

Паньков Владислав Вячеславович

ЕЕМ-20

Тема : Модернізація електромеханічного обладнання ґрунтового насосу земснаряда МЗ-19Е в умовах шламового господарства НКГЗК ПАТ "Арселор Міттал Кривий Ріг"

Керівник ТИТЮК В.К.

ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА

Розділ 1. ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНЕ ОБЛАДНАННЯ ЗЕМСНАРЯДА МЗ-19Е

1.1 Технологія видобутку залізовмісних пісків

Новокриворізький гірничо-збагачувальний комбінат» використовує технологію видобутку залізрудного концентрату із лежалих пісків, які складувалися в шламосховищах.

Ця технологія передбачає видобуток лежалих пісків, транспортування їх до доводочної фабрики попереднього збагачення (перший цикл збагачення), де й виконуються основні технологічні операції отримання готового залізрудного концентрату.

Для видобутку лежалих залізовмісних пісків планується використання плавучого земснаряду. Разом з земснарядом працює пульпопровід і перекачувальна станція для перекачування пульпи з шламосховища на збагачувальну фабрику. Додаткова перекачувальна станція необхідна у зв'язку з великою віддаленістю доводочної фабрики попереднього збагачення від шламосховища. Потужності насоса, встановленого на земснаряді, недостатньо для одноступінчастої схеми транспортування пульпи.

Для збільшення обсягів перекачування пісків шламосховища Центральний ГЗК інвестував у виробництво близько 7,5 млн. гривень.

З запуском другого земснаряда НКГЗК планує збільшити перекачування пісків до 20 тис. тон на добу. Раніше НКГЗК за допомогою першого земснаряда і гідромонітора перекачував близько 12-14 тис. тон пісків на добу.

У 2004 році НКГЗК планує виробити близько 880 тис. тон концентрату, переробивши при цьому 4400 тис. тон лежалих пісків.

Земляні роботи методом гідромеханізації – один з найбільш прогресивних і високоефективних способів провадження робіт, а в деяких випадках за умови бездоріжжя й відсутності комунікацій - єдино можливий.

Земснаряд (землесосний снаряд) — це плавучий засіб, оснащений спеціальним обладнанням і оснащенням для проведення робіт з очищення й днопоглиблення каналів, водоймищ, розробці родовищ і шламових відстійників і подачі пульпи до місця подальшої обробки або у відвал.

Земснаряди успішно застосовуються в багатьох областях:

- очищення водойм (ставка, ріка, озеро, тощо);
- очищення промислових і сільськогосподарських відстійників від мулу, піску й інших відкладань;
- видобуток піску й гравію з кар'єру, сапропелю - з озера,
- 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 траншів під закладку трубопроводів (дюкерів) і кабелів, а також їх замивши;
- розробка шламовідстійників вугільних, металургійних і коксохімічних підприємств,
- гідромеханізовані роботи при зведенні судноплавних і зрошувальних каналів, акваторних споруджень, морських і річкових портів.

Землесосами називаються машини, призначені для транспортування по напірних трубопроводах суміші ґрунту з водою на відстань, передбачене планом робіт або обумовлене величиною створюваного напору. За принципом дії землесоси являють собою відцентрові насоси з деякими конструктивними змінами, обумовленими наявністю твердого матеріалу в рідині, що транспортується.

Характеристика цих машин повинна повністю відповідати характеристиці приєднаних до нього усмоктувального й напірного трубопроводів і умовам їх експлуатації.

Прагнення до більш досконалих конструкцій і підвищенню коефіцієнтів корисної дії привело до створення 20Р-11 (цю конструкцію іноді називають ЗГМ-3). Землесосні снаряди з насосами подібного типу були застосовані вперше на будівництві Південного порту в Москві.

У цей час (поряд із землесосами більшої продуктивності й напорів) 20Р-11 широко застосовують на гідротехнічних будівництвах як основне встаткування земснарядів. З 1939-1940 рр. завод ім. М. І. Калініна в Москві приступився до серійного випуску землесосів марок НЗ: 4НЗ, 6НЗ, 8НЗ, 10НЗ, 12НЗ, 16НЗ, 20НЗ (300-40) і 24НЗ (500-60).

Крім цих машин з'явилися й уже перебувають в експлуатації нові марки, створені на основі вимог масштабів і характеру грабарств при створенні великих гідротехнічних вузлів і видобутку корисних копалин.

Крім ґрунтових насосів вітчизняною промисловістю для транспорту неоднорідних середовищ (гідросумішей) випускаються вуглесоси й піскові насоси. Піскові насоси знаходять широке застосування в збагачувальній промисловості, а вуглесоси — при гідромеханізації гірських робіт, тобто в гірничовугільній і гірничорудній промисловості.

Вуглесоси, що призначають в основному для транспорту гідросумішей із шахт, характерні тим, що створюють високі напори (до 250 м вод. ст.) одним агрегатом.

При провадженні робіт методами гідромеханізації виникає необхідність створення більших напорів, тому останнім часом створена нова серія ґрунтових насосів типу Гр, які мають деякі загальні риси 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 М3-19Е

Схема розташування устаткування земснаряда М3-19Е зображена на рис.1.1.

Земснаряд М3-19Е призначений для розробки ґрунтів I-VII групи по труднощам розробки. Може бути використаний: для виконання розкривних і видобувних робіт, на різних типах обводнених кар'єрах, для очищення русьвів рік, шламо- й шлаковідстійників, будівництва земляних гідротехнічних споруджень, наміву територій під промислове й цивільне будівництво, будівництва й ремонту ірригаційних систем. Кар'єрна машина для роботи у важких гірничо-геологічних умовах. Має ряд модифікацій: земснаряд із фрезерним розпушувачем, напірним пальовим ходом і глибиною розробки до 12 м, категорія розроблювальних ґрунтів від I_ до VII; земснаряд з роторним розпушувачем, напірним пальовим ходом і глибиною розробки до 8 м, категорія розроблювальних ґрунтів від I до позакатегорійних (супіски, суглинки, важкі глини); земснаряд з ежекторною головкою й гідророзпушуванням, глибина розробки до 25 м, категорія розроблювальних ґрунтів з I по V

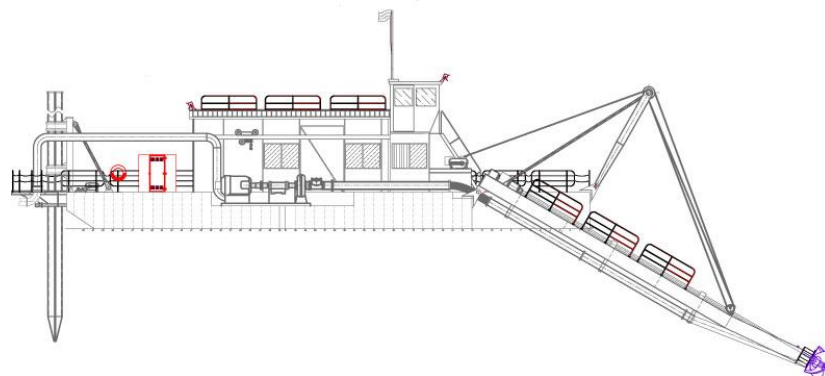


Рисунок 1.1 – Розташування обладнання на земснаряді С-56.



Рисунок 1.2 – Зовнішній вигляд земснаряда М3-19Е.

Технічні характеристики земснаряда М3-19Е.

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

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 8У3
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 насоса.

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, пропонованих 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.

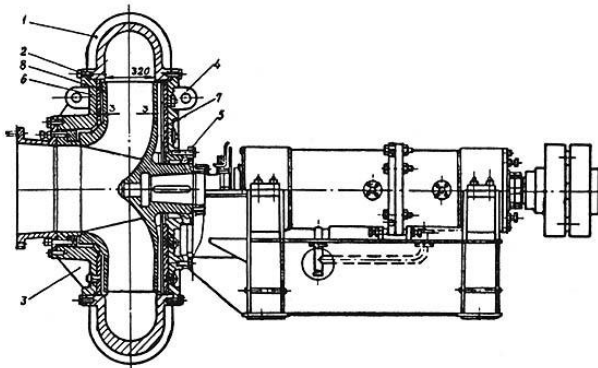
Опис ґрунтових насосів типу 20P-11M.

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.

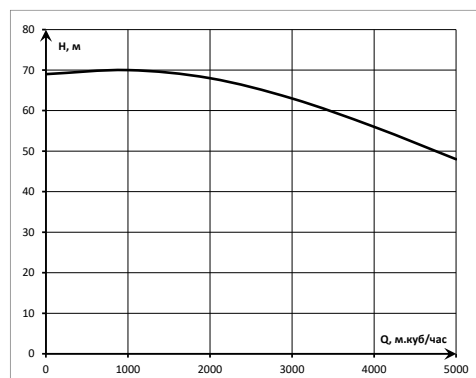


Рисунок 1.4 - Напірна характеристика землесоса 20P-11M

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 на-

сосів 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 насосно-го устаткування. Вода, що промиває, підводить до ґрунтового насоса за допомогою додаткового малопотужного насоса гідропідпору типу К100-65-250.

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.1.5 наведений замірянний на діючому земснаряді графік щільності, що перекачується пульпи.

З рис.1.5 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.

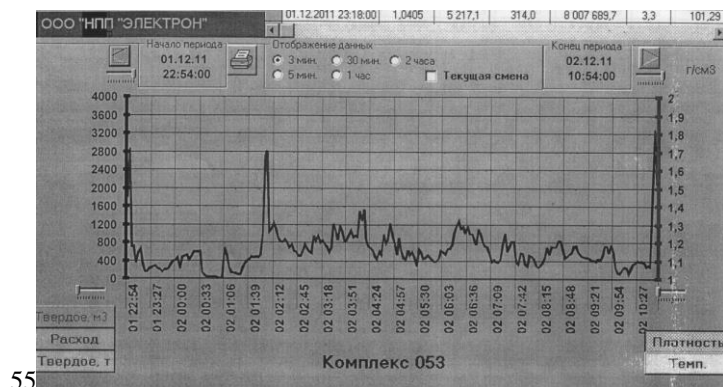


Рисунок 1.5 - Експериментальні дослідження щільності пульпи, що перекачується земснарядом. Очевидно, що при зниженні щільності пульпи, що перекачується, тобто при зниженні долі ґрунтових домішок, змінюється і момент опору електропривода, який створюється ґрунтовим насосом, пропорційно щільності пульпи.

