

Електромеханічне обладнання насосу гідропідпору земснаряда МЗ-19Е в умовах шламового господарства НКГЗК ПАТ "Арселор Міттал Кривий Ріг"
Панченко Владислав Сергійович
ЕЕМ-20
Керівник Титюк Валерій Костянтинович

ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА

Розділ 1. ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНЕ ОБЛАДНАННЯ ЗЕМСНАРЯДА МЗ-19Э

1.1 Технологія видобутку залізовмісних пісків

Новокриворізький гірничо-збагачувальний комбінат використовує інноваційну технологію для видобутку залізорудного концентрату з відходів, що накопичувались у шламосховищах протягом тривалого часу. Ця технологія включає вилучення відпрацьованих пісків, їх транспортування на фабрику попереднього збагачення, де відбуваються основні технологічні процеси для отримання готового залізорудного концентрату.

Для вилучення залізовмісних пісків використовується плавучий земснаряд. Він працює разом з пульпопроводом та перекачувальною станцією, які переправляють пульпу зі шламосховища на збагачувальну фабрику. Додаткова перекачувальна станція необхідна через значну відстань між шламосховищем та фабрикою, оскільки потужності однієї насосної станції недостатньо для транспортування пульпи.

Центральний ГЗК інвестував близько 7,5 мільйонів гривень у збільшення обсягів перекачування пісків зі шламосховища. Із запуском другого земснаряда НКГЗК планує збільшити перекачування пісків до 20 тисяч тонн на добу, порівняно з попереднім обсягом 12-14 тисяч тонн, який забезпечувався одним земснарядом та гідромонітором.

У 2014 році НКГЗК планує виробити близько 880 тисяч тонн концентрату, переробивши при цьому 4400 тисяч тонн відпрацьованих пісків. Земляні роботи методом гідромеханізації є одним із найсучасніших і найефективніших способів виконання робіт, а за умов бездоріжжя й відсутності комунікацій – єдиним можливим.

Земснаряд (землесосний снаряд) – це плавучий засіб, оснащений спеціальним обладнанням для проведення робіт з очищення та днопоглиблення каналів, водойм, розробки родовищ і шламових відстійників, а також для подачі пульпи до місця подальшої обробки або на відвал.

Земснаряди успішно використовуються в багатьох сферах:

- очищення водойм (ставків, річок, озер тощо);
- очищення промислових і сільськогосподарських відстійників від мулу, піску й інших відкладів;
- видобуток піску й гравію з кар'єрів, сапропелю – з озер;
- видобуток дорогоцінних металів і каменів (золота, алмазів);
- видобуток будівельних матеріалів і корисних копалин;
- налив гребель, дамб, пляжів, доріг і площ під промислове й цивільне будівництво;
- розробка підводних траншей під закладку трубопроводів (дюкерів) і кабелів, а також їх замивання;
- розробка шламових відстійників вугільних, металургійних і коксохімічних підприємств;
- гідромеханізовані роботи при будівництві судноплавних і зрошувальних каналів, акваторій, морських і річкових портів.

Землесоси - це машини, призначені для транспортування сумішей ґрунту з водою по трубопроводах на задану відстань або з певним рівнем напору, як передбачено проектом робіт. За принципом дії вони є різновидом відцентрових насосів, конструкція яких адаптована для перекачування рідини з твердими частинками.

Характеристики землесосів мають відповідати параметрам під'єднаних усмоктувальних та напірних трубопроводів і умовам їх експлуатації.

Прагнучи вдосконалити конструкцію та підвищити ефективність, була розроблена модель 20Р-11 (також відома як ЗГМ-3). Землесосні снаряди з насосами такого типу вперше застосовувались на будівництві Південного порту в Зпоріжжі.

Нині, поряд з більш потужними землесосами, модель 20Р-11 широко використовується на гідротехнічних спорудах як основне обладнання земснарядів. З 1939-1940 років завод ім. М.І. Калініна в Москві почав серійний випуск землесосів марок НЗ: 4НЗ, 6НЗ, 8НЗ, 10НЗ, 12НЗ, 16НЗ, 20НЗ (300-40) і 24НЗ (500-60).

Крім цих машин, з'явилися й вже експлуатуються нові моделі, розроблені відповідно до масштабів та специфіки робіт зі створення великих гідротехнічних вузлів і видобутку корисних копалин.

Крім ґрунтових насосів, вітчизняна промисловість також випускає вуглесоси та піскові насоси для транспортування неоднорідних середовищ (гідросумішей). Піскові насоси широко застосовуються в збагачувальній промисловості, а вуглесоси – при гідромеханізації гірських робіт, тобто в гірничовидобувній та гірничорудній промисловості.

Вуглесоси, призначені переважно для транспортування гідросумішей із шахт, відрізняються тим, що створюють високі напори (до 250 м водяного стовпа) одним агрегатом.

При проведенні робіт методами гідромеханізації виникає потреба у створенні великих напорів, тому останнім часом розроблена нова серія ґрунтових насосів типу Гр, які мають деякі спільні характеристики з вуглесосами.

Особливістю ґрунтових насосів цього типу є те, що двокорпусні насоси 8Грт-8, 10Грут-8, 10 Гр-6-Т2, 12Грг-8, 12Гр 8-Т2, 16Грут-8 (10В5 і 14В7) мають крім зовнішнього внутрішній корпус (протектор), виготовлений зі зносостійкого сплаву ИЧХ28Н2 (протектор ґрунтового насоса 10Грут-8 виготовляють зі сталі 55Л-1). Зовнішні корпуси відливають із сірого чавуну СЧ18-36 або зі сталі 30Л-П.

В однокорпусних насосах 8Гру-12, 10Грул-8, 12Грул-12 корпуси відливають зі сплаву ИЧХ28Н2 або зі сталі 55 Л-П. Робочі колеса й бронедиски виготовляють зі сплаву ИЧХ28Н2 (високохромистий чавун, що містить 27-30% хрому й 1,5-3% нікелю).

1.2. Технічні характеристики земснаряда МЗ-19Э

Схема розташування устаткування земснаряда МЗ-19Э зображена на рис. 1.1. Земснаряд МЗ-19Э призначений для розробки ґрунтів I-VII груп за складністю розробки. Він може використовуватися для виконання розкривних і видобувних робіт на різних типах обводнених кар'єрів, очищення русел річок, шламових і шлакових відстійників, будівництва земляних гідротехнічних споруд, наміву територій під промислове та цивільне будівництво, а також для будівництва і ремонту іригаційних систем. Це кар'єрна машина, призначена для роботи у важких гірничо-геологічних умовах. Вона має декілька модифікацій:

- Земснаряд із фрезерним розпушувачем, напірним пальовим ходом і глибиною розробки до 12 м, для ґрунтів I-VII категорій.
- Земснаряд із роторним розпушувачем, напірним пальовим ходом і глибиною розробки до 8 м, для ґрунтів від I до позакатегорійних (супіски, суглинки, важкі глини).
- Земснаряд з ежекторною голівкою та гідророзпушуванням, з глибиною розробки до 25 м, для ґрунтів I-V категорій.

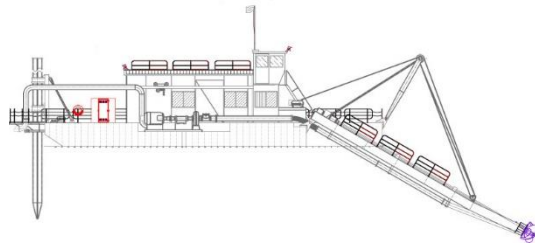


Рисунок 1.1 – Розташування обладнання на земснаряді С-56.



Рисунок 1.2 – Зовнішній вигляд земснаряда МЗ-19Э.

Технічні характеристики земснаряда МЗ-19Э.

Основні атрибути:

Максимальна глибина розробки	18 м
Мінімальна глибина розробки	1 м
Продуктивність по ґрунту	190 куб.м/год
Тип земснаряду	Землесосний
Продуктивність по пульпі	1900 куб.м/год
Країна виробник	Україна
Технічні характеристики земснаряда.	

