

Магістерська кваліфікаційна робота

**Дводвигунний електропривод
вантажного підйомника з
врівноваженою кінематичною схемою**

Виконав: ст. гр. ЕПА-15м Кириловська Т. В.

Керівник роботи: к.т.н., доц. Бабій С. М.

Дводвигунний електропривод вантажного підйомника з врівноваженою кінематичною схемою

Мета роботи: дослідження дводвигунного електропривода вантажного підйомника з врівноваженою кінематичною схемою, побудова його моделей та перевірка їх адекватності шляхом моделювання в Matlab. Використання розроблених комп'ютерних моделей дозволить суттєво спростити процес проектування та дасть можливість проводити дослідження без шкоди та зношення реального обладнання.

Завдання:

1. Здійснити коротку характеристику підйомних установок та їх кінематичних схем.
2. Сформулювати вимоги до електропривода вантажного підйомника.
3. Здійснити характеристику взаємозв'язаних електроприводів.
4. Розробити математичну модель вантажного підйомника з врівноваженою кінематичною схемою.
5. Розробити математичну модель розподілу навантаження між приводними двигунами, які працюють у складі дводвигунного привода.
6. Розрахувати автоматизований електропривод вантажного підйомника з врівноваженою кінематичною схемою.
7. Перевірити правильність прийнятих рішень шляхом комп'ютерного моделювання.
8. Провести економічні розрахунки.
9. Описати умови безпечної експлуатації розробленої системи.

Об'єкт дослідження – процеси, що протікають в контурах системи керування електропривода вантажного підйомника з врівноваженою кінематичною схемою.

Предмет дослідження – електропривод вантажного підйомника з врівноваженою кінематичною схемою.

Технічна характеристика об'єкта дослідження

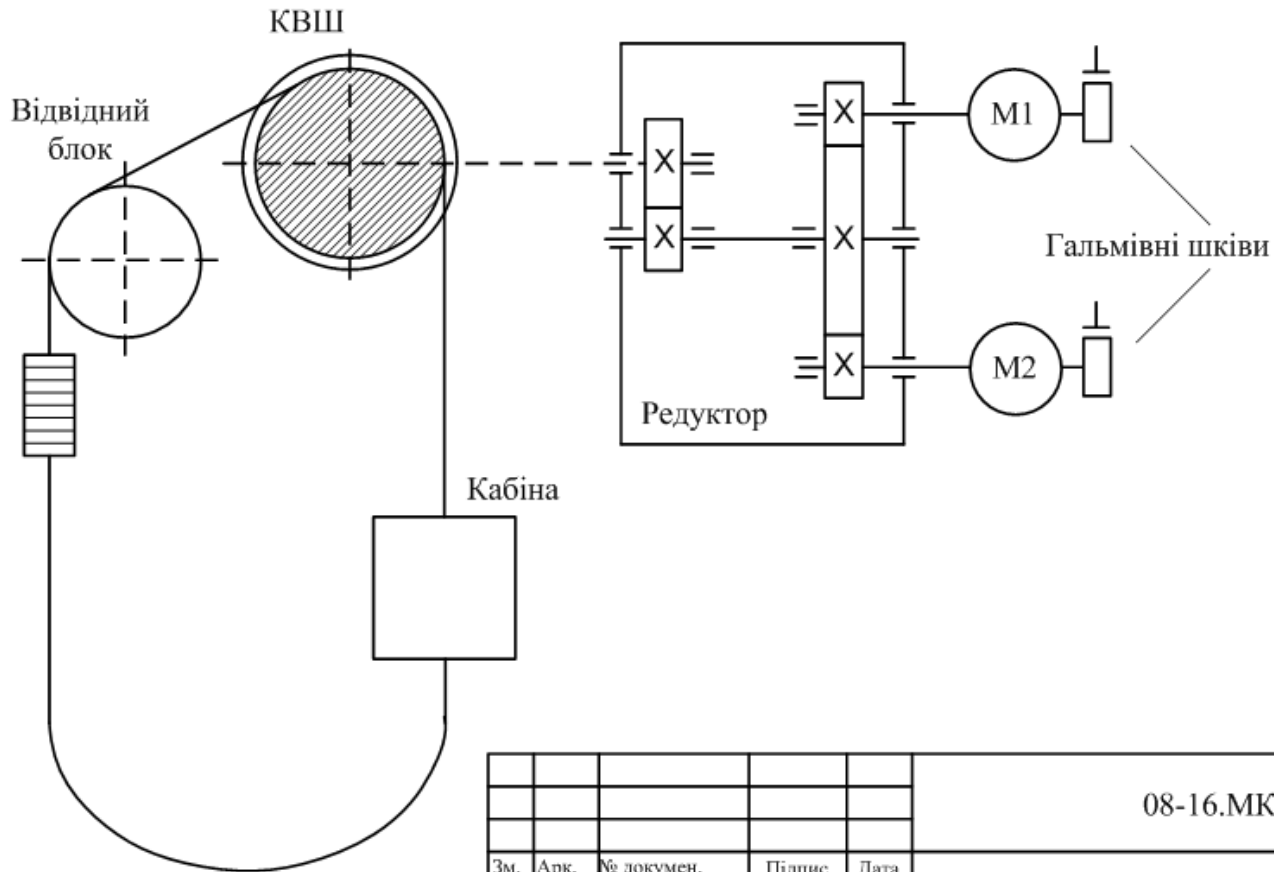
Вантажний підйомник – стаціонарна підйомна машина періодичної дії з вертикальним рухом кабіни або платформи в спеціальній шахті



Технічні характеристики

Параметри	Значення
Вантажопідйомність m_p , кг	4000
Маса кабіни m_0 , кг	3000
Висота підйому H , м	8
Швидкість робочого ходу $V_{рх}$, м/с	0,25
Швидкість зворотного ходу $V_{зх}$, м/с	0,38
Допустиме прискорення a , м/с ²	0,5
Діаметр канатоведучого шківа $D_{шкш}$, м	0,4
Кількість циклів за годину $N_{ц}$	30
Коефіцієнт врівноваження α	0,5

