

Міністерство освіти и науки України  
Державний вищий навчальний заклад  
"Національний гірничий університет"

електротехнічний  
(Факультет)

Кафедра електропривода  
(Повна назва)

Пояснювальна записка  
дипломного проекту (роботи)

бакалавр  
(Назва освітньо-кваліфікаційного рівня)

галузь знань 0507Електротехніка та електромеханіка  
(Шифр і назва галузі знань)

напрямок підготовки 6.050702«Електромеханіка»  
(Код і назва напрямку підготовки)

освітній рівень бакалавр  
(Назва освітнього рівня)

кваліфікація фахівець у галузі електромеханіки  
(Код і назва кваліфікації)

на тему: «Модернізація електропривода шахтної підйомної установки 2Ц-4х1,8»

**Виконавець:**

студент 4 курсу, групи ЕМ-15-2

Герасименко Д.Ю  
(Підпис) (прізвище та ініціали)

Керівники	Прізвище, ініціали	Оцінка	підпис
проекту	<i>Балахонцев О.В.</i>		
розділів:			
<i>Спеціальна частина</i>	<i>Балахонцев О.В.</i>		
<i>Охорона праці</i>	<i>Лутц І.В.</i>		
<i>Економіка</i>	<i>Тимошенко Л.В.</i>		
Рецензент	<i>Рогоза Ю.М.</i>		
Нормоконтроль	<i>Казачковській М.М.</i>		

Дніпро  
2019

Міністерство освіти і науки України  
НТУ "Дніпровська політехніка"

**ЗАТВЕРДЖЕНО:**

завідувач кафедри

електроприводу

(Повна назва)

\_\_\_\_\_ Казачковській М.М.  
(Підпис) (прізвище, ініціали)

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2019\_\_ року

**Завдання  
на дипломний проект**

бакалавр

(Назва освітньо-кваліфікаційного рівня)

студенту ЕМ-15-2 Герасименко Д.Ю.

(Група) (прізвище та ініціали)

**Тема дипломного проекту** Модернізація електропривода шахтної підйомної  
установки 2Ц-4х1,8

ЗАТВЕРДЖЕНА наказом ректора ДВНЗ "НГУ" від 17.04.2019 №686-л \_\_\_\_\_

Розділ	Зміст	Термін Виконання
Спеціальний	<i>Розрахунок потужності двигуна, розробка систему керування, дослідження динаміки.</i>	29.01 - 27.04
Охорона праці	<i>Аналіз шкідливих и небезпечний факторів.</i>	28.04 - 15.05
Економічний	<i>Розрахунок основних техніко-економічних показників впровадження дипломного проекту.</i>	15.05 - 5.06

завдання видав \_\_\_\_\_ Балахонцев О.В.

(Підпис) (прізвище, ініціали)

Завдання прийнять до виконання \_\_\_\_\_ Герасименко Д.Ю.

(Підпис) (прізвище, ініціали)

Дата видачі завдання: 29.01.2019

Термін Подання дипломного проекту до ДЕК \_\_\_\_\_ 22.06.2019

## ***Розділ 1. Технологічна частина***

### *1.1 Загальні вимоги до електроприводу шахтної підйомної установки.*

**Шахтна підйомна установка** - складна механічна система, яка складається з ряду зосереджених мас (судини, органи навивки, левередж, двигун, шків), з'єднаних пружними елементами (канати, валопроводи, пружинні муфти). Найбільш відповідальна і складна ланка в технологічному комплексі шахти, що забезпечує транспортування людей і вантажів по шахтному стовбуру. Складність їх обумовлена тим, що електрична схема підземної машини повинна виконувати безліч контрольних і захисних функцій і забезпечувати автоматичне керування потужним приводом постійного або змінного струму при значній, змінній за рівнем навантаження для підтримки з великою точністю заданої швидкості судини на всіх ділянках його руху.

					ЕП.ПД. 18.14.Р.ПЗ	Арк.
						3
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

## 1.2 Опис, класифікація ЕП

Шахта розташована на території місто Павлоград, Дніпровська обл., Україна. «Благодатна» - піонер освоєння технології роздільного виймання вугілля і породи на надтонких вугільних пластах.

Молода шахта в західному регіоні Донбасу. Введена в експлуатацію в 1971 році з проектною потужністю 1,2 мільйона тонн.

Вугілля, який добувають гірники «БЛАГОДАТНАЯ», марки Г (газовий) - задействован в комунально-побутовому секторі нашої держави.

Через свої властивості можуть бути задіяні в процесі і газифікації, і формуванні коксу, і процесу напівкоксування. Крім того, є розвідані запаси, які можуть розроблятися і в подальшому. Тому шахта «Благодатна» - перспективне підприємство, незважаючи на те, що видобуток вугілля йде на глибині майже 710 метрів.. На шахті регулярно вводяться в експлуатацію нові лави, створюється додатковий фронт робіт. На відміну від крутопадаючих пластів Центрального району Донбасу шахти Шахтарська мають пологі пласти з кутом падіння від 2 до 5 градусів.

По надійності. Електрообладнання підйомної установки відноситься до класу IX (Група А) - цьому відповідає ймовірність роботи на проміжку часу 720 ч  $P = 0.95$ , середнє напрацювання на відмову:  $T_{отк} = 15000$  ч, при часу відновлення (часу ремонту трем = 0.5 ч, часу простою після аварії тавар = 0.5 год і часу роботи на добу трабсут = 15 ... 18 год.

Технічна доцільність і економічність ефективного регульованого приводу майже у всьому діапазоні потужностей доведена.

Вибір системи управління залежить від глибини підйому, типу підйомної машини, підйомного судини, кількості горизонтів і відстані межу ними.

Електропривод підйомної установки повинен забезпечувати:

а) роботу зі зниженою швидкістю від 0.3 до 1 м / с при знятті судини з жорстких посадочних пристроїв;

					ЕП.ПД. 18.14.Р.ПЗ	Арк.
						4
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

- б) уповільнення підйомних посудин, що не перевищують 1 м / с<sup>2</sup> для всіх типів вертикальних і похилих установок;
- в) обмеження прискорень величиною 1 м / с<sup>2</sup> для людських підйомів, а для вантажних підйомів вони визначаються проектуванням;
- г) відсутність прослизання каната по футеровці на всіх ділянках руху судин;
- д) стійку максимальну швидкість при рівномірному ході незалежно від навантаження на валу двигуна і напрямки руху;
- е) рух судин зі зниженою швидкістю при дотягуванні, в результаті чого має бути скомпенсована похибка системи регулювання.

Для клітьових підйомів жорстким закріпленням кінців канатів на барабанах шлях дотягування визначається тільки абсолютною помилкою регулювання шляхом в процесі уповільнення. Для скіпових підйомів шлях дотягування визначається помилкою по шляху в процесі уповільнення і величиною пройденого шляху руху скіпа в розвантажувальних кривих.

Шлях руху зі зниженою швидкістю зі шківом тертя для клітьових підйомів визначається абсолютною помилкою регулювання шляхом в процесі уповільнення і максимально можливим пружним проскальзиванням каната. Для скіпових підйомників зі шківом тертя шлях дотягування збільшується через рух судини в розвантажувальних кривих., Таким чином, для клітьових барабанних шахтних підйомних установок необхідно приймати рівним 0.5 ... 1 м, для клітьових зі шківом тертя - 1 ... 1.5 м, для скіпових барабанних - 2.5 ... 3.5 м, для скіпових зі шківом тертя - 3 ... 3.5 м.

В підйомних установках з автоматизованим регульованим приводом система управління повинна забезпечувати підтримку максимальної швидкості з точністю не менше  $\pm 1\%$  і швидкості дотягування  $\pm 10\%$ .

Найкращою системою автоматичного управління для шахтної підйомної установки є система з обмеженням ривка і прискорення. У всіх системах

					ЕП.ПД. 18.14.Р.ПЗ	Арк.
						5
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

автоматичного управління приводом шахтної підйомної установки з завданням програми руху в функції часу можна вважати можливим досягнення необхідного режиму без додаткового коректування діаграми швидкості по шляху тільки в період розгону.

Період уповільнення, як показує досвід експлуатації шахтних підйомних установок, застосування дискретного в окремих точках або безперервного контролю руху підйомного судини по шляху є обов'язковим.

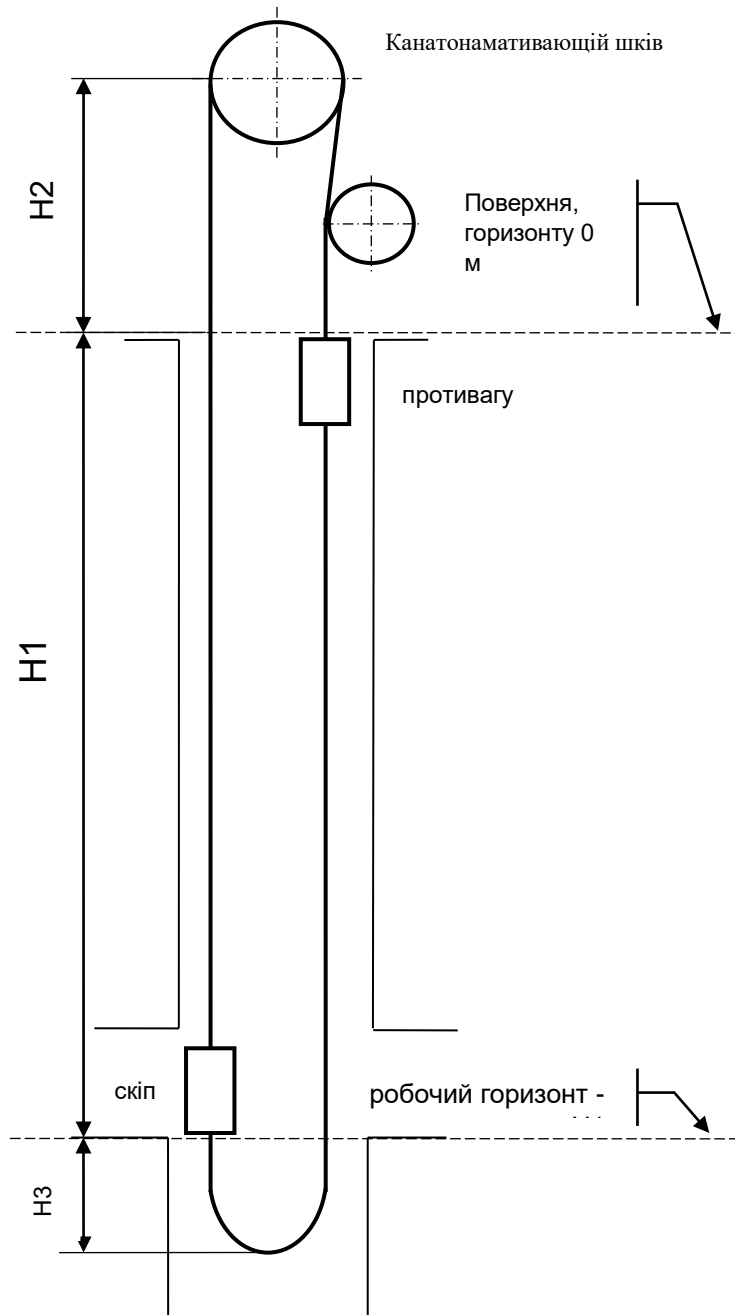
Забезпечення необхідної точності зупинки судин на многогоризонтних клітьових установках ускладнюється через зміну навантаження від одного знака номіналу до іншого при підході кліті до заданого рівня з двох сторін. При дуже великих глибинах пружна деформація канатів настільки значна, що механічні пристрої не можуть забезпечувати її компенсацію, тому слід віддати перевагу регулювання положення підйомного судини за допомогою електроприводу, що створює електромагнітний момент для управління становищем судини на вазі (так звана плаваюча підвіска).

					ЕП.ПД. 18.14.Р.ПЗ	Арк.
						6
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		



На рис. 2 показаний профіль вертикальної виробки з позначенням відповідних величин.

Виконавчий орган електроприводу включає в себе барабан, канатоведучий шків, систему канатів, підйомну порожнину, противагу і врівноважує канат.



Мал. 2 Профіль вертикальної виробки

					ЕП.ПД. 18.14.Р.ПЗ	Арк.
						8
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		



Потужність електричних приводів сучасних под'ємних машин досягає 10 000 кВт, а загальна маса вантажу, що піднімається 45-50 т, при глибинах підйому понад 700 м. Швидкість руху скіпа при глибоких стовбурах становить від 10 до 20 м / с, при точності його зупинки  $\pm 200$  мм .

Особлива відповідальність функціонування цього об'єкта пов'язана з необхідністю забезпечити високий рівень надійності і безпеки експлуатації підйомних машин, оскільки відмова їх механічних або електричних вузлів може привести не тільки до великих матеріальних втрат, викликаних простоєм всього підприємства, а й до травмування людей.

