6 для режиму ПВ = 40% та записуємо ці данні в табл. 1.3.

Таблиця 1.3 – Паспортні дані двигуна МТК411-6

Параметр	Значення
P_H , кВт	16
n_H , об/хв	957
M_M/M_H	2,8
Момент інерції ротора J , кг·м ²	0,5
Маса двигуна Q , кг	280

Таким чином ми обрали та перевірили електродвигуни мостового крана для механізму переміщення моста, механізму переміщення візка та для механізму підйому.

РОЗДІЛ 2

ВИБІР СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ЕЛЕКТРОПРИВОДОМ

2.1 Основні відомості про перетворювачі частоти

Значна роль у здійсненні комплексної механізації і автоматизації виробничих процесів, ліквідації ручних вантажно-розвантажувальних робіт належить підйомно-транспортному машинобудуванню. Істотне скорочення важкої праці при перевантажувальних роботах здійснюється головним чином шляхом автоматизації вантажозахоплювальних операцій, точної установки вантажів, а також автоматизації процесів керування вантажопідіймальними машинами. Оскільки ці завдання вирішуються за допомогою електроприводу, то значення вдосконалення і впровадження сучасних електроприводів постійно зростає.

У крановому електроприводі в даний час широко застосовують як повністю тиристорні системи регулювання, так і різні некеровані і керовані напівпровідникові випрямлячі, а також окремі силові напівпровідникові прилади, що дозволяє при порівняно невисоких витратах отримувати системи з досить значним регулюванням швидкості переміщення механізмів. Для скорочення кількості експлуатаційного персоналу, а також при експлуатації у шкідливих умовах застосовують системи управління вантажопідіймальними машинами, зокрема кранами, по радіоканалу (дистанційно). У цих системах максимальний ефект досягається також при забезпеченні сталого регулювання швидкості.

Основна увага приділяється новим методам вибору електрообладнання для кранів з урахуванням вже введеної нової класифікації навантаження механізмів і електрообладнання, а також новим системам управління, включаючи керування по радіоканалу, і різних систем регулювання швидкості.

Механізми підйому мостових кранів відносяться до механізмів циклічної дії з активним навантаженням. У загальному випадку цикл роботи цих механізмів визначається технологічним процесом, але на вибір

					0024.ДМР 20.07.ПЗ	Арк.
						22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

приводних двигунів істотно впливають динамічні режими: пуск, реверс, гальмування.

Переважає більшість вантажопідіймних машин, виготовлених вітчизняною промисловістю, має електричний привід механізмів, і тому ефективність дії і продуктивність цих машин в значній мірі залежать від якісних показників використовуваного кранового електроустаткування. Сучасний крановий електропривод за останнім часом зазнав істотну зміну в структурі і застосовуваних системах управління.

Для найбільш масових кранів загального призначення починають широко застосовуватися електроприводи на основі короткозамкнених двигунів, значна частина кранів виготовляється з керуванням з підлоги, а швидкохідні крани для важких режимів роботи комплектуються різними тиристорними системами, що забезпечують глибоке регулювання швидкості, плавність пуску і гальмування при постійно зростаючих вимогах до економії енергоресурсів.

Більшість вантажопідіймальних кранів характеризується постійно змінюваними умовами використання при переробці вантажів, і тому механізми кранів, що мають в своєму складі електроприводи, повинні бути в максимальному ступені пристосовані до постійно видозмінюємих робіт і з вантажами різноманітними по масі, розмірам, формі.

Надзвичайно широкий діапазон зміни навантажень практично будь-якого з кранових електроприводів є одним з головних факторів, що вимагають особливого підходу до вибору розрахункових параметрів приводних електродвигунів, апаратури управління і захисту.

2.2 Визначення можливих варіантів і вибір раціональної системи електроприводу

Для регульованих кранових електроприводів з діапазоном регулювання швидкості більше 20:1 найбільш застосовні наступні системи електроприводу:

- система з тиристорним перетворювачем напруги;

					0024.ДМР 20.07.ПЗ	Арк.
						23
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- система з тиристорним регулятором напруги;
- система з перетворювачем частоти;
- система з асинхронним двигуном і імпульсним регулятором в ланцюзі випрямленого струму без рекуперації енергії ковзання;
- система з асинхронним двигуном і імпульсним регулятором в ланцюзі випрямленого струму з рекуперацією енергії ковзання в мережу.

У цій роботі виконано порівняльний аналіз енергетичних і економічних показників названих систем кранових електроприводів, причому більш ефективною вважається та система електроприводу, яка споживає менше електроенергії при виконанні одиниці механічної роботи технологічного циклу. В цикл роботи крана входять етапи підйому вантажу, переміщення його на необхідну відстань, опускання вантажу і пауза для стропування. Задана стандартна тривалість включення ТВ = 40%, причому в циклі роботи є ділянки руху зі зниженою швидкістю.

Виходячи з того, що ми розглядаємо, кран, який здійснює підйом і переміщення вантажів в ремонтно-механічних і складальних цехах, відноситься до середнього режиму роботи з вантажопідйомністю 10 т з потужністю двигуна механізму підйому 15 кВт, то на підставі викладеного можна обґрунтовано прийняти в якості раціональної системи електроприводу підйому мостового крана систему з перетворювачем частоти.

Таким чином слід врахувати, що система перетворювач частоти асинхронного двигуна (ПЧ-АД) краще пристосована для реалізації дистанційного телемеханічного управління, ніж інші системи електроприводу.

2.3 Розробка системи керування електричного привода, розробка функціональної схеми

Підтримання сталої швидкості руху та обмеження за струмом забезпечує двоконтурна система підпорядкованого керування із зворотними зв'язками, відповідно, за швидкістю та струмом (рис. 2.1):

					0024.ДМР 20.07.ПЗ	Арк.
						24
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

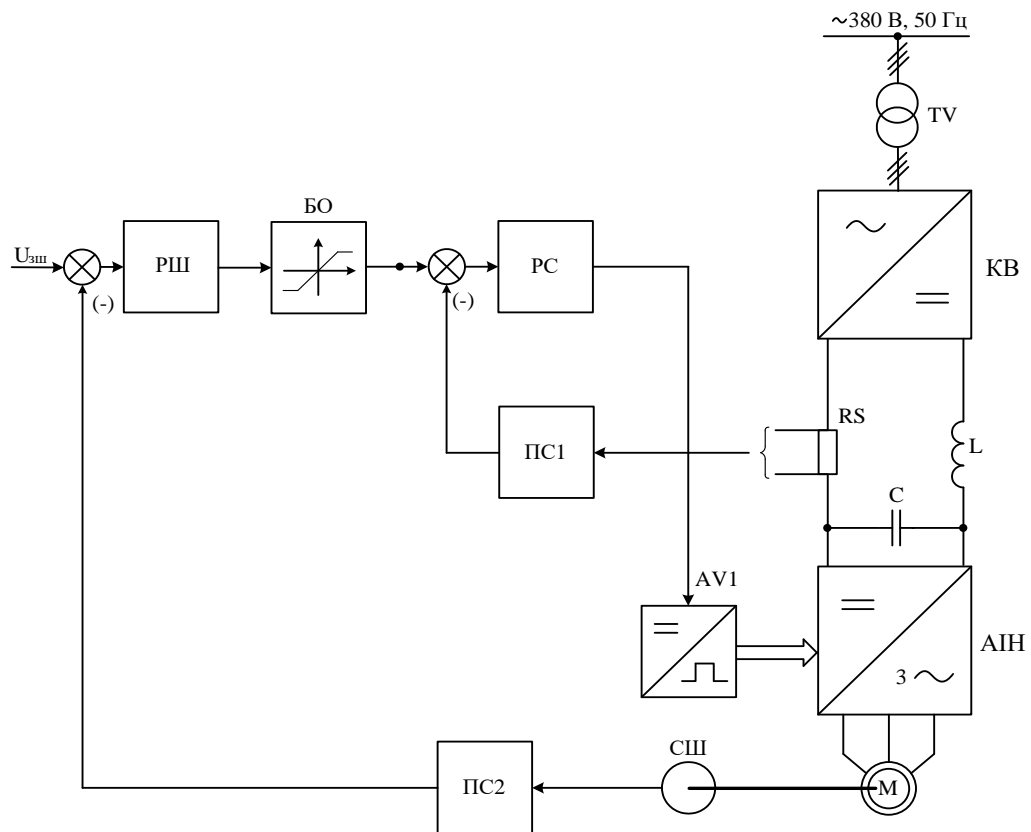


Рис .2.1. Функціональна схема системи частотно-керованого електропривода

На рис 2.1:

БО – блок обмеження;

РС1, РС2 – перетворювачі сигналу;

АВ1 – пристрій керування;

RS – шунт.