08-16.МКР.002.00.000 К

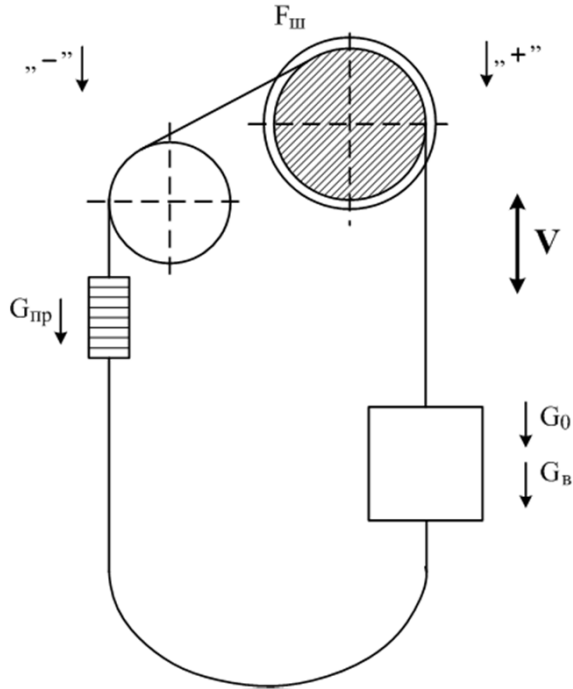


Підпис і дата	Інв. № дубл.	Зам. інв. №	Підпис і дата	Інв. № ориг.

Зм.	Арк.	№ докумен.	Підпис	Дата
Розробив:	Кириловська Т.			
Перевірив	Бабій С. М.			
Т. контр.				
Рецензент				
Норм.кон.	Бабій С. М.			
Затверд.	Кутін В. М.			

08-16.МКР.002.00.000 К								
Дводвигунний електропривод вантажного підйомника з врівноваженою кінематичною схемою.						Літ.	Маса	Масштаб
Схема кінематична вантажного підйомника						Аркуш 1	Аркушів 1	
						гр. ЕПА-15м		

Математична модель механічної частини вантажного підйомника



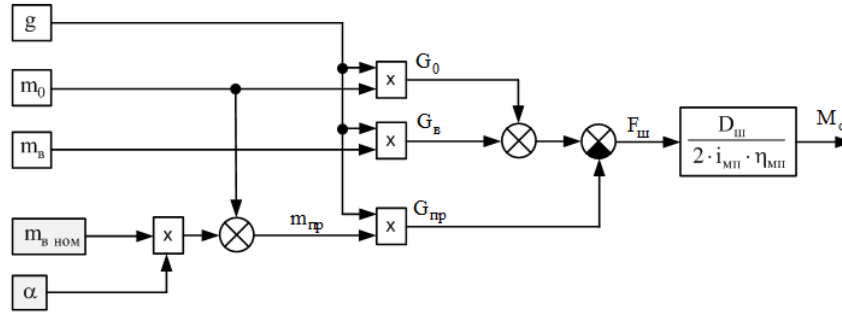
Механічна частина врівноваженого підйомника описується системою рівнянь:

$$\left\{ \begin{array}{l} G_{\text{в}} = m_{\text{в}} \cdot g, \\ G_0 = m_0 \cdot g, \\ m_{\text{пр}} = m_0 + \alpha \cdot m_{\text{в ном}}, \\ G_{\text{пр}} = m_{\text{пр}} \cdot g, \\ F_{\text{ш}} = G_0 + G_{\text{в}} - G_{\text{пр}}, \\ M_{\text{опору}} = \frac{F_{\text{ш}} \cdot D_{\text{ш}}}{2 \cdot i_{\text{мп}}} \end{array} \right.$$

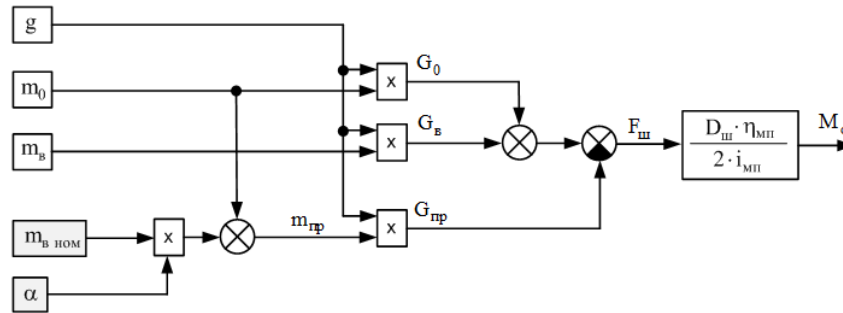
ККД механічної передачі враховують залежно від співвідношень мас kabіни m_0 , вантажу $m_{\text{в}}$ та противаги $m_{\text{пр}}$, а також – залежно від напрямку руху привода (підйом, спуск):

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{Якщо } \begin{cases} m_0 + \alpha \cdot m_{\text{в ном}} \geq m_{\text{пр}}, \\ \omega > 0, \end{cases} \text{ то } M_{\text{с}} = \frac{M_{\text{опору}}}{\eta_{\text{мп}}}; \\ \text{Якщо } \begin{cases} m_0 + \alpha \cdot m_{\text{в ном}} \geq m_{\text{пр}} \\ \omega < 0 \end{cases} \text{ то } M_{\text{с}} = M_{\text{опору}} \cdot \eta_{\text{мп}}; \\ \text{Якщо } \begin{cases} m_0 + \alpha \cdot m_{\text{в ном}} < m_{\text{пр}} \\ \omega > 0 \end{cases} \text{ то } M_{\text{с}} = M_{\text{опору}} \cdot \eta_{\text{мп}}; \\ \text{Якщо } \begin{cases} m_0 + \alpha \cdot m_{\text{в ном}} < m_{\text{пр}} \\ \omega < 0 \end{cases} \text{ то } M_{\text{с}} = \frac{M_{\text{опору}}}{\eta_{\text{мп}}}; \\ \text{Якщо } \omega = 0 \text{ то } M_{\text{с}} = M_{\text{опору}}. \end{array} \right.$$

08-16.МКР.002.00.000 Е1



Структурна схему механічної частини підйомника при підйомі кабіни з номінальним вантажем (спуску порожньої кабіни)



Структурна схему механічної частини підйомника при спуску кабіни з номінальним вантажем (підйомі порожньої кабіни)

Підпис і дата	
Ім. № дубл.	
Зам. ім. №	
Підпис і дата	
Ім. № орг.	