1.4. Технічні характеристики приводного синхронного електродвигуна СДН-14-59-6.

Приводний електродвигун землесосу 20Р-11М є синхронним трифазним електродвигуном типу СДН-14-59-6 номінальною потужністю 1250 кВт.

СДН-14-59-6 1250 кВт 1000 об/хв - высоковольтная электромашина (живляча напруга 6000В) змінного струму. СДН-14-59-6 1250 кВт 1000 об/хв це електродвигун синхронного типу, з порушенням тиристорними збудниками, оснащеними авторегуляторами возбуждательного струму. СДН-14-59-6 1250 кВт 1000 об/хв може бути виконаний як з одним вихідним, так і з двома кінцями валу. Монтажне виконання СДН-14-59-6 – ІМ1001 «на лапах». СДН-14-59-6 розрахований на тривалий режим роботи S1. СДН-14-59-6 1250 кВт 1000 об/хв має індекс вологостійкості IP11, відкритого типу. Охолоджуючий обдув СДН-14-59-6 проводиться в режимі самовентиляції.

Зовнішній вигляд приводного двигуна представлений на рис. 1.6.

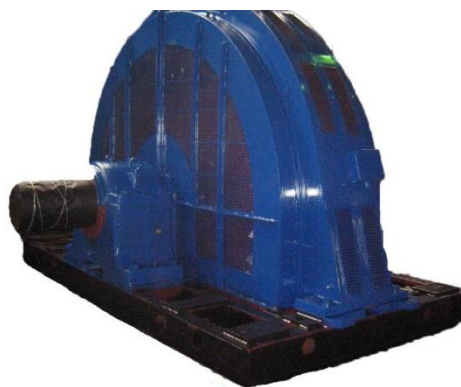


Рисунок 1.6 - Зовнішній вигляд електродвигуна СДН-14-59-6.

На рис.1.7 наведено креслення габаритних розмірів електродвигуна СДН-14-59-6.

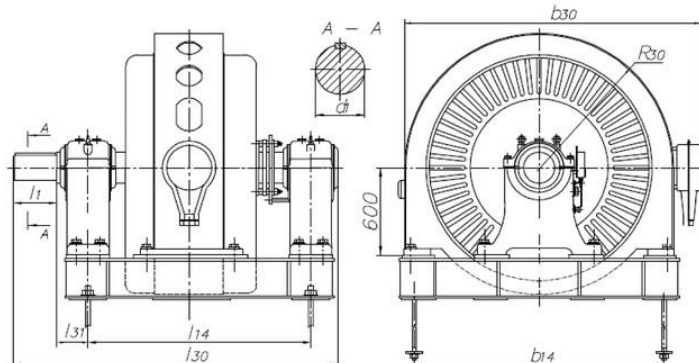


Рисунок 1.7 - Габаритні розміри електродвигуна СДН-14-59-6.

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

Табл.1.4. Паспортні дані електродвигуна СДН-14-59-6.

Модель електродвигуна	СДН-14-59-6
Потужність, кВт	1250
Номінальна лінійна напруга, В	6000
Номінальний струм, А	145
Синхронна частота обертання, об/хв	1000
Перевантажувальна здібність	2,2
Кратність пускового моменту	1,2
ККД, %	93,5
Коефіцієнт потужності, $\cos \phi$	0,9

Висновки до першого розділу

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

Наведено технічні характеристики землесоса 20Р-11М та його напірну характеристику.

У якості електроприводу землесоса 20Р-11М використано синхронний трифазний електродвигун типу СДН-14-59-6 номінальною потужністю 1250 кВт з частотою обертання 1000 об/хв. Наведено технічні характеристики приводного синхронного двигуна СДН-14-59-6.

Розділ 2 РОЗРОБКА ЕЛЕМЕНТІВ СИСТЕМИ ЦЕХОВОГО ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ

2.1 Сучасний стан розвитку систем електропостачання напірного гідротранспорту НКГЗК

За ступенем надійності електропостачання всі пульпонасосні станції, установки по згущенню пульпи і насосні станції оборотного водопостачання віднесені до споживачів I категорії, що мають резерв по агрегатам, електроприводів і вводів; каналізаційні насосні станції, дренажні насосні станції та перекачування фільтраційних вод – до II-ї категорії; електропостачання електричного освітлення пульповодів, дамб і обвалування хвостосховища – до III-ї категорії.

Живлення високовольтних електродвигунів передбачено від вбудованих в будівлі ПНР розподільних пристроїв 6 кВ, що складаються з комірок типу КРУ2-6Е.

Низьковольтне навантаження пульпонасосних станцій складають: дренажні насоси В111Н-150-1, тиристорні збудники ТВУ-105-320 синхронних електродвигунів землесосів, мостові крани, електрифіковані засувки, вентилятори, електроосвітлення та електроопалення (передбачено тільки для ПНС II-го підйому), які не мають поблизу стаціонарних традиційних джерел тепла. Підключення низьковольтних навантажень до комплектних трансформаторних підстанцій напругою 6 / 0,4 кВ здійснюється за допомогою розподільних щитів станцій управління (ЦСУ), а електрифікованих засувок - за допомогою збірок РТ30-63.

2.1.1 Вибір числа і потужності трансформаторів

Для живлення силових, освітлювальних навантажень в ПНС передбачена установка комплектних трансформаторних підстанцій 6 / 0,4 кВ; ПНС № 4 I-го підйому КТП-2х630 кВА; ПНС № 2 II-го підйому КТП-2х1000 кВА; дренажних насосних станцій № 1 і № 2 - установка двох трансформаторів потужністю, відповідно 2х500 кВА та 2х160 кВА.

У насосній станції повернення фільтраційної води – КТП-2х 630 кВА.

Живлення освітлювальних навантажень щогл освітлення дамб хвостосховища передбачено від окремо розташованих індивідуальних знижувальних трансформаторних підстанцій зовнішньої установки типу КТП-63/6. Кількість підстанцій відповідає числу щогл і дорівнює 25 (за кількістю світильників).

На пульпонасосних станціях ПНС № 1 та ПНС № 2 I-го і II-го підйомів згущеної пульпи встановлені комплектні трансформаторні підстанції, відповідно КТП-2х630 кВА та КТП-2х 400 кВА.

Електросилові і освітлювальні навантаження складів поліакриламіда з реагентним господарством, 4-х згущувачів пульпи та розподільні камери живляться від КТП - 2х630 кВт, що розміщується в будівлі реагентного господарства.

2.1.2 Підвищення коефіцієнта потужності

Питома вага низьковольтних електричних навантажень від тиристорних збудників синхронних електродвигунів СД по відношенню до загальної трансформаторної потужності КТП досить значна, що призвело до погіршення коефіцієнта потужності до 0,56 і до високого завантаження трансформаторів реактивною потужністю. Тому з метою зменшення трансформаторної потужності у роботі бакалавра прийнята установка двох конденсаторних батарей УК-0,38-450НУЗ сумарною потужністю 630 кВАр. Цей захід дозволить обмежити споживану повну потужність до 1020 кВА та прийняти для зазначеної станції КТП-2хГ000 кВА, тобто меншої потужності трансформатора без установки конденсаторів.

Установка 2-х батарей статичних конденсаторів КК-0,38-36 потужністю 36 кВАр прийнята на дренажній насосній станції № 1.

На стороні 6 кВ спеціальних заходів для підвищення коефіцієнта потужності не передбачено, так як всі пульпонасосні станції та насосна станція оборотного водопостачання обладнані синхронними електродвигунами СД. Збудженням синхронних електродвигунів коефіцієнт потужності повинен доводитися до нормативного 0,95.

2.1.3 Струми короткого замикання, вибір апаратури і кабелів

У розподільних пристроях 6 кВ типу КРУ - найменший стійкий струм короткого замикання (к.з.); трансформатор струму прийнято типу ТШ1-10 на номінальний струм 150 А, а найменший перетин кабелів напругою 6 кВ прийнято – 95 мм².

Розрахунок струмів короткого замикання на стороні 0,4 кВ, вибір низьковольтної апаратури, зроблені виходячи з припущення живлення силових трансформаторів, при роздільній їх роботі, від шин нескінченної потужності.

Захист вводів і секційного масляного вимикача МВ.

Максимальний струмовий захист (МСЗ) вводів 6 кВ передбачається з боку живильної підстанції.

В комірці секційного масляного вимикача передбачений максимальний струмовий захист з незалежною витримкою часу, з установкою максимальних струмових реле РТ-40 і з реле часу ЕВ.

Захист діє миттєво при оперативному або автоматичному включенні масляного вимикача на короткі замикання на шинах і з витримкою часу 0,5 с (на щабель вище витримки часу основного захисту ліній, що відходять - відсічення) після успішного включення масляного вимикача МВ.

2.1.4 Захист синхронних і асинхронних двигунів

Захист електродвигунів від багатофазних коротких замикань передбачається:

- струмовим відсіченням за допомогою електромагнітних елементів індукційних струмових реле серії ИТ-80;
- максимальним струмовим захистом від перевантаження індукційних елементів тих же реле, що мають витримку часу в незалежній частині характеристики - 16 с;
- захистом від замикань на землю.

Цей захист потрібний для електродвигунів потужністю до 2000 кВт, при струмі замикання на землю 10 А і більш, а для двигунів більшої потужності захист передбачається при струмі замикання на землю 5 А і більше. Цей захист виконується за допомогою трансформаторів струму типу ТЗЛ, кількість яких вибирається за кількістю відхідних кабелів і за допомогою струмових реле РТ-40.

- захистом мінімальної напруги (нульовий захист) - груповий з витримкою часу.

Захист силових трансформаторів здійснюється за допомогою струмового відсічення за допомогою двох реле РТ-40 за схемою неповної зірки на струми двох фаз.