Найменування	Од.вим.	Значення
Продуктивність		
по кульпи	м ³ /год	1900
Грунтом	м ³ /год	190
Глибина розроблення		
фрезерним розпушувачем	м	9
вільним всасом	м	18
Напор	м.в.ст	58
Двигун землесоса	тип	A4-450У 8УЗ
Потужність	кВт	630
частота обертання	об/хв	750
Встановлена потужність	кВт	790
Система керування		електромеханічна
Водозміщення	т	60
Найбільший транспортувальний вузол (понтон центральний)		
Довжина	м	12,5
ширина	м	3
висота	м	2,6
вага	т	12
Передній пристібний понтон		
кількість	шт	2
довжина	м	9
ширина	м	1,6
висота	м	1,4
вага	т	3,4
Задній пристібний понтон		
кількість	шт	2
довжина	м	7
ширина	м	1,5
висота	м	1,4
вага	т	2,5
Ланка плавучого пульпопроводу		
довжина	м	12
діаметр	мм	600
вага	т	5,3
Дальність транспортування кульпи (MAX)	м	2000
Землесос	тип	20P-11M

1.3. Технічні характеристики землесосу 20P-11M

Перекачка пульпи на допоміжній перекачувальній станції виконується за допомогою спеціального ґрунтового насосу.

Ґрунтові насоси застосовуються в будь-якій галузі промисловості, де необхідно забезпечити гідротранспорт твердих часток, що викликають інтенсивне абразивне зношування контактуючого з ними матеріалу. З урахуванням вимог, пропонуваних до цих ґрунтових насосів по зносостійкості й умовам експлуатації, завод виготовляє їх із проточною частиною з надтвердих сплавів. Насосне встаткування призначене для перекачування високоабразивних середовищ.

Область застосування ґрунтових насосів даного типу: гірничозбагачувальні й гірничо-металургійні підприємства, теплоелектростанції, підприємство з виробництва цементу, діаманто - і золотодобувні підприємства, технологічні лінії дроблення, збагачення корисних копалин і т.п.

У якості ґрунтового насоса використовується спеціалізований насосний агрегат типу 20P-11M.

Опис ґрунтових насосів типу 20P-11M.

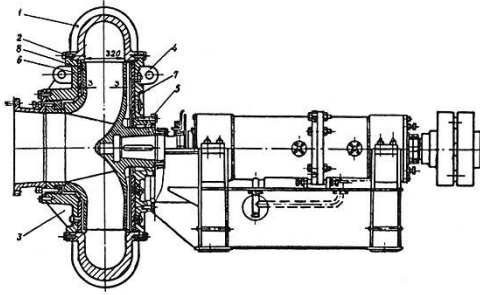
Землесос 20P-11M - горизонтальний одноступінчастий, призначений для перекачування абразивної пульпи концентрацією твердих включень до 20%. Землесос монтується на земснарядах, судах або понтонах.

Матеріал деталей проточної частини - сталь 35ГЛ.

Табл.1.1. Технічні характеристики ґрунтового насоса типу 20P-11M.

Марка	20P-11M
Найменування	Землесос
Подача, м. куб/час	3850
Тиск, м	56
Потужність, кВт	1250
Частота обертання, об/хв	500
Габаритні розміри, мм	7390x2370x1965
Вага, кг	23600

Обладнання насосів 20P-11M представлено на рис.1.3.



а) Схема землесоса 20P-11M.

1 - корпус; 2 – ущільнювальне кільце, 3 – усмоктувальна кришка, 4 – напірна кришка; 5 – гумова манжетка; 6 і 7 - бронедиски; 8 – робоче колесо;



б) зовнішній вигляд землесоса 20P-11M

Рисунок 1.3 - Схема та зовнішній вигляд землесосів 20P-11M.

Передача крутного моменту від електродвигуна до ґрунтового насоса може здійснюватися через пружну втулочно-пальцеву муфту або за допомогою клиноремінної передачі. Робочі колеса насоса виконані з більшою кількістю потужних відбійних лопаток на обох дисках. Відбійні лопатки розташовані таким чином, що захищають області найбільш інтенсивного зношування дисків, тому що вони працюють аналогічно колесу вихрового насоса. Крім того, вони запобігають влученню абразивних часток у пазухи між колесом і корпусом ґрунтового насоса, забезпечуючи постійний мінімальний перепад тиску в передньому ущільненні насоса.

Для ефективної роботи відбійних лопаток ґрунтового насоса передбачена можливість регулювання зазору між торцевою поверхнею відбійних лопаток і переднім бронедиском (без розбирання насоса) за допомогою спеціальної регулювальної шпильки, розміщеної на опорній стійці.

У простір між колесом і корпусом підводить вода, що промиває, виносить частки з пазухи між колесом і корпусом даного насосного встаткування.

Тиск на вході в ґрунтовий насос звичайно обмежується 2 кгс/см^2 . Допускається великий тиск на усмоктуванні при послідовній роботі насосів, при цьому максимальний тиск на вході в ґрунтовий насос першого щабля обмежують 1 кгс/см^2 .

На рис.1.4 наведені напірні характеристики землесоса 20P-11M по даним заводу-виготовлювача.

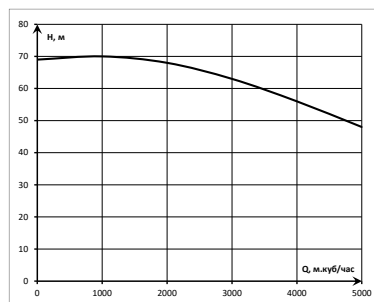


Рисунок 1.4 - Напірна характеристика землесоса 20P-11M

Середній ресурс механічних вакуумних насосів з масляним ущільненням до капітального ремонту не менш 12-15 тис. год, причому ресурс великих насосів трохи нижче середньої величини, а ресурс малих насосів може суттєво перевищувати цей час. Протягом усього терміну служби в насосів виникає в середньому близько 10 відмов. Найбільш характерні несправності й відмови наступні: текти масла через манжети, що ущільнюють вал, - 20-25% усіх відмов і несправностей; текти масла через нерухливі з'єднання — 8- 10%; обрив ременів — 18-20%; зношування й поломка вихлопного клапана й деталей, пов'язаних з ним, — 7-8%; перегорання електродвигуна — 6-8% . Інші 30-40% припадають на інші більш рідкі відмови. У великих насосів, наприклад, досить часто спостерігаються зношування й поломка шпонкового паза й шпонок на валу.

Для зменшення впливу абразивних часток на конструктивні елементи насоса в простір між колесом і корпусом підводиться вода, що промиває, виносить частки з пазухи між колесом і корпусом даного насосного встаткування. Вода, що промиває, підводить до ґрунтового насоса за допомогою додаткового малопотужного насоса гідропідпору типу K100-65-250.

1.4. Технічні характеристики насоса К100-65-250.

К100-65-250 - це горизонтальний відцентровий консольний одноступінчастий насос для перекачування прісної води, а також інших рідин подібних з водою по щільності, в'язкості (36Сст) і хімічної активності, з температурою від - 10 до 105°С (при одинарнім чепцевім ущільненні вала до +85°С, рН= від 6 до 9, зі змістом твердих включень не більш 0,15% по масі, розміром не більше 0,2 мм. середовище, що перекачується, не повинне містити волокнистих структур, піску, золи, шлаків і інших наповнювачів.

Застосовується на насосних станціях міського, промислового й сільського водопостачання – для осушення й зрошення земельних угідь, для перекачування води й нейтральних рідин.

Ущільнення вала насоса К100-65-250 - сальник с м'яким набиванням

Габаритне креслення насоса К 100-65-250 наведений на рис. 1.5.

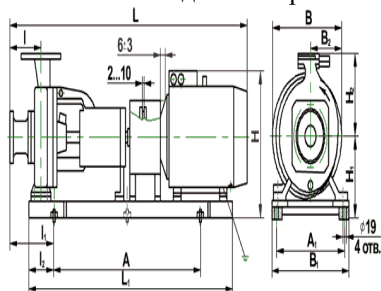


Рисунок 1.5. Габаритне креслення насоса К 100-65-250.

Технічні характеристики насоса наведено в табл.1.3.

Табл.1.3. Загальні технічні характеристики насоса К 100-65-250

Насос	Подача м3/ч	Напор м.вод.ст.	Кавітаційний запас, м	КПД насоса, %	Частота обертання, об/хв
К 100-65-250	100	80	4,5	67	2900

Напорні характеристики насоса $K 100-65-250 H=f(Q)$, енергетичні характеристики $\eta = f(Q)$ наведено на рис.1.6.