					ЕП.ПД. 18.14.Р.ПЗ	Арк.
						9
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

**Вихідні дані:**

параметр	позначення	одиниці виміру	значення
Висота підйому	H1	м	710
Висота перепідйому	H2	м	7
Довжина провисання канату, який врівноважує	H3	м	7
Радіус канатонамативаючого шківів (барабана)	Rб	м	4,0
Допустима швидкість підйому	vmax	м / с	12
Вага корисного вантажу (завантаження)	mзагрузки	т	21
вага скіпа	mскіп	т	22
вага противаги	mпротівовеса	т	20
Питома вага головного каната	$\rho_{гл.кан}$	кг / м	41
Питома вага каната, який врівноважує	$\rho_{уравн.кан}$	кг / м	39,6
Момент інерції двигуна	Jдвiг	т * м <sup>2</sup>	14
Момент інерції канатонамативаючого шківів (барабана)	Jбарабан	т * м <sup>2</sup>	32

					ЕП.ПД. 18.14.Р.ПЗ	Арк.
						10
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

## Розділ 2. Автоматизований електропривод

### 2.1) Приведення моментів до валу двигуна

Підйомна установка працює в автоматичному режимі. Робочий цикл механізму складається з підйому скіпа з завантаженням паузи, спуску скіпа, паузи.

Навантажувальна діаграма ШПУ є залежністю величини зусилля на валу приводного двигуна від горизонту (висоти підйому скіпа)  $h$  .. Зі зміною горизонту, змінюється довжина гілок головного і врівноважує скіпа.

Під час підйому скіпа, проти руху діють моменти, які обумовлені вагою наагрузкі  $M_{нагрузкі}$  скіпа  $M_{скіп}$ , гілок головного  $M_{кан.гл.скіп}(h)$  на врівноважує  $M_{кан.уравн.скіп}(h)$  канатів, які перебувають з боку:

$$M_{+}(h) = M_{скіп} + M_{загр} + M_{кан.гл.скіп}(h) + M_{кан.уравн.скіп}(h) + M_{тр},$$

Ця складова залежить від того, чи є завантаження в підйомному посудині ..

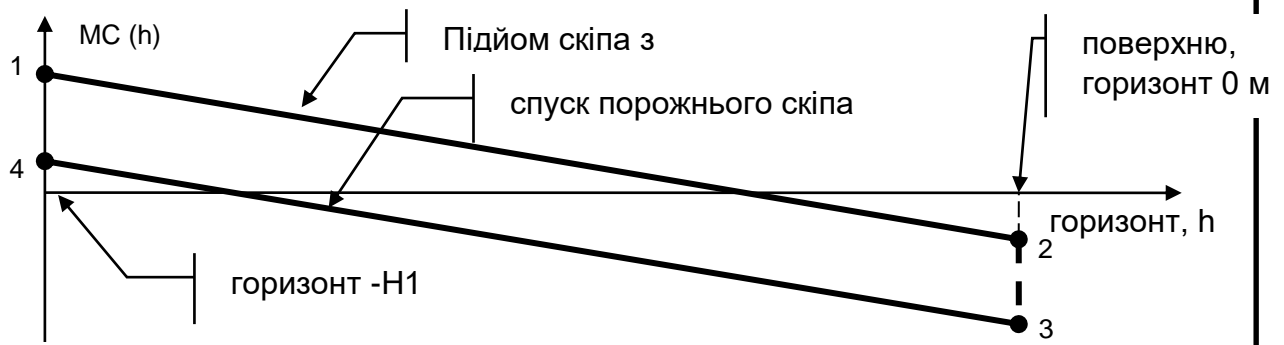
Під час підйому скіпа руху сприяють сили, обумовлені противагою, а так само гілками головного і врівноважує канатів, які перебувають з його боку:  $M_{-}(h) = M_{противовес} + M_{кан.гл.против}(h) + M_{кан.уравн.против}(h)$

Слід також взяти до уваги момент тертя МТР, який діє проти руху приводу в усіх режимах.

Результуючий статичний момент на канатонаматіваюшого шківів визначається через різницю зазначених моментів.

$$M_c(h) = M_{+}(h) - M_{-}(h) + M_{тр}.$$

					ЕП.ПД. 18.14.Р.ПЗ	Арк.
						11
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		



Мал. 3 Статичний момент однокіпової шахтної підйомної установки.

Моменти в точках 1-4 визначаються наступним чином:

**точка 1:** Скіп знаходиться в положенні -Н1 (на максимально глибокому горизонті), завантажений. Протизагу знаходиться на поверхні (горизонт 0 м). Момент з боку головної гілки каната:

$$M_{+}^{(1)} = m_{загр} + m_{скип} \cdot g + \rho_{гл.кан} \cdot (H_1 + H_2) \cdot g + \rho_{уравн.кан} \cdot H_3 \cdot g \cdot R_{\sigma} =$$

$$= [(21000 + 22000) \cdot 9.8 + 41 \cdot 7 \cdot 9.8 + 39.6 \cdot (710 + 7) \cdot 9.8] \cdot 4.0 = 2848 \text{ кН}$$

Момент з боку ве тві каната, який врівноважує:

$$M^{(1)} = m_{протиза} \cdot g + \rho_{гл.кан} \cdot H_2 \cdot g + \rho_{уравн.кан} \cdot (H_1 + H_3) \cdot g \cdot R_{\sigma} =$$

$$= [20000 \cdot 9.8 + 41 \cdot 7 \cdot 9.8 + 39.6 \cdot (710 + 7) \cdot 9.8] \cdot 4.0 = 1908,26 \text{ кН} \approx 1908 \text{ кН}$$

Результуючий статичний момент:

$$M_C^{(1)} = M_{+}^{(1)} - M^{(1)} = 2848 - 1908 = 940.$$

**точка 2:** Скіп знаходиться у верхньому положенні, (горизонт 0 м) все ще завантажений. Протизагу знаходиться на горизонті - Н1.

Момент з боку головної гілки каната:

$$M_{+}^{(2)} = m_{загр} + m_{скип} \cdot g + \rho_{гл.кан} \cdot H_2 \cdot g + \rho_{уравн.кан} \cdot (H_1 + H_3) \cdot g \cdot R_{\sigma} =$$

$$= [(21000 + 22000) \cdot 9.8 + 41 \cdot 7 \cdot 9.8 + 39.6 \cdot (710 + 7) \cdot 9.8] \cdot 4.0 = 2809 \text{ кН}$$

					ЕП.ПД. 18.14.Р.ПЗ	Арк.
						12
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Момент з боку гілки каната, кіт. врівноважує:

$$M^{(2)} = m_{\text{проти́в}} + \rho_{\text{гл.кан}} (H_2 + H_1) g + \rho_{\text{уравн.кан}} H_1 g \quad R_{\bar{o}} =$$

$$= 20000 + [41 (7 + 710) 9.8 + 39.6 710 9.8] 4.0 \approx 2274 \text{кН}$$

Результуючий статичний момент:

$$M_C^{(2)} = M_+^{(2)} - M^{(2)} = 2809 - 2274 = 535 \text{кН}$$

Точки 3 і 4 відповідають крайнім положенням порожнього скіпа. Момент з боку гілки канату, який врівноважує в цьому положенні незмінною. отже:

$$M^{(3)} = M^{(2)}, M^{(4)} = M^{(1)}.$$

При розрахунку результуючих моментів з боку головної гілки каната в точках (3) і (4), необхідно скористатися формулами  $M_+^{(1)}$  і  $M_+^{(2)}$  соотв.

### точка 3

$$M_+^{(3)} = m_{\text{загр}} + m_{\text{скип}} g + \rho_{\text{гл.кан}} (H_1 + H_2) g + \rho_{\text{уравн.кан}} H_3 g \quad R_{\bar{o}} =$$

$$= [(21000 + 22000) 9.8 + 41 (710 + 7) 9.8 + 39.6 7 9.8] 4.0 = 2848 \text{кН}$$

$$M^{(3)} = m_{\text{проти́в}} + \rho_{\text{гл.кан}} (H_2 + H_1) g + \rho_{\text{уравн.кан}} H_1 g \quad R_{\bar{o}} =$$

$$= 20000 + [41 (7 + 710) 9.8 + 39.6 710 9.8] 4.0 = 2274 \text{кН}$$

$$M_C^{(3)} = M_+^{(3)} - M^{(3)} = 2848 - 2274 = 574 \text{кН}$$

### точка 4

$$M_+^{(4)} = m_{\text{загр}} + m_{\text{скип}} g + \rho_{\text{гл.кан}} H_2 g + \rho_{\text{уравн.кан}} (H_1 + H_3) g \quad R_{\bar{o}} =$$

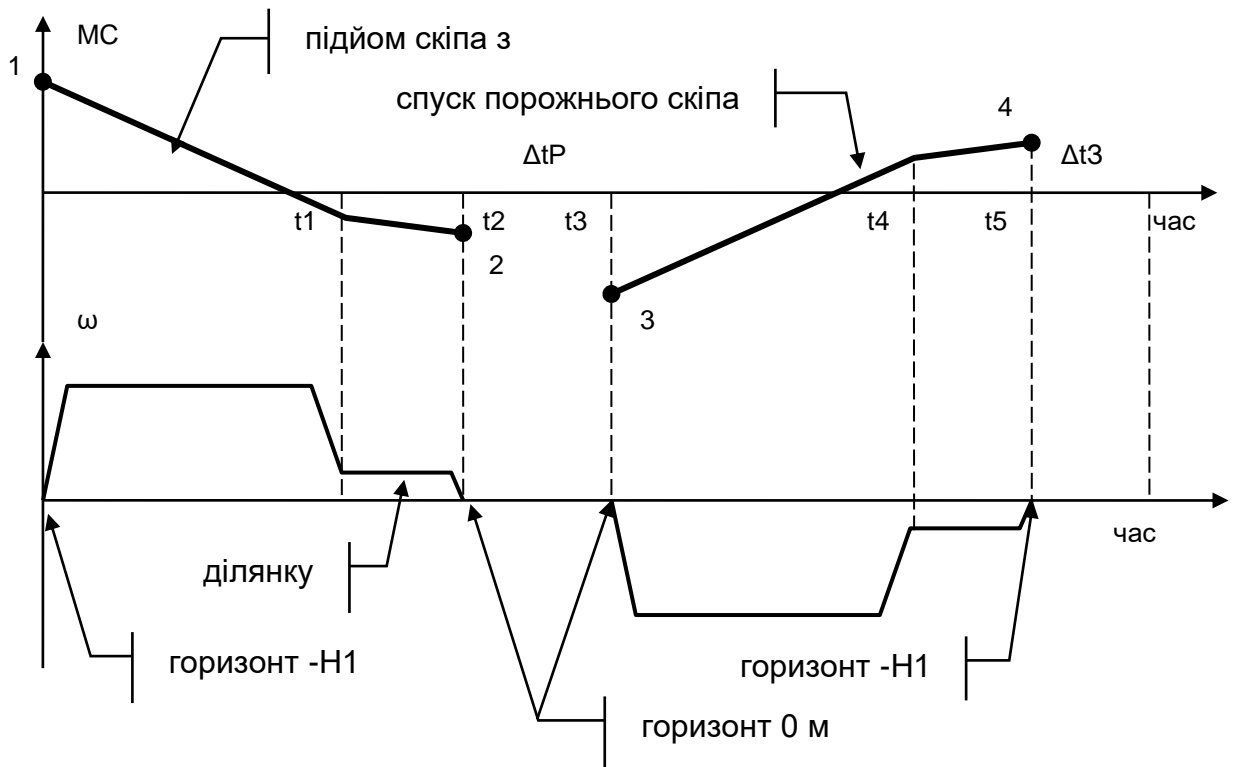
$$= [(21000 + 22000) 9.8 + 41 7 9.8 + 39.6 (710 + 7) 9.8] 2.0 = 2809 \text{кН}$$

$$M^{(4)} = m_{\text{проти́в}} g + \rho_{\text{гл.кан}} H_2 g + \rho_{\text{уравн.кан}} (H_1 + H_3) g \quad R_{\bar{o}} =$$

$$= [20000 9.8 + 41 7 9.8 + 39.6 (710 + 7) 9.8] 4.0 = 1908 \text{кН}$$

$$M_C^{(4)} = M_+^{(4)} - M^{(4)} = 2809 - 1908 = 901 \text{кН}$$

					ЕП.ПД. 18.14.Р.ПЗ	Арк.
						13
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		



**Мал. 4** Навантажувальна діаграма односкіпової шахтної підйомної установки.

					ЕП.ПД. 18.14.Р.ПЗ	Арк.
						14
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Злам у лінії статичного моменту пов'язаний з переходом на швидкість доведення. Під час руху приводу з меншою швидкістю статична завантаження змінюється з меншим темпом.