2.1.5 Вимірювання та облік електроенергії

Вимірювання і облік електроенергії в РУ-6 кВ передбачені з обсязі, обумовленому «Правилами будови енергоустановок», з урахуванням типових схем вторинної комутації комплектних розподільних пристроїв.

На вводні комірки встановлюються амперметри, лічильники активної і реактивної електроенергії, а на комірках секційних масляних вимикачів - тільки амперметри.

Відводні лінії 6 кВ до синхронних і асинхронних електродвигунів обладнані вимірювальними приладами для обліку активної електроенергії і вимірювання сили струму.

Для візуального контролю завантаження електродвигуна додатково встановлюються амперметри на шафах місцевого управління. На кожній секції шин 6 кВ і 0,4 кВ передбачено вимір напруги.

Відводні лінії 6 кВ, що живлять силові трансформатори, обладнуються приладами для обліку активної енергії і сили струму. З низької сторони схемами КТП передбачений активно-реактивний облік електроенергії та вимірювання сили струму.

На лініях, що відходять, що живлять зовнішнє освітлення хвостосховища, встановлюються лічильники активної і реактивної електроенергії та амперметр.

2.2 Аналіз електроспоживання пульпонасосних станцій

2.2.1 Електрообладнання підстанцій на ПНС

З якості основного технологічного обладнання в системі напірного гідротранспорту хвостів використовуються землесоси двох модифікацій з електроприводами потужністю 1600 кВт та 3200 кВт.

За ступенем надійності електропостачання землесос, як споживач електроенергії відноситься до I категорії, перерва в електропостачанні якого допускається короткочасно на період переведення резервного електроживлення. Резервування забезпечується як по вводах (не менше 2-х незалежних на кожну підстанцію), так і по агрегатам 100 % (в тому числі дана вимога в рівній мірі стосується і електроприводів).

В системі технологічного процесу напірного гідротранспорту землесоси взаємозалежні і взаємопов'язані в роботі; відповідно формуються і режими електроспоживання їх електроприводів. Як правило, на кожній ПНС в роботі знаходиться по два землесоса. Тому вибір обладнання підстанцій проводився виходячи з цих основних вимог.

Технологічний процес транспортування пульпи (хвостів) по напірним пульповодам здійснюється в два ступені з проміжною операцією згущення.

Реалізація даного технічного рішення здійснюється за допомогою семи пульпонасосних станцій, одна частина яких розташована безпосередньо на початку шляху біля виходу зі збагачувальної фабрики (1-й ступінь), а інша частина безпосередньо в кінці напірних пульповодів біля підніжжя хвостосховища (2-й ступінь водопідйому). Звідси впливає висока енергоємність всього процесу згущення і транспортування.

Відповідно, для забезпечення нормального функціонування технологічного електрообладнання (електроприводів землесосів) - влаштовувалися підстанції з комірками на напругу 6 кВ для живлення високовольтних 6 кВ синхронних двигунів СД землесосів, і окремо силові трансформаторів 6 / 0,4 кВ для живлення низьковольтних споживачів 0,4 кВ обладнання пульпонасосних станцій - мостових кранів, тельферів, електрозварювальних апаратів, допоміжних насосів, перетворювачів, освітлення і іншого додатково необхідного обладнання.

Устаткування підстанцій напругою 6 кВ комплектується з комірок вводу (2 од.); комірок відводних фідерів 6 кВ до землесосів, з шинними роз'єднувачами (ШР) і заземлюючими роз'єднувачами (ЗР); комірок живлення контрольно-вимірювальних приладів з вимірювальними трансформаторами напруги ТН (однофазними НОМ-5, трифазними НТМИ-6) і трансформаторами оперативних кіл ТОЦ (однофазними трансформаторами ОМ-1,2 / 6).

На підстанціях № 85 та № 98 згущення пульпи в якості електроспоживачів додається реагентне господарство і насоси гідроушліщення по 320 кВт.

2.2.2 Електропостачання пульпонасосних станцій

Принципова схема системи електропостачання пульпонасосної станції № 2 для перекачування згущеної пульпи зображена на рис. 2.1.

Технологічне обладнання, встановлене на цій підстанції, має значну встановлену потужність.

Підстанція ПНС-2 отримує живлення від головної понижувальної підстанції ГПП-154/35/6 підприємства. Напругу 6 кВ для живлення СД 6 кВ землесосів з ГПП передається транзитом, без додаткової трансформації. Живлення інших споживачів здійснюється через понижуючі силові трансформатори 6 / 0,4 кВ (рис. 2.1).

На підстанції № 75 ПНС-1 першого підйому встановлені землесоси з синхронними двигунами потужністю 1600 кВт. Ці двигуни підключено кабелем типу СБ-3х150. Комутаційні апарати в своєму складі мають масляний вимикач типу ВМГ-133-600 з приводом типу ППМ-10, а також шинний роз'єднувач РВ-10/600. Захист вимірювальних трансформаторів напруги і струму здійснюється з використанням високовольтних плавких запобіжників типу ПКТ-10.

Для вмикання приладів обліку електроенергії та елементів релейного захисту в комірках живлення землесосів використано трансформатори струму типу ТПФМ-10-200.

Підстанція № 92 (ПНС-2) під'єднана двома вводами на власні шини від п/ст № 85 і ГПП-2. Ця підстанція обладнана масляними вимикачами типу ВМГ-133-600Р0 з приводом ППМ-10, а також шинними роз'єднувачами типу РВ-6/400. У усіх комірках, що відповідають за вмикання синхронних двигунів 1600 кВт землесосів, пружинний привід ППМ-10 був замінений на електромагнітний привід типу ПЕ-11. Таке технічне рішення сприяє усуненню неповного вмикання однієї фази. На вводах від п / ст № 86 використано лінійні роз'єднувачі ЛР типу РВ-6 / 1000. В комірках СД землесосів задіяно трансформатори струму типу ТПЛ-10-300.

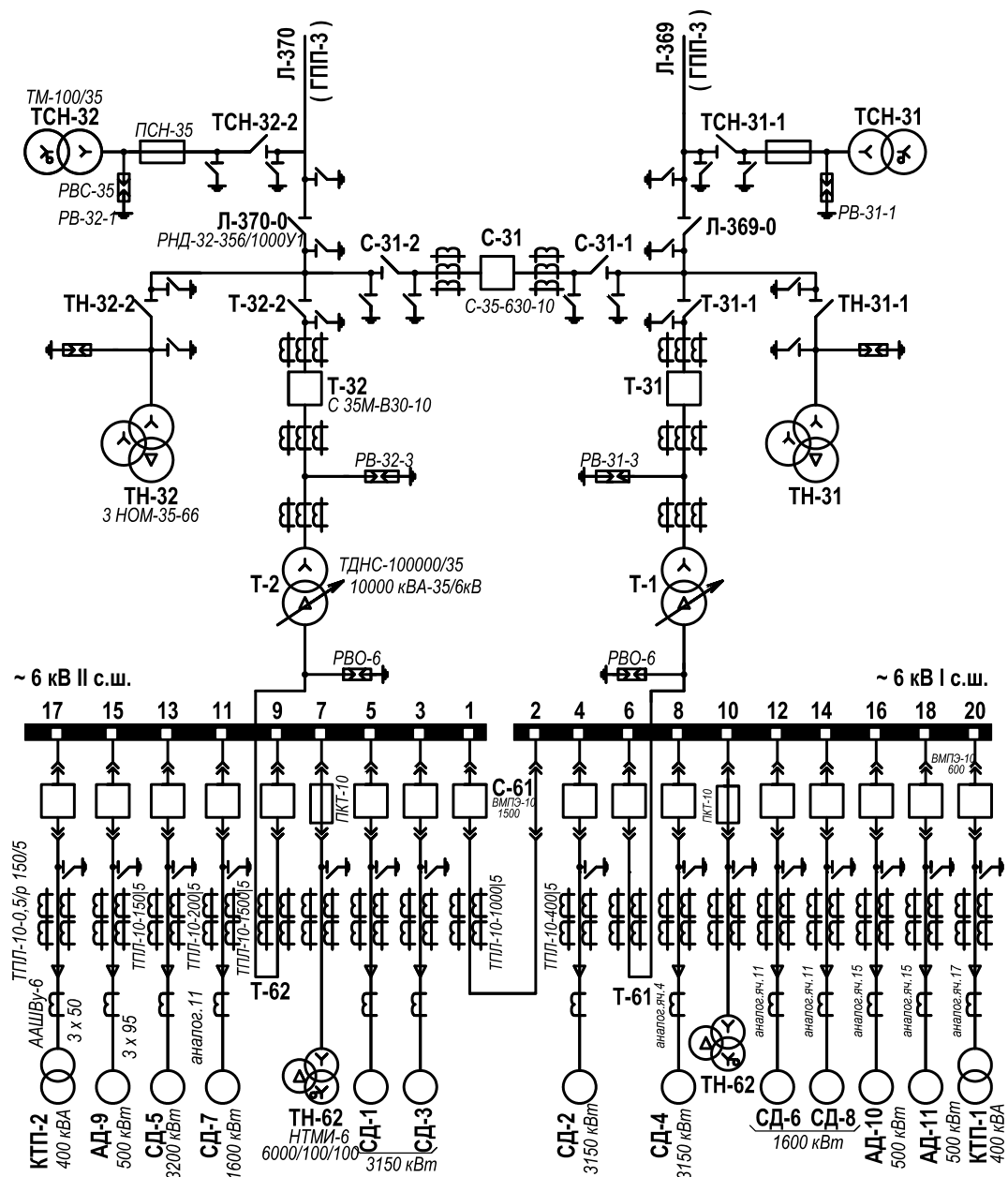


Рисунок 2.1 – Принципова схема системи електропостачання пульпонасосної станції № 2

Підстанція № 79 (ПНС-3) оснащена масляними вимикачами ВМП-10 з приводом ПЕ-П та викатними візками. Найпотужніший електропривод СД-3200 кВт для землесосів підключений двома паралельними кабелями 2СБ-3х150 довжиною 90 метрів.