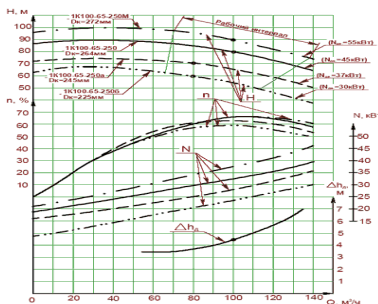


Рисунок 1.6 - Напорні характеристики насоса К100-65-250

Всі характеристики насоса приведені для номінальної кутової швидкості електропривода насоса $n = 3000$ об/хв.

1.5. Технічні характеристики приводного електродвигуна 4АМН180М1.

Приводний електродвигун насосу К100-65-250 є асинхронним трифазним електродвигуном з короткозамкненим ротором захищеного виконання (ступінь захисту IP23) типу 4АМН180М2 номінальною потужністю 45 кВт. Режим роботи – тривалий, S1. Живлення від мережі змінного струму частотою 50Гц, напругою 380 В.

Зовнішній вигляд приводного двигуна представлений на рис. 1.7.



Рисунок 1.7 - Зовнішній вигляд електродвигуна 4AMN180M1.

Паспортні дані електродвигуна по даним заводу – виробника наведено в табл. 1.4.

Табл.1.4. Паспортні дані електродвигуна 4AMN180M1.

Модель електродвигуна	4AMN180M2
Потужність, кВт	45
Номинальна лінійна напруга, В	380
Номинальний струм, А	85
Синхронна частота обертання, об/хв	3000
Номинальна частота обертання, об/хв	2940
Перевантажувальна здібність	2,2
Кратність пускового моменту	1,2
КПД, %	91,5
Коефіцієнт потужності, cos φ	0,89
Кількість полюсів	2
Вага основного виконання, кг	185

Висновки до першого розділу

У першому розділі розглянуто технологію видобутку залізозмісних пісків зі шламосховищ за допомогою земснарядів. Наведено загальні технічні характеристики земснаряда МЗ-19Э.

Наведено технічні характеристики землесоса 20P-11M.

Для зменшення впливу абразивних часток на конструктивні елементи насоса в простір між колесом і корпусом підводиться вода, що промиває, вносить частки з пазухи між колесом і корпусом даного насосного устаткування. Вода, що промиває, підводиться до ґрунтового насоса за допомогою додаткового малопотужного насоса гідропідпору типу К100-65-250. Наведено технічні характеристики насосу гідропідпору.

У якості електроприводу насоса К100-65-250 використано асинхронний трифазний електродвигун з короткозамкненим ротором типу 4AMN180M2 номінальною потужністю 45 кВт з частотою обертання 3000 об/хв.

Розділ 2 ЕКСПЛУАТАЦІЙНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЕЛЕКТРОПРИВОДУ НАСОСА ГІДРОПІДПОРУ К100-65-250

2.1 Розрахунок схеми заміщення асинхронного електродвигуна

T-подібна схема заміщення асинхронного двигуна має наступний вигляд, рис.2.1:

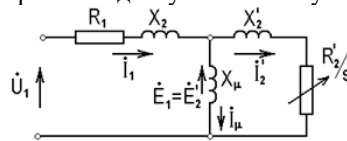


Рисунок 2.1 – T-подібна схема заміщення асинхронного двигуна

де R_1 , X_1 – активний та індуктивний опір фази статора АД;

R_2 , X_2 – активний та індуктивний опір фази ротора АД;

X_m – індуктивний опір контуру намагнічування АД;

За паспортними даними двигуна 4AMN180M2, наведеними у розділі 1.5, знаходимо параметри схеми заміщення.

Номинальна кутова швидкість:

$$\omega_{\text{ном}} = n_{\text{ном}} \cdot \frac{\pi}{30} = 307,876 \text{ 1/с}$$

Кутова швидкість холостого ходу:

$$\omega_0 = n_0 \cdot \frac{\pi}{30} = 314,159 \text{ 1/с}$$

Номінальне ковзання:

$$S_n = \frac{\omega_0 - \omega_{\text{НОМ}}}{\omega_0} = 0,02$$

Номінальний момент двигуна:

$$M_{\text{НОМ}} = 1000 \cdot \frac{P_{\text{НОМ}}}{\omega_{\text{НОМ}}} = 146,16 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Критичне ковзання для рухового режиму:

$$S_k = S_n \left(\lambda_m + \sqrt{\lambda_m^2 - 1} \right) = 0,074$$

За кратністю пускового струму знаходимо повний опір двигуна при нерухомому роторі ($S=1$):

$$Z_{k1} = \frac{U_{1\text{НОМ}}}{\sqrt{3} k_t I_{1H}} = \frac{220}{\sqrt{3} \cdot 5,5 \cdot 85} = 0,272 \text{ Ом}$$

Приймаємо для двигуна значення коефіцієнта насичення магнітного кола $C_1=1.04$ і механічні втрати, дорівнюють 1% від $P_{\text{НОМ}}$, тобто:

$$\Delta P_{\text{МЕХ}} = 0,01 \cdot P_H = 0,01 \cdot 35 = 0,35 \text{ кВт}$$

За кратністю пускового моменту λ_n визначаємо активний опір ротора при $S=1$:

$$R_2' = \frac{(P_H + \Delta P_{\text{МЕХ}}) \cdot \lambda_{\text{П}}}{3(1 - S_n) \cdot k_t^2 \cdot I_{1H}^2} = \frac{(45000 + 450) \cdot 1,2}{3 \cdot (1 - 0,02) \cdot 30,25 \cdot 85 \cdot 85} = 0,085 \text{ Ом}$$

Активний опір статора можна визначити за виразом:

$$R_1 = \frac{U_{1H}^2 (1 - S_n)}{2c_1 (P_H + \Delta P_{\text{МЕХ}}) \cdot \lambda_{\text{П}} \cdot \left(1 + \frac{c_1}{S_k}\right)} = \frac{220 \cdot 220 (1 - 0,02)}{2 \cdot 1,02 \cdot (45000 + 450) \cdot 1,2 \cdot \left(1 + \frac{1,02}{0,074}\right)}$$
$$R_1 = 0,029 \text{ Ом}$$

Індуктивний опір статора і ротора при $S = 1$ без урахування намагнічуючого струму:

$$X_K = \sqrt{\left(\frac{R_2'}{S_K}\right)^2 - R_1^2} = 1,214 \text{ Ом}$$

Індуктивний опір статора:

$$X_1 = \frac{X_K}{2} = 0,575 \text{ Ом}$$

Індуктивний опір ротора:

$$X_2' = \frac{X_1}{c_1} = 0,563 \text{ Ом}$$

Індуктивність розсіювання ротора:

$$L_p = \frac{X_2'}{2\pi f} = \frac{0,563}{313,15} = 0,00179 \text{ Гн}$$

Індуктивність розсіювання статора:

$$L_s = \frac{X_1}{2\pi f} = \frac{0,575}{313,15} = 0,00183 \text{ Гн}$$

Струм контура намагнічування

$$I_{\mu n} = I_{1H} \left(\sin \varphi_n - \frac{S_n \cdot \cos \varphi_n}{S_K} \right) = 18,22 \text{ А}$$

Індуктивний опір контура намагнічування:

$$X_{\mu} = \frac{U_{1\phi}}{I_{\mu n}} = \frac{220}{18,22} = 12,08 \text{ Ом}$$

Індуктивність розсіювання контуру намагнічування:

$$L_{\mu} = \frac{X_{\mu}}{2\pi f} = \frac{12,08}{313,15} = 0,038 \text{ Гн}$$

Індуктивність статора:

$$L_1 = L_s + \frac{3}{2} \cdot L_{\mu} = 0,059 \text{ Гн}$$

Індуктивність ротора:

$$L_2 = L_p + \frac{3}{2} \cdot L_{\mu} = 0,059 \text{ Гн}$$

За табличними даними можна визначити номінальні втрати двигуна, якщо відоме ККД при номінальному навантаженні і опір обмоток.

Сумарні втрати двигуна:

$$\Sigma \Delta P_H = \frac{P_H (1 - \eta_H)}{\eta_H} = 4180 \text{ Вт}$$

Номинальні змінні втрати двигуна із розрахунку 70% від повних складуть

$$\Delta P_{var} = \frac{\Sigma \Delta P_H}{(1 + 0.7 \cdot 0.7)} = 2806 \text{ Вт}$$

Умовно сталі втрати потужності двигуна

$$\Delta P_{const} = \Sigma \Delta P_H - \Delta P_{var} = 1374 \text{ Вт}$$

2.2 Розрахунок природних характеристик електродвигуна насосу гідропідпору K100-65-250

Для розрахунку необхідних характеристик асинхронного електродвигуна скористаємося символьним методом комплексним методом розрахунку кіл змінного струму.