Приймаємо  $t_p = 5$  сек. Звідси знаходимо прискорення:

$$a = \frac{V_{max}}{t_p} = \frac{12}{5} = 2.4 \text{ сек}$$

Після знаходження прискорення можемо визначити  $S_p$  розгону:

$$S_p = \frac{V_{max}^2}{2a} = \frac{144}{5} = 28.8 \text{ м}$$

Час і відстань гальмування і розгону одно,  $t_t = t_p = 5$  сек;  $S_t = S_p = 28.8$  м

Так як відстань гальмування і розгону однакове, знаходимо проміжок усталеного відстані:

$$S_{уст} = H_1 - 2S_p = 710 - 57.6 = 602.4 \text{ м}$$

Знаючи  $S_{уст}$ , можемо знайти  $t_{уст}$ , необхідне для подальших розрахунків і побудов:

$$t_{уст} = \frac{S_{уст}}{V_{max}} = \frac{602.4}{12} \approx 50.2 \text{ сек}$$

Також.  $t_{погр/выгр} = 10$  сек

Далі визначаємо динамічний момент  $M_{дин}$  за такою формулою:

$$M_{дин} = \frac{F_{дин} \cdot R_б}{i \cdot \eta_{мех}}, \text{ где}$$

$$\eta_{мех} \approx 0.95;$$

$$i = 1;$$

					ЕП.ПД. 18.14.Д.ПЗ	Арк.
						15
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

$$\begin{aligned}
 F_{\text{дин}} &= m \cdot a = (m_{\text{нагр}} - m_{\text{п.ветви}}) \cdot a \\
 &= [(m_{\text{скип}} + m_{\text{загрузки}} + \mu \cdot H) - m_{\text{скип}}] \cdot a \\
 &= [(22000 + 21000 + 41 \cdot 710) - 22000] \cdot 2.4 = 120.264 \text{кН}
 \end{aligned}$$

$$M_{\text{дин}} = \frac{120.264 \cdot 4}{0.95} = 506.374 \text{кН} \cdot \text{м}$$

Знаючи значення перерахованих вище параметрів, будемо навантажувальну діаграму:

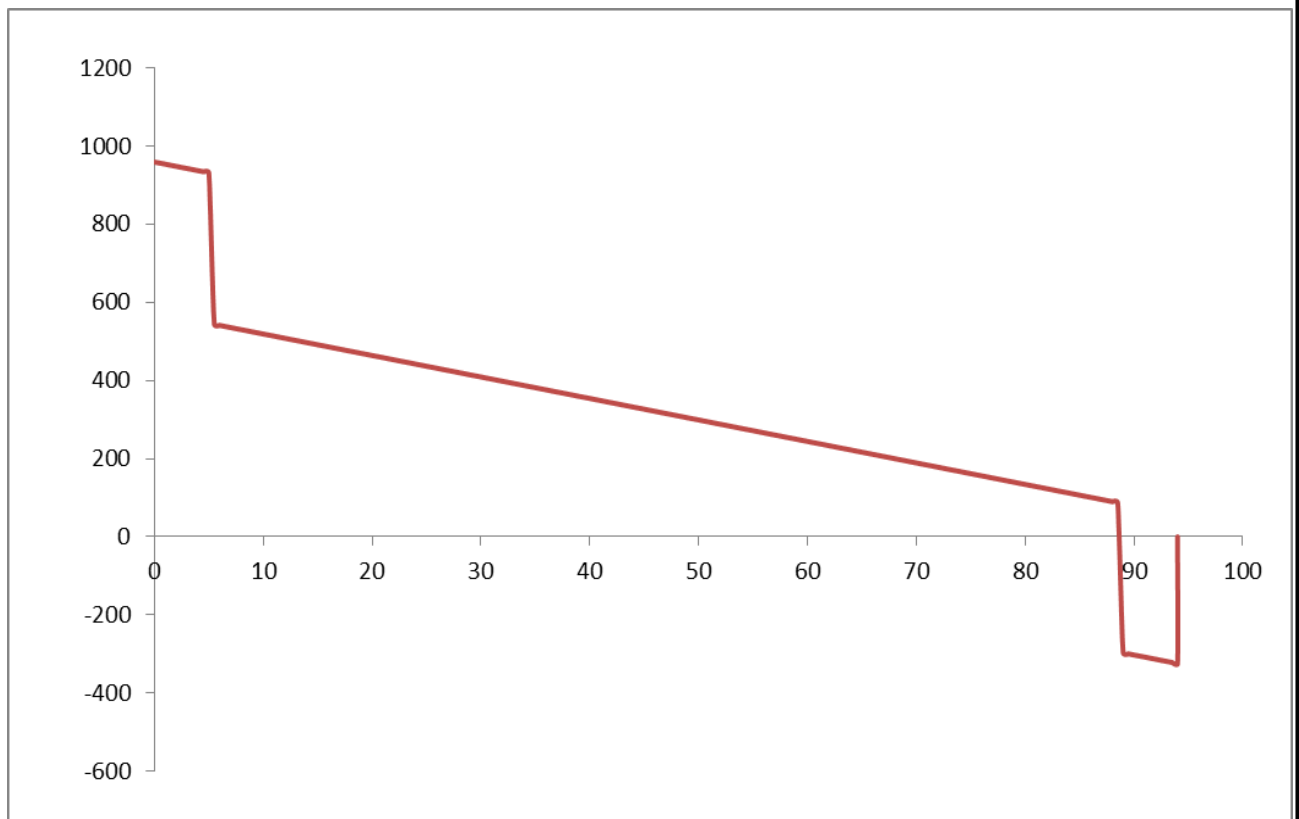


Рис 5. навантажувальна діаграма

Далі знаходимо еквівалентний момент

$$M_{\text{екв}} = \sqrt{\frac{\sum M_i^2 \Delta t}{T_{\text{ц}}}} \approx 605 \text{кН} \cdot \text{м}$$

Звідси знайдемо результуючу потужність:

$$P_{\text{рез}} = M_{\text{екв}} \cdot \omega = 605 \cdot 3 = 1815 \text{кВт}$$

						Арк.
						16
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат	ЕП.ПД. 18.14.Д.ПЗ	



де

$$\omega = \frac{V_{max}}{R_6} = \frac{12}{4} = 3$$

## Розділ 2. Вибір обладнання

### 2.1. Вибір двигуна

За результуючому моменту, необхідної швидкості обертання валу двигуна і відповідно до даних каталогів заводів виробників підйомних електродвигунів вибирається двигун постійного струму П2-26 / 51-2,25УХЛ4

Призначений для комплектації механізмів металевої промисловості і шахтних підйомних машин.

Характеристики:

Номинальна потужність:  $P_{ном} = 2250$  кВт

Номинально напруга:  $U_{ном} = 930$  В

напруга включення:  $U_B = 220/110$

Активний опір якірного ланки:  $0.016$  Ом

Активний опір обмотки збудження:  $3.14$  Ом

Номинальна частота обертання:  $p_{ном} = 30$  об / хв

Максимальна частота обертання:  $N_{макс} = 40$  об / хв

Номинальний струм обмотки збудження:  $I_{в.ном} = 70$  А

Номинальний струм якоря:  $I_{я.ном} = 2650$  А

Момент інерції:  $J_{дв} = 171$  кг · м<sup>2</sup>

Магнітний потік:  $\Phi = 0.18$  Вб

Кількість витків паралельних ланцюгів:  $w = 120$

ККД:  $90,8\%$

					ЕП.ПД. 18.14.Д.ПЗ	Арк.
						17
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

## 2.2. Вибір комплектного електроприводу

Комплектний електропривод вибирають виходячи з номінального струму і напруги двигуна:

$$I_{\text{пр}} \geq I_{\text{дв}} \quad 3000 \geq 2650 \text{ A}$$

$$U_{\text{пр}} \geq U_{\text{дв}} \quad 930 \geq 930 \text{ B}$$

Вибираємо комплектний електропривод

Siemens Simoreg DC-Master 6RA-70, 6RA709-54KV62 для приводу головного руху з такими параметрами:

Ланцюг якоря:

$$I_{\text{пр.я}} = 3000 \text{ A}$$

$$U_{\text{пр.я}} = 930 \text{ B}$$

Ланцюг порушення:

$$I_{\text{пр.в}} = 75 \text{ A}$$

$$U_{\text{пр.в}} = 220 \text{ B}$$

Сімейство комплектних мікропроцесорних електроприводів постійного струму SIMOREG DC MASTER 6RA-70 має відповідні типи як для високо комплексних приводних завдань, так і для стандартних рішень. Приводи високо динамічні: час збудження або час наростання обертового моменту знаходиться в межах до 10 мс.

Стандартні функції швидкісного електроприводу, побудованого на сучасній мікропроцесорній базі:

Цифрова система імпульсно-фазового управління (СІФУ) реверсивного тиристорного перетворювача кола струму якоря.

					ЕП.ПД. 18.14.Д.ПЗ	Арк.
						18
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Цифрова СІФУ нереверсивного тиристорного перетворювача кола струму збудження.

Цифровий контур струму якоря.

Цифровий контур швидкості.

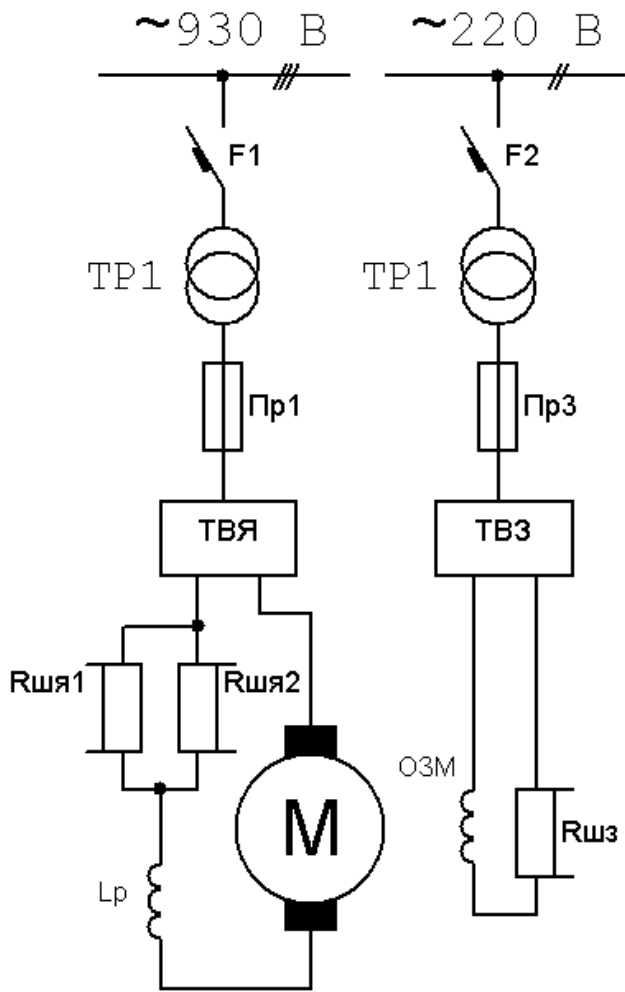
Цифровий контур струму збудження.

Цифровий контур ЕРС.

Цифрове побудова всіх контурів регулювання забезпечує високі точність і швидкодію підтримки регульованих параметрів.

*Переваги:* Повна інтеграція в автоматизований ландшафт, дуже швидкий і простий введення в експлуатацію, побудова повністю за модульним принципом - від стандартних до високотехнологічних рішень, найпростіше обслуговування за рахунок однієї концепції завдання параметрів, широкий діапазон можливих потужностей і напруг, однорідне побудова системи обслуговування, можливість широкого використання в різних областях застосування, висока надійність в роботі і високий коефіцієнт використання. SIMOREG DC MASTER дуже прості в управлінні ззовні. Для цього немає необхідності знання програмування, всі налаштування виробляються через пристрій параметризації. Додатково поставляється комфортна панель-пульт оператора OP1S з алфавітно-цифровим дисплеєм з 4 рядками по 16 знаків для виведення повідомлень представляє ще більше переваг щодо комфорту та можливостей. Це дозволяє відображати фізичні величини, здійснювати ручне введення даних і зберігати дані; це дозволяє здійснювати простий введення в експлуатацію за рахунок швидкої електронної установки параметрів струму, а також виробляти швидке введення в експлуатацію систем з повторюваними блоками.