Допоміжне обладнання пульпонасосної станції ПНС-3 отримує живлення від ТП-37 з трансформаторами потужністю ТМ-100 кВА (оснащеними масляним вимикачем ВМП-10К-600 і трансформатором струму ТПЛ-10-100). Трансформатор власних потреб підстанції ТСН типу ТСМА захищений від коротких замикань плавкими запобіжниками К-6/10. Трифазний трансформатор напруги ТН типу НТМИ-6 має захист запобіжниками ПКТ-10 на напругу 6 кВ.

Кожна комірka обладнана трансформаторами струму ТПЛ-10-300 та нульової послідовності ТЗЛ для захисту від однофазних замикань на землю. Для захисту від перенапруг використовується комірka з високонвольним розрядником типу РВП-6.

2.3 Розрахунок електропостачання пульпонасосних станцій

2.3.1 Визначення сумарної потужності та вибір силових трансформаторів

Для однолінійних груп споживачів електроенергії робоче навантаження за величиною активної (P), реактивної (Q) і повної (S) споживаною потужністю визначаємо за формулами:

$$P_{роз} = \sum P_n \cdot \kappa_c ; \quad Q_{роз} = P_{роз} \cdot tg\varphi ; \quad S_{роз} = \sqrt{P_{роз}^2 + Q_{роз}^2} , \quad (2.1)$$

де κ_c - коефіцієнт попиту енергії по окремих споживачах;

$tg\varphi$ - коефіцієнт навантаження по окремих споживачах.

Середньозважений коефіцієнт потужності:

$$\cos \varphi_{срзв} = \frac{w_a}{w_s} = \frac{w_a}{\sqrt{w_a^2 + w_p^2}} = \frac{51,26}{\sqrt{51,26^2 + 38,45^2}} = 0,8 . \quad (2.2)$$

Результати розрахунку зведені в табл. 3.1.

За розрахунковими потужностями вибираємо трансформатори, виходячи з умов:

$$S_{нтр} = \frac{K_{1-2} \cdot K_{зм} \cdot S_{роз}}{\eta_c \cdot K_{пер}} , \quad (2.3)$$

де $K_{1-2} = 0,8$ - коефіцієнт, який враховує споживачі 1-ї та 2-ї категорії;

$K_{зм} = 0,85$ - коефіцієнт зміщення максимального навантаження;

$K_{пер} = 1,1 \div 1,3$ - коефіцієнт перевантаження;

$\eta_c = 0,9$ - коефіцієнт мережі.

Потужності трансформаторів:

$$S_{нтр(1)} = \frac{K_{1-2} \cdot K_{зм} \cdot S_{роз}}{\eta_c \cdot K_{пер}} = \frac{0,8 \cdot 0,85 \cdot 1200}{0,9 \cdot 1,1} = 828 \text{ кВА};$$

$$S_{нтр(2)} = \frac{K_{1-2} \cdot K_{зм} \cdot S_{роз}}{\eta_c \cdot K_{пер}} = \frac{0,8 \cdot 0,85 \cdot 23510}{0,9 \cdot 1,1} = 14106 \text{ кВА};$$

Вибираємо трансформатори, паспортні значення яких зведені у табл. 3.2.

Таблиця 2.2 - Паспортні дані силових трансформаторів

Тип трансформатору	Номін. потужність, кВА	Номинальна напруга, кВ		Втрати трансформатору, кВт		Напруга короткого замикання, u_k , %	Струм холостого ходу, $I_{хх}$, %
		$U_{1н}$	$U_{2н}$	$\Delta P_{хх}$	$\Delta P_{кз}$		
ТСЗ-1000/10	1000	6	0,4	3,0	11,2	5,5	1,5
ТДН-20000/35	20000	38,5	6,6	50	130	8,3	3,5

2.3.2 Розрахунок струмів короткого замикання в мережі вище 1000 В

Визначення реактивних опорів, які приведені до базисної напруги. Розрахунок ведемо у базисних величинах.

Приймаємо за базисну потужність $S_b = 100 \text{ МВА} = S_c$, базисну напругу $U_b = 6,3 \text{ кВ}$

Тоді базисний струм дорівнює:

$$I_6 = \frac{S_6}{1,73 \cdot U_6} = 9,2 \text{ кА} . \quad (2.4)$$

Визначаємо розрахункові величини:

- відносний базисний опір системи:

$$X_c = \frac{X_{cc} \cdot S_6}{S_{nc}} = \frac{0,125 \cdot 100}{32} = 0,4 ; \quad (2.5)$$

- відносний базисний опір трансформатора ТДН-20000/35:

$$X_{тр} = \frac{u_k \% \cdot S_6}{100 \cdot S_{nc}} = \frac{8,3 \cdot 100 \cdot 10^6}{100 \cdot 20000 \cdot 10^3} = 0,415 ; \quad (2.6)$$

- відносний базисний опір кабельної лінії 6,3 кВ:

$$X_L = \frac{X_{ол} \cdot l \cdot S_6}{U_n^2} = \frac{0,08 \cdot 0,5 \cdot 100}{6,0^2} = 0,111 , \quad (2.7)$$

де $X_{ол} = 0,08$ - індуктивний питомий опір кабельної лінії 6 і 10 кВ;

$l = 0,5 \text{ км}$ - довжина кабельної лінії.

Сумарний опір у точці К1 на стороні 6 кВ:

$$X_{\Sigma 1} = X_c + X_{тр} + X_L = 0,4 + 0,415 + 0,111 = 0,926 . \quad (2.8)$$

Тоді струм к.з. дорівнює:

$$I_{кз1} = \frac{I_6}{X_{\Sigma 1}} = \frac{9,2}{0,926} = 9,935 \text{ кА} . \quad (2.9)$$

Ударний струм к.з. дорівнює:

$$I_{y1} = 1,41 \cdot 1,8 \cdot I_{кз1} = 1,41 \cdot 1,8 \cdot 9,935 = 25,215 \text{ кА} . \quad (2.10)$$

Потужність короткого замикання:

$$S_{кз} = \frac{S_6}{X_{\Sigma 1}} = \frac{100}{0,926} = 108 \text{ МВА} . \quad (2.11)$$

Розрахунковий струм дорівнює:

$$I_{р1} = \frac{S_{р1}}{\sqrt{3} \cdot U_1} = \frac{22510}{\sqrt{3} \cdot 6,3} = 2000 \text{ А} . \quad (2.12)$$

Динамічний струм на шинах дорівнює:

$$I_d = 1,41 \cdot 1,8 \cdot I_{кзи} + 6,5 \cdot I_p = 1,41 \cdot 1,8 \cdot 9,935 + 6,5 \cdot 2 = 38,215 \text{ кА} . \quad (2.13)$$

2.3.3 Розрахунок струмів короткого замикання в мережі до 1000 В

При виконанні розрахунку струмів короткого замикання в мережі до 1 кВ слід брати до уваги значення не тільки індуктивних опорів окремих споживачів, але й їхні активні опори. Параметри обраного силового трансформатора ТСЗ-1000/10 наведено у табл. 2.2.

Приймаємо базисні величини: напруга $U_6 = 0,4 \text{ кВ}$, потужність $S_6 = 100 \text{ МВА}$. Розрахунковий базисний струм буде дорівнювати

$$I_6 = \frac{S_6}{1,73 \cdot U_6} = \frac{100}{1,73 \cdot 0,4} = 144,45 \text{ кА} .$$

Визначаємо розрахункові значення реактивних опорів струмів і потужності к.з.:

- реактивний опір трансформатора ТСЗ-1000/10 (6/0,4):

$$X_{тр(0,4)} = \frac{u_k \% \cdot S_6}{100 \cdot S_{nc}} = \frac{5,5 \cdot 100 \cdot 10^6}{100 \cdot 1000 \cdot 10^3} = 5,5 ; \quad (2.14)$$

- активний опір трансформатора ТСЗ-1000/10 (6/0,4):

$$r_{тр(0,4)} = \frac{\Delta P_m \cdot S_6}{S_n \cdot S_n} = \frac{11,2 \cdot 100 \cdot 10^6}{1000 \cdot 1000 \cdot 10^6} = 1,12 ; \quad (2.15)$$

- відносний базисний опір системи до цехового трансформатора приймають рівним нулеві:
 $X_c = 0 ;$

- відносний базисний опір трансформатора ТДН-20000/35 (38,5/6,6):

$$X_{\text{тр}(6)} = \frac{u_k \% \cdot S_{\bar{\sigma}}}{100 \cdot S_{\text{нс}}} = \frac{8,3 \cdot 100 \cdot 10^6}{100 \cdot 20000 \cdot 10^6} = 0,45$$

- активний опір трансформатора ТДН-20000/35 (38,5/6,6):

$$r_{\text{тр}(6)} = \frac{\Delta P_M \cdot S_{\bar{\sigma}}}{S_n \cdot S_n} = \frac{130 \cdot 100 \cdot 10^6}{20000 \cdot 20000 \cdot 10^6} = 0,033$$

- відносний реактивний опір кабельної лінії 6,3 кВ:

$$X_{L(6)} = \frac{X_{ol} \cdot l_l \cdot S_{\bar{\sigma}}}{U_{\bar{\sigma}}^2} = \frac{0,06 \cdot 10^{-3} \cdot 0,25 \cdot 100}{0,4^2} = 0,0094 \quad , \quad (2.16)$$

де $X_{ol} = 0,06$ мОм/км- індуктивний опір кабелю 50 мм²;

$l_l = 0,25$ км - довжина кабельної лінії від трансформатора до точки к.з.;

- відносний активний опір кабелю 50 мм²:

$$r_{L(6)} = \frac{r_{ol} \cdot l_l \cdot S_{\bar{\sigma}}}{U_{\bar{\sigma}}^2} = \frac{0,66 \cdot 10^{-3} \cdot 0,25 \cdot 100}{0,4^2} = 0,103 \quad , \quad (2.17)$$

де $r_{ol} = 0,66$ - мОм/км- активний опір кабелю 50 мм²;

- індуктивний опір шин 6 кВ перерізом 120x10 мм:

$$X_{ш(6)} = \frac{X_{osh} \cdot l_{sh} \cdot S_{\bar{\sigma}}}{U_{\bar{\sigma}}^2} = \frac{0,113 \cdot 10^{-3} \cdot 0,05 \cdot 100}{0,4^2} = 0,0036 \quad , \quad (2.18)$$