Комплексний опір ротора

$$Z_2(s) = \frac{r_2}{s} + j \cdot x_2$$

Комплексний опір ланцюгу намагнічування

$$Z_\mu = j \cdot x_\mu$$

Комплексний опір роторного кола схеми заміщення

$$Z_{20}(s) = \frac{Z_2(s) \cdot Z_\mu}{Z_2(s) + Z_\mu}$$

Комплексний опір ланцюгу статора

$$Z_1(s) = r_1 + j \cdot x_1$$

Повний комплексний опір схеми заміщення

$$Z_0(s) = Z_1(s) + Z_{20}(s)$$

Струм статора АД

$$I_1(s) = \frac{U_1}{Z_0(s)}$$

Напруга на затискачах роторного кола

$$E_{20}(s) = U - I_1(s) \cdot Z_1(s)$$

Струм ротора АД

$$I_2(s) = \frac{E_{20}(s)}{Z_2(s)}$$

Електромагнітний момент АД

$$M_{эм}(s) = 3 \cdot (|I_2(s)|)^2 \cdot \frac{r_2}{\omega_0 \cdot s}$$

Активна та реактивна потужності, споживані АД з мережі :

$$P_{АД}(s) = 3 \cdot \text{Re} \left(U_1 \cdot \hat{I}_1(s) \right); Q_{АД}(s) = 3 \cdot \text{Im} \left(U_1 \cdot \hat{I}_1(s) \right)$$

Коефіцієнт корисної дії АД:

$$\eta(s) = \frac{M_{эм}(s) \cdot \omega_0 \cdot (1 - s)}{P_{АД}(s)}$$

Коефіцієнт потужності АД:

$$k_m(s) = \cos \left(\arg(Z_0(s)) \right)$$

Розрахунки по приведених вище формулах були виконані за допомогою сценарію MATLAB. Результати розрахунків швидкісних, електромеханічних і енергетичних характеристик електродвигуна насосу гідропідпору K100-65-250 приведені нижче на рис.2.3 – 2.7.

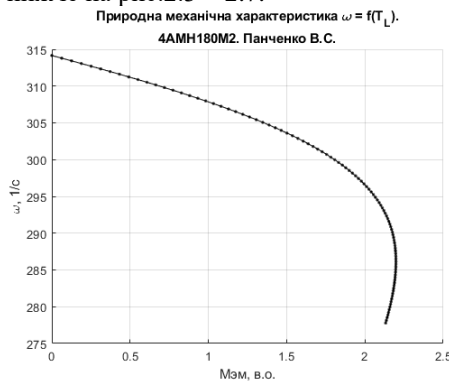


Рисунок 2.3 – Природна механічна характеристика двигуна насосу гідропідпору K100-65-250

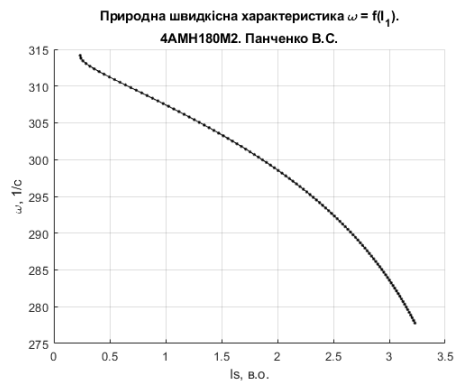


Рисунок 2.4 – Природна швидкісна характеристика двигуна насосу гідропідпору K100-65-250 за струмом статора

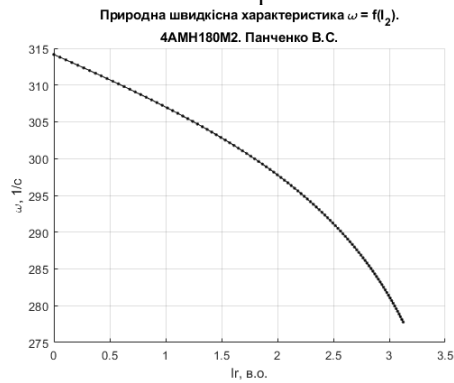


Рисунок 2.5 – Природна швидкісна характеристика двигуна насосу гідропідпору K100-65-250 за струмом ротора

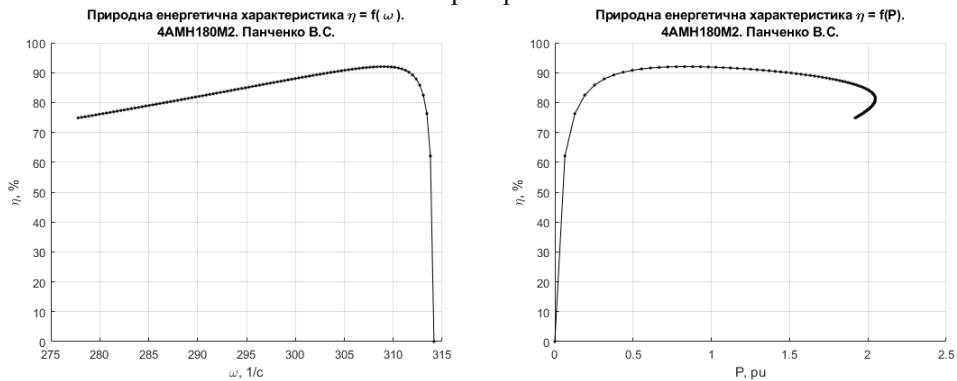


Рисунок 2.6 – Природна енергетична характеристика двигуна насосу гідропідпору K100-65-250 за ККД

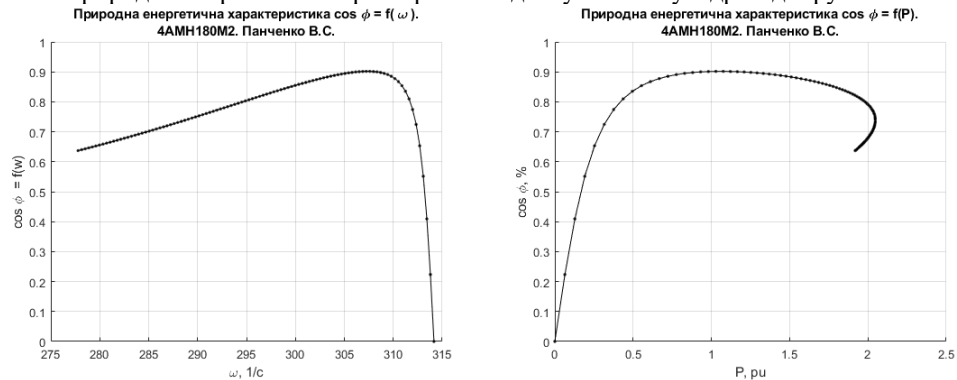


Рисунок 2.6 – Природна енергетична характеристика двигуна насосу гідропідпору K100-65-250 за коефіцієнтом потужності

2.3. Обґрунтування необхідності регулювання кутової швидкості насоса гідропідпору.

Головною проблемою використання ґрунтових насосів при перекачуванні високоабразивних рідин є недостатній ресурс деталей проточної частини насоса. Від складу середовища, що перекачується, прямо залежить і вид зношування. Процеси зношування поверхні матеріалу абразивними частками з урахуванням властивостей матеріалу, що зношується. Абразивне руйнування матеріалу зводиться до наступних видів:

- дряпання (мікрорізання) краями часток поверхні матеріалу.
- багаторазове пластичне відтискування.
- утворення і поширення тріщин на поверхні, відділення матеріалу.
- утворення на поверхні матеріалу оксидних і корозійних плівок.

Інтенсивність зношування залежить від того, який із зазначених процесів переважає в конкретних умовах.

Зносостійкість високохромистих чавунів залежить від кількості й типу карбідів, фазового складу матриці, розміру й орієнтації карбідних включень. При цьому найбільшу зносостійкість мають чавуни з карбідами типу $(Cr, Fe)_7C_2$.