					ЕП.ПД. 18.14.Д.ПЗ	Арк.
						19
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		



Мал. 2.1 Схема включення головного електроприводу

					ЕП.ПД. 18.14.Д.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		20

### 2.3. Вибір силового трансформатора

Потужність силового трансформатора визначається за номінальною потужністю двигуна з урахуванням його ККД:

$$S_{\text{тр}} = \frac{P_{\text{дв}}}{\eta_{\text{дв}}} = \frac{2250}{0.908} = 2478 \text{ кВт}$$

Вибираємо силовий трансформатор ТМН-2500/35 / 6.3 У1 з такими параметрами:

Номінальна потужність: 2500 кВА

Номінальна вища напруга: 35 кВ

Номінальна нижча напруги: 6.3 / 11.0 кВ

Втрати холостого ходу: 3.9 кВт

Втрати КЗ: 23.5 кВт

Струм холостого ходу: 1%

Напруга КЗ: 6.5%

### Розділ 3. Синтез САУ

Опір якорного ланцюга

$$R_a = \beta_{\text{тр}} \cdot r_{\text{я}} = 1.24 \cdot 0.016 = 0.02 \text{ Ом}$$

Активний опір силового трансформатора:

$$R_m = \frac{P_{\text{кз}}}{I_{\text{дн}}^2} = \frac{23500}{3000^2} = 0.0026 \text{ Ом}$$

Еквівалентний активний опір, яке враховує зменшення випрямляч. напруги в результаті комутації вентилів:

$$R_{\text{екв}} = \frac{0.5 \cdot U_{\text{к}} \cdot U_{\text{д0}}}{100 \cdot I_{\text{дн}}} = \frac{0.5 \cdot 6.5 \cdot 1116}{100 \cdot 3000} = 0.0121 \text{ Ом}$$

					ЕП.ПД. 18.14.Д.ПЗ	Арк.
						21
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Активний опір шин:

$$R_{\text{шин}} = (0.05 \div 0.1) \cdot R_a = 0.0015 \text{ Ом}$$

Активний опір головного ланцюга електроприводу за системою ТП-Д:

$$R_e = R_a + R_m + R_{\text{екв}} + R_{\text{шин}} = 0.02 + 0.0026 + 0.0121 + 0.0015 \\ = 0.0362 \text{ Ом}$$

Опір обмотки збудження:

$$R_B = \beta_{\text{тр}} \cdot r_{\text{пар}} = 1.24 \cdot 3.14 = 3.9 \text{ Ом}$$

Індуктивність розсіювання трансформатора:

$$L_m = \frac{2 \cdot X_a}{\omega} = \frac{2 \cdot 0.14}{314.1} = 0.00089 \text{ Гн}$$

Індуктивність головного ланцюга:

$$L_{\Sigma} = L_{\text{я}} + L_m = 0.00025 + 0.00089 = 0.00114 \text{ Гн}$$

Індуктивність ланцюга збудження двигуна:

$$L_B = 2 \cdot p \cdot w \cdot \frac{\Phi}{I_{\text{зн}}} = 2 \cdot 8 \cdot 120 \cdot \frac{0.18}{70} = 4.94 \text{ Гн}$$

Електромагнітна постійна часу обмотки збудження:

$$T_B = \frac{L_B}{R_B} = \frac{4.94}{3.9} = 1.27 \text{ с}$$

Постійна часу контуру вихрових струмів:

$$T_{\text{вт}} = 0.1 \cdot T_B = 0.1 \cdot 1.27 = 0.127 \text{ с}$$

Електромагнітна постійна часу:

$$T_{\Sigma} = \frac{L_{\Sigma}}{R_{\Sigma}} = \frac{0.00114}{0.02} = 0.057 \text{ с}$$

					ЕП.ПД. 18.14.Д.ПЗ	Арк.
						22
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Механічна постійна часу ДПТ:

$$T_M = \frac{J_{дв} \cdot R_a}{(кФ)^2} = \frac{171 \cdot 0.02}{(56.56)^2} = 0.00107 \text{ с}$$

Постійна часу датчика ЕРС:

$$T_{дэ} = \frac{L_{я}}{R_{я}} = \frac{0.00025}{0.02} = 0.013 \text{ с}$$

Статичний коефіцієнт посилення ТП ланцюга якоря і збудження за напругою при лінійному опорному напрузі:

$$k_{вп} = \frac{U_{d0}}{U_{kmax}} \cdot \frac{\pi}{2} \cdot \sin(\alpha) = \frac{1116}{10} \cdot \frac{\pi}{2} \cdot \sin(90) = 31.33$$

$$k_{впз} = \frac{U_{dнз}}{U_{kmax}} \cdot \frac{\pi}{2} \cdot \sin(\alpha) = \frac{220}{10} \cdot \frac{\pi}{2} \cdot \sin(90) = 34.56$$

Перевантажувальну здатність двигуна приймаю:

$$\lambda = 2.5$$

Коефіцієнт зворотного зв'язку по струму якоря:

$$k_T = \frac{10}{\lambda \cdot I_H} = \frac{10}{2.5 \cdot 2650} = 0.0015 \frac{\text{В}}{\text{А}}$$

Коефіцієнт зворотного зв'язку по швидкості:

$$k_c = \frac{U_{kmax}}{\omega_{дв.макс}} = \frac{10}{4.187} = 2.39 \frac{\text{В} \cdot \text{с}}{\text{рад}}$$

Коефіцієнт перетворення датчика струму збудження:

$$k_{дтв} = \frac{U_{kmax}}{I_{н.пар}} = \frac{10}{70} = 0.143 \frac{\text{В}}{\text{А}}$$

Коефіцієнт перетворення датчика ЕРС:

$$k_{дэ} = \frac{10}{E_{дв}} = \frac{10}{177.6} = 0.056,$$

					ЕП.ПД. 18.14.Д.ПЗ	Арк.
						23
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

$$E_{дв} = \omega_{н,дв} \cdot k\Phi = 177.6 \text{ В}$$

### 3.2. Синтез структурної схеми електропривода

Для синтезу структурної схеми електропривода використані структурні схеми контуру струму якоря (рис.3.1), контуру швидкості (рис.3.2) і контуру струму збудження (рис.3.3). Структурна схема САР головного електроприводу скіпа приведена на рис.2.5.

Виконаємо розрахунок і синтез регуляторів:

*ПІ-регулятор струму якоря*

Передавальна функція регулятора струму якоря:

$$W_{psc}(p) = \frac{R_a(1 + T_a p)}{2 \cdot T_\mu \cdot k_c \cdot k_{вп} \cdot p} = \frac{0.0362(1 + 0.057p)}{2 \cdot 0.005 \cdot 0.0015 \cdot 31.33 \cdot p}$$

Інтегральна і пропорційна частини регулятора струму якоря:

$$R_{pci} = \frac{R_a}{2 \cdot T_\mu \cdot k_c \cdot k_{вп}} = \frac{0.0362}{2 \cdot 0.005 \cdot 0.0015 \cdot 31.33} = 77.03$$

$$R_{pcn} = \frac{R_a \cdot T_a}{2 \cdot T_\mu \cdot k_c \cdot k_{вп}} = \frac{0.0362 \cdot 0.057}{2 \cdot 0.005 \cdot 0.0015 \cdot 31.33} = 4.39$$

Розрахунок параметрів регулятора:

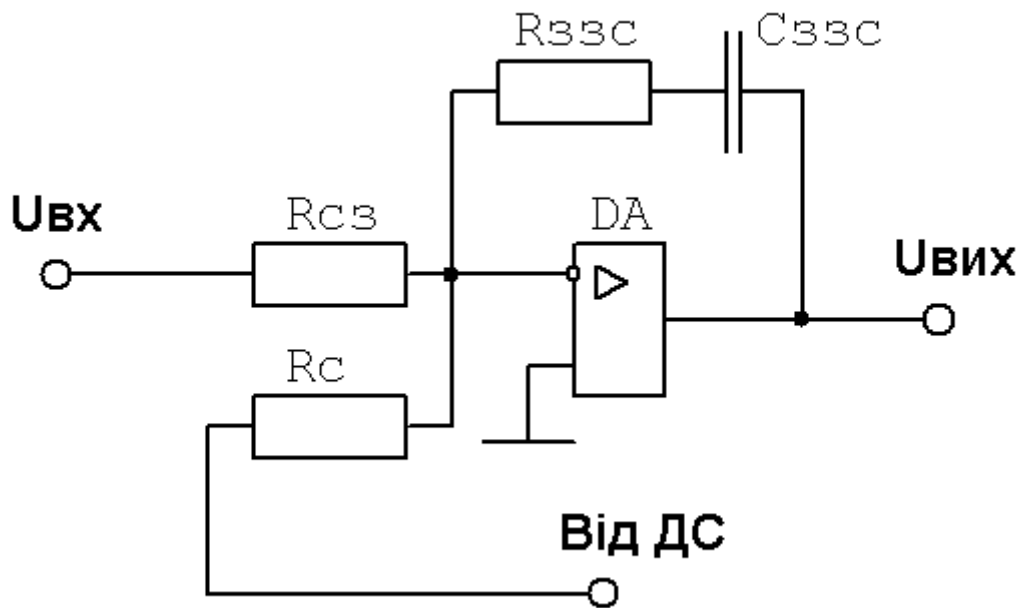
$$C_{ззс} = 4 \cdot 10^{-6} \text{ Ф}$$

$$T_i = \frac{2 \cdot T_\mu \cdot k_c \cdot k_{вп}}{R_a} = \frac{2 \cdot 0.005 \cdot 0.0015 \cdot 31.33}{0.0362} = 0.013 \text{ с}$$

$$R_{зс} = R_c = \frac{T_i}{C_{ззс}} = \frac{0.013}{0.000004} = 3250 \text{ Ом}$$

					ЕП.ПД. 18.14.Д.ПЗ	Арк.
						24
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		





Мал. 3.1 Принципова схема регулятора струму якоря

*ПІ-регулятор швидкості*

Передавальна функція регулятора швидкості:

$$W_{рш}(p) = \frac{J_{дв} \cdot k_c \cdot (1 + 8 \cdot T_\mu \cdot p)}{32 \cdot T_\mu^2 \cdot k_{ск} \cdot k\Phi \cdot p} = \frac{171 \cdot 0.0015 \cdot (1 + 8 \cdot 0.005 \cdot p)}{32 \cdot 0.005^2 \cdot 2.39 \cdot 56.56 \cdot p}$$

Інтегральна і пропорційна частини регулятора швидкості:

$$R_{рши} = \frac{J_{дв} \cdot k_c}{32 \cdot T_\mu^2 \cdot k_{ск} \cdot k\Phi} = \frac{171 \cdot 0.0015}{32 \cdot 0.005^2 \cdot 2.39 \cdot 56.56} = 2.37$$

$$R_{ршп} = \frac{J_{дв} \cdot k_c}{4 \cdot T_\mu \cdot k_{ск} \cdot k\Phi} = \frac{171 \cdot 0.0015}{4 \cdot 0.005 \cdot 2.39 \cdot 56.56} = 0.095$$

Розрахунок параметрів регулятора:

$$T_1 = T_\Phi = 8 \cdot T_\mu = 8 \cdot 0.005 = 0.04 \text{ с}$$

$$C_{шзс} = 4 \cdot 10^{-6} \text{ Ф}$$

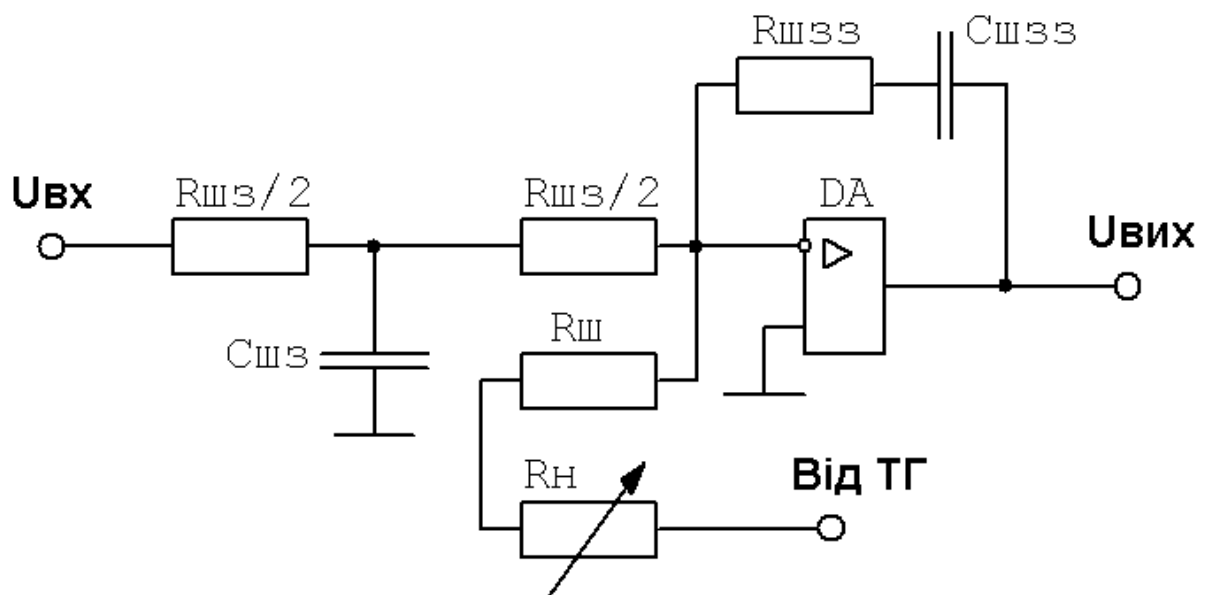
$$R_{шзс} = \frac{T_1}{C_{шзс}} = \frac{0.04}{0.000005} = 10 \text{ кОм}$$

					ЕП.ПД. 18.14.Д.ПЗ	Арк.
						25
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

$$T_i = \frac{32 \cdot T_\mu^2 \cdot k_{СК} \cdot K\Phi}{J_{ДВ} \cdot k_c} = \frac{32 \cdot 0.005^2 \cdot 2.39 \cdot 56.56}{171 \cdot 0.0015} = 0.422 \text{ с}$$

$$R_{шз} = \frac{T_i}{C_{шзз}} = \frac{0.422}{0.000005} = 105 \text{ кОм}$$

$$R_{шз} = \frac{4 \cdot T_\phi}{R_{шз}} = \frac{4 \cdot 0.04}{105000} = 1.52 \cdot 10^{-6} \text{ Ф}$$