					08-16.МКР.002.00.000 Е1			
Зм.	Арк.	№ докумен.	Підпис	Дата	Двюдвигунний електропривод вантажного підйомника з врівноваженою кінематичною схемою. Схема структурна механічної частини вантажного підйомника	Літ.	Маса	Масштаб
Розробив:	Кириловська Т.							
Перевірив:	Бабій С. М.							
Т. контр.								
Рецензент						Аркуш 1	Аркушів 1	
Норм.кон.	Бабій С. М.				гр. ЕПА-15м			
Затверд.	Кутія В. М.							

Розподіл навантаження між приводними двигунами підйомної лебідки вантажного підйомника



Дводвигунний ЕП з жорстким з'єднанням валів

Для дводвигунного електропривода вантажного вантажного підйомника характерними є співвідношення:

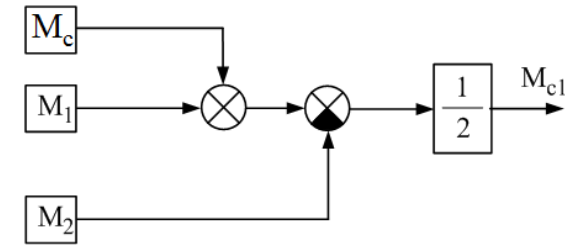
$$\begin{cases} \omega_1 = \omega_2 = \omega, \\ M_{c1} + M_{c2} = M_c, \\ J_1 = J_2 = J. \end{cases}$$

Рух дводвигунного привода описується системою рівнянь:

$$\begin{cases} J_1 \frac{d\omega_1}{dt} = M_1 - M_{c1}, \\ J_2 \frac{d\omega_2}{dt} = M_2 - M_{c2}. \end{cases}$$

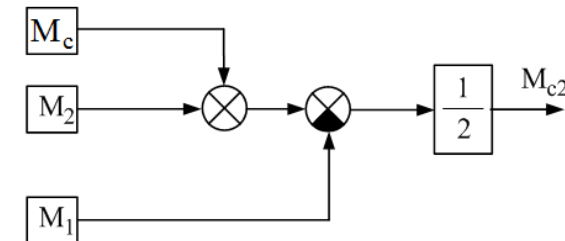
Статичне навантаження, яке припадає на приводний двигун M1:

$$M_{c1} = \frac{1}{2}(M_1 - M_2 + M_c)$$



Статичне навантаження, яке припадає на приводний двигун M2:

$$M_{c2} = \frac{1}{2}(M_2 - M_1 + M_c)$$

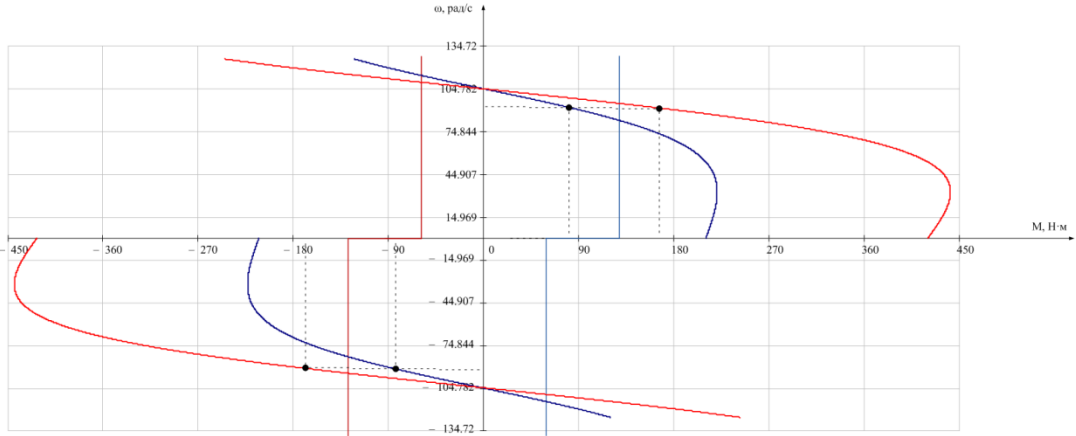


Техніко-економічне обґрунтування вибору системи електропривода

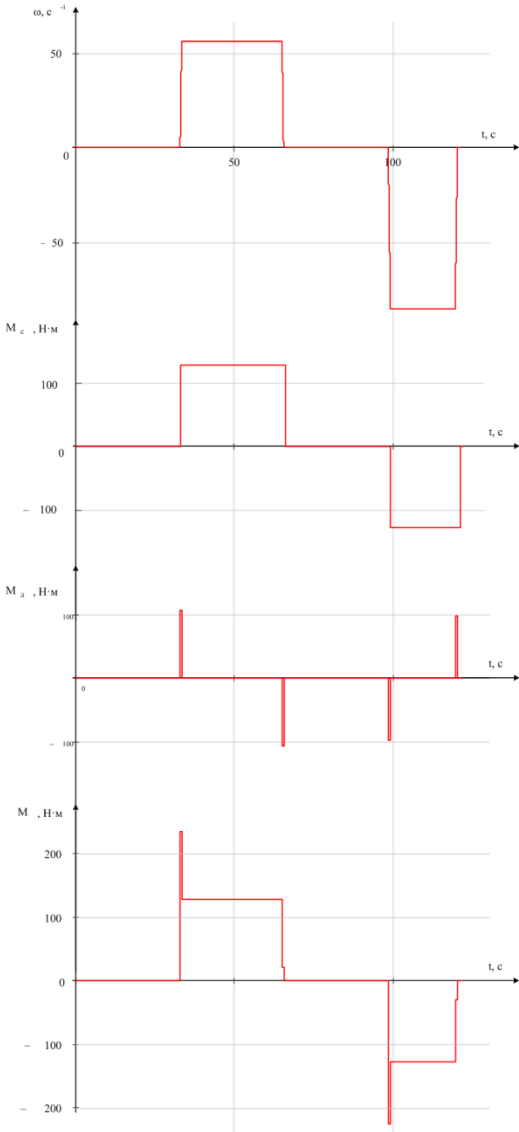
Показники	Системи електричного привода	
	ТП-Д	ПЧ-АД
Вартість двигуна D , грн	72350	28940
Вартість системи керування СК, грн	69102	76780
Капітальні вкладення K , грн	141452	105720
Річні капітальні витрати $K_{річн}$, грн/рік	24046,84	17972,40
Амортизаційні відрахування C_A , грн/рік	14145,20	10572,00
Відрахування на ремонт C_P , грн/рік	2829,04	2114,40
Додаткові відрахування C_D , грн/рік	11129,46	9917,91
Відрахування на обслуговування C_O , грн/рік	1405,19	1130,22
Загальні відрахування C , грн/рік	29508,89	23734,53
Приведені витрати Z , грн/рік	53555,73	41706,93