де $X_{osh} = 0,113$ мОм/м - індуктивний питомий опір шини 120x10 мм;

$l_{sh} = 0,05$ км - довжина шини;

- відносний активний опір алюмінієвих шин 6 кВ перерізом 120x10 мм:

$$r_{ш(6)} = \frac{r_{osh} \cdot l_{sh} \cdot S_{\bar{\sigma}}}{U_{\bar{\sigma}}^2} = \frac{0,035 \cdot 10^{-3} \cdot 0,05 \cdot 100}{0,4^2} = 0,0011 \quad , \quad (2.19)$$

де $r_{osh} = 0,035$ мОм/м - активний питомий опір алюмінієвих шин 120x10 мм;

- значення перехідного опору контактів рубильника:

$$r_{p(6)} = \frac{r_{op} \cdot S_{\bar{\sigma}}}{U_{\bar{\sigma}}^2} = \frac{0,08 \cdot 10^{-3} \cdot 100}{0,4^2} = 0,05 \quad , \quad (2.20)$$

де $r_{op} = 0,08$ мОм - перехідний опір контактів при номінальному струмі більшому 1000 А;

Визначаємо сумарний реактивний опір у точці К2 на стороні 0,4 кВ:

$$X_{\sum 0,4} = X_{\text{тр}(6)} + X_{L(6)} + X_{\text{мп}(0,4)} + X_{ш(6)} = 0,415 + 0,0094 + 5,5 + 0,0036 = 5,928 \quad . \quad (2.21)$$

Визначаємо сумарний активний опір у точці К2 на стороні 0,4 кВ:

$$r_{\sum 0,4} = r_{\text{тр}(6)} + r_{L(6)} + r_{\text{мп}(0,4)} + r_{ш(6)} + r_p = 0,033 + 0,103 + 1,12 + 0,0011 + 0,05 = 1,307 \quad (2.22)$$

Визначаємо повний опір у точці К2:

$$z = \sqrt{X_{\sum 0,4}^2 + r_{\sum 0,4}^2} = \sqrt{6,0^2 + 1,3^2} = 6,139 \quad . \quad (2.23)$$

Тоді струм к.з. у точці К2 дорівнює:

$$I_{кз2} = \frac{I_{\bar{\sigma}}}{z} = \frac{144,5}{6,14} = 23,5 \quad \text{кА} \quad (2.24)$$

Ударний струм к.з. визначаємо за формулою:

$$I_{y2} = 1,41 \cdot 1,8 \cdot I_{кз2} = 1,41 \cdot 1,8 \cdot 23,5 = 60 \quad \text{кА}.$$

Визначимо ударний струм з урахуванням електродвигунів вентиляторів. Номінальний струм двигунів:

$$I_{н\delta} = \frac{n \cdot P_n}{\sqrt{3} \cdot U_n \cdot \eta_n \cdot \cos \varphi_n} = \frac{8 \cdot 17000}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0,885 \cdot 0,88} = 26,56 \quad \text{А} \quad (2.25)$$

За формулою визначимо величину динамічного струму у шинах:

$$I_y = k_y \cdot 1,41 I_{кз2} + 6,5 I_{н\delta} = 1,8 \cdot 1,41 \cdot 23,5 + 6,5 \cdot 26,56 \cdot 10^{-3} = 59,818 \quad \text{кА} \quad (2.26)$$

2.3.4 Вибір апаратури в мережі вище 1000 В

Вибір струмоведучих шин.

За величиною розрахункового струму $I=2$ кА вибираємо алюмінієві шини на струмове навантаження 2070 А розміром $h = 12$ см, $b = 1,0$ см з відстанню між ізоляторами $L=250$ мм, а між шинами $a=150$ мм.

Перевіряємо шини на динамічну стійкість:

$$i_{\text{дн}} = \sqrt{\frac{10 \cdot G \cdot W \cdot a}{1,76} \cdot \frac{10}{L}} = \sqrt{\frac{10 \cdot 90 \cdot 24 \cdot 150 \cdot 10}{1,76 \cdot 250}} = 70 \text{ кА}, \quad (2.27)$$

де $G=90$ МПа – припустима напруга в матеріалі шини;

W - момент опору шини відносно осі:

$$W = \frac{b \cdot h^2}{6} = \frac{1 \cdot 12^2}{6} = 24. \quad (2.28)$$

За паспортними даними стійкість прийнятих шин

$50,6 < 70,0$ кА.

Перевіряємо переріз шин за термічною стійкістю:

$$S_{\text{ш}} = \frac{I_{\text{кзш}} \cdot \sqrt{t_{\text{пр}}}}{c} = \frac{9935 \cdot \sqrt{0,7}}{85} = 98 \text{ мм}^2, \quad (2.29)$$

де $t_{\text{пр}} = 0,05$ с - час дії струму к.з.;

$c = 85 \text{ Ас}^2/\text{мм}^2$ - коефіцієнт, який відповідає різниці теплоти, виділеної в алюмінієвих шинах до і після к.з.

Вибір ізоляторів за перерізом шин:

$$S = h \cdot b = 120 \cdot 10 = 1200 \text{ мм}^2.$$

Вибираємо ізолятор типу ОМА-6: номінальна напруга 6 кВ з розривним навантаженням $F_p = 4 \text{ кН}$.

Для виконання умови механічної міцності необхідно, щоб розрахункова електродинамічна сила $F_{\text{розр}}$ на ізолятор на перевищувала б припустиме на нього навантаження. Перевірка на припустиме зусилля:

$$F_{\text{розр}} \leq F_{\text{пр}} = 0,6 \cdot F_p, \quad (2.30)$$

де $F_{\text{розр}}$ - максимальне зусилля на ізолятор при ударному струмі к.з.:

$$F_{\text{розр}} = \frac{1,73 \cdot L \cdot I_{\text{д}}^2 \cdot 0,1}{a \cdot k_h} = \frac{1,76 \cdot 250 \cdot 50,6^2 \cdot 0,1}{150 \cdot 1} = 750 \text{ Н}, \quad (2.31)$$

де $k_h = 1$ - коефіцієнт, що враховує розміщення шин на ізоляторах;

$I_{\text{д}}$, кА- ударний струм трифазного короткого замикання;

L – відстань між ізоляторами;

a - відстань між шинами

$750 < 4800$ Н.

Вибір кабелів.

Вибір живильних кабелів здійснюємо за величиною розрахункового струму рівному 147 А (для насоса), вважаючи тривало припустимий струм для алюмінієвої жили $i_{\text{дон}} = 3 \text{ А/мм}^2$.

Приймаємо трижильний алюмінієвий кабель типу АВВГ (3х120) на напругу 6кВ перерізом 3х50 мм зі струмовим навантаженням на одну жилу 236 А.

Перевірка кабелю на термічну стійкість до струмів к.з.

При сталому струму:

$$S_{\text{к}} = \frac{I_{\text{кзк}} \cdot \sqrt{t_{\text{пр}}}}{c} = \frac{9935 \cdot \sqrt{0,7}}{85} = 98 \text{ мм}^2.$$

Обраний кабель задовольняє навантаженню, тому що прийнятий переріз $S_{\text{к}} = 120 > S_{\text{мін}} = 98 \text{ мм}^2$.

Вибір високовольтних вимикачів

Вибираємо для насосів вимикачі ВЕМ-103:

- номінальним струмом 630 А;
- номінальною напругою 10 кВ;
- номінальним струмом відключення 19,3 кА;
- струмом термічної стійкості 52 кА.

Усі наступні електричні апарати вибираємо за робочими параметрами і перевіряємо по стійкості до струмів короткого замикання.

Струм вимкнення: $I_{max} > I_{кзроз}$.

Максимальне амплітудне значення ударного струму к.з. $I_{уном} > I_{уроз}$.

Перевірка за термічної стійкості за час, який дорівнює 10 секундам:

$$I_{t=10} = \sqrt{I_k^2 \cdot \frac{t_{np}}{t}} = \sqrt{9,935^2 \cdot \frac{0,7}{10}} = 2,63 \text{ кА.} \quad (2.32)$$

Вибираємо розмикач типу РЛВО-10/2000 з електродинамічною стійкістю 85 кА і термостійкістю $I_{тем.ст.10с} = 36 \text{ кА}$.

Аналогічно вибираємо короткозамикач типу КЗ-35 (двополюсний):

$U_n = 35 \text{ кВ}$, $I_{ел.дин} = 42 \text{ кА}$, $I_{терм.ст.} = 18 \text{ кА}$.

За вимогами ПУЕ опір заземлення в установках зі струмами замикання на землю ($I_3 > 500 \text{ А}$) дорівнює $R_3 = 0,5 \text{ Ом}$.

Вибираємо заземлювач типу ЗОН-110М-1-400:

- номінальна напруга $U_n = 110 \text{ кВ}$;

- номінальний струм $I_n = 2000 \text{ А}$;

- амплітуда граничного струму $I_{пр.ст.} = 16 \text{ кА}$;

- номінальний струм термічної стійкості $I_{т.ст.} = 50 \text{ кА}$.

Вибираємо роз'єднувач РВР-III-10/2000 УЗ:

- номінальна напруга $U_n = 10 \text{ кВ}$;

- максимальна робоча напруга $U_{р.мах} = 12 \text{ кВ}$;

- граничний наскрізний струм – 85 кА;

- струм термічної стійкості – 31,5 кА.

Силові запобіжники на напругу вище 1000 В для внутрішньої установки типу ПК 6

$I_{max} = 20 \text{ кА}$, $I_{сп.в} = 35 \text{ кА}$, $S_{мах3фаз} = 20 \text{ МВА}$.

2.3.5 Вибір апаратури і струмоведучих частин у мережі до 1000 В

Вибір струмоведучих шин.

За величиною розрахункового струму вибираємо алюмінієві $h = 12 \text{ см}$, $b = 1,0 \text{ см}$ з відстанню між ізоляторами $L = 250 \text{ мм}$, а між шинами $a = 150 \text{ мм}$.