Мал. 3.2. Принципова схема регулятора швидкості

*ПІ-регулятор струму збудження*

Передавальна функція регулятора струму збудження:

$$W_{рсз}(p) = k_{рсз} \cdot \frac{R_3 \cdot [1 + (T_3 + T_{вс}) \cdot p]}{2 \cdot T_3 \cdot k_{сз} \cdot k_{впз} \cdot p} = 0.143 \cdot \frac{3.9 \cdot [1 + (1.27 + 0.127) \cdot p]}{2 \cdot 1.27 \cdot 0.143 \cdot 34.56 \cdot p}$$

Інтегральна і пропорційна частини регулятора:

$$R_{рсзи} = \frac{R_3}{2 \cdot T_3 \cdot k_{сз} \cdot k_{впз}} = \frac{3.9}{2 \cdot 1.27 \cdot 0.143 \cdot 34.56} = 0.311$$

$$R_{рсзп} = \frac{R_3 \cdot (T_3 + T_{вс})}{2 \cdot T_3 \cdot k_{сз} \cdot k_{впз}} = \frac{3.9 \cdot (1.27 + 0.127)}{2 \cdot 1.27 \cdot 0.143 \cdot 34.56} = 0.434$$

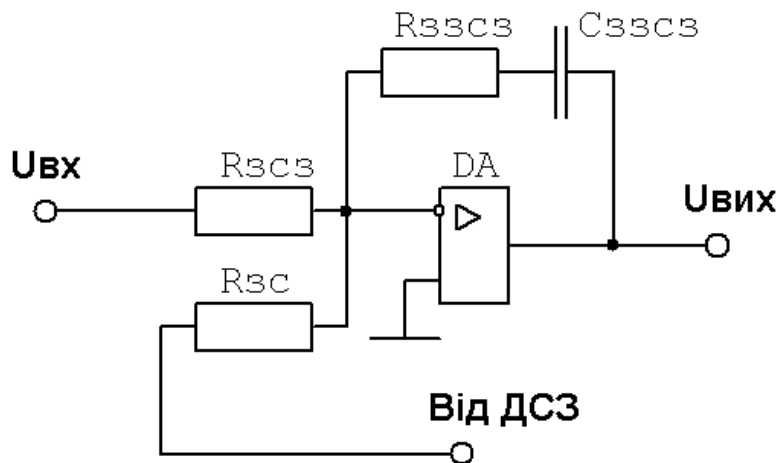
					ЕП.ПД. 18.14.Д.ПЗ	Арк.
						26
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Розрахунок параметрів регулятора:

$$C_{ззсз} = 4 \cdot 10^{-6} \text{ Ф}$$

$$R_{ззсз} = \frac{T_з + T_{вс}}{C_{ззсз}} = \frac{1.27 + 0.127}{0.000004} = 349.3 \text{ кОм}$$

$$R_{зсз} = R_{зс} = \frac{2 \cdot k_{сз} \cdot k_{впз} \cdot T_{вс}}{C_{ззсз} \cdot R_з} = \frac{2 \cdot 0.143 \cdot 34.56 \cdot 0.127}{0.000004 \cdot 3.9} = 80.5 \text{ кОм}$$



Мал. 3.3. Принципова схема регулятора струму збудження

#### 4.1 Особливості систем управління

У двозонних системах частина діапазону регулювання швидкості здійснюється за рахунок зміни напруги на якорі двигуна, а частина (при швидкостях вище основний) - за рахунок впливу на потік при постійній напрузі на якорі або ЕРС двигуна. Застосування двухзонного регулювання швидкості доцільно тоді, коли момент навантаження механізму на швидкостях вище основний менше, ніж на швидкостях нижче основної.

У замкнених системах регулювання швидкості перехід від режиму регулювання напругою до режиму регулювання потоком збудження забезпечується за рахунок того, що на швидкостях вище основної за допомогою регулятора збудження підтримується сталість ЕРС двигуна на рівні номінальної величини. У двозонному електроприводі система управління містить два тиристорних перетворювача. Один призначений для харчування якорного ланцюга двигуна, інший - для живлення обмотки збудження. Повну систему управління двозонним електроприводом можна поділити на дві підсистеми:

а) підсистему регулювання швидкості з регулятором швидкості і підлеглим контуром регулювання струму якоря з відповідним регулятором який впливає на перетворювач якорного ланцюга;

б) підсистему регулювання ЕРС двигуна з регулятором ЕРС і підлеглим контуром регулювання струму збудження з його регулятором.

Система містить відповідні датчики струму якоря, струму збудження і ЕРС або швидкості двигуна. Поки двигун працює на швидкості нижче основної, ЕРС двигуна менше номінальної і вихідна напруга регулятора ЕРС має обмеження, яке забезпечує номінальний магнітний потік двигуна. При досягненні двигуном швидкості, коли його ЕРС номінальна, напруга зворотного зв'язку і завдання на вході регулятора ЕРС зрівнюються, регулятор підготовлений до виходу з обмеження і контур регулювання при подальшому зростанні швидкості підтримувати ЕРС на заданому (номінальному) рівні.

					ЕП.ПД. 18.14.Д.ПЗ	Арк.
						28
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

## 4.2 Особливості визначення параметрів підсистеми регулювання швидкості

У підсистемі регулювання швидкості використовується два регулятори, внутрішній (підлеглий) регулятор струму якоря двигуна і зовнішній регулятор швидкості. При цьому можливий варіант застосування зворотного зв'язку по швидкості (реалізується за допомогою датчика швидкості і тахогенератора) і варіант із застосуванням зворотного зв'язку по ЕРС двигуна, одержуваної за допомогою відповідного датчика ЕРС.

В якості основного інструментарію при моделюванні буде служити математичний пакет MATLAB / Simulink.

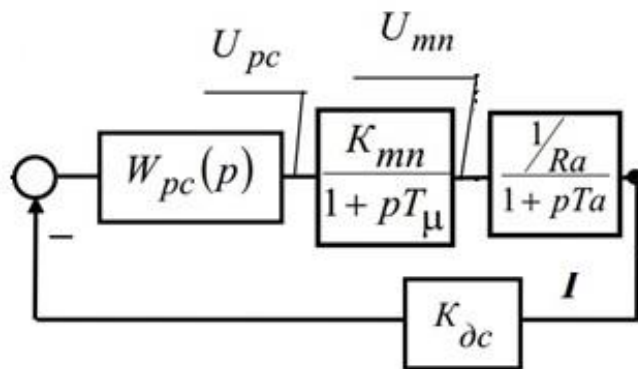


Рис 4.1 Структурна схема контуру струму якоря

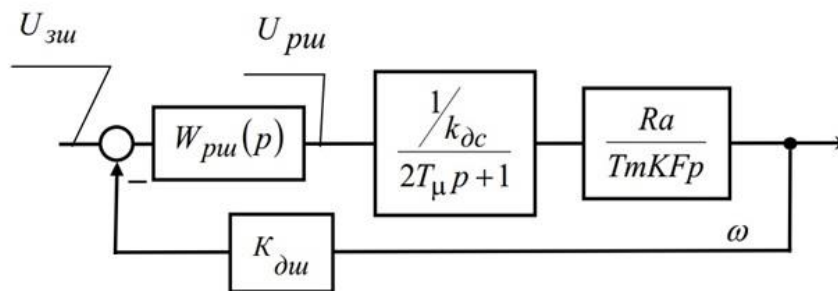


Рис 4.2 Структурна схема контуру швидкості двигуна

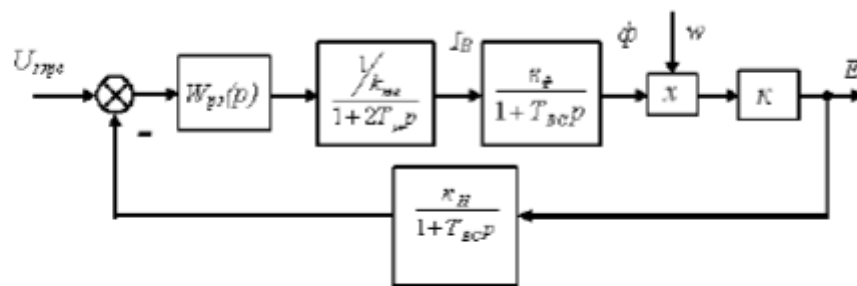
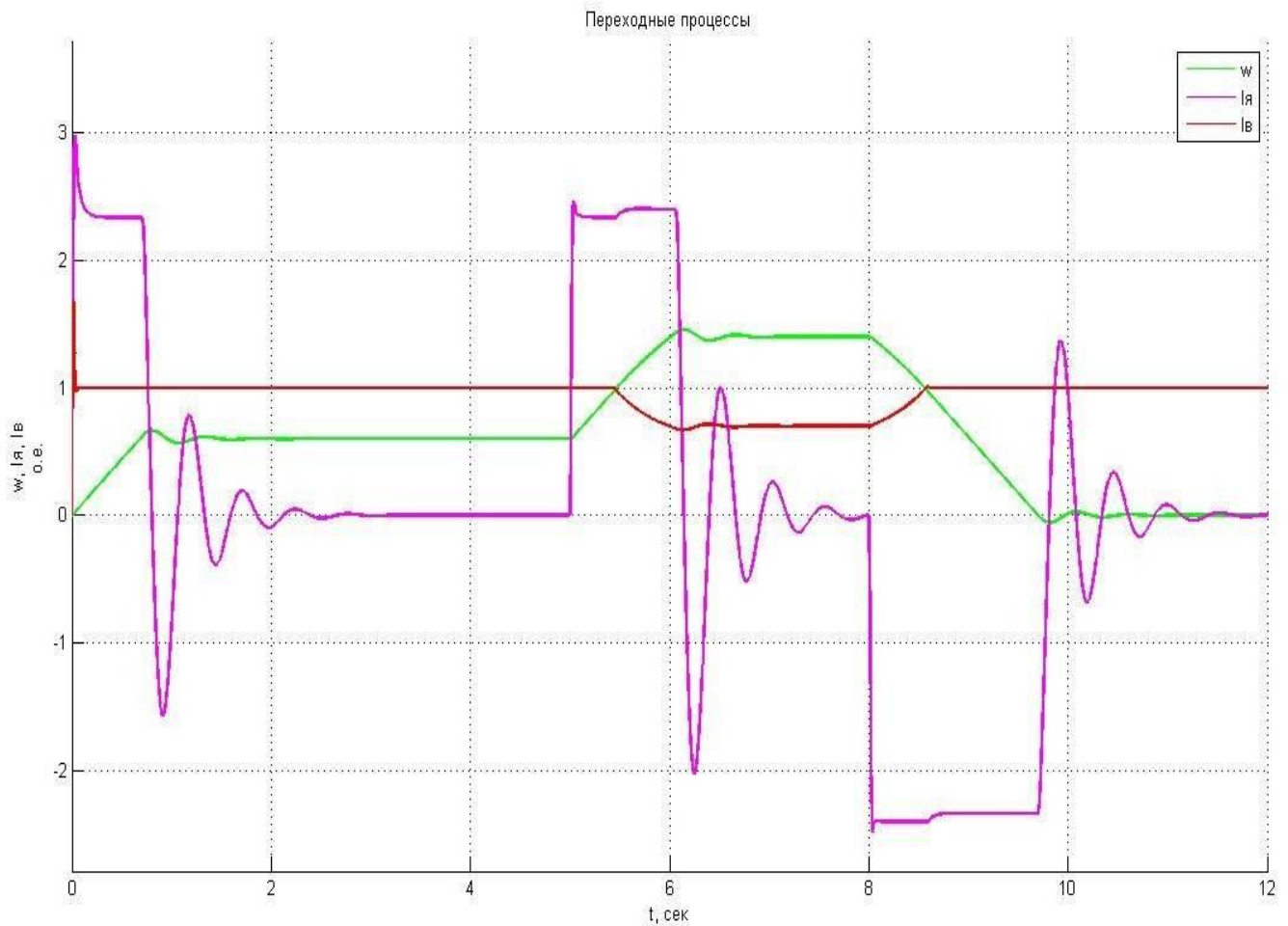


Рис 4.3 Структурна схема контуру ЕРС





Малюнок 4.5 - Модель електропривода з векторним керування у Simulink

**ВИСНОВОК:**

З отриманих результатів моделювання можна зробити висновок, що система задовольняє поставленим до неї вимогам і відпрацьовує заданий режим зміни швидкості. Разом з тим, з огляду на інерційність використаних в системі датчиків зворотних зв'язків і використання спрощених виразів для передавальних функцій замкнутих контурів магнітний потік  $\Phi$  має деякий перерегулювання, як і струм якоря, який визначається обмеженням регулятора швидкості, рівнем магнітного потоку і відсутністю компенсації ЕРС.