Характеристики приводного двигуна. Навантажувальна діаграма привода

Тип двигуна	МТКФ-211-6
Номинальна потужність $P_{дв.н}$, кВт	7,5
Номинальна напруга $U_{дв.н}$, В	380
Номинальна швидкість обертання $n_{дв.н}$, об/хв	880
$\cos\varphi_{ном}$	0,77
Коефіцієнт корисної дії $\eta_{дв.н}$, %	75,5
Пусковий момент $M_{дв.пуск}$, Н·м	210
Максимальний момент $M_{дв.к}$, Н·м	220
Номинальний струм статора $I_{дв.н}$, А	19,5
Пусковий струм $I_{дв.пуск}$, А	78
Активний опір обмотки статора R_1 , Ом	0,755
Приведений активний опір обмотки ротора R_2' , Ом	1,62
Індуктивний опір розсіювання обмотки статора X_1 , Ом	1,05
Приведений індуктивний опір розсіювання обмотки ротора X_2' , Ом	1,02
Момент інерції ротора $J_{рот}$, кг·м ²	0,11

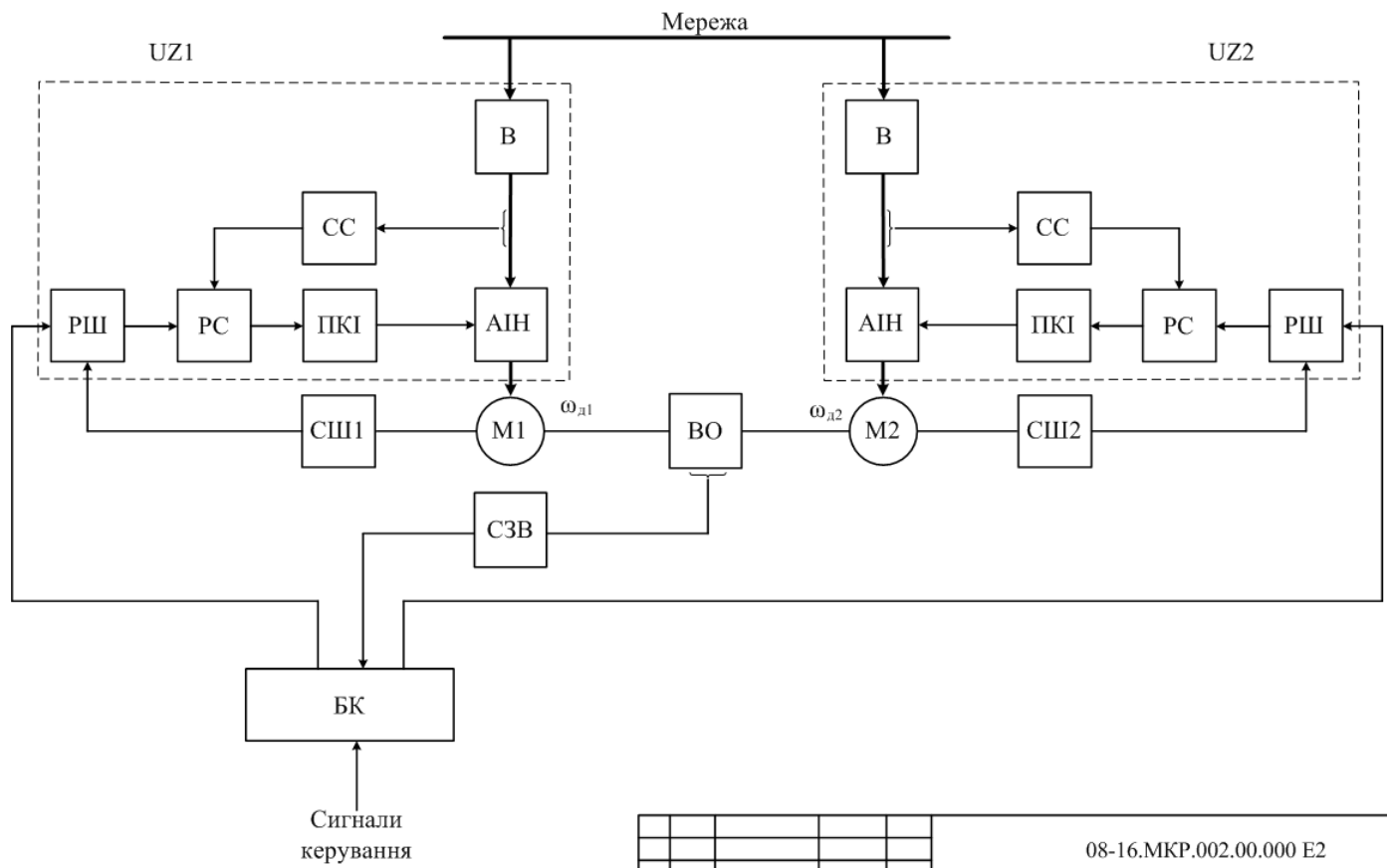