Система керування виконана двоконтурною з регуляторами швидкості (РШ) та струму (РС). Сигнал зворотного зв'язку за струмом береться з сенсора струму (RS), який знаходиться в колі постійного струму.

Регулятор швидкості забезпечує формування сигналу керування контуру струму. Сенсор зворотного зв'язку за швидкість (СШ) забезпечує формування контуру швидкості.

Застосування зворотніх зв'язків забезпечує бажану статичну точність швидкості обертання та динаміку привода.

2.4 Загальні рекомендації щодо вибору перетворювача частоти

Переваги використання перетворювачів частоти:

					0024.ДМР 20.07.ПЗ	Арк.
						25
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

оперативне автоматичне чи ручне керування швидкістю або параметром, який від цієї швидкості залежить;

- економія електроенергії за рахунок високого коефіцієнта корисної дії перетворювача та оптимізації роботи приводного двигуна із конкретним навантаженням;
- широкий діапазон регулювання швидкості;
- зниження пускових струмів до мінімального рівня, який необхідний для реалізації пуску;
- зниження ударних навантажень на механізм при пуску;
- комплексний захист двигуна та механізму.

Промисловістю випускаються перетворювачі частоти зі скалярним та векторним керуванням. Векторне керування є більш досконалим і дозволяє працювати з повним моментом двигуна в області нульових частот, підтримувати швидкість при змінному навантаженні без датчиків зворотного зв'язку, точно контролювати момент на валу двигуна.

При виборі потужності частотного перетворювача необхідно ґрунтуватися не лише на потужності електродвигуна, але й на номінальних струмах і напругах перетворювача і двигуна. Це пояснюється тим, що зазначена потужність частотного перетворювача відноситься лише до експлуатації його зі стандартним асинхронним електродвигуном в стандартному виконанні. Реально ж промисловістю випускаються приводні двигуни номінальний струм яких істотно перевершує стандартне для даної потужності значення.

Не слід забувати також і про те, що згідно з міжнародними стандартами для електродвигунів поняття потужність відноситься до механічної потужності двигуна на валу, а не до споживаної від джерела живлення активної потужності, як це прийнято для інших споживачів електричної енергії.

Ще один момент, який обов'язково потрібно враховувати при виборі перетворювача частоти - характер навантаження та допустимі

					0024.ДМР 20.07.ПЗ	Арк.
						26
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

перенавантаження (рівень перенавантажень, тривалість і частота їх появи).

Потрібно також враховувати те, що пусковий струм двигуна обмежується перетворювачем за рівнем (120...170% від номінального струму частотного перетворювача) і за часом дії (зазвичай до 60 с), тому, умови прямого пуску двигуна і пуску двигуна від перетворювача частоти відрізняються.

При подачі номінальної напруги від мережі на двигун пускачем, пусковий струм може досягати у 7 разів більшу величину від номінального струму, а в умовах «важкого пуску» 12 разів більшу величину від номінального струму. При плавному розгоні до заданої швидкості, пусковий струм на виході перетворювача частоти може підвищуватися тільки до величини встановленої на обмежувачі струму. Тому при механічному навантаженні, що характеризується великою інерційністю, може знадобитися значно більший часу розгону. Якщо потрібно здійснити швидкий розгін інерційного навантаження, слід застосовувати перетворювач частоти більшої номінальної потужності, ніж потужність двигуна.

2.5 Розрахунок та вибір перетворювача частоти

Перетворювач частоти – це пристрій, що перетворює вхідну синусоїдальну напругу фіксованої частоти та амплітуди у вихідну імпульсну напругу змінної частоти та амплітуди.

На рис. 2.2 представлено силову частину перетворювача частоти з широтно імпульсною модуляцією.

Частотний перетворювач з широтно імпульсною модуляцією являє собою інвертор з подвійним перетворенням напруги.

На першому етапі перетворення напруга мережі випрямляється вхідним діодним мостом, потім згладжується і фільтрується.

На другому етапі перетворення з постійної напруги формується широтно імпульсною модуляцією послідовність визначеної частоти. На виході частотного перетворювача видаються прямокутні імпульси, які за рахунок

					0024.ДМР 20.07.ПЗ	Арк.
						27
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

індуктивності обмоток статора двигуна інтегруються і перетворюються в напругу близьку до синусоїдальної.

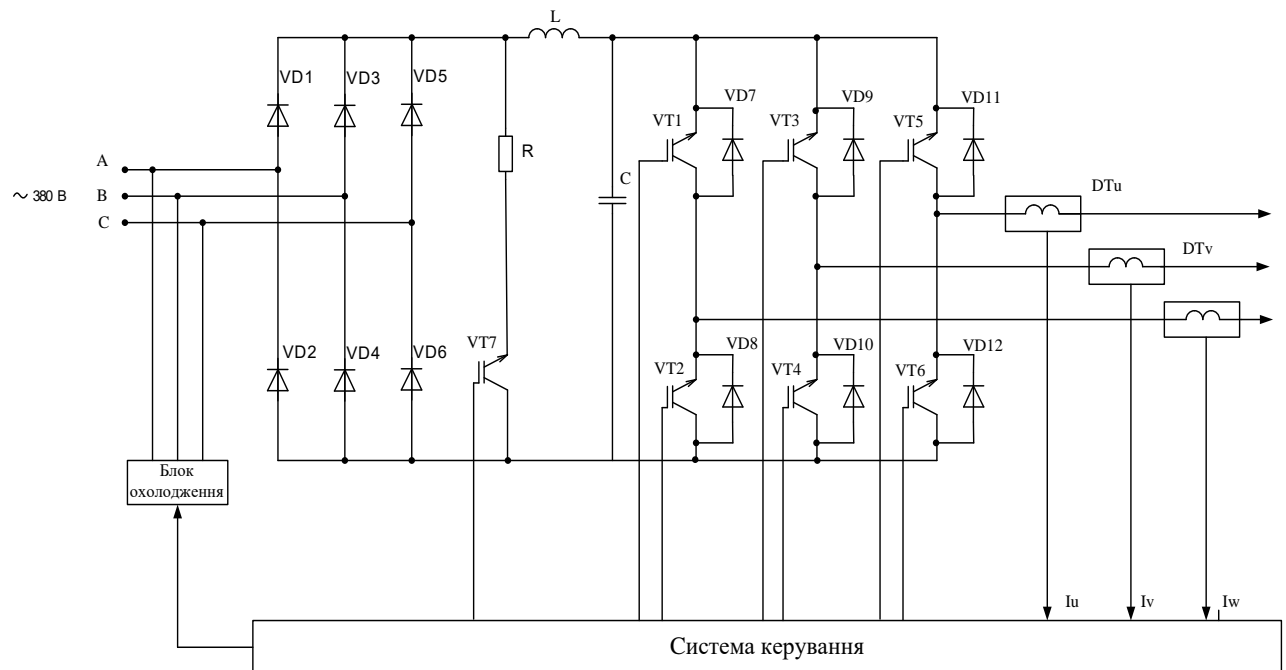


Рис. 2.2. Силова частина схеми частотно-керованого електропривода

Слід зазначити, що інвертор з широтно імпульсною модуляцією не тільки змінює частоту вихідної напруги, але і регулює її діюче значення, що дозволяє відмовитись від керованого випрямляча і використовувати більш простий діодний випрямляч.

Принцип дії інвертора з широтно імпульсною модуляцією зображено на рис. 2.3.