					ЕП.ПД. 18.14.Д.ПЗ	Арк.
						31
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

## 5 Техніко-економічне обґрунтування

					ЕП.ПД. 18.14.Д.ПЗ	Арк.
						32
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		



#### 4 Техніко-економічне обґрунтування

##### 4.2 Розрахунок капітальних витрат проекту

Капітальні вкладення - це кошти, призначені для створення і придбання основних фондів та нематеріальних активів, що підлягають амортизації.

Капітальні витрати по реалізації проектного технічного рішення включають в себе :

- витрати на придбання обладнання, техніки, технології, технічних засобів контролю і обліку витрачання ресурсів, приладів діагностики стану обладнання

та інші;

витрати, пов'язані з виконанням монтажних-налагоджувальних робіт, також відносяться до капітальних;

- витрати фінансових коштів на проведення проектно-конструкторських робіт, підготовку персоналу та виконання інших робіт, необхідних для реалізації технічного рішення.

Розрахунок капітальних витрат оформлений у вигляді зведення капітальних витрат по розділах (таблиця 5.1).

$$K_{пр} = V_{об} \left( \sum_{i=1}^k C_i \right) + V_{тзс} + V_{м} + V_{н} + V_{інш} \quad (5.1)$$

де  $V_{об}(\sum_{i=1}^k C_i)$  сумарна вартість комплектуючих (табл. 5.1);

$k$  - кількість необхідних комплектуючих елементів;

$V_{тзс}$ - транспортно-заготівельні і складські витрати;

$V_{м}$ - витрати на монтажні роботи (табл. 5.2);

$V_{н}$ - витрати на налагоджувальні роботи (табл. 5.3);

					ЕП.ПД. 18.14.Д.ПЗ	Арк.
						33
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

$B_{інш}$ - інші витрати (табл. 5.4)

Таблиця 5.1 - Зведення капітальних витрат, грн.

№	Найменування обладнання	Кількість	Валюта	Курс НБУ	Ціна за одиницю	Сума, грн	Постачальник
Проектний варіант							
1	Електродвигун П2-26/51-2,25	1	грн	-	36279,96	36279,96	ВАТ "УКРСПЕЦПРОЕКТ" м.Харків, пр.Куринівська 199-Б
2	комплектний електропривод 6RA7095-4KV62	1	грн	-	930340,29	930340,29	ВАТ "УКРСПЕЦПРОЕКТ" м.Харків, пр.Куринівська 199-Б
3	трансформатор трансформатор ТМ-250/35-78У1	1	грн	-	350000	350000	НПП ЕЛК,ООО вул.Панікахи 2, офіс 530 м.Дніпро
Всього						1316620,25	1316620,25

Таблиця 5.2 - Витрати на монтажні роботи ( $B_M$ )

					ЕП.ПД. 18.14.Д.ПЗ		Арк.
							34
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат			

№ п/п	Найменування витрат	Один. вим.	позначення	значення
1	Кількість робітників		Ч	6
2	Часова тарифна ставка монтажника четвертого розряду	грн/год	a	31,4
3	Час для виконання робіт	год	t	144
4	Коефіцієнт, що враховує розмір доплат		K <sub>д</sub>	1,27
5	Коефіцієнт, що враховує відрахування на соціальні заходи		K <sub>см</sub>	1,22
6	Коефіцієнт, що враховує інші витрати		K <sub>пр</sub>	1,05

З 01.01.2017 р вступив в силу законопроект №5130 "Про внесення змін до деяких законодавчих актів України", відповідно до якого мінімальна заробітна плата становить 4117 гривень. У нашому випадку для монтажника 4 розряду з урахуванням тарифного коефіцієнту 1,57 місячна тарифна заробітна плата=4117\*1,57=6463,69грн. Звідси знайдемо годинну тарифну ставку:6463,69грн/160год=40,40грн/год

					ЕП.ПД. 18.14.Д.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		35

$$B_M = \sum(C \cdot a \cdot t) \cdot K_D \cdot K_{CЗ} \cdot K_{інш} \quad (5.2)$$

$$B = 6 \cdot 31,4 \cdot 16 \cdot 1,267 \cdot 1,22 \cdot 1,05 = 4892,45 \text{ грн}$$

де Ч - Кількість осіб необхідних для монтажу и налагодження устаткування;

а - годинна тарифна ставка інженера-наладчика, 4-го розряду, грн / рік;

t - час, необхідній для монтажу та наладки обладнання, рік;

$K_D$  - коефіцієнт, що враховує розмір доплат;

$K_{CЗ}$  - коефіцієнт, що враховує відрахування на єдиний соціальний внесок;

$K_{інш}$  - коефіцієнт враховує інші витрати на здійснення робіт.

					ЕП.ПД. 18.14.Д.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		36

Таблиця 6.3 - Витрати на налагоджувальні роботи ( $B_H$ )

№ п/п	Найменування витрат	Один. вим.	позначення	значення
1	Кількість робітників		$Ч$	2
2	Часова тарифна ставка монтажника п'ятого розряду	грн/год	$a$	40
3	Час для виконання робіт	Год	$t$	40
4	Коефіцієнт, що враховує розмір доплат		$K_d$	1,27
5	Коефіцієнт, що враховує відрахування на єдиний соціальний внесок		$K_{cm}$	1,22
6	Коефіцієнт, що враховує інші витрати		$K_{np}$	1,05

$$B_H = \sum (Ч \cdot a \cdot t) \cdot K_d \cdot K_{cm} \cdot K_{інш}$$

$$B = 2 \cdot 40 \cdot 40 \cdot 1,27 \cdot 1,22 \cdot 1,05 = 5205,98 \text{ грн} \quad (5.3)$$

					ЕП.ПД. 18.14.Д.ПЗ	Арк.
						37
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Транспортно-заготівельні і складські витрати розраховуємо згідно прейскуранта цін фірми «MASTER TRANS» (<https://master-trans.com.ua>) станом на 13.06.2019

- 1.) Електродвигун серії П2-26/51-2,25 масою 89тон з міста Харків;
- 2.) перетворювач частоти 6RA7095-4KV62 мвсою 0,145тз міста Харків;
- 3.) трансформатор ТМ-250/35-78У1 масою 1,7 т з м. Дніпро в м. Павлоград

1.) Тариф: машина з тентом вантажопідйомністю до 100т:  
-35 грн за 1км для двигуна постійного струму, .

Загальна сума = тариф \* відстань

Відстань: 206км маршрут Р51

Загальна сума = 35 \*206= 7210 грн

2.) Тариф: мікроавтобус вантажопідйомністю до 2т:

-9 грн за 1 км для перетворювач частоти 6RA7095-4KV62

Загальна сума = тариф \* відстань

Відстань: 89км маршрут Е50

Загальна сума = 9 \*89= 801 грн

3.) Тариф: мікроавтобус вантажопідйомністю до 2т:

-9 грн за 1 км для перетворювач частоти 6RA7095-4KV62

Загальна сума = тариф \* відстань

Відстань: 206км маршрут Р51

Загальна сума = 9 \*206= 1854 грн

5.3 Розрахунок експлуатаційних витрат

					ЕП.ПД. 18.14.Д.ПЗ	Арк.
						38
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Експлуатаційні витрати - це поточні витрати на експлуатацію та обслуговування об'єкта проектування за певний період, виражений у грошовій формі.

До основних статей експлуатаційних витрат електротехнічного обладнання відносяться:

- Амортизаційні відрахування ( $C_a$ );
- Заробітна плата обслуговуючого персоналу ( $C_z$ );
- Відрахування на соціальні заходи від заробітної плати ( $C_c$ );
- Витрати на технічне обслуговування и поточний ремонт устаткування  
Витрати на технічне обслуговування і поточний ремонт обладнання ( $C_T$ );
- Вартість електроенергії, споживаної об'єктом проектування  
Вартість електроенергії, споживаної об'єктом проектування ( $C_e$ );
- Інші експлуатаційні витрати ( $C_{інш}$ ).

Таким чином, річні експлуатаційні витрати становлять:

$$C = C_a + C_z + C_c + C_T + C_e + C_{інш} \quad (5.5)$$

					ЕП.ПД. 18.14.Д.ПЗ	Арк.
						39
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

### 5.3.1 Розрахунок амортизаційних відрахувань

Амортизація об'єкта основних засобів нараховується виходячи з терміну його корисного використання. Строк корисного використання (експлуатації) об'єктів основних засобів і нематеріальних активів визначається підприємством самостійно, виходячи з очікуваних економічних вигод, технічних і якісних характеристик основного засобу, морального і фізичного зносу, а також інших факторів, які можуть вплинути на можливість використання. Строк корисного використання об'єкта проектування належить до 4 групи ОЗ, складає 50 років. Розрахунок зведений в таблицю 5.5.

$$C_a = \Phi_n \frac{H_a}{100} \quad (5.6)$$

де  $H_a$  – норма амортизації для заміняемого обладнання

Для розрахунку норм амортизації використовуємо прямолінійний метод.

Норма амортизації для проектного і базового варіантів складає:

$$H_a = \frac{1}{T_{\min}} = \frac{1}{5} \cdot 100\% = 20\%$$

$$H_a = 1/T_{\min} = 1/5 \cdot 100 = 20\%$$

					ЕП.ПД. 18.14.Д.ПЗ	Арк.
						40
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		



Таблиця 5.5 - Розрахунок амортизаційних відрахувань

№ п/п	Найменування	Капітальні витрати, грн.	Норма амортизація, %	Сума амортизації, грн
1.	Проектний варіант	1326545,25	20	265309,10

					ЕП.ПД. 18.14.Д.ПЗ	Арк.
						41
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

#### 4.3.2. Розрахунок річного фонду заробітної плати

Розрахунок річного фонду заробітної плати здійснюється за категоріями персоналу (робочі, РСС), який обслуговує об'єкт проектування, відповідно до їх чисельністю, режимом роботи, вартовими тарифними ставками, посадовими окладами, що застосовуються на підприємстві формами і системами оплати праці та преміювання.

Основна заробітна плата працівників - це винагорода за виконану роботу відповідно до встановлених норм праці (норми часу, виробітку, обслуговування, посадові обов'язки). Вона визначається тарифними ставками і відрядними розцінками для робітників, посадовими окладами для фахівців, службовців і керівників.

Додаткова заробітна плата - це винагорода за працю понад установлені норми, за особливі умови праці. До додаткової заробітної плати відносяться премії, пов'язані з виконанням виробничих завдань і функцій, доплати і надбавки, гарантійні і компенсаційні виплати, передбачені чинним законодавством. Оскільки проектне обладнання не має потреби у постійному контролі і достатньо уділяти близько однієї години огляд обслуговування протягом тижня.

$$T_{\text{ном}} = 52 \cdot 1 = 52 \text{ год.} \quad (5.8)$$

№ п/п	Найменування професій працівників	Обліковий штат, чол.	Часова тарифна ставка, грн.	Номінальний річний фонд робочого часу, год.	Основна зарплата по тарифу, грн.
1.	Електрослюсар	3	50	52	2600*3=7800

Додаткова заробітна плата обслуговуючого персоналу визначається в розмірі 10-15% від основної заробітної плати.

Таким чином, загальна величина річного фонду заробітної плати становить:

$$C_3 = Z_{осн} + Z_{доп} , \quad (5.9)$$

$$C_3 = 7800 + 978,6 = 8778,6$$

$$C_3 = 1632.3 + 326.5 = 1959.36 \text{ грн.}$$

де  $Z_{осн}$ ,  $Z_{доп}$  – основна і додаткова заробітна плата відповідно, грн.

#### 4.3.3. Розрахунок відрахувань на соціальні заходи

Відрахування на соціальні заходи (єдиний соціальний внесок) визначаються на підставі встановленого чинним законодавством відсотка від суми основної та додаткової заробітної плати.

$$C_{вн} = C_3 \cdot 22\% \quad (5.10)$$

$$C_{вн} = 8778,6 \cdot 0,22 = 1931,292 \approx 1931,29$$

					ЕП.ПД. 18.14.Д.ПЗ	Арк.
						43
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

#### 4.3.4 Розрахунок річних витрат на експлуатацію та обслуговування

Річні витрати на технічне обслуговування і поточний ремонт електротехнічного обладнання включають витрати на матеріали, запасні частини, заробітну плату ремонтним робітникам і можуть визначатися за фактичними даними підприємства. Ці показники можуть змінюватися в залежності від зносу обладнання.

Витрати на поточний ремонт апаратури автоматики і систем автоматизації можна розрахувати за формулою:

$$B_{т.р.} = \sum_{i=1}^n (R \cdot t \cdot m \cdot R_{\Sigma} + \frac{S \cdot \Pi}{T} \cdot T_{\Phi}), \quad (5.10)$$

де R - годинна ставка робітників, що виконують ремонт, грн;

t - трудомісткість одного ремонту (для середнього приймаємо 7 ч / од.);

m - кількість ремонтів в рік;

$R_{\Sigma}$  - сумарна категорія складності ремонту (приймаємо 10);

S - вартість однотипних замінних елементів, грн;

$\Pi$  - кількість однотипних замінних елементів, грн;

T - середній термін служби деталей одного типу, ч;

$T_{\Phi}$  - число годин роботи обладнання в рік, годин.