Однієї з найбільш великих статей накладних витрат при роботі земснаряда є витрати на підтримку працездатного стану ґрунтового насоса. Дія абразивного компонента пульпи, що перекачується, приводить до швидкого зношування як елементів нагнітального колеса, так і до підвищеного зношування ущільнювальних сальників, що приводить до росту втрат тиску, поступовому зниженню продуктивності насоса. Для зменшення рівня впливу абразивних включень на внутрішні елементи конструкції ґрунтового насоса, з боку задньої половини корпусу (рис.1.4) виконано додатковий підвід води до сальника ущільнення. Підвід води під підвищеним тиском дозволяє знизити локальну концентрацію абразивних компонентів пульпи й знизити вплив цих речовин на ущільнення ґрунтового насоса. Підвід води виконане за допомогою спеціального насоса гідропідпору, технічні характеристики якого наведені в розділі 1.4.

Також важливо відзначити, що концентрація змісту твердого в пульпі (суміші) варіюється в діапазоні від 10% до 40% і суттєво залежить від характеру ґрунту, що перекачується, дистанції рефулювання, глибини розробки й геодезичної висоти. Ви одержуєте максимальну продуктивність піску або мулу, добре перемішаного у воді.

Зміна щільності пульпи, що перекачується, супроводжується зміною напору й продуктивності ґрунтового насоса в широких межах.

Зміна щільності, що перекачується пульпи супроводжується також зміною концентрації абразивних домішок у чепцевій порожнині ґрунтового насоса.

Для аналізу випадкового процесу зміни щільності пульпи під час роботи було виконано експериментальні дослідження ґрунтового насосу за допомогою штатного пристрою для поточного вимірювання щільності пульпи.

На рис.2.7 наведений заміряний на діючому земснаряді графік щільності, що перекачується пульпи.

З рис.2.7 визначаємо, що щільність пульпи змінюється в діапазоні від 1,05 (практично чиста вода) до 1,82 т/м³. Основний діапазон зміни щільності пульпи – від 1,1 до 1,3 т/м³, значні викиди щільності відносно рідкі.

По наявним графіків щільності пульпи в часі можна висунути гіпотезу про те, що характер розподілу щільності пульпи носить скоріше гіперболічний характер і не збігається з нормальним розподілом.

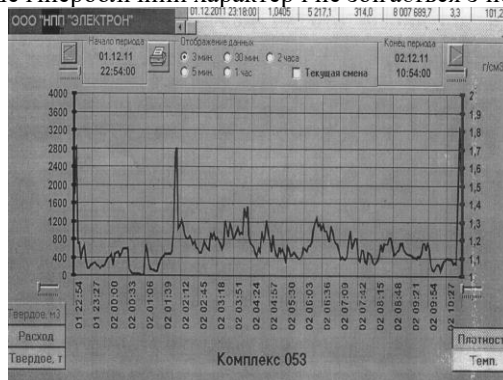


Рисунок 2.7 - Експериментальні дослідження щільності пульпи, що перекачується земснарядом.

Очевидно, що при зниженні щільності пульпи, що перекачується, тобто при зниженні долі ґрунтових домішок, доцільно здійснювати регулювання тиску насоса гідропідпору. Необхідний діапазон регулювання тиску й продуктивності насоса гідропідпора залежить від розмаху зміни щільності пульпи. Нижня границя тиску, що розвивається насосом гідропідпора, визначається мінімальним тиском ґрунтового насосу. При підвищенні щільності пульпи необхідно підвищувати частоту обертання насоса гідропідпора, підвищуючи

тим самим його продуктивність і забезпечуючи необхідне зменшення абразивних часток в сальниковій зоні ґрунтового насосу.

Схема трубопроводів, що з'єднують насос гідропідпору із ґрунтовим насосом, зображена на рис. 2.8.

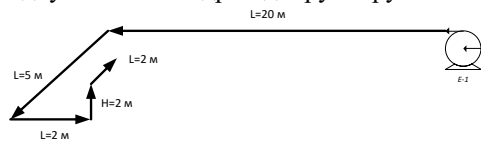


Рисунок 2.8 – Гідравлічна схема насоса гідропідпору.

Визначимо втрати напору в трубопроводній системі при номінальній продуктивності $Q = 100 \text{ м}^3/\text{годину}$. Загальна довжина трубопроводу становить $L = 31 \text{ м}$. Трубопровід містить у собі 4 коліна 90° і один запірний вентиль. Трубопровід виконаний із суцільнотягнутої металевої труби діаметром $d = 80 \text{ мм}$.

Для цього скористаємося спеціальною номограмою, рис. 2.9.

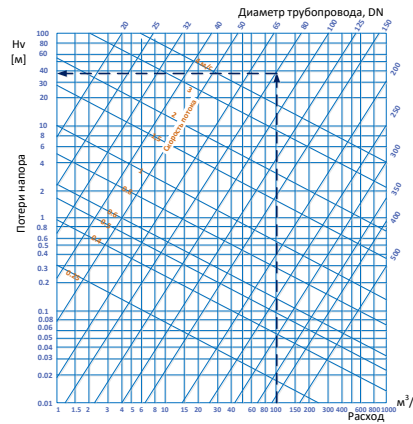


Рисунок 2.9 - Швидкість потоку v і втрати H_v у прямих трубопроводах.

Табл . 4. Коефіцієнти опору різних елементів трубопроводної арматури.

Номінальний діаметр	60	65	80	100	125
Шиберна засувка	0,7	0,9	1,2	1,5	1,9
Вентиль звичайний	12	16	20	25	31
Зворотний клапан вільного випуску	7,8	10,6	13,8	17	21
Прийомний клапан з усмоктувальною сіткою	9,7	13,2	17,2	21	26
Коліно труби 90°	1	1,3	1,7	2,1	2,7

З номограми при $Q = 100 \text{ м}^3/\text{год}$ й діаметрі труби 80 мм одержуємо

$$H_v = 38/100.$$

З таблиці 4 з коефіцієнтами опору арматури маємо для коліна DN80 90° значення 1,7 м, для запірного вентилля – 20.

Для всієї встановленої арматури втрати напору складуть

Коліно DN80 90°	4 шт x 1,7	6,8
Запірний вентиль	1 шт x 20	20
Труба довжиною 31 м		31
УСЬОГО		57,8

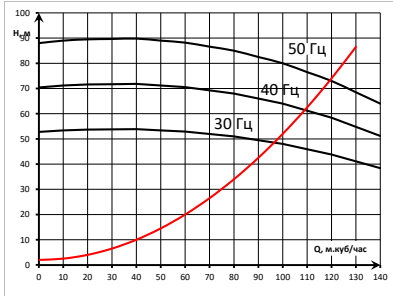
Втрати напору при такій конфігурації втрати тиску у гідравлічній мережі складуть

$$H_v = 57.8 \cdot 38/100 = 21.97 \text{ м}.$$

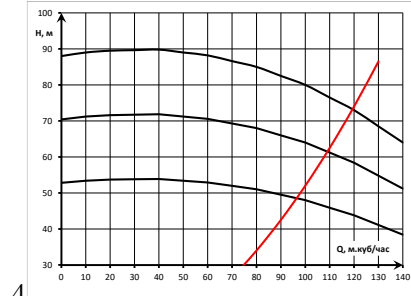
2.3.1. Визначення діапазону регулювання насоса гідропідпору.

Знаючи конфігурацію гідравлічної системи гідропідпору, рис. 2.8, нескладно розрахувати напірну характеристику трубопроводної системи гідропідпору. Робочі характеристики насосу К100-65-250 за рис. 2.10. при відхиленні частоти обертання робочого колеса насосу від номінальної легко перерахувати за допомогою формул подібності.

Напірні характеристики насосу К100-65-250 при різних частотах живлення у поєднанні з напірною характеристикою трубопроводної системи приведено на рис. 2.10, а, б



а) напірні характеристики насоса та трубопроводної системи



б) те саме, у збільшеному масштабі

Рисунок 2.10 - Напірні характеристики насосу К100-65-250 та трубопроводної системи при регулюванні частоти обертання насосу.

Виходячи з необхідного діапазону регулювання тиску насоса гідропідпору, отриманого у розділі 2.3, орієнтуючись на напірні діаграми рис.2.10., отримаємо необхідний діапазон регулювання частоти живлення приводного двигуна.

Для забезпечення заданого діапазону зміни тиску насоса гідропідпору необхідно забезпечити регулювання частоти живлячої напруги у діапазоні $25 \leq f \leq 50$ Гц.