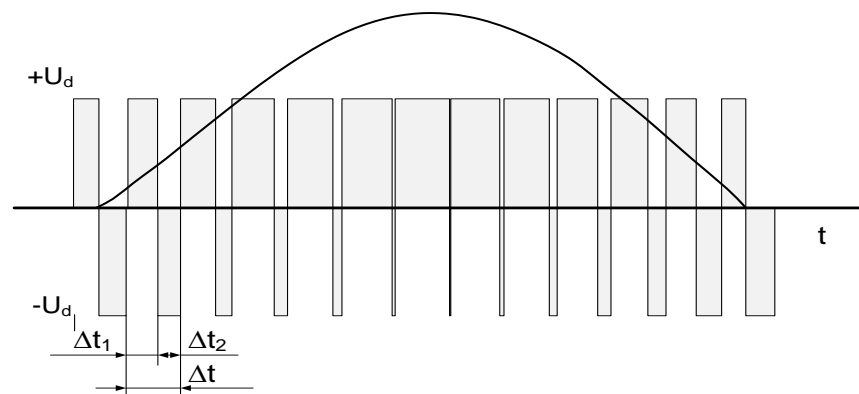


Рис. 2.3. Принцип дії інвертора з широтно імпульсною модуляцією

Період синусоїдального сигналу розбивається на число (не менше 24) малих інтервалів тривалістю Δt . На кожному інтервалі створюються два різнополярних імпульси тривалістю Δt_1 та Δt_2 . Якщо тривалість позитивного і

негативного імпульсів однакова, то середнє значення напруги на інтервалі Δt рівне 0. В протилежному випадку отримують позитивну або негативну вихідну напругу, пропорційну модулю різниці тривалостей цих імпульсів, $\pm[\Delta t_1 - \Delta t_2]$. Якщо один з імпульсів має нульову тривалість, отримують максимальну середню напругу, рівну U_d .

Умови вибору перетворювача частоти:

$$\begin{cases} P_{ПЧ} \geq P_{дв.сп} \\ I_{ПЧ} \geq I_{дв.ном} \end{cases}.$$

де $P_{дв.сп}$ – споживана електродвигуном потужність в номінальному усталеному режимі, кВт;

$I_{дв.ном}$ – номінальний струм приводного двигуна, А.

Споживана електродвигуном потужність в номінальному усталеному режимі:

$$P_{дв.сп} = \frac{k \cdot P_{ном}}{\eta_{дв} \cdot \cos \varphi}.$$

де k – коефіцієнт спотворення струму на виході перетворювача частоти ($k = 0,95 \dots 1,05$);

$P_{ном}$ – номінальна потужність приводного двигуна, кВт;

$\eta_{дв}$ – ККД приводного двигуна;

φ – коефіцієнт потужності приводного двигуна,

$$P_{дв.сп} = \frac{1 \cdot 15}{0,8 \cdot 0,71} = 26.$$

Оскільки робота приводного двигуна характеризується важкими умовами пуску, то перетворювач частоти додатково перевіряється за такими умовами:

необхідна робоча потужність перетворювача частоти:

$$P_{ПЧ} \geq \frac{P_{дв.пуск}}{\lambda_{ПЧ}}.$$

де $P_{дв.пуск}$ – пускова потужність приводного двигуна, кВт;

					0024.ДМР 20.07.ПЗ	Арк.
						29
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$\lambda_{ПЧ}$ – перевантажувальна здатність перетворювача ($\lambda_{ПЧ} = 1,2 \dots 1,7$).

Пускова потужність приводного двигуна:

$$P_{\text{дв.сп}} = \frac{k \cdot n}{9550 \cdot \eta_{\text{ДВ}} \cdot \cos\varphi} \cdot M_{\Sigma \text{п.нав.п}}$$

$$P_{\text{дв.пуск}} = \frac{695}{9550 \cdot 0,8 \cdot 0,71} \cdot 316,3 = 40,5$$

Струм який споживає електродвигун при лінійному розгоні не повинен перевищувати пусковий струм перетворювача частоти:

$$I_{\text{ПЧ.пуск}} \geq \frac{k \cdot n}{9,55 \cdot \eta_{\text{ДВ}} \cdot \cos\varphi \cdot U_{\text{ном}} \cdot \sqrt{3}} \cdot M_{\Sigma \text{п.нав.п}}$$

де $U_{\text{ном}}$ – напруга на обмотка двигуна на номінальних обертах, В,

Виходячи з даних умов, обираємо перетворювач частоти Siemens Micromaster 440 6SE6430-2UD33-0DA0 з проміжною ланкою постійного струму (рис 2.2). Паспортні дані перетворювача частоти наведені в табл. 2.1

Табл. 2.1 – Паспортні дані перетворювача частоти

№	Тип перетворювача частоти	Siemens Micromaster 440 6SE6430-2UD33-0DA0
1	Номінальна потужність $P_{\text{ПЧ}}$, кВт	30
2	Розрахунковий вхідний струм $I_{\text{ПЧ.пуск}}$, А	75
3	Розрахунковий вихідний струм $I_{\text{ПЧ}}$, А	72
4	Номінальний коефіцієнт потужності $\cos\varphi$	0,95
5	Номінальний коефіцієнт корисної дії $\eta_{\text{дв.н.}}$, %	98
6	Напруга мережі U , В	3 AC 380÷480 ± 10%
7	Частота мережі f , Гц	47÷63
8	Перевантажувальна здатність $\lambda_{\text{ПЧ}}$	1,2

Перетворювачі частоти серії MicroMaster 440 оснащені мікропроцесорною системою керування і використовують найсучасніші технології з IGBT модулями. 440 може застосовуватися як індивідуально, так і інтегруватися в автоматизовані системи.

					0024.ДМР 20.07.ПЗ	Арк.
						30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Основні характеристики перетворювачів Micromaster 440:

- простий монтаж та введення в експлуатацію;
- аналогові виходи 0...20мА;
- 6 дискретних входів;
- 2 аналогових входи, які в разі необхідності можуть бути використані як 7-й і 8-й дискретні входи: 1: 0... 10 В, 0...20 мА або від -10 до+10 В;
- модульна конструкція;
- зовнішні опції для обміну даними з комп'ютером, базова панель обслуговування (ВОР), розширена панель оператора (АОР) і модулі передачі даних по шині Profibus.

Функціональні особливості:

- векторне керування без датчика швидкості;
- використання замкнутого регулятора PID з автопідстроюванням;

Швидке введення в експлуатацію частотного перетворювача здійснюється після його попереднього скиду на заводські установки в такій послідовності:

1. Рівень доступу P0003 – в «3».
2. P0010 в «1».
3. P0100 в «0».
4. P0205 «0» робота з постійним моментом.
5. P0300 «1» вибір типу двигуна (АД).
6. P0304 Номінальна напруга двигуна, В.
7. P0305 Номінальний струм двигуна, А.
8. P0307 Номінальна потужність двигуна, кВт.
9. P0308 cosφ номінальний.
10. P0309 ККД номінальний.
11. P0310 Номінальна частота двигуна, Гц.
12. P0311 Номінальна швидкість, об/хв.
13. P0314 Число пар полюсів (може бути пройдений автоматично).

					0024.ДМР 20.07.ПЗ	Арк.
						31
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

14. P0320 Значення струму х.х. (з паспорту двигуна), при його відсутності залишити «0».

15. P0335 Охолодження.

16. P0500 Вибрати тип навантаження.

17. P0640 Перевантаження по струму (рекомендується не більше 150%).

18. P0700 Вибір джерел керування.

19. P1000 Вибір джерел завдання.

20. P1040 Початкова частота мотор-потенціометра, Гц.

21. P1080 Мінімальна частота, Гц.

22. P1082 Максимальна частота, Гц.

23. P1120 Час розгону, с.

24. P1121 Час гальмування, с.

25. P1135 Час останову, с.

26. P1300 Вибір режиму керування.

27. P1500 Вибір джерела завдання моменту (при необхідності).

28. P1910 Вибір визначення параметрів двигуна «1».

29. P3900 Завершення введення.

30. Натиснути кнопку пуск.

2.6 Вибір сенсора швидкості

Для реалізації контуру зворотного зв'язку за швидкістю вибираємо Incremental Encoder типу IdNr. 521-28-532.

Для налаштування контуру зворотного зв'язку необхідно виконати послідовність команд (табл. 2.2).