У свою чергу ефективний фонд робочого часу обладнання ТЕФ визначається як календарний фонд часу  $T_k$  (тривалість року - 365 днів) за вирахуванням вихідних і святкових днів і часу між змінами  $T_n$  (в 2019 році - 116 днів), а також часу простою обладнання в планово попереджувальних робіт.

Число годин роботи в рік становить  $249 \cdot 8 = 1992$  год.

(245 робочих днів, зміна 8 годин, робота в 1 зміні)

					ЕП.ПД. 18.14.Д.ПЗ	Арк.
						44
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Час на проведення ремонтних попереджувальних робіт  $T_{п.рем.} = 6 * 8 = 48$  год.

Технічна зупинка механізма приблизно 1 год. в зміну тобто 249 годин.

Загальний час роботи обладнання становить:

$$T_p = 1992 - 48 - 245 = 1695 \text{ год.} \quad (5.11)$$

Проектні витрати:

$$C_{т.р.} = 50 \cdot 7 \cdot 1 \cdot 10 + \frac{200 \cdot 6}{300} \cdot 1695 = 10280 \text{ грн}$$

#### 4.3.5 Розрахунок вартості спожитої електроенергії

Вартість електроенергії, споживаної об'єктом проектування протягом року, визначається виходячи з його встановленої потужності і річного фонду робочого часу об'єкта проектування по формулі:

$$C_e = W_p \cdot C_e \text{ грн} \quad (5.13)$$

де  $W_p$  - кількість спожитої за рік електроенергії, кВт год;

$C_e$  - тариф на електроенергію станом на конкретну дату, грн / кВт год.

Ціни на I клас тарифна ставка на електроенергію складає 1,4532 грн / кВт год без НДС (відповідно до Постанови НКРЕ від 24.04.17 №538 Єдині роздрібні тарифи). ПДВ=20%.

$$W_p = N_y \cdot T_n \cdot K_{инт}, \text{ кВт} \cdot \text{ч} \quad (5.14)$$

де  $N_y$  – встановлена потужність обладнання;

$T_n$  – номінальний час роботи обладнання за рік;

$K_{инт}$  – інтегральний коефіцієнт використання потужності.

Оскільки обладнання працює в генераторному режимі близько 25% робочого циклу, то і витрати енергії зменшаться на 25% також 25% буде

					ЕП.ПД. 18.14.Д.ПЗ	Арк.
						45
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

генеруватися в мережу, а також робочий цикл роботи механізму є нерівномірним еквівалентна потужність двигуна продовж робочого циклу становить 65кВт, а в моменти розгону та гальмування є більшою за номінальну, доречніше буде використовувати для розрахунку вживаної електроенергії саме еквівалентну потужність, значення якої можна взяти з 2го розділу.

Кількість електроенергії, споживаної впроваджуються об'єктом за рік:

$$W_{p1} = (54.5 \cdot 1695 \cdot 0.75 - 200 \cdot 1695 \cdot 0.25 \cdot 0.925 \cdot 0.6) \cdot 0.6 = 13348.25 \text{кВт} \cdot \text{г}$$

Витрати на електроенергію впроваджуваного об'єкта складуть:

$$C_{e1} = 13348.125 \cdot 1,4532 \cdot 1.2 = 23277 \text{(грн)} \quad (5.16)$$

#### 4.3.6 Визначення інших витрат

Інші витрати по експлуатації об'єкта проектування включають витрати з охорони праці, на спецодяг та ін. Відповідно до практики, ці витрати визначаються в розмірі 4% від річного фонду заробітної плати обслуговуючого персоналу.

И складають:

$$C_{інш} = 1959.3 \cdot 0,04 = 78,37 \text{(грн)} \quad (5.17)$$

Таким чином, річні експлуатаційні витрати становлять:

$$C = C_a + C_3 + C_c + C_T + C_e + C_{інш} = 151111.82 + 1959.36 + \quad (5.1$$

8)

$$+431.05 + 8978 + 23277 + 78,37 = 185835.6 \text{грн.}$$

					ЕП.ПД. 18.14.Д.ПЗ	Арк.
						46
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

#### 4.4 Висновки

У підсумку розділу можна сказати що, капітальні витрати на проект становлять 1326545,25 грн, а річні витрати 185835.6 грн

					ЕП.ПД. 18.14.Д.ПЗ	Арк.
						47
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

## 5. Охорона праці

					ЕП.ПД. 18.14.Д.ПЗ	Арк.
						48
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		



5.1 Аналіз небезпечних і шкідливих виробничих факторів ділянки шахтного підйому

Небезпечним виробничим фактором є такий фактор виробничого процесу, вплив якого на працюючого приводить до травми або різкого погіршення здоров'я.

Шкідливі виробничі фактори - це несприятливі фактори трудового процесу або умов навколишнього середовища, які можуть зробити шкідливий вплив на здоров'я і працездатність людини. Тривала дія на людину шкідливого виробничого фактора призводить до захворювання.

Шкідливий виробничий фактор може стати небезпечним в залежності від рівня і тривалості впливу на людину.

Згідно з ПУЕ, застосовують мережі з ізольованою нейтраллю, що обумовлює деякі особливості при аналізі безпеки ураження струмом.

Небезпечним виробничим фактором називаються такий виробничий фактор, вплив якого на робочий персонал в певних умовах призводить до травми або до іншого раптового погіршення здоров'я.

В даному об'єкті є ряд небезпечних факторів:

- обертові частини двигунів;
- можливість ураження електричним струмом;
- пожежа;

Шкідливими виробничими факторами є також такі чинники, впливу яких на робочий персонал за певних умов веде до зниження працездатності і захворювань.

На даному об'єкті є ряд шкідливих для людини факторів:

- наявність обертових і рухомих машин і механізмів;
- конвеєрного господарства;

негабаритних мієць;

					ЕП.ПД. 18.14.Д.ПЗ	Арк.
						49
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

- використанням вантажопідіймальних механізмів і кранів;
- отриманням розпеченого кінцевого продукту;
- безперервністю технологічного процесу;
- високою в літній час і низькою в зимовий температури на робочих місцях;
- наявністю відкритого вогню;
- високою запиленістю і загазованістю;
- недостатнє освітлення в темний час доби.

## 5.2 Інженерно-технічні заходи з охорони праці

За способом захисту людини від ураження електричним струмом КТУ відносяться до електричних Класу 01 по ГОСТ 12.2.007.10-75.

Відповідно до ГОСТ 12.2.007.11-75 двері шаф управління, що відкривають доступ до струмоведучих частин, забезпечені замками.

Щоб уникнути випадкового дотику до струмоведучих частин всі двері шаф управління при поданій напрузі повинні бути огорожені. У схемі захисту КТУ передбачена дверна блокування, що унеможлиблює подачу напруги в силовий ланцюг при відкритих дверях шаф.

Всі елементи КТУ повинні бути надійно заземлені на місці монтажу. Захисне заземлення всередині шаф виконується по радіальної схемою щодо розташувань в шафі шини заземлення.

До обслуговування КТУ повинен допускатися тільки персонал, що пройшов спеціальний інструктаж. Поряд з цією інструкцією обслуговуючий персонал повинен в частині вимог безпеки керуватися наступними документами:

- правил улаштування електроустановок;

					ЕП.ПД. 18.14.Д.ПЗ	Арк.
						50
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

- правилами технічної експлуатації електроустановок споживачів і правилами техніки безпеки при експлуатації електроустановок споживачів;
- інструкціями з техніки безпеки, що діють з підприємства, яке експлуатує КТУ.

Будь-які комутаційні операції: підключення, перемикання, установка перемичок, виїмка і установка силових блоків, субблоків, осередків управління - повинні проводитися при знятій напрузі.

Всі види ремонтів КТУ повинні проводитися за допомогою зняття напруги з оформленням наряду на проведення робіт.

Накладення персональних заземлень обов'язково з усіх боків, звідки може бути подана напруга до місця роботи.

Мережа живлення власних потреб КТУ відключається і включається у міру потреби.

Огляд КТУ, якщо його допоміжні ланцюги знаходяться під напругою, слід проводити, стоячи на діелектричному килимку, але торкаючись корпусів одночасно двома руками і користуюся інструментом з ізольованими рукоятками і діелектричними рукавичками.

Роботи по наладці і випробуванню КТУ з включеною силовою частиною організовуються і проводяться як роботи без зняття напруги з установки.

Роботи без зняття напруги з установками виробляються за нарядом відповідно до вимог ПТБ. Відповідальний керівник робіт, який має кваліфікаційну групу не нижче V, безпосередньої участі в роботі не бере, а лише здійснює керівництво роботою і контролює правильність зібраних схем і виконуваних безпосередніми виконавцями операцій.

Електротехнічні приміщення, в яких розташовані КТУ, повинні бути обладнані вуглекислотними вогнегасниками переносного або стаціонарного типу.

					ЕП.ПД. 18.14.Д.ПЗ	Арк.
						51
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

### 5.3 Розрахунок штучного освітлення

Вихідні дані для розрахунку.

Геометричні розміри ділянки: довжина  $A = 35$  м; ширина  $B = 20$  м.

Висота приміщення 10 м.

Характеристика приміщення: виробниче опалювальне приміщення, яке містить в робочій зоні менше 1 мг / м<sup>3</sup> пилу, диму і копоти, з побілені стелі, побіленими стінами з незавешеними шторами вікнами і бетонною підлогою.

Розряд зорової роботи для контролю стану обладнання знаходиться у виробничому приміщенні - IVг - робота середньої точності, розмір об'єкта розрізнення 0,5 - 1 мм, контраст об'єкта розрізнення з фоном середній, фон - світлий.

Розрахунок штучного освітлення виробляємо методом коефіцієнта використання світлового потоку.

Необхідний світловий потік ламп а кожному світильнику  $\Phi$  визначаємо за формулою:

$$\Phi = \frac{ESkz}{N\eta},$$

де:  $E$  - нормована мінімальна освітленість, лк;  $S$  - освітлювана площа, м<sup>2</sup>;  $k$  - коефіцієнт запасу;  $z$  - коефіцієнт мінімальної освітленості;  $N$  - кількість світильників у приміщенні;  $\eta$  - коефіцієнт використання світлового потоку.

Виходячи з геометричних розмірів ділянки, висоту приміщення будівлі а також метеорологічні умови роботи, передбачаємо застосування як джерела світла газорозрядних ламп і світильників прямого світла в нормальному виконанні.

					ЕП.ПД. 18.14.Д.ПЗ	Арк.
						52
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Відповідно до джерела [2] необхідна мінімальна освітленість при даній характеристиці зорової роботи і застосуванні комбінованої системи штучного освітлення при використанні газорозрядних ламп становить 300 лк. З огляду на те, що на ділянці передбачається застосування світильників місцевого освітлення з лампами розжарювання, освітленість світильників загальної системи освітлення повинна складати не менше 10% освітленості комбінованого освітлення, але в межах 150 - 250 лк при застосуванні газорозрядних ламп. Виходячи з цього приймаємо  $E = 150$  лк.

Освітлювана площа ділянки:  $S = 35 \times 20 = 700 \text{ м}^2$ .

Коефіцієнт запасу для приміщення, в робочій зоні якого міститься менше 1 мг / м<sup>3</sup> пилу, диму і копоти, при використанні газорозрядних ламп становить  $k = 1,5$ .

Коефіцієнт мінімальної освітленості, при оптимальному співвідношенні відстані між світильниками до розрахункової висоти підвісу і застосуванні газорозрядних ламп типу ДРЛ або ДРИ становить  $z = 1,15$ .

Для визначення числа світильників в приміщенні визначимо розрахункову висоту підвісу:

$$h = H - h_{ce} - h_{pn},$$

де  $h_{ce} = 1,0$  м - висота звису світильників від перекриття;  $h_{pn} = 0,8$  м - висота робочої поверхні над підлогою, м.

$$h = 10 - 1,0 - 0,8 = 8,2 \text{ м}$$

Відстань між світильниками:

$$L_p = \lambda h = 1 \cdot 8,2 = 8,2 \text{ м}$$

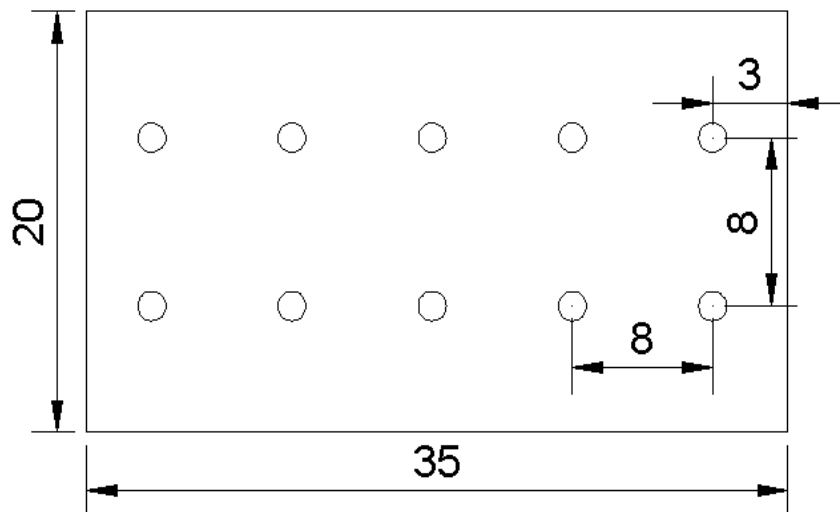
					ЕП.ПД. 18.14.Д.ПЗ	Арк.
						53
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

де  $\lambda = 1$  - найбільш вигідного співвідношення відстані між світильниками до розрахункової висоти підвісу, для світильників типу РСПО 08 / Г03 з глибокої типової кривої світла.