Суміщені механічні характеристики електропривода та навантаження



Навантажувальна діаграма електропривода

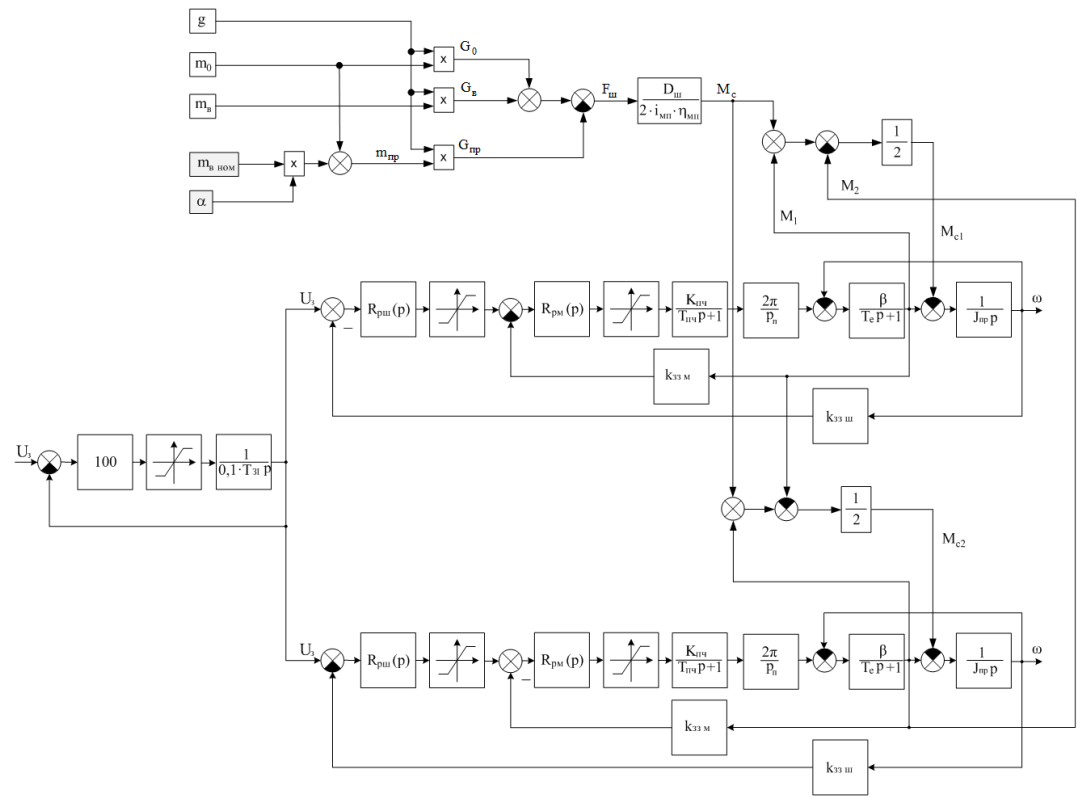
08-16.МКР.002.00.000 Е2



Підпис і дата	
Ім. № дубл.	
Зам. ім. №	
Підпис і дата	
Ім. № ориг.	

08-16.МКР.002.00.000 Е2					
Зм.	Арк.	№ докумен.	Підпис	Дата	Двигунний електропривод вантажного підйомника з врівноваженою кінематичною схемою.
Розробив:		Кирилівська Т.			Літ.
Перевірив:		Бабій С. М.			
Т. контр.					Масштаб
Рецензент					Аркушів 1
Норм.кон.		Бабій С. М.			гр. ЕПА-15м
Затверд.		Кутін В. М.			

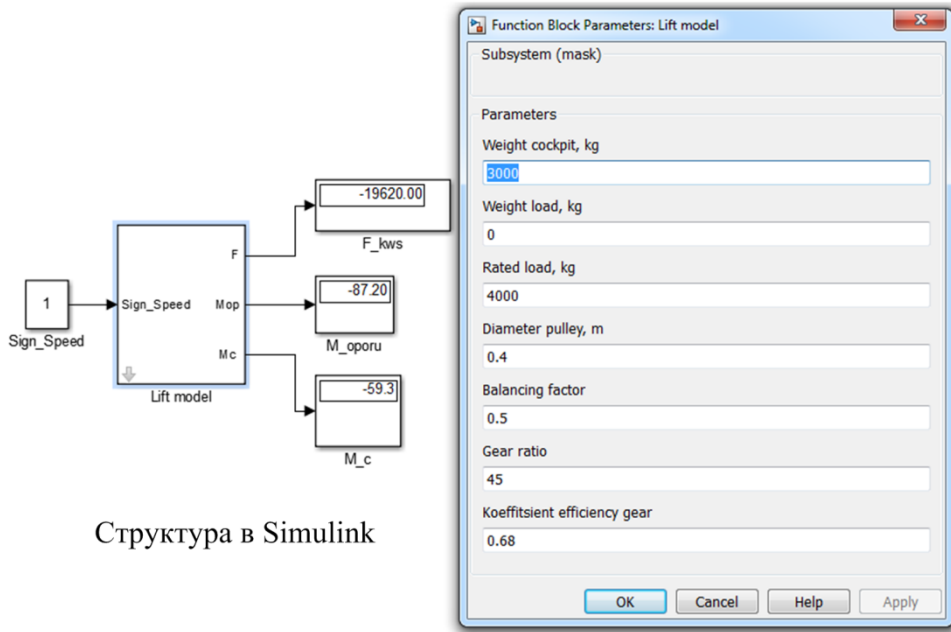
08-16.MKP.002.00.000 E1



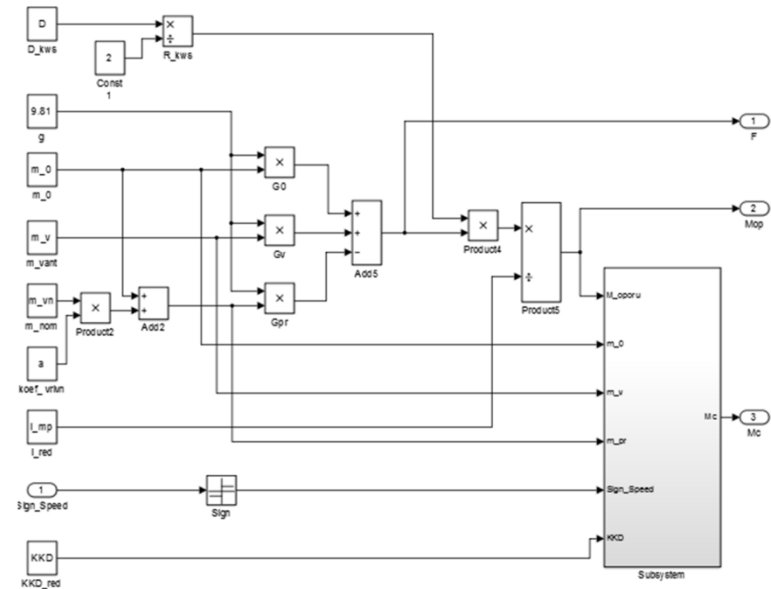
Ім'я та прізвище:	Іванів І.І.
Ім'я та прізвище:	Іванів І.І.
Ім'я та прізвище:	Іванів І.І.
Ім'я та прізвище:	Іванів І.І.