					0024.ДМР 20.07.ПЗ	Арк.
						32
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.2 – Перелік команд

№	Параметр	Назва	Величини
1	r0061	Швидкість ротора	Параметр показує швидкість обертання ротора.
2	r0090	Кут повороту ротора	Параметр показує поточний кут повороту ротора.
3	P0400[3]	Тип Encoder	0 = Encoder не задіяний 1 = Окремий вхідний канал (A) 2 = Квадратичний Encoder без нульової пульсації (канал A+B).
4	r0403	Слово стану	Слово стану дисплея Encoder в форматі біта:
5		Bit00	Модуль Encoder активний: 0 - ні; 1 - так.
6		Bit01	Помилка Encoder: 0 - ні; 1 - так
7		Bit02	Сигнал в нормі: 0 - ні; 1 - так
8		Bit03	Втрата малої швидкості Encoder: 0 - ні; 1 - так
9		Bit04	Використання HW таймера: 0 - ні; 1 - так
10	P0408[3]	Кількість пульсацій - Encoder на один оберт	Параметр визначає кількість пульсацій Encoder на один оберт
11	P0491[3]	Реакція на втрату сигналу швидкості	Вибирає реакцію на втрату сигналу швидкості. Налаштування: 0 - не змінювати до SLVC 1 - змінити до SLVC

Схема підключення Encoder зображена на рис.2.4 та 2.5.

При цьому DIP-перемикачі повинні бути встановлені відповідним чином (табл. 2.3).

Таблиця 2.3 – Положення DIP-перемикачів модуля Micromaster 440

DIP-Switch	1	2	3	4	5	6
стан	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON

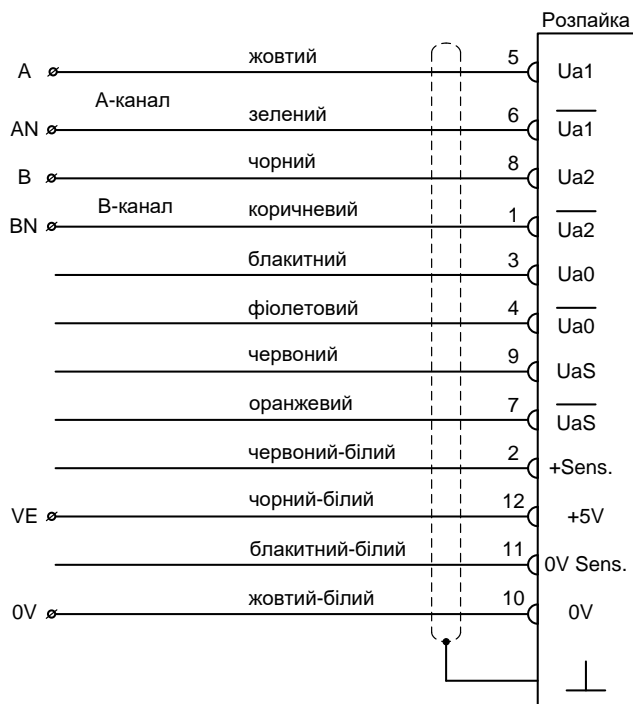


Рис. 2.4 Розпайка штекера Encoder та підключення до модуля Micromaster 440

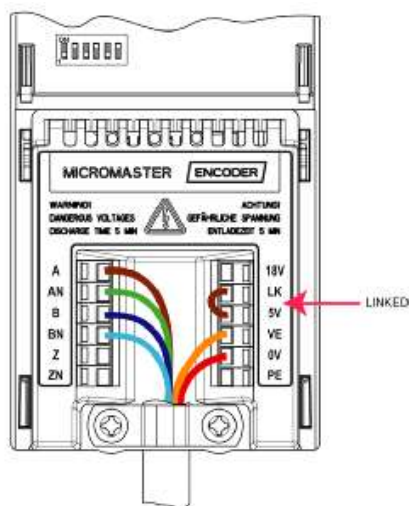


Рис. 2.5 Підключення TTL Encoder (5V DC) при живленні від внутрішнього джерела частотного перетворювача

2.7 Вибір контролера

Для вирішення завдання автоматичного керування САЕП механізму переміщення мостового крану виберемо програмоване реле типу LOGO!12/24RC фірми Siemens.

Сам мікроконтролер містить в своїй структурі аналогові і дискретні входи та виходи, релейні виходи, вбудований дисплей, комунікаційний порт для зв'язку з персональним комп'ютером через RS 232 або RS 485 (визначається типом комунікаційного кабелю). Окрім того, в залежності від складності поставлених задач, дозволяє легко нарощувати конфігурацію мікроконтролера, забезпечує зв'язок з зовнішньою мережею, для здійснення обміну даними з іншими пристроями.

Основні технічні дані мікроконтролера LOGO 12/24 RC наведені в табл. 2.4.

Таблиця 2.4 – Технічні характеристики мікроконтролера LOGO 12/24 RC

№	Параметр	Значення
1	Напруга живлення	12/24 В DC
2	Споживана потужність	0,4 – 1,8 Вт
3	Цифрові входи	«0» < 5 В DC «1» > 8 В DC
4	Аналогові входи (виходи)	0 – 10 В DC
5	Час циклу на функцію	<0,1 мс

Для програмування CPU використовують спеціальний пакет для програмування LOGO!Soft Comfort, який являє собою середовище для розробки, редагування і контролю необхідної логіки керування. !Soft Comfort забезпечений двома редакторами програм (LAD, FBD), за допомогою яких можна зручно і ефективно розробляти необхідні програми керування.

Таким чином в цьому пункті я розрахував і обрав перетворювач частоти. Вибрав сенсор швидкості і розрахував його.

РОЗДІЛ 3

ДОСЛІДЖЕННЯ ПЕРЕХІДНИХ ПРОЦЕСІВ ПІД ЧАС ПУСКУ ЕЛЕКТРОПРИВОДА МОСТОВОГО КРАНУ

Якщо неможливо аналітично вирішити рівняння руху електроприводу, то його вирішують, так званим методом пропорцій або методом кінцевих приростів. Сутність цього методу полягає в заміні нескінченно малих приростів швидкості $d\omega$ і часу з малими кінцевими приростами $\Delta\omega$ та Δt . При цьому передбачається, що в рівняння руху електропривода підставляються середні значення моменту двигуна і моменту опору для кожного інтервалу зміни швидкості. Ці середні значення моментів зазвичай знаходяться графічним шляхом на підставі механічних характеристик двигуна і виробничого механізму.

Метод пропорцій заснований, як зазначалося вище, на наступному записі рівняння руху електроприводу:

$$M - M_c = J \cdot \frac{\Delta\omega}{\Delta t}.$$

Вважаючи, що в деякому інтервалі часу Δt різниця моментів $M - M_c$ залишається величиною постійною, одержуємо пропорцію :

$$\frac{M - M_c}{J} = \frac{\Delta\omega}{\Delta t}.$$

Побудова ведеться наступним чином. У лівому квадранті будуються характеристики $M = f(\omega)$ та $M_c = f_1(\omega)$. Графічно знаходиться їх різницю $M - M_c = \psi(\omega)$ – крива динамічного моменту, зображувана в тому ж квадранті. Останню криву замінюють ступінчастою з ділянками. $M - M_c = \text{const}$. Від числа ділянок залежить точність побудови та кінцеві результати. Точність тим вище, чим на більшу кількість ділянок розбита крива $M - M_c = \psi(\omega)$.

Подібний метод побудови кривої швидкості для визначення розподілу часу пуску застосуємо також для двигунів постійного струму, якщо механічні характеристики не можуть бути виражені аналітично. Цей метод розрахунку

					0024.ДМР 20.07.ПЗ	Арк.
						36
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

може бути застосований не тільки для пускових але і для гальмівних режимів [9].

Крім методу пропорції, для побудови кривої кутової швидкості $\omega = f(t)$ і визначення часу пуску двигуна використовується метод площ, зводиться він до графо-аналітичного інтегрування рівняння руху. Задаємося механічними характеристиками двигуна і виробничого механізму. Потім ці дві характеристики поєднуються і, як у попередньому випадку, визначається крива динамічного моменту $M_{\text{дин}} = M - M_c$.

Крива динамічного моменту ділиться на ряд ділянок, на кожній з яких момент передбачається постійним і рівним середньому значенню. Для кожної ділянки буде справедливе наступний вираз :

$$\Delta t = \frac{J \cdot \Delta \omega}{(M - M_c)};$$

У разі рівного розподілу значень $\Delta \omega$ на всіх ділянках, загальний час пуску визначиться за формулою :

$$t = \sum_1^m (\Delta t) = J \cdot \Delta \omega \cdot \sum_1^m \frac{1}{(M - M_c)},$$

де m – число ділянок;

$\Delta \omega = \text{const}$ – перепад кутової швидкості на кожній ділянці;

$M - M_c$ – відповідне значення динамічного моменту ($M_1, M_2 \dots$)

Завдяки механічним характеристикам, з'являється можливість визначити до якого типу установки більше підходить двигун, на якій ділянці зберігається його стійка робота, перевантажувальну здатність.