Число світильників в приміщенні:

$$N = \frac{S}{L^2} = \frac{700}{8,2^2} \approx 10 \text{ шт.}$$

Розташування світильників показано на малюнку:



Мал. 6.1 - Розташування світильників на ділянці

Для визначення коефіцієнта використання світлового потоку  $\eta$  знаходимо індекс приміщення:

$$i = \frac{AB}{h(A+B)} = \frac{35 \cdot 20}{8,2(35+20)} = 2$$

Виходячи з наведеної характеристики відображають поверхонь приміщення, визначаємо коефіцієнт відбиття по [2]: стеля  $\rho_{\text{п}} = 70\%$ ; стіни  $\rho_{\text{з}} = 50\%$ ; підлога  $\rho_{\text{т}} = 10\%$ .

					ЕП.ПД. 18.14.Д.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		54

Для згаданих раніше світильників, з урахуванням отриманих значень  $\rho$  і індексу приміщення визначаємо коефіцієнт використання світлового потоку  $\eta = 0,7$ .

Тоді світловий потік ламп в кожному світильнику складе:

$$\Phi = \frac{ESkz}{N\eta} = \frac{150 \cdot 700 \cdot 1,5 \cdot 1,15}{10 \cdot 0,7} = 25875 \text{ лм}$$

Виходячи з отриманого світлового потоку, вибираємо дугову ртутну лампу з виправленою передачею кольору типу ДРІ400 з наступними технічними даними:

потужність лампи 400 Вт;

світловий потік після 1000 годин роботи 32000 лм;

термін служби 4000 годин.

Загальна потужність, споживана світильниками складе:

$$P = 0,4 \cdot 10 = 4 \text{ кВт.}$$

Відхилення фактичної освітленості від заданої складе:

$$\Delta = \frac{32955 - 32000}{32955} 100\% = 2.8\%$$

При розрахунках освітленості, згідно [2], допустима величина відхилення від нормованої складе -10% ... + 20%.

Для зниження величини високочастотних пульсацій освітленості на робочих місцях передбачаємо включення сусідніх світильників до різних фаз електричної мережі.

					ЕП.ПД. 18.14.Д.ПЗ	Арк.
						55
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

#### 5.4 Протипожежне обладнання

Пожежна небезпека електроустановок обумовлена наявністю в вживаному електрообладнанні горючих ізоляційних матеріалів. Горючої є ізоляція обмоток електричних машин, трансформаторів, різних електромагнітів (контактори реле, контрольно-вимірювальні прилади), а так само електронагрівальні прилади.

У силових трансформаторних з масленим охолодженням є можливість межвиткового К.З, в результаті якого в витку виникає настільки великий струм, що ізоляція швидко розкладається з виділенням горючих газів.

Для гасіння пожежі широко застосовуються різні хімічні засоби, що викидаються в осередок пожежі за допомогою вогнегасників.

Наприклад: вуглекислотні вогнегасники типів ОУ-2А, ОУ-5, ОУ-8 та інші, призначені для гасіння загоряння різних матеріалів і електроустановок. Згідно ПУЕ при здачі в експлуатацію в КТПН повинні бути забезпечені протипожежними засобами та інвентарем.

Тому встановлюється в приміщенні РУ-0,4 кВ пожежний інвентар в який входить:

- ручні вуглекислотні вогнегасники ОУ-2, ОУ-5
- ящик з піском 3м3 - 1шт
- азбест 2 х 1,5м-1шт
- відро - 2 шт
- лопата - 2шт
- багор.

					ЕП.ПД. 18.14.Д.ПЗ	Арк.
						56
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		



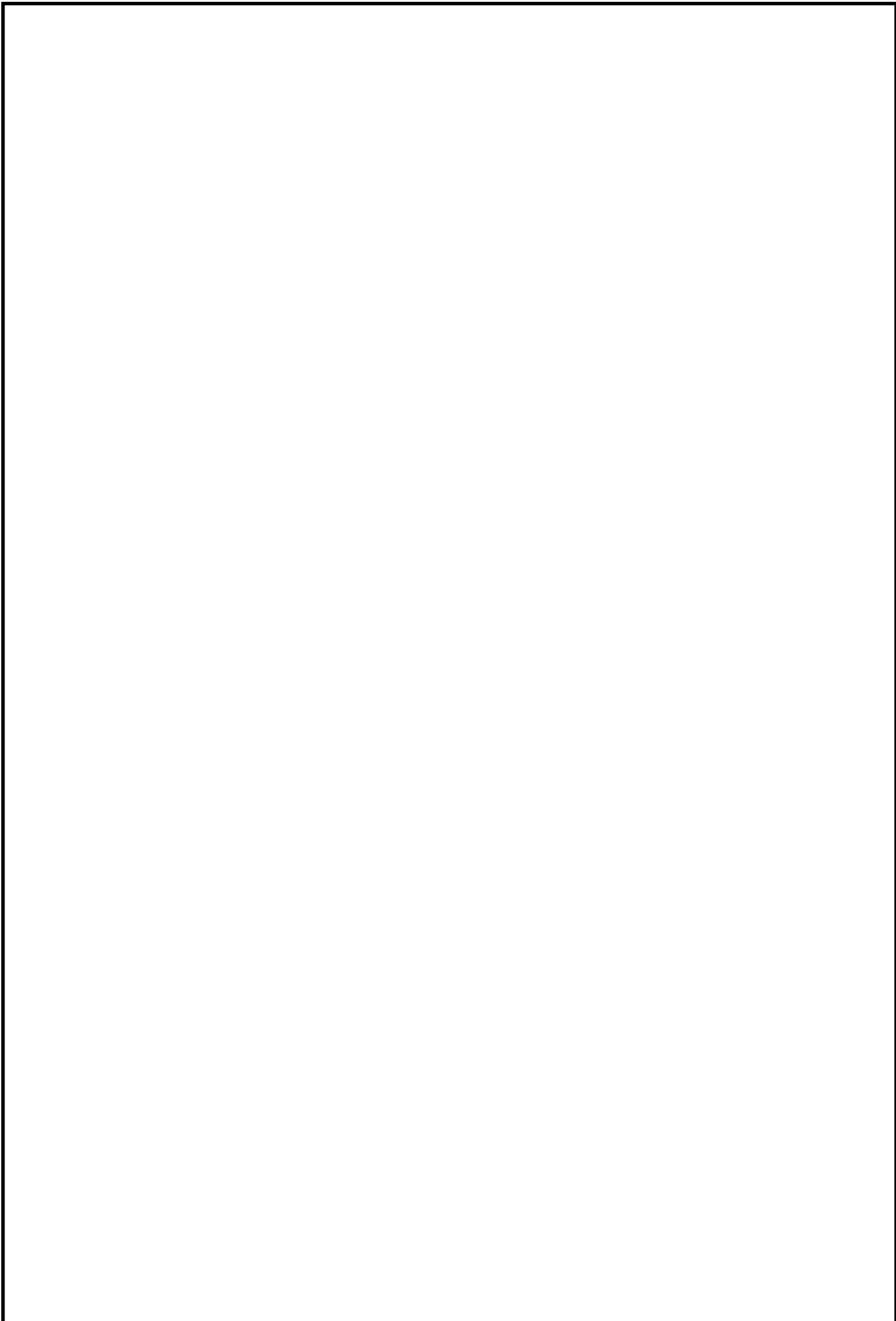
## 5.5 Безпека в надзвичайних ситуаціях

Згідно зі складеним планом ліквідації аварії в разі виникнення пожежі в будівлі підйомних машин гірничий диспетчер зобов'язаний викликати оперативний взвод воєнізованого гірничорятувального загону а також Павлоградської пожежну частину СДПЧ -27. Знаходяться в будівлі підйому люди, при виявленні диму через найближчі двері слідують з будівлі підйому. Відключається електроенергія на аварійній об'єкті, забезпечується безперебійна подача води до будівлі підйомних машин, для чого відключаються господарські насоси і відкриваються відповідні засувки, включається пожежний насос і забезпечується доставка вогнегасників до місця пожежі. Пряме одтленіє ДВГРС та пожежні підрозділи в будинок підйому кліті стовбура для порятунку людей і гасіння пожежі.

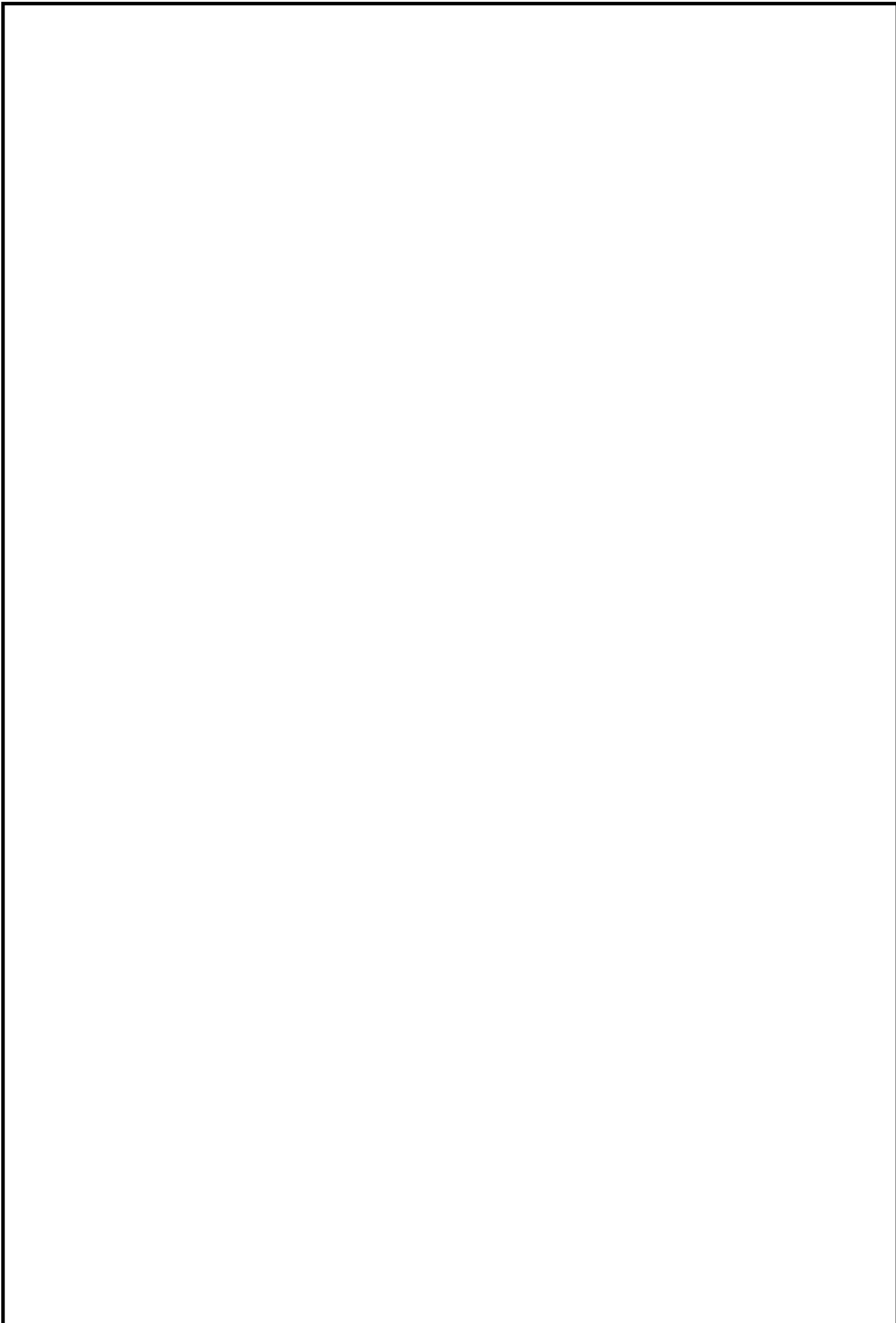
					ЕП.ПД. 18.14.Д.ПЗ	Арк.
						57
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		



					ЕП.ПД. 18.14.Д.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		58



					ЕП.ПД. 18.14.Д.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		59



					ЕП.ПД. 18.14.Д.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		60



					ЕП.ПД. 18.14.Д.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		61



					ЕП.ПД. 18.14.Д.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		62



					ЕП.ПД. 18.14.Д.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		63