				08-16.MKP.002.00.000 E1			
Зм. Арк.:	№ докумен.:	Підпис:	Дата:	Дводвигунний електродвигун вантажного підйомника з рівноваженою кінематичною схемою.			
Розробив:	Кирилюк Т.			Схема електричної структури САЕП вантажного підйомника			
Перевірив:	Бабій С. М.			Аркуш 1 Аркуш 1			
Т. контр.:				гр. ЕПА-15М			
Рецензент:							
Норм. кон.:	Бабій С. М.						
Затверд.:	Кутів В. М.						

Моделювання механічної частини вантажного підіймника

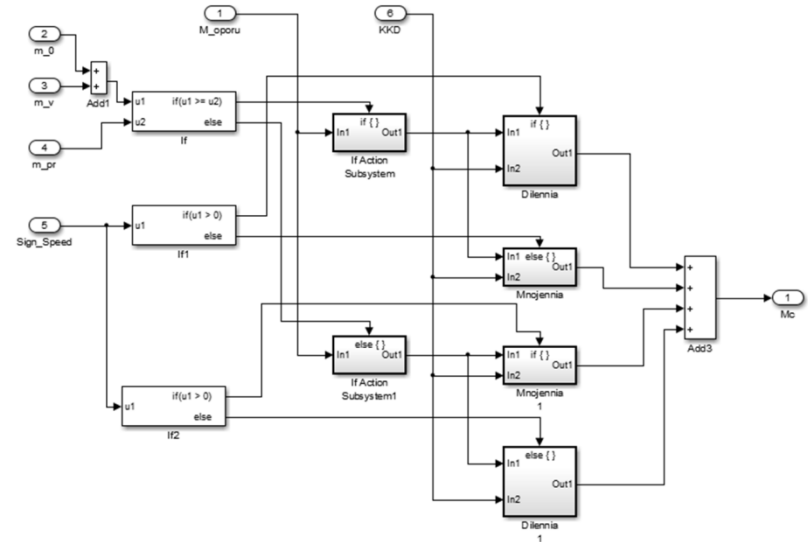


Структура в Simulink

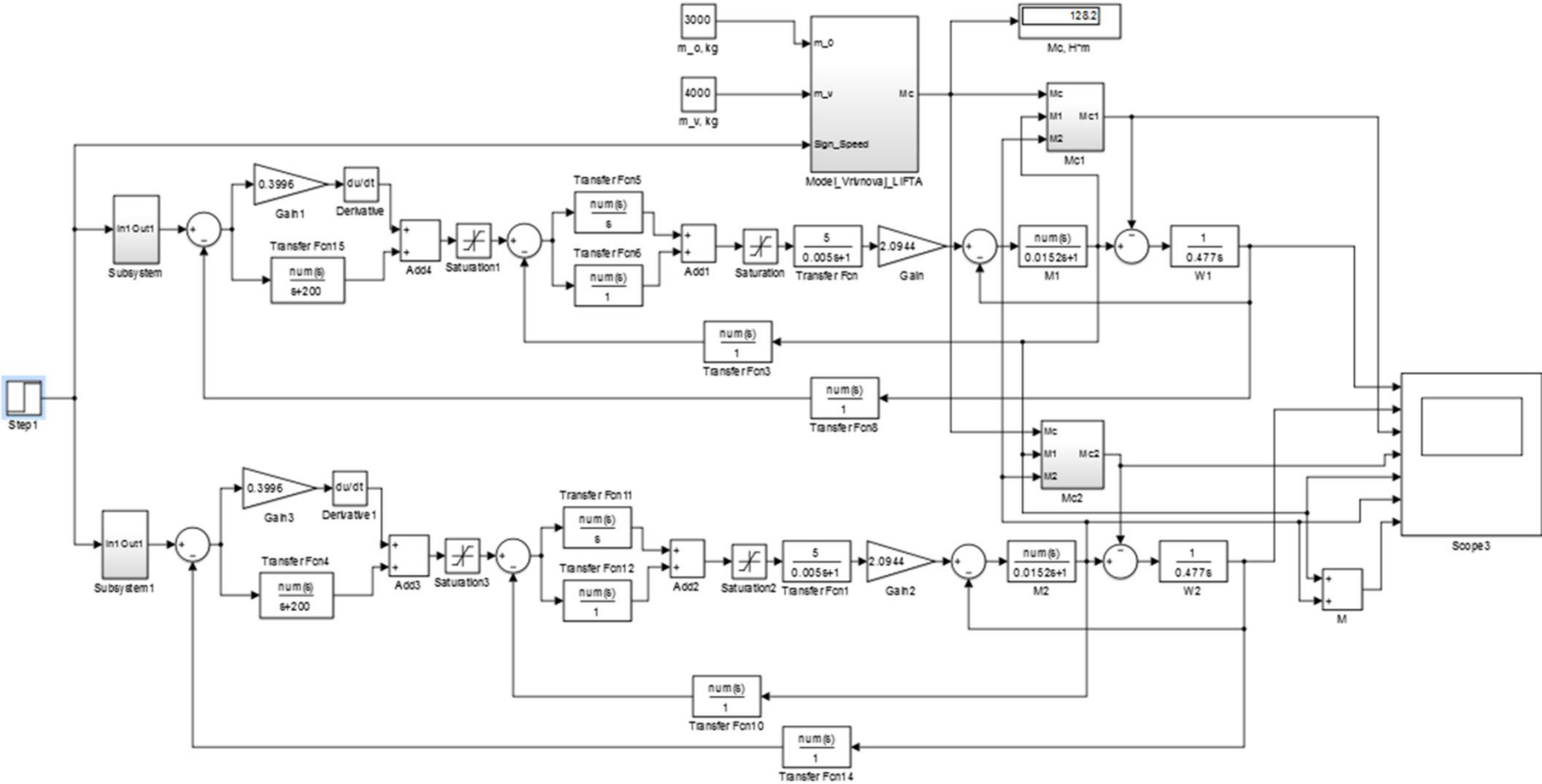


Порівняльна таблиця

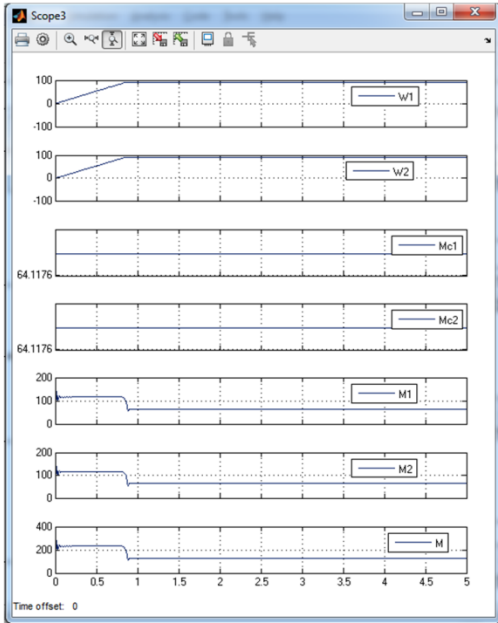
Параметри	Результати розрахунків	Результати моделювання
Підйом номінального вантажу		
Результ уяче зусилля на КВШ $F_{ш}$, Н	19620	19620