2.4 Розрахунок штучних характеристик частотно-керуваного електроприводу

При частотному керуванні слід враховувати, що індуктивні опори асинхронного двигуна також будуть змінюватися. Індуктивні опори асинхронного двигуна при частоті живлячої мережі f Гц можна обчислити по відомим значенням опорів при частоті живлячої мережі 50 Гц за формулою:

$$X_f = X_{50} \cdot \frac{f}{50}$$

Також при розрахунках характеристик електропривода у розімкненій системі керування необхідно враховувати взаємопов'язане керування напруги та частоти за законом Костенко. При заданій частоті живлячої мережі f Гц діюче значення фазної напруги складатиме

$$U = 0.088 \cdot f^2 \text{ В}$$

Для розрахунку штучних характеристик асинхронного електродвигуна скористаємося символьним методом комплексним методом розрахунку кіл змінного струму.

Комплексний опір ротора

$$Z_2(s) = \frac{r_2}{s} + j \cdot x_2$$

Комплексний опір кола намагнічування

$$Z_\mu = j \cdot x_\mu$$

Комплексний опір роторного кола схеми заміщення

$$Z_{20}(s) = \frac{Z_2(s) \cdot Z_\mu}{Z_2(s) + Z_\mu}$$

Комплексний опір кола статора

$$Z_1(s) = r_1 + j \cdot x_1$$

Повний комплексний опір схеми заміщення

$$Z_0(s) = Z_1(s) + Z_{20}(s)$$

Струм статора АД

$$I_1(s) = \frac{U_1}{Z_0(s)}$$

Напруга на затискачах роторного кола

$$E_{20}(s) = U - I_1(s) \cdot Z_1(s)$$

Струм ротора АД

$$I_2(s) = \frac{E_{20}(s)}{Z_2(s)}$$

Електромагнітний момент АД

$$M_{эм}(s) = 3 \cdot (|I_2(s)|)^2 \cdot \frac{r_2}{\omega_0 \cdot s}$$

Активна та реактивна потужності, споживані АД з мережі :

$$P_{АД}(s) = 3 \cdot \mathbf{Re} \left(U_1 \cdot \hat{I}_1(s) \right); Q_{АД}(s) = 3 \cdot \mathbf{Im} \left(U_1 \cdot \hat{I}_1(s) \right)$$

Коефіцієнт корисної дії АД:

$$\eta(s) = \frac{M_{эм}(s) \cdot \omega_0 \cdot (1 - s)}{P_{АД}(s)}$$

Коефіцієнт потужності АД:

$$k_m(s) = \cos \left(\arg(Z_0(s)) \right)$$

Розрахунки по приведених вище формулах були виконані за допомогою програми MATLAB. Результати розрахунків статичних і енергетичних характеристик електродвигуна приведені нижче на рис.2.11 – 2.14.

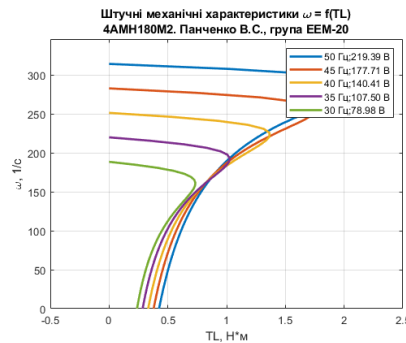


Рисунок 2.7 – Штучні механічні характеристики АД при частотному регулюванні. Частота живлячої напруги – 50, 45, 40, 35, 30 Гц

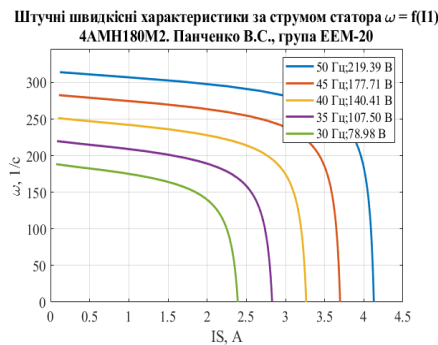


Рисунок 2.8 - Штучні швидкісні характеристики АД по струму статора при частотному регулюванні. Частота живлячої напруги – 50, 45, 40, 35, 30 Гц

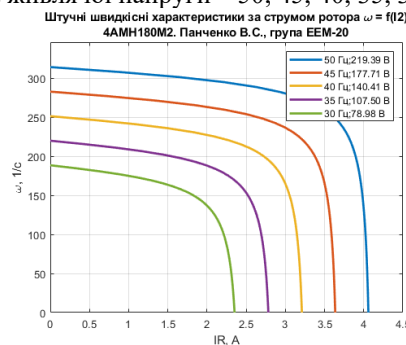


Рисунок 2.9 - Штучні швидкісні характеристики АД по струму ротора при частотному регулюванні. Частота живлячої напруги – 50, 45, 40, 35, 30 Гц

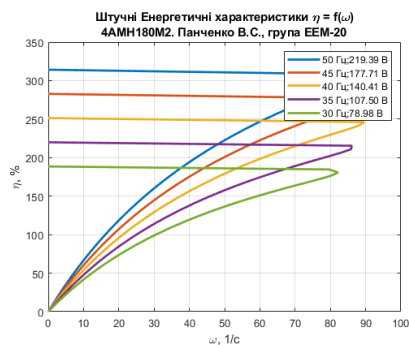


Рисунок 2.10 - Штучні енергетичні характеристики АД при частотному регулюванні. Частота живлячої напруги – 50, 45, 40, 35, 30 Гц

Висновки до другого розділу

У другому розділі отримано чисельні значення параметрів Т-подібної схеми заміщення приводного асинхронного двигуна насосу гідропідпору.

З використанням Т-подібної схеми заміщення комплексним методом розраховано природні електромеханічні, швидкісні та енергетичні характеристики асинхронного двигуна насосу гідропідпору.

Визначено необхідний діапазон регулювання частоти обертання насосу гідропідпору. Для регулювання частоти обертання насосу запропоновано використання частотно-регульованого електроприводу зі скалярним керуванням. Для керування насосом обрано енергоефективний закон керування Костенко $U/f^2 = \text{const}$.

За цих умов було розраховано штучні електромеханічні, швидкісні та енергетичні характеристики електроприводу при зміні частоти живлячої напруги у діапазоні від 50 до 25 Гц.

Запропонований регульований електропривід також може бути використаний для обмеження пускових струмів та ударних моментів під час запуску насоса.

СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА

Розділ 3. МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМИ ЧАСТОТНОГО КЕРУВАННЯ ЕЛЕКТРОПРИВОДУ НАСОСА ГІДРОПІДПОРУ

3.1 Математичне моделювання динамічних режимів асинхронного двигуна у MATLAB/Simulink

Математична модель асинхронного двигуна з урахування реактивного характеру моменту опору з використанням елементів бібліотеки SimPower наведена на рис.3.1.

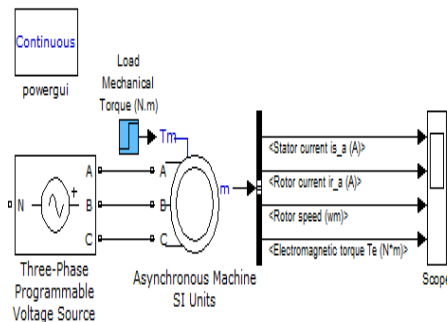


Рисунок 3.1 - Математична модель асинхронного двигуна механізму обертання траверси з урахування реактивного характеру моменту опору

Отримані результати розрахунків прямого пуску електропривода механізму обертання траверси наведено на рис.3.2.

Для розрахунку динамічних режимів використовувався метод Дорманда-Прінса з максимальним кроком інтегрування $h = 0.0005\text{с}$.

Отримані графіки електромеханічних процесів у моделі АД наведено на рис. 3.2. Показано діаграми для струмів статора та ротора, а також швидкість та електромагнітний момент АД при запуску вхолосту. При $t = 2,5\text{ с}$ момент навантаження АД зростає до номінального $M_{\text{ст}} = 220\text{ Нм}$. На рис.3.6 наведено діаграми процесів АД при зростанні навантаження у збільшеному масштабі часу.