Перевіряємо шини на динамічну стійкість за виразом 2.14:

$$i_{дин} = \sqrt{\frac{10 \cdot G \cdot W \cdot a \cdot 10}{1,76 \cdot L}} = \sqrt{\frac{10 \cdot 90 \cdot 24,4 \cdot 150 \cdot 10}{1,76 \cdot 250}} = 273,6 \text{ кА}$$

За паспортними даними стійкість прийнятих шин

$23,5 < 273,6 \text{ кА}$.

Перевіряємо переріз шин за термічною стійкістю за виразом 3.16:

$$S_{ш} = \frac{I_{кзи} \cdot \sqrt{t_{np}}}{c} = \frac{23500 \cdot \sqrt{0,7}}{85} = 231,312 \text{ мм}^2,$$

$231,312 < 1200 \text{ мм}^2$.

2.3.6 Вибір кабелів

Вибираємо кабель для живлення насоса 12 НДС за величиною розрахункового струму (598,2 А), а саме алюмінієвий 3-х жильний кабель 3-АСБ-1 з перерізом жил кабелю ($3 \times 300 \text{ мм}^2$) та струмовим навантаженням 600 А.

Перевіряємо кабель за термостійкістю струму к.з. при його сталому значенні:

$$S_{ш} = \frac{I_{кзи} \cdot \sqrt{t_{np}}}{c} = \frac{23500 \cdot \sqrt{0,7}}{85} = 231,312 \text{ мм}^2.$$

$231,312 < 300 \text{ мм}^2$.

Вибір пуско-захисної апаратури двигуна насоса 12 НДС:

Номінальний струм двигуна $I_{н\delta} = 598,2 \text{ А}$.

1. Захист автоматичними вимикачами.

Вимикачі вибираються за умов:

1) номінальний струм електромагнітного або комбінованого розчеплювача вибирається за значенням тривалого розрахункового струму лінії $I_{ел} \geq I_p$;

2) струм спрацювання (відсічки) електромагнітного або комбінованого розчеплювача перевіряється за піковим струмом лінії $I_{снел} \geq kI_n$, $k=1,4$ – для серії А 3100, АК 63, АЕ 2000, АСТ тощо:

$$I_{снел} \geq kI_n = 1,4 \cdot 600 = 840 \text{ А.} \quad (2.39)$$

Вибираємо автоматичний вимикач АЗ140:

- номінальний струм вимикача – 600 А;
- номінальний струм розчеплювача – 400 А;
- вид розчеплювача - комбінований;
- уставка на струм миттєвого спрацювання (постійний і змінний струм) – 4200 А;
- число полюсів – 2, 3.

2.Захист запобіжниками.

Вибираємо запобіжник ПП17-390 з параметрами:

- номінальна напруга – 380 В (змінна);
- номінальний струм запобіжника – 1000 А;
- номінальний струм плавкої вставки – 1000 А.

Перегорівші плавкі вставки необхідно замінити запасними заводської калібровки.

Висновки до другого розділу

У другому розділі наведено розраховані елементи роботи мережі живлення систем електропостачання шламового господарства Новокриворізького ГЗК.

Проведений розрахунок електричних навантажень та за каталожними даними вибрані силові трансформатори: ТСЗ-1000/10 та ТДН-20000/35.

Проведені розрахунки нормальних та аварійних режимів роботи устаткування. Розраховані ступіні короткого замикання на високій 6 кВ і низькій 0,4 кВ сторонах. Проведений вибір кабелів, устаткування для мережі 6 кВ та 0,4 кВ, комутаційної та захисної апаратури.

СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА

Розділ 3 МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ СИНХРОННОГО ЕЛЕКТРОПРИВОДУ ГРУНТОВОГО НАСОСА 20P-11M ЗЕМСНАРЯДА МЗ-19Е

3.1 Моделювання СМ в ортогональній системі координат d, q, 0

Основним типом координатної системи, що застосовується при моделюванні синхронних машин, є прямокутна, жорстко зв'язана з ротором, координатна система осей «d, q, 0». Рівняння синхронної машини у цій системі координат добре відомі як рівняння Парка-Горєва.

Рівняння переходу до ортогональної системи координат мають вигляд, наприкладі струмів статора:

$$\begin{cases} i_d = \frac{3}{2} \left[i_A \cos \gamma + i_B \cos \left(\gamma - \frac{2\pi}{3} \right) + i_C \cos \left(\gamma + \frac{2\pi}{3} \right) \right]; \\ i_q = \frac{3}{2} \left[i_A \sin \gamma + i_B \sin \left(\gamma - \frac{2\pi}{3} \right) + i_C \sin \left(\gamma + \frac{2\pi}{3} \right) \right]. \end{cases} \quad (3.1)$$

Перетворенню підлягають струми, напруги і потокозчеплення статора.

Перетворенню не підлягають змінні рівнянь роторних обмоток, тому що вони вже зорієнтовані по осях .

Якщо замінити відповідно до формул перетворення струми, потокозчеплення і напруги статора в рівняннях СМ, то після відносно нескладних перетворень одержимо нову систему рівнянь:

1. Рівняння електричної рівноваги контурів статора, демпферної обмотки та обмотки збудження:

$$\begin{cases} U_d = i_d r_d + \frac{d\psi_d}{dt} - \psi_q \omega; \\ U_q = i_q r_q + \frac{d\psi_q}{dt} + \psi_d \omega; \\ U_f = i_f r_f + \frac{d\psi_f}{dt}; \\ 0 = i_{ed} r_{ed} + \frac{d\psi_{ed}}{dt}; \\ 0 = i_{eq} r_{eq} + \frac{d\psi_{eq}}{dt}; \end{cases} \quad (3.2)$$

3. Рівняння для потокозчеплень

$$\begin{cases} \Psi_d = i_d L_d + i_f M_{fd} + i_{ed} M_{aed}; \\ \Psi_f = \frac{3}{2} i_d M_{fd} + i_f L_f + i_{ed} M_{fed}; \\ \Psi_{ed} = \frac{3}{2} i_d M_{aed} + i_f M_{fed} + i_{ed} L_{ed}; \\ \Psi_q = i_q L_q + i_{eq} M_{aeq}; \\ \Psi_{eq} = \frac{3}{2} i_q M_{aeq} + i_{eq} L_{eq}; \end{cases} \quad (3.3)$$

3. Вираз для електромагнітного моменту СД

$$M = \frac{3}{2} p (\Psi_d i_q - \Psi_q i_d); \quad (3.4)$$

4. Рівняння руху

$$J \frac{d\omega}{dt} = pM - M_c. \quad (3.5)$$

Складові напруги по поздовжній та поперечній осям U_d і U_q можуть бути визначені за допомогою формул перетворення (3.1) за відомими залежностями реальних фазних напруг. Так, якщо останні виражаються гармонійними функціями:

$$\begin{aligned} U_A &= U_m \cos(\omega_0 t + \delta_0); \\ U_B &= U_m \cos\left(\omega_0 t + \delta_0 - \frac{2\pi}{3}\right); \\ U_C &= U_m \cos\left(\omega_0 t + \delta_0 + \frac{2\pi}{3}\right), \end{aligned} \quad (3.6)$$

де δ_0 - початкова фаза вмикання напруги мережі, то вирази в перетвореному вигляді

$$\begin{aligned} U_d &= U_m \cos(\omega_0 t - \gamma + \delta_0); \\ U_q &= U_m \sin(\omega_0 t - \gamma + \delta_0). \end{aligned} \quad (3.7)$$

Саме рівняння у такій формі найчастіше використовуються для математичного моделювання синхронних машин.

За методикою, наведеною у [3] визначаємо параметри приводного синхронного двигуна СДН-14-59-6, які наведені в табл. 3.1.

Таблиця 6.2 - Розрахункові параметри синхронного двигуна СДН-14-59-6

x_{ad}	x_{cf}	x_f	x_{ced}	x_{ed}	r_{ed}	r_{eq}	D	Q
3.454	0.2306	3.685	0.015	3.469	0.0061	0.0025	0.081	0.33
x_{2d}	x_{2f}	x_{2ed}	x_{2df}	x_{2ded}	x_{2fed}	x_{2q}	x_{2eq}	x_{2qeq}
0.133	0.244	0.091	3.176	0.142	0.276	0.134	0.128	0.134

3.2 Математичне моделювання синхронного двигуна у Matlab/Simulink

Для спрощення реалізації математичного моделювання синхронного двигуна використаємо Matlab/Simulink з бібліотекою SimScape, яка містить реалізацію значної кількості необхідних нам технічних елементів, включаючи, власне й синхронний двигун.

На рис.3.1 наведено створену математичну модель синхронного двигуна, обладнану підсистемою вимірювання миттєвих значень активної та реактивної потужності.