Момент статичного опору M_c , Н·м	128,235	128,2
Спуск номінального вантажу		
Результ уяче зусилля на КВШ $F_{ш}$, Н	19620	19620
Момент статичного опору M_c , Н·м	59,296	59,3
Підйом не завантаженої кабіни		
Результ уяче зусилля на КВШ $F_{ш}$, Н	-19620	-19620
Момент статичного опору M_c , Н·м	-59,296	-59,3
Спуск не завантаженої кабіни		
Результ уяче зусилля на КВШ $F_{ш}$, Н	-19620	-19620
Момент статичного опору M_c , Н·м	-128,235	-128,2



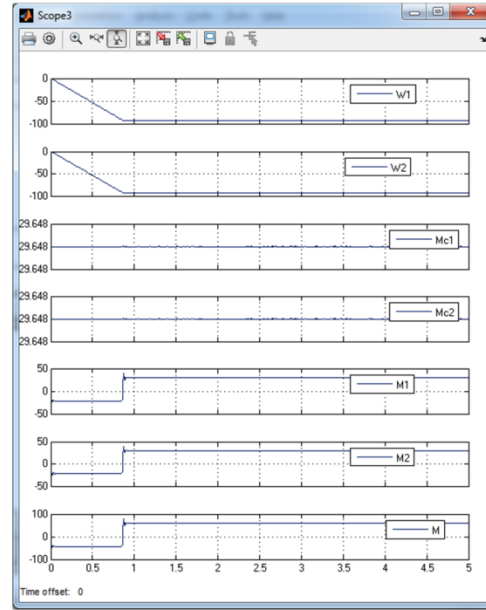
Моделювання САЕП вантажного підйомника



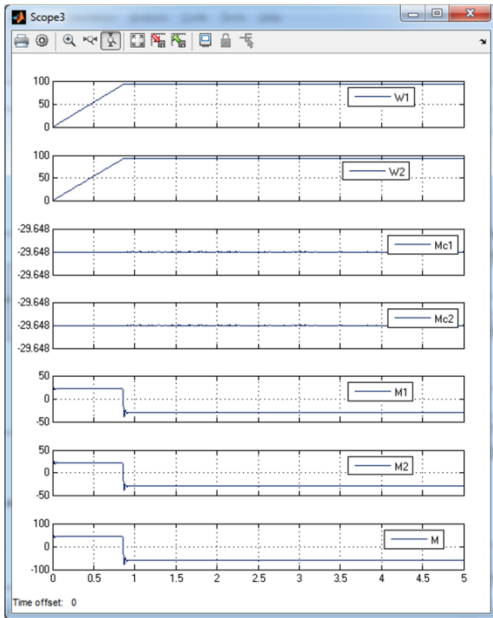
Результати моделювання САЕП вантажного підйомника



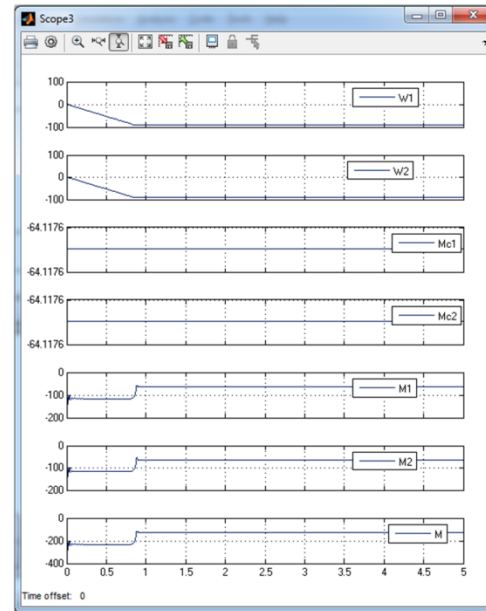
Графіки перехідних процесів при підйомі номінального вантажу