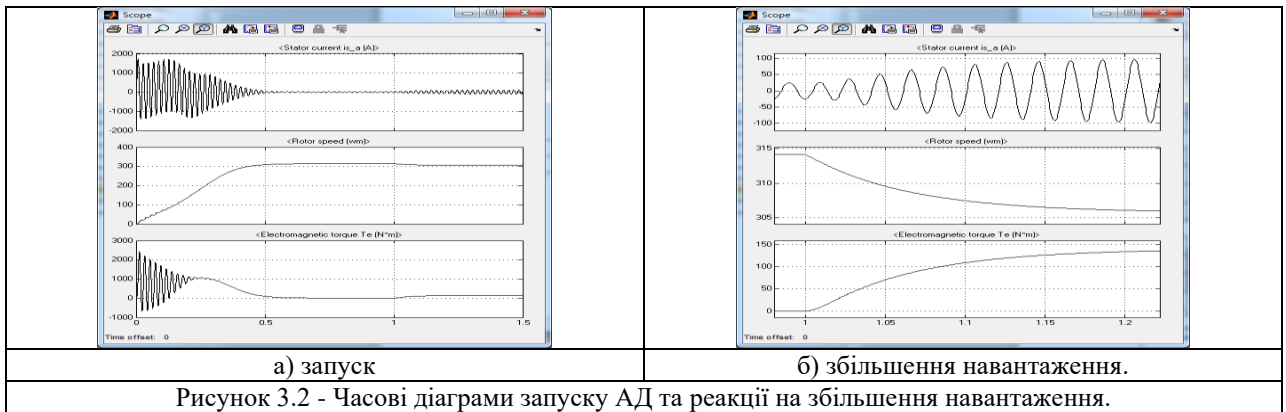


Рисунок 3.2 - Часові діаграми запуску АД та реакції на збільшення навантаження.

Як видно з рис.3.2.б, значення струмів та кутової швидкості при номінальному навантаженні задовільно співпадають з паспортними даними асинхронного двигуна, табл. 3.1.

Табл.3.1. Порівняння результатів моделювання з паспортними та розрахунковими даними АД.

Параметр	Паспортні дані	Експериментальні дані
Струм намагнічування, А	18,22	19,8
Номінальний струм статора, А	85	80,71
Номінальна швидкість, 1/с	307,88	307

Прямий пуск асинхронного двигуна насоса гідропідпору супроводжується значними прискореннями та динамічними зусиллями, значною нерівномірністю руху, що вимагає обмеження максимального прискорення в режимі пуску та гальмування засобами замкненої системи векторного керування електроприводом.

3.2 Моделювання системи частотного керування електроприводу обертання траверси магнітного крану

Для математичного моделювання електроприводу обертання траверси магнітного крану з векторним керуванням використовуємо програму MATLAB/Simulink.

Варіант реалізації математичної моделі електроприводу з векторним керуванням з використанням стандартних елементів та бібліотек Simulink наведено на рис.4.

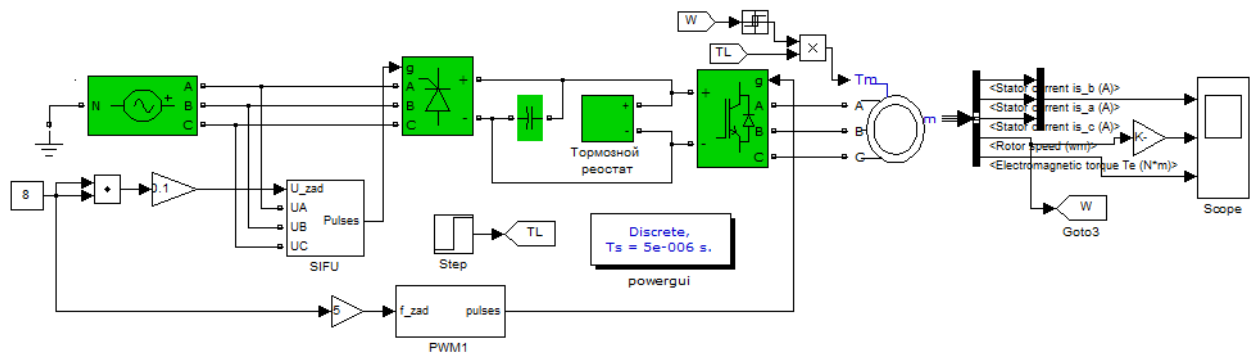
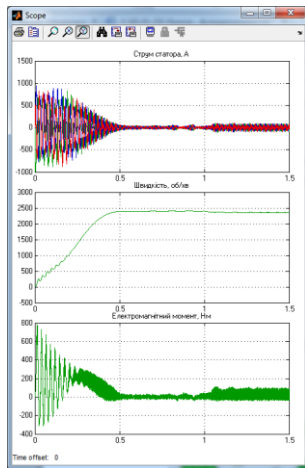
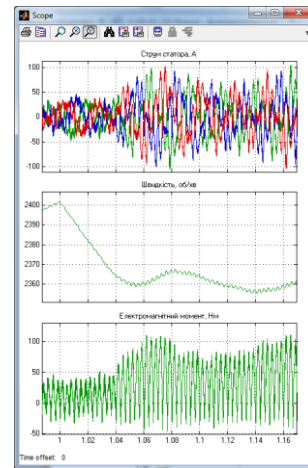


Рисунок 3.3 - Структурна схема віртуальної моделі електроприводу ПЧ-АД у програмі Simulink.

На рис.3.4 наведені часові діаграми електромеханічних динамічних процесів частотно-керованого асинхронного електроприводу при запуску та збільшенні навантаження. У порівнянні з аналогічними природними характеристиками асинхронного двигуна, рис.3.6., необхідно відмітити, що при використанні перетворювача частоти ми отримуємо ефект зниження максимального моменту, збільшення часу запуску електроприводу. Це пояснюється втра-тою напруги на додаткових елементах перетворювача, розміщених у статорному колі асинхронного двигуна.



а) запуск



б) збільшення навантаження.

Рисунок 3.4 - Часові діаграми запуску ПЧ-АД та реакція на збільшення навантаження.

Для підвищення енергетичних показників асинхронного електроприводу турбомеханізмів використовується поєднане керування частоти та напруги АД згідно з відомим енергоефективним законом частотного керування Костенко.

Висновки до третього розділу

У третьому розділі розроблено математичну модель асинхронного двигуна насосу гідропідпора, обґрунтовано адекватність цієї моделі та достатню точність визначення параметрів схеми заміщення. Розроблено математичну модель частотно-регульованого електроприводу зі скалярним керуванням. Обґрунтовано можливість регулювання частоти обертання насоса гідропідпора у заданому діапазоні регулювання із задовільними динамічними та статичними показниками регулювання.

Розділ 4 Конструкторська розробка електроприводу насоса гідропідпора

Перетворювач частоти ALTIVAR 21 (ATV21) - це спеціалізований частотний перетворювач для використання в сучасних системах опалення, насосних станціях, вентиляції й кондиціонування повітря (HVAC). **Перетворювач частоти ALTIVAR 21 (ATV21)** призначений для трифазних асинхронних двигунів з живленням від 220 і 380В (200-480) і потужністю від 0,75 до 75 кВт.

Перетворювач частоти **Altivar 21 (ATV21)** має вбудований термінал з 7-сегментними індикаторами, який призначений для ідентифікації й визначення каналів активних команд (команда роботи й завдання швидкості) Дисплей також дозволяє здійснити:

- прямий доступ до останніх п'ятьом зміненим параметрам;
- ідентифікацію параметрів, установлених при виготовленні, у вигляді списку в меню;
- підтримку конфігурації користувача.

Перетворювач частоти Altivar 21 дозволяє здійснювати функцію швидкого налаштування за допомогою «Швидкого меню» (Quick menu), що включає в себе 10 основних параметрів (прискорення, гальмування, параметри двигуна і т.д.)

4.1 Загальні характеристики перетворювачів частоти Altivar виробництва компанії Snieder Electric

Потужність двигуна (кВт): 0,75-75 кВт

Серія перетворювачів частоти **Altivar 21 (ATV21)** призначена для двигунів потужністю від 0,75 до 75 кВт із наступними типами мережного живлення.

- трифазне 200 – 240 В, від 0,75 до 30 кВт - IP20 – позначається **ATV21H...M3X**;
- трифазне 380 – 480 В, від 0,75 до 75 кВт - IP20 – позначається **ATV21H...N4**;
- трифазне 380 – 480 В, від 0,75 до 75 кВт - IP54 – позначається **ATV21W...N4C**.

Вихідна частота (Гц): 0,5-200

Перевантажувальна здатність: 110% у плинні 1 хвилини

Перетворювач частоти Altivar 21 має вбудовані протоколи Modbus, а також значна кількість інших функцій. Із пропонованими комунікаційними картами (Lonworks, METASYS N2, APOGEE FLN і Bacnet) Altivar 21 є оптимальним рішенням для систем HVAC будинків.