Згідно паспортним даним побудуємо механічну характеристику двигуна.

$$n_1 = 750 \text{ об/хв};$$

$$P_H = 15 \text{ кВт};$$

$$n_H = 695 \text{ об/хв};$$

$$\eta = 80 \text{ \%};$$

$$\frac{M_{\text{max}}}{M_H} = \lambda = 3.$$

					0024.ДМР 20.07.ПЗ	Арк.
						37
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для побудови нам необхідно провести розрахунок номінального моменту M_H і ковзання s_H .

$$M_H = 9,55 \cdot \frac{P_H}{n_H} = 9,55 \cdot \frac{15000}{695} = 206,115 \text{ (Н·м)};$$

$$s_H = \frac{n_1 - n_H}{n_1} = \frac{750 - 695}{750} = 0,073;$$

$$M_{кр} = \lambda \cdot M_H = 3 \cdot 206,115 = 206,115 \text{ (Н·м)}.$$

Отже, ми визначили основні точки характеристики, але для її побудови їх недостатньо. Тому за допомогою спрощеної формули Клосса, розрахуємо моменти для інших значень ковзань.

Спрощена формула Клосса виглядає наступним чином :

$$M = \frac{2 \cdot M_{кр}}{\frac{S}{S_{кр}} + \frac{S_{кр}}{S}}.$$

Частоту обертання висловимо з формули для визначення ковзання :

$$n = n_0 \cdot (1 - s).$$

Для спрощення розрахунків, скористаємось ЕОМ.

Для зручності складемо табл. 3.1 у яку запишемо значення які отримали під час розрахунків [9].

Таблиця 3.1 – Дані для побудови механічної характеристики

№	s	n, об/хв	M, Н·м
1	0,06	705	273,3
2	0,185	611	626,5
3	0,369	473	806,6
4	0,4	450	815,162
5	0,45	412	821,18
6	0,5	375	820
7	0,55	337	813,63
8	0,65	262	790,915

Продовження табл. 3.1

9	0,7	225	776,51
10	0,75	187	760,991
11	0,8	150	744,128
12	0,85	112	728,269
13	0,9	75	711,66
14	0,95	37,5	695,148
15	1	0	678,865

Так як формула спрощена, значення можуть дещо відрізнятися від дійсних, що не критично для розрахунків. Тепер на підставі розрахунків ми можемо побудувати саму механічну характеристику.

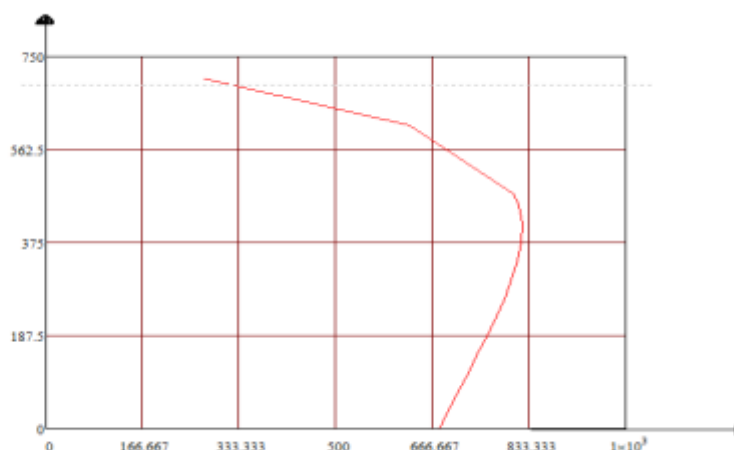


Рис.3.1. Механічна характеристика асинхронного двигуна

Таким чином, по формулі Клосса, ми розрахували та побудували механічну характеристику асинхронного двигуна. Потім визначили момент інерції, виконали апроксимацію механічної характеристики, та визначили час пуску двигуна. З розрахунків і рисунків зробили висновок що час пуску задовільняє параметрам двигуна.

РОЗДІЛ 4

ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ВИБОРУ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПРИВОДА

Техніко-економічне обґрунтування виконується з метою вибору оптимального варіанта системи електропривода з ряду можливих, які придатні для привода даної робочої машини.

Техніко-економічне обґрунтування базується на використанні двох критеріїв:

- технічного;
- економічного.

Обґрунтування згідно з технічним критерієм передбачає виконання порівняльного аналізу технічних характеристик кожної з систем електропривода, які можуть бути використані для привода даної робочої машини.

До переліку основних технічних характеристик відносяться:

- діапазон регульованої швидкості;
- жорсткість механічних характеристик;
- перевантажувальна здатність;
- економічність.

Приведення систем електропривода за технічним критерієм наведено у табл. 4.1.

Двигуни з короткозамкненим ротором застосовуються в електроприводі, де не вимагається регулювання частоти обертання, або в якості другого (допоміжного двигуна) для одержання знижених швидкостей. Недоліком електродвигунів з короткозамкненим ротором є великий пусковий струм.

Використовувати двигуни постійного струму і системи побудовані на їх основі є недоцільним оскільки вони мають значні масо-габаритні показники порівняно з двигунами змінного струму, а також потребують перетворення змінної напруги у постійну.

					0024.ДМР 20.07.ПЗ	Арк.
						40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Асинхронний двигун з контактними кільцями в порівнянні з короткозамкненим ротором мають дещо більші масо-габаритні показники, більш дорогі, складніші за конструкцією, однак основна їх перевага полягає у можливості зменшення пускового струму (за допомогою реостата) при одночасному збільшенні пускового моменту. Окрім того, релейно-контакторна система керування (РКС) передбачає лише ступінчасте регулювання швидкості та більш складна для включення її в сучасну автоматизовану систему.

Недоліком асинхронних двигунів з короткозамкненим ротором є великий пусковий струм, який у 5...7 разів перевищує струм двигуна при роботі в номінальному режимі. Однак при його використанні в системі електропривода типу перетворювач частоти цей недолік суттєво згладжується.

Щодо системи перетворювач частоти, то вона характеризується широким діапазоном регулювання швидкості, а отримані характеристики мають високу жорсткість. Сучасні перетворювачі частоти дозволяють значно підвищити ефективність технологічного процесу і реалізувати найбільш економічний алгоритм керування приводним двигуном, а також - зекономити від 20 до 50% електроенергії порівняно з іншими системами регулювання.

Обґрунтування згідно з економічним критерієм передбачає порівняння розглянутих варіантів систем електропривода за критерієм приведених витрат.

Приведені витрати - показник порівняльної економічної ефективності капітальних вкладень, який широко використовують при виборі кращого з варіантів вирішення технічних завдань.

При порівнянні можливих варіантів вирішення будь-якого завдання кращим, за інших рівних умов, вважається варіант, що вимагає мінімуму приведених витрат.

Приведені витрати розраховуються за формулою:

$$Z = E_H \cdot K + C.$$

					0024.ДМР 20.07.ПЗ	Арк.
						41
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де E_n – нормативний коефіцієнт економічної ефективності капітальних вкладень (приймається 0,17 для всіх галузей промисловості), 1/рік;

K – капітальні вкладення, грн;

C – загальні щорічні відрахування, які враховуються в собівартості продукції (враховуючи і амортизаційні відрахування), грн/рік.

Таблиця 4.1 - Результати розрахунків

№	Показники	Системи електричного привода			
		РКС-ДПС	РКС-АД ФР	ТП-Д	ПЧ-АД
1					
2	Діапазон регулювання швидкості	1:3	1:3	1:5000	1:20000
3	Жорсткість механічних характеристик	-	-	+	+
4	Перевантажувальна здатність	+	+	+	+
5	Економічність	-	-	+-	+

Здійснимо розрахунок для системи ПЧ-АД.

Капітальні вкладення:

$$K = D + CK.$$

де D – вартість приводного двигуна ($D = 9200$ грн);

CK – вартість системи керування ($CK = 35000$ грн),

$$K = 9200 + 35000 = 44200 \text{ грн.}$$

Річні капітальні витрати:

$$K_{\text{річні}} = E_n \cdot K;$$

$$K_{\text{річні}} = 0,17 \cdot 44200 = 7514 \text{ грн/рік.}$$

Загальні додаткові відрахування:

$$C = C_A + C_P + C_D + C_O,$$

де C_A – амортизаційні відрахування, грн/рік;

					0024.ДМР 20.07.ПЗ	Арк.
						42
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

C_P – відрахування на ремонт, грн/рік;

C_D – додаткові відрахування, грн/рік;

C_O – відрахування на обслуговування, грн/рік.