Графіки перехідних процесів при опусканні номінального вантажу

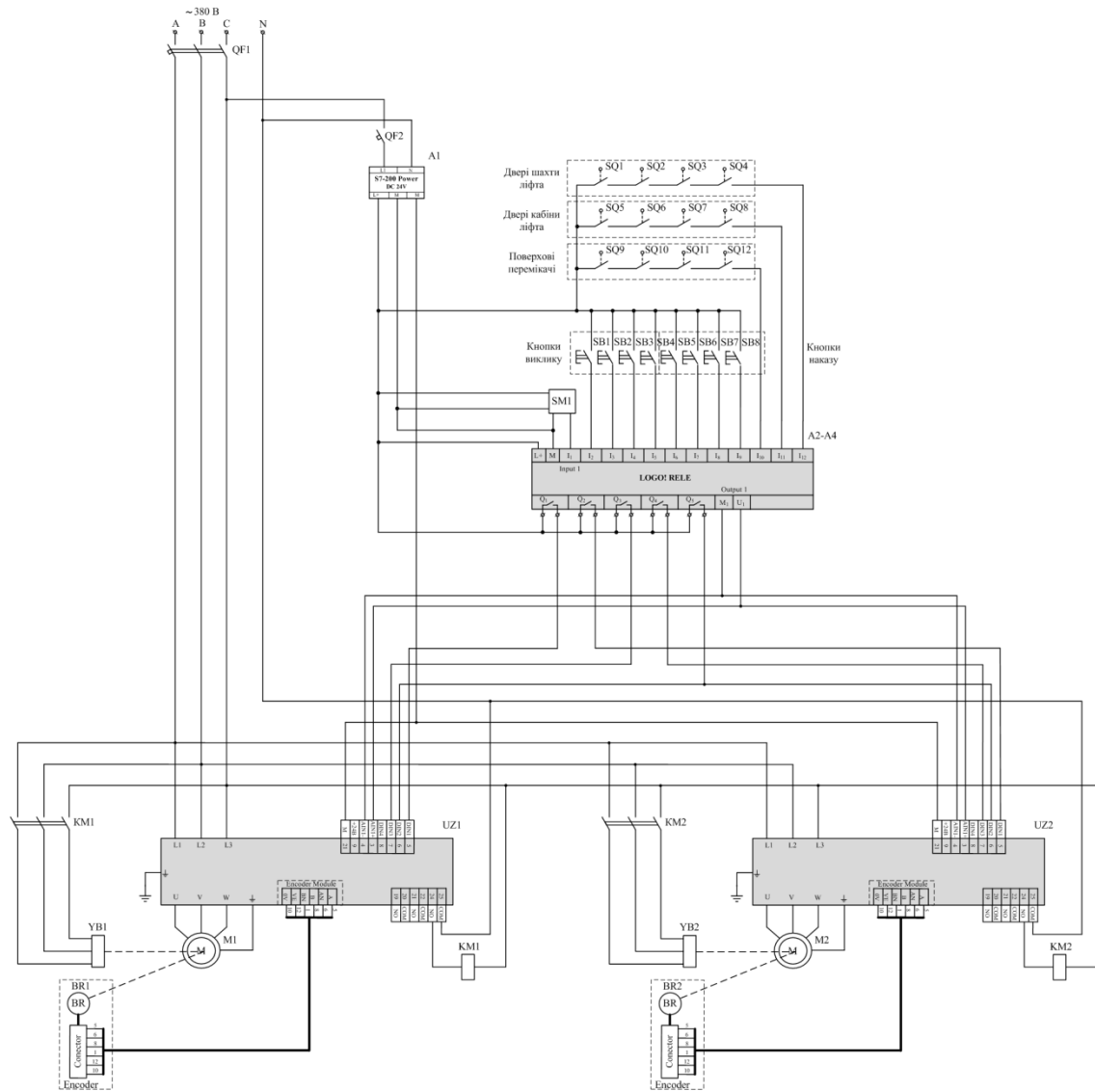


Графіки перехідних процесів при підйомі незавантаженої кабіни



Графіки перехідних процесів при опусканні незавантаженої кабіни

08-16.МКР.002.00.000 ЕЗ



Поз.	Найменування	К-ть	Примітки
A1	SP 3.5, DC 24V	1	
A2	LOGO! 12/24 RCE	1	
A3	LOGO! DMS 230R	1	
A4	LOGO! AM2	1	
<u>Сенсор швидкості</u>			
BR1, BR2	Incremental Encoder	2	
<u>Магнітні пускачі</u>			
KM1, KM2	KMI-48012	2	
<u>Двигуни</u>			
M1, M2	МТКФ-211-6	2	7,5 кВт
<u>Кнопки керування</u>			
SB1...SB8	ПК112	8	
<u>Сенсори ваги</u>			
SM1	EMS100	1	
<u>Автоматичний вимикач</u>			
QF1	EZC100N	1	
QF2	Merlin Gerain, C6, 230/400V AC	1	
<u>Частотний перетворювач</u>			
UZ1, UZ2	SINAMICS G120C	2	6SL3210-1KE22-6UB1

Шкала проекту: Підписано: Дата: 08.08.2016

08-16.МКР.002.00.000 ЕЗ								
№	Арк.	№ документа	Підпис	Дата	Додатковий електронний підпис	Іні.	Маса	Масштаб
Розробник		Кориснівка Т.			Додатковий електронний підпис			
Проєктувальник		Кабін С. М.			Схема електричного проєктування САЕП	Архив	1	Архивна 1
Т. конструктор					Додатковий електронний підпис			
Проєктувальник								
Проєктувальник		Кабін С. М.						гр. ЕПА-15м
Версія		Кутин В. М.						

Наукова новизна та практичне значення роботи

Наукова новизна одержаних результатів. Розроблено математичну модель механічної частини підйомника з врівноваженою кінематичною схемою та дводвигунним електроприводом підйомної лебідки, яка на відміну від існуючих, враховує розподіл навантаження між двигунами та залежність цього навантаження від напрямку руху.

Практичне значення одержаних у роботі результатів полягає в розробці у середовищі Matlab Simulink структури механічної частини підйомника з врівноваженою кінематичною схемою та дводвигунним електроприводом, яку можна використовувати при проектуванні автоматизованих електроприводів таких підйомників.

Апробація результатів роботи

Конференції. Основні положення і результати досліджень доповідались та обговорювались на таких міжнародних і регіональних конференціях:

1. Техника и технология.Современные проблемы и перспективы развития / Inżynieria i technologia.Współczesne problemy i perspektywy rozwoju, Warszawa, 29-30 квітня 2016.

2. Молодь в технічних науках: дослідження, проблеми, перспективи (МТН-2016) : Міжнародна Інтернет-конференція, Вінниця, 04-10 травня 2016 р.

3. XLV регіональна науково-технічна конференція професорсько-викладацького складу, співробітників та студентів університету з участю працівників науково-дослідних організацій та інженерно-технічних працівників підприємств м. Вінниці та області, Вінниця, 23-24 березня 2016 р.

Публікації. За тематикою дослідження опубліковано 1 статтю, 2 тез доповідей матеріалів конференцій.