Уся серія перетворювачів частоти відповідає міжнародним стандартам МЕК/EN61800-5-1, МЕК/EN61800-2, МЕК/EN61800-3, має сертифікати UL, CSA, DNV, C-Tick, NOM 117 і ДЕРЖСТАНДАРТ і

відповідає директивам по захисту навколишнього середовища (Rohs, WEEE і ін.), а також європейським директивам, яким відповідає маркування CE.

Переваги частотного перетворювача серії **Altivar 21 (ATV21)** :

Застосування технології зменшеної ємності конденсатора ланки постійного струму дозволяє запуснути перетворювач частоти Altivar 21 без додавання яких-небудь додаткових опцій для компенсації гармонійних складових токи, при цьому повний рівень викривлення по струму THDI становить менш 35 %. Це значення THDI значно менше передбаченого проектом стандарту МЕК 61800-3-12 (48%). У ПЧ Altivar 21 не передбачений мережний дросель або дросель шини постійного струму, що значно знижує його вартість.

Перетворювач частоти **Altivar 21 (ATV21)** забезпечує виконання всіх функцій, необхідних для застосування:

- енергозбереження, квадратичний закон напруга / частота;
- автоматичне підхоплення обертового навантаження з пошуком швидкості;
- адаптація обмеження струму до швидкості;
- придушення шумів і резонансних явищ за рахунок використання під час роботи регульованої частоти комутації до 16 кГц;
- попередні уставки швидкості;
- вбудований ПД-регулятор з попередньо встановлюваними завданнями й можливістю роботи в автоматичному / ручному режимах (Auto/Man);
- лічильник електроенергії й часу обслуговування;
- перемикання каналів керування командами (команди завдань і робочі команди) за допомогою кнопки LOC/REM;
- сон-пробудження;
- автоматична адаптація темпів розгону / гальмування;
- перемикання темпів розгону / гальмування;
- обмеження й калібрування сигналів завдання;
- перемикання комплектів параметрів;
- забезпечення всіх функцій захисту.

Перетворювачі **ATV21W...N4C** мають вбудовані фільтри ЕМС клас В

4.2 Послідовність введення електропривода в експлуатацію

1. Перевірте отримане встаткування.
 - Переконайтеся, що каталожний номер на заводській табличці відповідає зазначеному в замовленні на поставку.
 - Звільніть ALTIVAR від упакування й переконайтеся у відсутності ушкоджень, отриманих під час перевезення.
2. Перевірте лінійну напругу.
 - Перевірте, що лінійна напруга електромережі відповідає діапазону напруг привода.
3. Змонтуйте привод.
 - Установіть привод відповідно до вказівок цього документа.
 - Установіть всі внутрішні й зовнішні опції.
4. Підключіть привод.
 - Підключіть електродвигун, дотримуючи фазності.
 - Переконайтеся у відсутності напруги на лінійних провідниках і приєднаєте їх до вступних затисків привода.
 - Підключіть кола керування.
 - Підключіть потенціометр регулювання частоти обертання.
5. Конфігурування через меню AUF.
 - Задайте діапазон регулювання частоти обертання.
 - Задайте уставку теплового захисту електродвигуна.
 - Задайте частоту струму живлення електродвигуна, якщо вона не рівна 50 Гц.
 - Задайте частоту струму живлення електродвигуна, якщо вона не дорівнює частоті привода.
 - Якщо номінальні параметри живлення електродвигуна відрізняються від параметрів привода, дотримуйтеся вказівок, що приведено на компакт-диску з комплекту поставки привода.

4.3 Монтаж електропривода

Монтаж привода слід виконувати з дотриманням наведених нижче вказівок. Установлювати його дозволяється тільки у вертикальній положенні.

- Не розміщайте привод поблизу від джерел тепла.
- Зверху й знизу слід залишити вільний простір, достатнє для циркуляції повітря з метою охолодження.

Габаритна схема розташування встаткування при монтажі перетворювача наведена на рис.3.5.

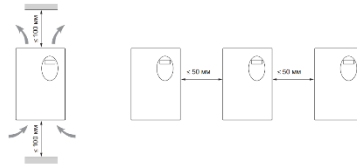


Рисунок 3.5 – Габаритна схема розташування обладнання перетворювача частоти.

4.4. Вказівки по електромонтажу

До привода повинне бути підключене захисне заземлення. Згідно з вимогами діючих нормативних документів провідник заземлення повинен бути розрахований на струм понад 3,5 мА й мати перетин не менш 10 мм². Допускається використання двох провідників заземлення такого ж перетину, що й у силових провідників змінного струму.

Опір провідника заземлення не повинне перевищувати 1 Ом.

Кілька приводів слід підключати до однієї точки заземлення, як показано на рис. 3.6.

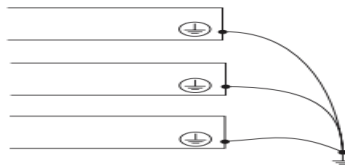


Рисунок 3.6 – Схема підключення заземлення окремих проводів.

Не з'єднуйте провідники заземлення послідовно або замкнем кільцем.

У випадку, якщо діючі керівні документи вимагають установки вищого УЗО-Д, для однофазного привода слід використовувати пристрій типу А, а для трифазних - типу В. Використовуйте підходящу модель, оснащену:

- фільтром високих частот;
 - модулем затримки спрацьовування захисту при включенні навантаження з високою паразитною ємністю.
- Для УЗО-Д з уставкою спрацьовування 30 мА затримка не задається. У цьому випадку слід вибирати пристрою, захищені від небажаного спрацьовування, наприклад УЗО серії s.i (торговельна марка Merlin Guerin).

Якщо до складу електроустановки входять кілька приводів, кожний з них повинен бути захищений власним УЗО.

Забезпечте належний захист від надструмів:

- Забезпечте правильну координацію спрацьовування пристроїв струмового захисту.
- Канадські й американські національні правила установки електроустановки вимагають захисту кожного відгалуження кола. Для цього слід установити запобіжники, номінал яких зазначений на заводській табличці привода.
- Не підключайте привод до фідера живлення із пристроєм захисту, у якого здатність захищати від струмів короткого замикання перевищує номінальний струм короткого замикання, зазначений на заводській табличці.

Схема підключення силових кіл перетворювача частоти представлена на рис. 3.7.

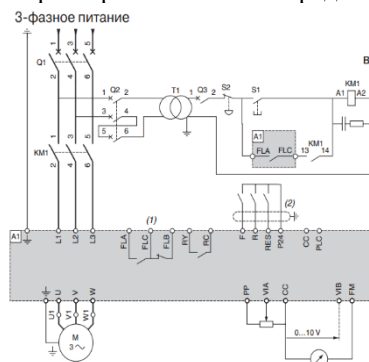


Рисунок 3.7 – Принципова схема підключення силової частини перетворювача частоти.

4.5 Забезпечення електромагнітної сумісності й електромонтаж

Основні вимоги

- Провідники заземлення корпусу привода й електродвигуна, а також екран кабелю повинні мати мінімальний опір на високій частоті.
- Екрани кабелю живлення електродвигуна, кіл керування/сигналізації й гальмового резистора (якщо є) повинні бути підключені до землі на обох кінцях кабелю. Використовувані для прокладки кабелів металеві трубки або кабельні канали не повинні мати розривів.
- Кола керування слід прокладати окремо від кіл живлення. Для кіл керування й регулювання частоти обертання рекомендується використовувати екрановані кручені пари із кроком витків 25 – 50 мм.
- Підключений до вводу кабель електромережі повинен перебувати якнайдалі від вихідного кабелю живлення електродвигуна.
- Кабель живлення електродвигуна повинен бути не коротше 0,5 м.
 - Не встановлюйте на виході привода зі змінною частотою обертання іскрові розрядники або конденсатори для компенсації реактивної потужності.

Висновки до четвертого розділу

У четвертому розділі для технічної реалізації регульованого електроприводу насосу гідропідпору запропоновано використати частотний електропривод **ALTIVAR 21 (ATV21)** фірми Shneider Electric. Наведено технічні характеристики статичного перетворювача частоти, надано послідовність вводу перетворювача частоти в експлуатацію, розглянуто деякі особливості монтажу та програмування перетворювача частоти **ALTIVAR 21**.