Величина амортизаційних відрахувань в середньому приймається 10% від капітальних вкладень:

$$C_A = 0,1 \cdot K ;$$

$$C_A = 0,1 \cdot 44200 = 4420 \text{ грн/рік.}$$

Відрахування на ремонт електрообладнання приймають в розрахунку 2% від капітальних вкладень:

$$C_P = 0,02 \cdot K ;$$

$$C_P = 0,02 \cdot 44200 = 884 \text{ грн/рік.}$$

Додаткові відрахування, які враховують втрати енергії системі електричного привода у стаціонарних та перехідних режимах роботи за рік:

$$C_D = C_{D1} + C_{D2} ,$$

де C_{D1} – додаткові відрахування, які враховують втрати енергії в двигуні за рік, грн/рік;

C_{D2} – додаткові відрахування, які враховують втрати енергії в системі керування за рік, грн/рік.

Додаткові відрахування, які враховують втрати енергії в двигуні за рік:

$$C_{D1} = \Delta W_{\Sigma ДВ} \cdot c ,$$

де $\Delta W_{\Sigma ДВ}$ – кількість втраченої електроенергії в двигуні у стаціонарних та перехідних режимах роботи за рік, (кВт·год)/рік;

c – вартість для промисловості одного кіловата потужності за годину, грн/(кВт·год) ($c = 0,82 \text{ грн/(кВт·год)}$).

Сумарні втрати енергії в двигуні у стаціонарних та перехідних режимах роботи за рік:

$$\Delta W_{\Sigma ДВ} = (\Delta P_{\text{ном}} + \Delta P_{\text{перех.}}) \cdot k_z \cdot \Phi ,$$

					0024.ДМР 20.07.ПЗ	Арк.
						43
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де $\Delta P_{\text{ном}}$ – втрати потужності в двигуні в номінальному режимі роботи, кВт;

$\Delta P_{\text{перех.}}$ – додаткові втрати потужності в двигуні у перехідних режимах роботи, кВт;

k_3 – коефіцієнт завантаження по потужності (приймають рівним 0,8);

Φ – дійсний фонд часу роботи системи електричного привода за рік, год/рік.

Втрати потужності в двигуні в номінальному режимі роботи:

$$\Delta P_{\text{ном}} = P_{\text{ном}} \cdot \frac{1 - \eta_{\text{ном}}}{\eta_{\text{ном}}},$$

де $P_{\text{ном}}$ – номінальна потужність електричного двигуна ($P_{\text{ном}} = 15$ кВт);

$\eta_{\text{ном}}$ – номінальний ККД двигуна ($\eta_{\text{ном}} = 0,8$),

$$\Delta P_{\text{ном}} = 15 \cdot \frac{1 - 0,8}{0,8} = 3,75 \text{ кВт.}$$

Додаткові втрати потужності в двигуні у перехідних режимах роботи приймають рівними 10% від номінальних:

$$\Delta P_{\text{перех.}} = 0,1 \cdot \Delta P_{\text{ном}};$$

$$\Delta P_{\text{перех.}} = 0,1 \cdot 3,75 = 0,375 \text{ кВт.}$$

Дійсний фонд часу роботи електричного привода за рік:

$$\Phi = \varepsilon \cdot Z_{\text{р.д.}} \cdot Z_{\text{р.з.}} \cdot t_{\text{р.з.}},$$

де ε – відносна тривалість ввімкнення згідно тахограми ($\varepsilon = 0,40476$);

$Z_{\text{р.д.}}$ – кількість робочих днів за рік ($Z_{\text{р.д.}} = 250$ 1/рік);

$Z_{\text{р.з.}}$ – кількість робочих змін ($Z_{\text{р.з.}} = 1$);

$t_{\text{р.з.}}$ – тривалість робочої зміни ($t_{\text{р.з.}} = 8$ год.)

$$\Phi = 0,40476 \cdot 250 \cdot 1 \cdot 8 \text{ год/рік.}$$

Сумарні втрати енергії в двигуні у стаціонарних та перехідних режимах роботи згідно формули:

$$\Delta W_{\Sigma \text{ДВ}} = (3,75 + 0,375) \cdot 0,8 \cdot 810 = 3400 \text{ кВт} \cdot \text{год/рік.}$$

					0024.ДМР 20.07.ПЗ	Арк.
						44
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Додаткові відрахування згідно формули:

$$C_{Д1}=3400\cdot0,82=2788 \text{ грн/рік.}$$

Додаткові відрахування, які враховують втрати енергії в системі керування за рік:

$$C_{Д2}=\Delta W_{\Sigma СК} \cdot c,$$

де $\Delta W_{\Sigma СК}$ – кількість втраченої електроенергії в системі керування за рік, (кВт·год)/рік.

Втрати енергії в системі керування за рік:

$$\Delta W_{\Sigma СК}=\Delta P_{СК} \cdot k_3 \cdot \Phi,$$

де $\Delta P_{СК}$ – втрати потужності в системі керування, кВт.

Втрати потужності в системі керування:

$$\Delta P_{СК}=P_{ПП} \cdot \frac{1-\eta_{ПП}}{\eta_{ПП}},$$

де $P_{ПП}$ – номінальна потужність перетворюючого пристрою ($P_{ПП}=30$ кВт);

$\eta_{ПП}$ – номінальний ККД перетворюючого пристрою ($\eta_{ПП}=0,98$),

$$\Delta P_{СК}=30 \cdot \frac{1-0,98}{0,98}=0,61 \text{ кВт.}$$

Втрати потужності в системі керування):

$$\Delta W_{\Sigma СК}=0,61\cdot0,8\cdot810=396 \text{ кВт·год/рік}$$

Додаткові відрахування згідно:

$$C_{Д2}=396\cdot0,8=325 \text{ грн/рік.}$$

Додаткові відрахування згідно формули:

$$C_{Д}=2788+325\approx3113 \text{ грн/рік.}$$

Відрахування на обслуговування електрообладнання приймають рівним 5% від суми відрахувань на амортизацію, ремонт та додаткових витрат:

$$C_{O}=0,05\cdot(C_A+C_P+C_D),$$

$$C_{O}=0,05\cdot(4420+884+3113)=421 \text{ грн/рік.}$$

					0024.ДМР 20.07.ПЗ	Арк.
						45
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Загальні додаткові відрахування:

$$C=4420+884+3113+421\approx 8838 \text{ грн/рік.}$$

Приведені витрати згідно формули (4.1):

$$Z=0,17\cdot 44200+8838=16352 \text{ грн/рік.}$$

Для інших систем електричного привода проведемо аналогічні розрахунки, результати розрахунків зведемо в порівняльну таблицю 4.1.

Таблиця 4.1 - Порівняльна таблиця

№	Показники	Системи електричного привода			
		РКС-ДПС	РКС-АД	ТП-Д	ПЧ-АД
1					
2	Вартість двигуна Д, грн	23000	18400	20700	9200
3	Вартість системи керування СК, грн	17500	19250	31500	35000
4	Капітальні вкладення К, грн	40500	37650	52200	44200
5	Річні капітальні витрати Крічн, грн/рік	6885	6401	8874	7514
6	Амортизаційні відрахування СА, грн/рік	4050	3765	5220	4420
7	Відрахування на ремонт СР, грн/рік	810	753	1044	884
8	Додаткові відрахування СД, грн/рік	13166	13409	3384	3113
9	Відрахування на обслуговування. СО, грн/рік	901	896	482	421
10	Загальні відрахування С, грн/рік	18927	18823	10130	8838
11	Приведені витрати З, грн/рік	25812	25224	19004	16352

Таким чином аналізуючи технічний та економічний критерій робимо висновок, що нам підходить система керування приводом ПЧ-АД, оскільки вона має найбільший коефіцієнт корисної дії та приведені витрати для неї є найменшими.

РОЗДІЛ 5

ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА ЖИТТЕДІЯЛЬНОСТІ У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

Охорона праці – це система правил і заходів, які забезпечують безпечну роботу на виробництві. При роботі на мостовому крані необхідно передбачити ряд вимог, які б дозволили працюючому виконувати поставлене перед ним завдання в умовах, які передбаченні конструкторськими документами.