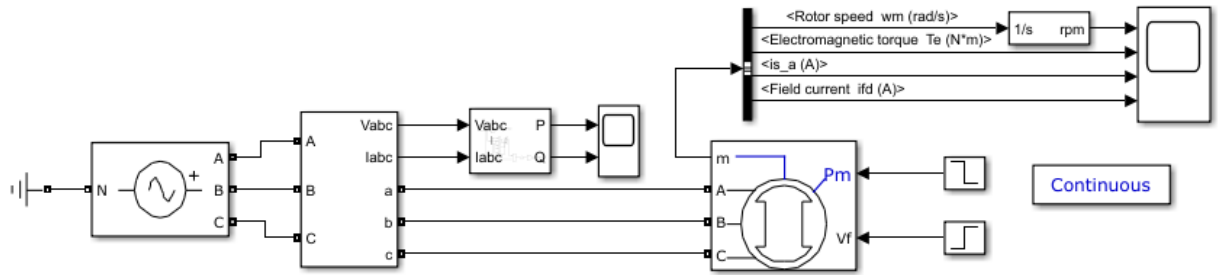
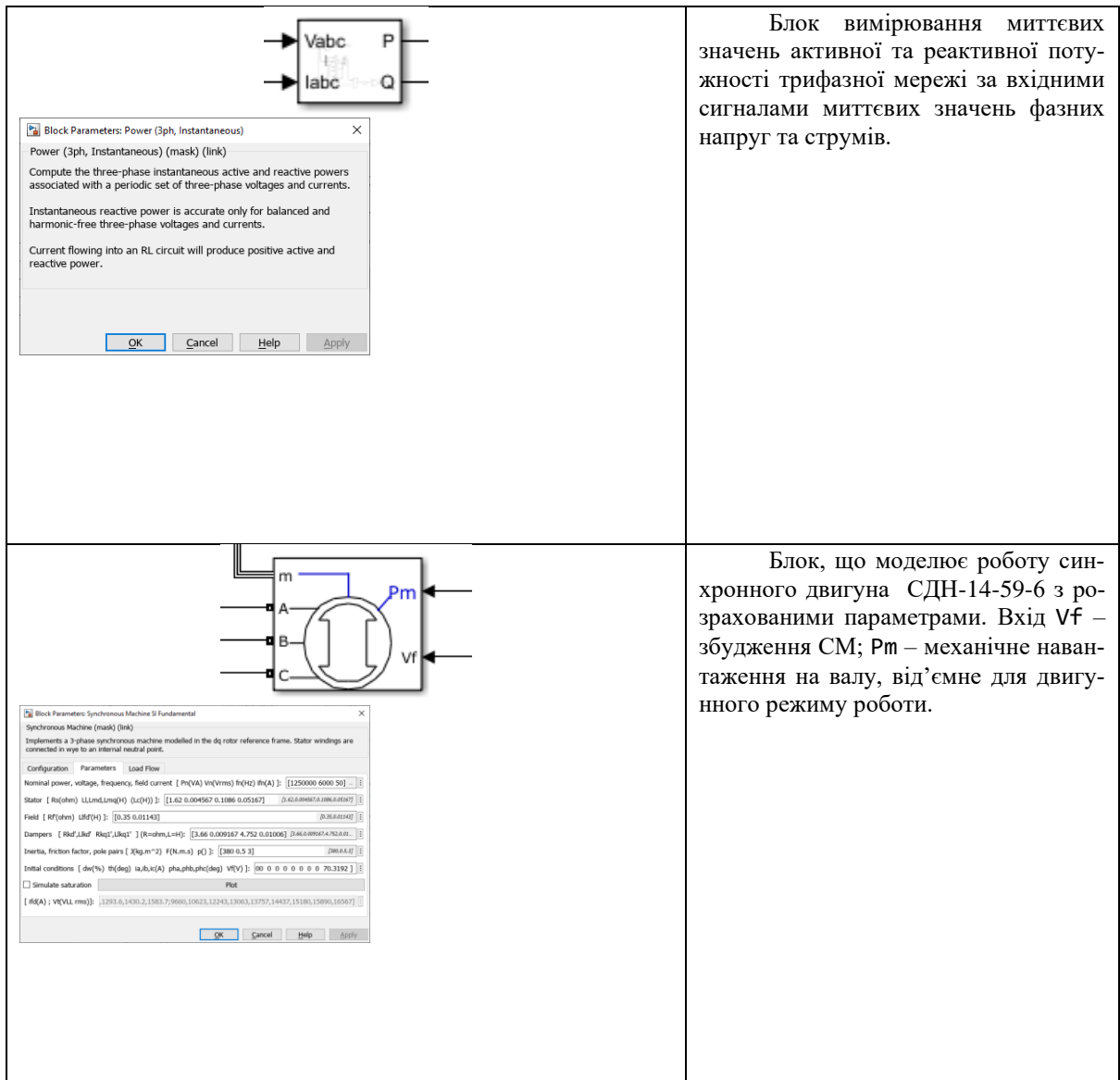


Рисунок 3.1 – Реалізація математичної моделі синхронного двигуна в Matlab/Simulink з бібліотекою SimScape

У табл.3.1 наведено необхідні відомості щодо призначення та налаштування окремих важливих елементів цієї моделі.

Таблиця 3.1 – Основні блоки математичної моделі синхронного двигуна

Зображення елемента	Опис елемента
	<p>Блок, що моделює мережу живлення 6000 В, з'єднаний в зірку, з глухозаземленою нейтраллю. Джерело живлення не містить внутрішніх опорів.</p>
	<p>Блок вимірювання трифазних електричних сигналів. Блок налаштовано на вимірювання фазних напруг. На виході блоку формуються тривимірні вектори миттєвих значень фазних напруг та струмів.</p>



Для перевірки адекватності цієї моделі та її налаштувань було виконано розрахунок процесів асинхронного запуску синхронного двигуна СДН-14-59-6 (рис.3.2) з наступною синхронізацією шляхом вмикання напруги збудження в момент часу $t = 6$ с (рис.3.3), в момент часу $t = 15$ с стався накид номінального навантаження (рис.3.4).

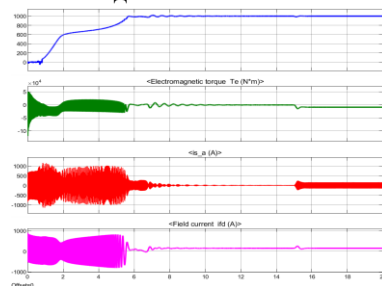


Рисунок 3.2 – Прямий асинхронний пуск синхронного двигуна СДН-14-59-6 з навантаженням холостого ходу

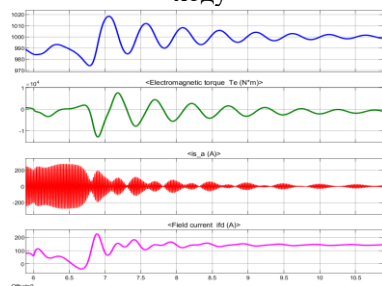


Рисунок 3.3 – Процес втягування синхронного двигуна СДН-14-59-6 в синхронізм з навантаженням холостого ходу

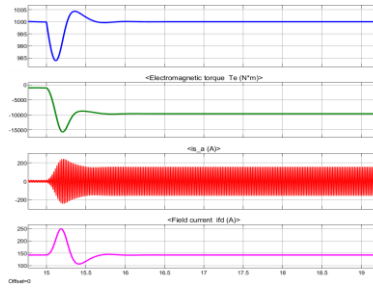


Рисунок 3.4 – Процес накиду номінального навантаження синхронного двигуна СДН-14-59-6

Аналіз результатів моделювання рис.3.2 – 3.4 показує, що в цілому отримані графіки співпадають з теоретичними уявленнями про роботу синхронних машин. Числові показники струмів, моментів та частоти обертання задовільно збігаються з паспортними даними синхронного двигуна СДН-14-59-6.

Маємо достатньо результатів, аби вважати модель нашого синхронного двигуна адекватною.

3.3 Дослідження регулювальних можливостей синхронного двигуна СДН-14-59-6 у якості навантаження-регулятора реактивної потужності

Найважливішою експлуатаційною характеристикою синхронного двигуна є так звана U-подібна характеристика. Ця характеристика пов'язує такі параметри: струм збудження - I_{ϕ} , струм статора - I_1 та коефіцієнт потужності двигуна - $\cos \phi$. За допомогою цієї характеристики визначаються можливості синхронного двигуна з регулювання реактивної потужності. Взірець U-подібної характеристики для різних значень моменту навантаження ($P_1 = 0, P_2 < P_3$) показано на рис. 3.5.

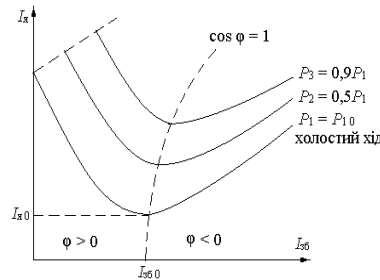


Рисунок 3.5 – Типова U-подібна характеристика синхронного двигуна

Як видно з рисунка 3.5, при певному значенні струму збудження статор-ний струм двигуна є найменшим, що відповідає коефіцієнту потужності двигуна, рівному одиниці. При зменшенні струму збудження відносно номінального (недозбудження) струм у статорі зростає, а коефіцієнт потужності зменшується (навантаження індуктивного характеру). При збільшенні струму збудження відносно номінального (перезбудження) струм у статорі також зростає, а коефіцієнт потужності стає негативним (навантаження емнісного характеру). Цю властивість синхронних двигунів використовують для підвищення коефіцієнта потужності підприємств і електроенергетичних мереж.

На рис.3.6 наведено математичну модель синхронного двигуна СДН-14-59-6 з регулюванням напруги збудження V_f .

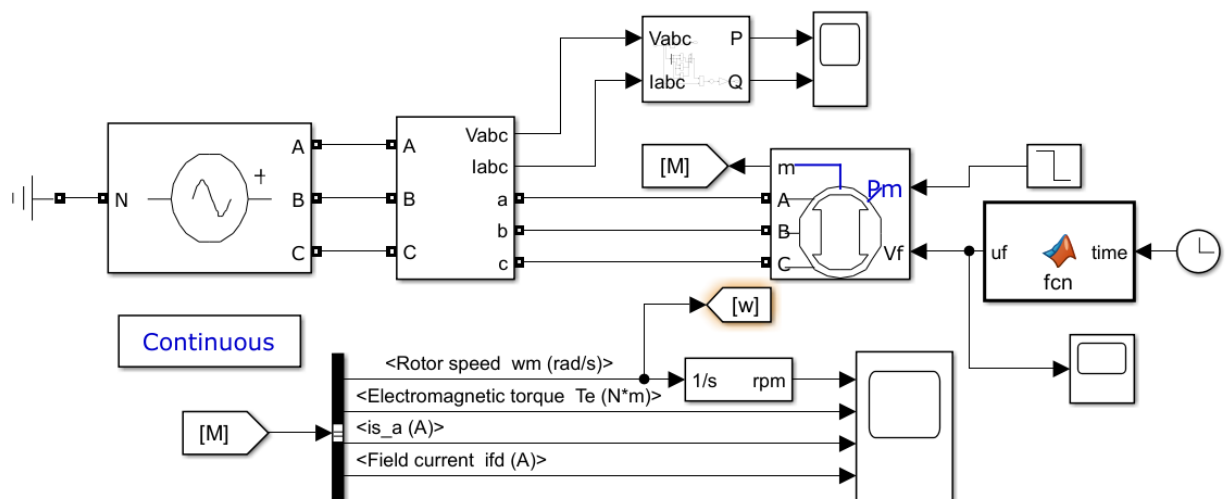


Рисунок 3.6 – Адапована математична модель синхронного двигуна СДН-14-59-6 для дослідження його регулювальних можливостей.