У цьому дипломному проекті проектується електропривод мостового крану, встановлення системи керування а також її програмування. Оскільки ми проектуємо електропривод мостового крану, то ми розглянемо правила безпечної експлуатації мостового крану на підприємстві.

Небезпечні фактори:

1. Фізичні:

- підвищена та понижена температура робочої зони;
- підвищена та понижена рухомість повітря;
- підвищена та понижена вологість повітря;
- нестача природного освітлення;
- підвищена запиленість повітря робочої зони;
- підвищений рівень шуму;
- підвищений рівень вібрації;
- небезпечний рівень напруги в електричному колі, замикання якого може виникнути через тіло людини.

2. Хімічні:

- по характеру дії на організм людини:
- токсичні (вуглець, бензин);
- подразнюючі (сажа).
- по шляху проникнення в організм людини через:
- органи дихання;
- шкірні покриви і слизові оболонки;

					0024.ДМР 20.07.ПЗ	Арк.
						47
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3. Психофізіологічні:

- фізичні перевантаження(динамічні);
- нервово-психічні перевантаження (монотонність праці, емоційне перевантаження).

5.1 Вимоги охорони праці при експлуатації вантажопідійомних машин та механізмів

Перевищення рівня шуму. Основне фізіологічне вплив шуму полягає в тому, що пошкоджується внутрішнє вухо, можливі зміни електричної провідності шкіри, біоелектричної активності головного мозку, серця і швидкості дихання, загальної рухової активності, а також зміни розміру деяких залоз ендокринної системи, кров'яного тиску, звуження кровоносних судин, розширення зіниць очей. Працюючий в умовах тривалої шумової дії відчуває дратівливість, головний біль, запаморочення, зниження пам'яті, підвищену стомлюваність, зниження апетиту, порушення сну.

В галасливому фоні погіршується спілкування людей, в результаті чого іноді виникає відчуття самотності і незадоволеності, що може призвести до нещасних випадків.

Допустимий рівень шуму – це рівень, який не викликає у людини значного занепокоєння і істотних змін показників функціонального стану систем і аналізаторів, чутливих до шуму.

Гранично допустимі рівні шуму на робочих місцях регламентовані [15], [16]. Згідно з ними допустимий рівень шуму в кабіні кранівника 65–75 дБА.

Заходи щодо захисту від шуму. Захист від шуму досягається розробкою шумобезпечної техніки, застосуванням засобів і методів колективного захисту, а також засобів індивідуального захисту.

Перевищення рівня вібрацій. Вплив виробничої вібрації на людину викликає зміни як фізіологічного, так і функціонального стану організму людини. Зміни у функціональному стані організму проявляються в підвищенні стомлюваності, збільшення часу рухової і зорової реакції.

					0024.ДМР 20.07.ПЗ	Арк.
						48
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Все це веде до зниження продуктивності праці. Зміни в фізіологічному стані організму – в розвитку нервових захворювань, порушення функцій серцево-судинної системи, порушення функцій опорно-рухового апарату, ураженні м'язових тканин і суглобів, порушення функцій органів внутрішньої секреції. Все це призводить до виникнення вібраційної хвороби.

Джерелом вібрації в кранах є, електропривод кранового механізму та передавальні пристрої.

Одним з заходів щодо захисту від вібрацій є установка демпфованих підвісок кабін управління або крісла кранівника.

Основним документом, який регламентує рівень вібрації на робочих місцях, є [14]. Згідно з санітарними нормами допустимий рівень вібрації в кабіні кранівника не повинен перевищувати: середньгеометричні частоти смуг 1,6-80 Гц;

Гранично допустимі значення віброприскорення (0,25-1,6, 108-124 дБ) і віброшвидкості (2,5–0,32, 114-96 дБ). 2 м/с 2 м/с.

Відхилення показників мікроклімату відхилення параметрів мікроклімату від нормативних значень істотно впливає на здоров'я і продуктивність праці. Висока температура викликає інтенсивне потовиділення, що призводить до зневоднення організму, втрати мінеральних солей і водорозчинних вітамінів. Наслідком цього є згущення крові, порушення водносолевого балансу, зміна шлункової секреції, розвиток вітамінного дефіциту. Висока температура викликає почастішання дихання (до 50%), ослаблення уваги, погіршення координації рухів, уповільнення реакції. Тривалий вплив високої температури призводить до накопичення тепла в організмі, а температура тіла може підвищуватися до 38–40 ° С.

В результаті цього може виникнути тепловий удар з втратою свідомості. Низька температура може бути причиною охолодження і переохолодження організму людини.

При охолодженні організму в ньому рефлекторно зменшується тепловіддача і посилюється теплоутворення за рахунок інтенсивності

					0024.ДМР 20.07.ПЗ	Арк.
						49
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

окислювальних обмінних процесів. Компенсація тепловтрат відбувається до тих пір, поки запаси енергії не вичерпаються. Тремтіння тіла - це спроба організму за рахунок мікрорухів виробити додаткове тепло і прискорити рух крові.[13].

Згідно санітарним нормам оптимальні величини показників мікроклімату повинні відповідати:

- температура повітря 16–25°C;
- температура поверхонь 17–25°C;
- відносна вологість повітря 60–40% °C;
- швидкість руху повітря 0,1–0,3 м/с.

Монотонність трудового процесу. Типовими відчуттями, які відчують до кінця робочого дня оператори кранів, є: перевтома очей, головний біль, що тягнуть болі в м'язах шиї, рук і спини, зниження концентрації уваги. рительне стомлення проявляється скаргами на затуманення зору, труднощі при перенесенні погляду з ближніх предметів на дальні і з далеких на ближні, що здаються зміни забарвлення предметів, їх двоїння, відчуття печіння, «піску» в очах, почервоніння повік, болі при русі очей. [13].

Рухомі машини і механізми. Серед основних видів небезпек, пов'язаних з експлуатацією вантажопідіймальних кранів і машин слід виділити:

- механічні види небезпеки, пов'язані з підіймальними операціями вантажопідіймальними кранами і машинами, вантажозахоплювальними пристроями, тарою і колисками;
- небезпека, викликана поступальним рухом машини, вантажних візків: рух під час запуску двигуна; рух за відсутності машиніста на своєму місці; рух за відсутності надійного закріплення всіх складових частин, деталей; надмірно висока швидкість крана, машини, вантажного візка, керованих з підлоги; занадто високі коливання крана (вантажу) під час руху; недостатня здатність крана або машини до вповільнення, вимикання, зупинки та утриманню;

					0024.ДМР 20.07.ПЗ	Арк.
						50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Електричний струм. Дія електричного струму на живу тканину носить різнобічний і своєрідний характер. Проходячи через організм людини, електрострум виробляє термічне, електролітичне, механічне, біологічне, світловий вплив.

Термічний вплив струму характеризується нагріванням шкіри і тканин до високої температури аж до опіків. Електролітичне вплив полягає в розкладанні органічної рідини, в тому числі крові, і порушенні її фізико-хімічного складу. Механічна дія струму призводить до розшарування, розриву тканин організму в результаті електродинамічного ефекту, а також миттєвого вибухоподібного утворення пари з тканинної рідини і крові. Механічне дія пов'язана з сильним скороченням м'язів аж до їх розриву. Біологічна дія проявляється в роздратуванні і порушенні живих тканин і супроводжується судорожними скороченнями м'язів.

Світлове дія призводить до ураження слизових оболонок очей. Для забезпечення електробезпеки необхідно точне дотримання правил технічної експлуатації електроустановок та проведення заходів щодо захисту від електротравматизму [12].

Розташування робочого місця на значній висоті. Роботи, що виконуються на висоті 1,3 м і більше від поверхні ґрунту, покриття або робочого настилу, в тому числі з підйомних платформ і механізмів, а також на відстані менше 2 м від неогороджених країв при перепаді по висоті 1,3 м і більше.

Роботи на висоті є небезпечним видом робіт, з виробництвом яких пов'язана велика кількість нещасних випадків. При виконанні робіт на висоті основними засобами, оберігає працівника від падіння, є запобіжний (монтажний) пояс і страхувальний канат. Заходи безпеки при проведенні робіт на висоті визначаються правилами охорони праці ПОТ Р М-012-2000 [12].

					0024.ДМР 20.07.ПЗ	Арк.
						51
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5.2 Безпека в надзвичайних ситуаціях (НС)

Природні НС можливі на об'єкті: землетрус, сильний вітер, смерч, пилова буря, суховій, сильні опади, гроза, пожежа.

Найбільш типовою НС є пожежа. Основні вимоги протипожежного режиму на будь-якому підприємстві наступні. Робочі місця, проходи і проїзди необхідно утримувати в чистоті; промаслений обтиральний матеріал збирати в закриваються залізні ящики і щодня прибирати з цеху. У цехах забороняється зберігати бензин, гас, нітрофарби, масло та інші легкозаймисті та горючі рідини.

У кожному цеху на випадок виникнення пожежі повинна бути забезпечена можливість швидкої і безпечної евакуації людей через евакуаційні виходи – двері, ворота, проходи.

На пожежо-вибухонебезпечних ділянках підприємства вивіщується попереджувальний плакат «Палити забороняється». Паління дозволяється тільки в спеціально відведених місцях, де є урни або бочки з водою для недопалків. У цих місцях встановлюють напис «Місце для куріння». На багатьох передових підприємствах прийняли більш рішучі заходи. Перед входом встановили плакат «На території заводу курити заборонено».

При виникненні на крані пожежі кранівник зобов'язаний негайно викликати пожежну охорону, припинити роботу і приступити до гасіння пожежі, користуючись наявними на крані засобами пожежогасіння.

При пожежі на електричному крані насамперед повинен бути відключений рубильник, що подає напругу на кран. Для гасіння пожежі на крані застосовують сухий вогнегасник типу ОУ-2, забезпечений сталевим балоном з вуглекислого газу, стисненого до 17 МПа. Дії регламентуються правилами пожежної безпеки на піднімальних кранах ПБ 10-14-92.

Пожежа в кабіні кранівника може виникнути з наступних причин:

- заміна запобіжника або проведення якого-небудь ремонту електричного устаткування при підключеному живленні;

					0024.ДМР 20.07.ПЗ	Арк.
						52
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- застосування запобіжників, які по номінальному струму не відповідають даному колу;

- при появі перехідного опору, який виникає в місцях з'єднання проводів, електричних контактів машин, апаратів тощо.

Не можна продовжувати роботу, якщо у кабіні відчувається запах гару і диму, якщо не з'ясована причина цього і не усунено несправність.

При виникненні пожежі оператор повинен припинити всі роботи та залишити кабіну. Потім від'єднати живлення та приступити до гасіння пожежі вуглекислотним вогнегасником. Цей вогнегасник можна використовувати для гасіння пожеж будь-яких речовин, машин і устаткування, у тому числі і електричного. Для гасіння пожеж можна також використовувати пісок з пісочниць.

Слід виконувати наступні правила протипожежної безпеки:

- забороняється встановлювати кран так, щоб він перекривав проїзну частину, виходи і входи, закривав пожежні колодязі, пожежні щити та інші протипожежні пристрої, або утруднював доступ до них;

- при постановці крана на місце стоянки необхідно відключити рубильник, виключити усі високовольтні електричні кола (опалення кабіни, освітлення, двигуни, робочі органи);

- якщо виникло займання мастильних матеріалів потрібно запобігти розповсюдженню горючого середовища, ізолювати його, застосувати заходи пожежогасіння, евакуювати людей у безпечну зону, викликати пожежників;

- необхідно проводити організаційні заходи по забезпеченню пожежної безпеки;

- навчання робітників правилам пожежної безпеки, проведення інструктажу та ознайомлення з нормами пожежної безпеки.

					0024.ДМР 20.07.ПЗ	Арк.
						53
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

Проаналізувавши і розглянувши всі можливі варіанти та способи регулювання частоти обертання асинхронного двигуна з короткозамкненим ротором, можемо прийти до висновку, що найбільш обґрунтованим та економічно доцільним способом є регулювання із застосуванням перетворювача частоти. Для вантажопідйомних машин та механізмів є актуальним використання перетворювачів частоти із векторним керуванням для забезпечення точності позиціонування електропривода.

В першому розділі обрали та перевірили електродвигуни мостового крана для механізму переміщення моста, механізму переміщення візка та для механізму підйому.

В другому розділі розраховали і обрали перетворювач частоти, було обрано сенсор швидкості і розраховано його.

В третьому розділі по формулі Клосса, розраховали та побудували механічну характеристику асинхронного двигуна. Потім визначили момент інерції, виконали апроксимацію механічної характеристики, та визначили час пуску двигуна. З розрахунків і рисунків зробили висновок що час пуску задовільняє параметрам двигуна.

В четвертому розділі аналізуючи технічний та економічний критерій робимо висновок, що нам підходить система керування приводом ПЧ-АД, оскільки вона має найбільший коефіцієнт корисної дії та приведені витрати для неї є найменшими.

В п'ятому розділі було розглянуто охорону праці та безпеку життєдіяльності у надзвичайних ситуаціях

					0024.ДМР 20.07.ПЗ	Арк.
						54
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Капунцов Ю.Д. Электрооборудование и электропривод промышленных установок. [Текст] / Ю.Д. Капунцов, В.А.Елисеев, Л.А. Ильяшенко. Учебник для вузов. –М.: Высш. школа, 1979. – 359 с.
2. Чиликин М.Г. Основы автоматизированного электропривода. М.: Энергия, 1974. – 568 с.
3. Дранников В.Г. Автоматизированный электропривод подъёмно – транспортных машин. [Текст] / В.Г.Дранников, И.Е.Звягин. Уч. пособие для вузов. –М.: Высшая школа, 1973. – 280 с.
4. Ключев В.И. Выбор электродвигателей для производственных механизмов. – М.: Госэнергоиздат, 1960.
5. Александров М.П. Подъёмно – транспортные машины. [Текст] / М.П.Александров. Учебник для машиностроит. спец. вузов. Изд. 6-е перераб. –М.: Высшая школа, 1985. – 520 с .
6. Білухін Д.С. Методичні вказівки до виконання курсового проекту «Розрахунок тягового шіроотно-імпульсного перетворювача» з дисципліни «Електроніка та мікросхемотехніка». – Дніпро, 2002, -56 с.
7. Бурков А.Т. Электронная техника и преобразователи: Учеб. для вузов ж.-д. трансп. - М.; Транспорт, 1999. – 464 с.
8. Иванченко Ф.К. Расчет грузоподъёмных и транспортирующих машин.[Текст] / Ф.К.Иванченко. –Киев: Вища школа, 1978.– 576 с.
9. Чиликин М, Г., Сандлер А. С. Общий курс электропривода: Учебник для вузов.—М.: Энергоиздат, 1981. — 576 с.
10. Елисеев В.А.Справочник по автоматизированному электроприводу. [Текст]/ В.А. Елисеев, Шинянский А.В.—М.: Энергоатомиздат, 1983. –616 с.
11. Бібліотека та її електронний каталог, мережа інтернет, плакати, слайди, комп'ютерні програми, кінофільми, термінологічний словник, презентації тощо.

					0024.ДМР 20.07.ПЗ	Арк.
						55
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

12. ГОСТ 12.1.038-82 Система стандартов безопасности труда (ССБТ).
Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжений
прикосновения и токов (с Изменением N 1)

13. СП 1204-74. Санитарные правила по устройству и оборудованию
кабин машинистов кранов (1647)

14. СН 2.2.4/2.1.8.566-96 Производственная вибрация, вибрация в
помещениях жилых и общественных зданий. Санитарные нормы

15. СН 2.2.4/2.1.8.562-96 Шум на рабочих местах, в помещениях
жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки.
Санитарные нормы

16. СНиП 23-03-2003 защита от шума

17. Правила устройства и безопасной эксплуатации грузоподъемных
кранов пб 10-14-92

					0024.ДМР 20.07.ПЗ	Арк.
						56
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ПЕРЕЛІК КРЕСЛЕНЬ

- 1.Схема електрична-принципова електропривода мостового крана
- 2.Релейно-контакторна схема керування
- 3.Електрична принципова схема механізму підйому
4. Дослідження перехідних процесів під час пуску електродвигуна мостового крана

					0024.ДМР 20.07.ПЗ	Арк.
						57
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ДОДАТОК А

					0024.ДМР 20.07.ПЗ	Арк.
						58
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		