Після втягування синхронного двигуна у синхронізм за допомогою блока MATLAB Function кожні 10 секунд збільшувалося значення напруги збудження на 10 В.

Відповідні електромеханічні перехідні процеси наведено на рис.3.7.

На рис.3.8 зображено діаграми споживання активної та реактивної потужності при навантаженні двигуна $0,5 \cdot P_{ном}$.

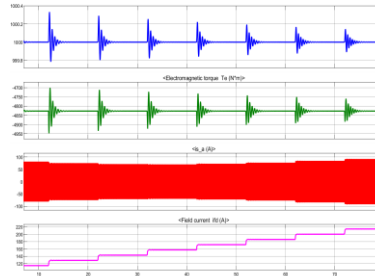


Рисунок 3.7 – Електромеханічні перехідні процеси синхронного двигуна СДН-14-59-6 при регулюванні напруги збудження: кутова швидкість, електромагнітний момент, струм статора, струм збудження.

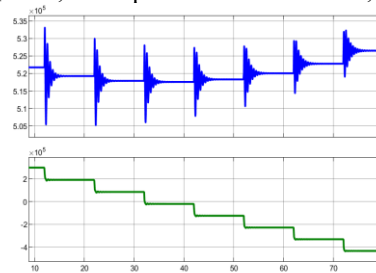


Рисунок 3.8 – Споживання активної та реактивної потужності синхронного двигуна СДН-14-59-6 при регулюванні напруги збудження

За результатами моделювання побудуємо U-подібну характеристику синхронного двигуна СДН-14-59-6, рис 3.9.

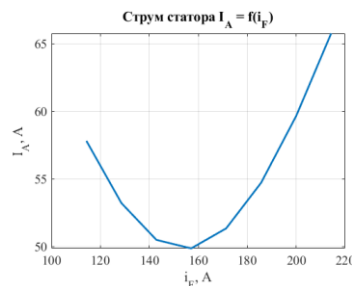


Рисунок 3.9 - U-подібна характеристика синхронного двигуна СДН-14-59-6 при навантаженні $0,5 \cdot P_{ном}$.

На рис.3.10 наведено залежність коефіцієнту потужності синхронного двигуна СДН-14-59-6 при навантаженні $0,5 \cdot P_{ном}$ при регулюванні напруги збудження.

При деякому значенні напруги збудження має місце режим роботи з коефіцієнтом потужності, що дорівнює одиниці, тобто з нульовою реактивною потужністю та, відповідно, мінімальною повною потужністю. Саме цей режим роботи є найвигіднішим з точки зору енергоспоживання електроприводу ґрунтового насосу.

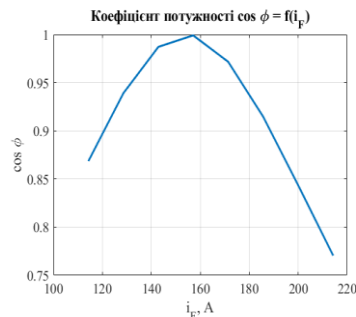


Рисунок 3.10 – Залежність коефіцієнту потужності синхронного двигуна СДН-14-59-6 при навантаженні $0,5 \cdot P_{ном}$ при регулюванні напруги збудження

Однак, ця точка не є постійною, її розташування залежить від навантаження електроприводу. Оскільки щільність пульпи, навіть за умови постійної продуктивності ґрунтового насоса, змінюється випадково і у широких межах, то задача підтримання мінімального енергоспоживання може бути вирішена лише за умови використання систем автоматичного керування енергоспоживанням ґрунтового насоса.

3.4 Розробка замкненої системи керування енергоспоживанням електроприводу ґрунтового насосу

Як було обґрунтовано у попередньому розділі, в умовах, коли навантаження синхронного двигуна може змінюватися у широких (до 40%) межах, підтримання нульового рівня споживання реактивної потужності може бути вирішене лише за допомогою системи автоматичного керування.

Оскільки синхронний двигун взагалі є досить складним і нелінійним об'єктом керування, то це унеможливило аналітичні методи конструювання замкненої системи керування та налаштування регуляторів системи автоматичного регулювання.

На рис. 3.11, а наведено математичну модель замкненої системи керування реактивною потужністю, що споживається синхронним електроприводом ґрунтового насосу 20P-11M. На рис.3.11, б наведено структурну схему регулятора реактивної потужності. Використано архітектуру замкненої системи керування по відхиленню і з загальним суматором. У замкненій системі керування використано зворотний зв'язок за сигналом реактивної потужності.

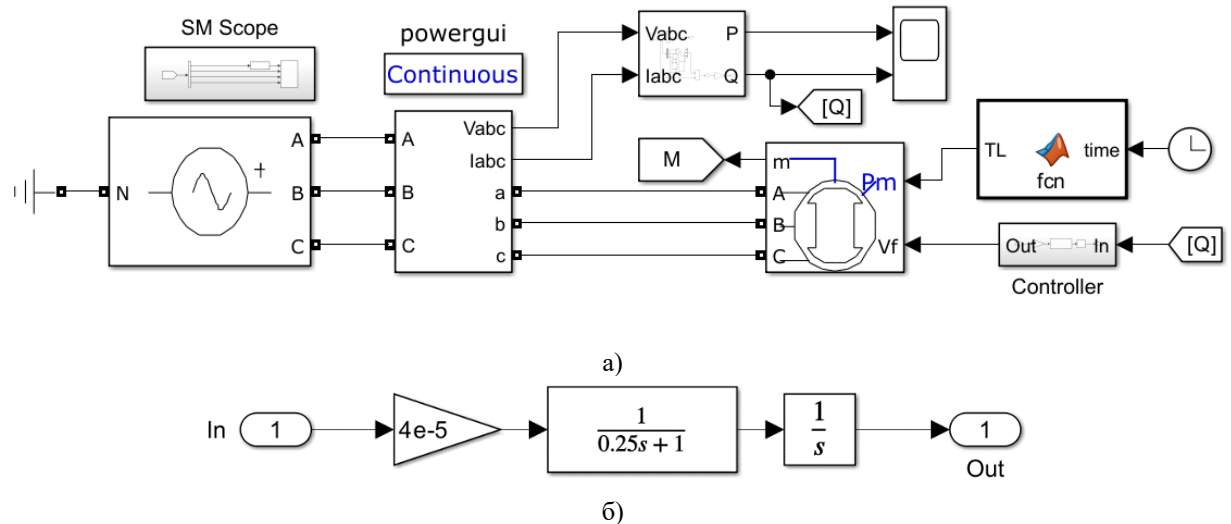


Рисунок 3.11 – Замкнена система керування реактивною потужністю синхронного двигуна: а – структурна схема системи керування; б – структурна схема регулятора реактивної потужності (Controller)

На рис.3.12 наведено графіки електромеханічних перехідних процесів синхронного двигуна СДН-14-59-6 при автоматичному регулюванні напруги збудження та підтриманні нульової реактивної потужності при поступовому збільшенні потужності навантаження.

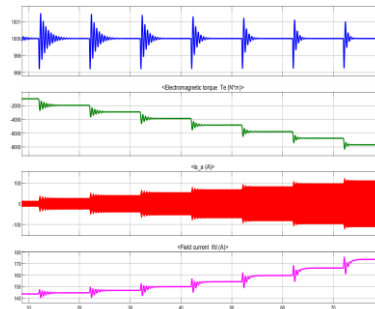


Рисунок 3.12 – Електромеханічні перехідні процеси синхронного двигуна СДН-14-59-6 при автоматичному регулюванні напруги збудження та підтриманні нульової реактивної потужності: кутова швидкість, електромагнітний момент, струм статора, струм збудження.

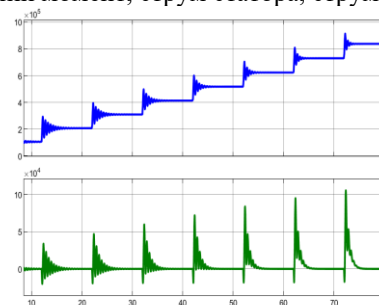


Рисунок 3.13 – Споживання активної та реактивної потужності синхронного двигуна СДН-14-59-6 при автоматичному регулюванні напруги збудження та підтриманні нульової реактивної потужності: кутова швидкість, електромагнітний момент, струм статора, струм збудження.

З рис.3.13 нескладно визначити, що час регулювання складає $T_p = 3$ секунди. Замкнена система регулювання реактивної потужності є стійкою.

Коливання реактивної потужності в процесі регулювання обумовлені електромеханічними перехідними процесами в обмотках синхронного двигуна. Подальше покращення динамічних показників регулювання реактивної швидкості вимагає урахування динамічних властивостей синхронного двигуна.

Висновки до третього розділу

У третьому розділі наведено теоретичні відомості про математичне моделювання синхронного двигуна ґрунтового насосу у ортогональній системі $d, q, 0$, нерухомій відносно ротора. Наведено систему рівнянь Парка-Горева, які й складають математичну модель синхронного двигуна.

З використанням елементів бібліотеки Simulink/SimScape/Specialized Power Systems розроблено математичну модель приводного синхронного двигуна ґрунтового насосу типу СДН-14-59-6. Наведено результати розрахунків процесів прямого асинхронного пуску, втягування в синхронізм та накиду навантаження, які підтвердили адекватність розробленої моделі.

За допомогою розробленої моделі було розраховано вплив регулювання збудження синхронного двигуна на його енергоспоживання. Побудовано U-подібну характеристику синхронного двигуна, показано можливість роботи з нульовим споживанням реактивної потужності, що відповідає мінімуму спожитої повної потужності.

Для підтримання нульового рівня споживання реактивної потужності запропоновано використання замкненої системи керування зі зворотним зв'язком за сигналом реактивної потужності.

Запропоновано систему автоматичного керування реактивної потужності з загальним суматором та інтегральним регулятором. Розроблена система керування є стійкою, час регулювання складає 3 с.