

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ
ФАКУЛЬТЕТ МЕХАНІКИ, ЕНЕРГЕТИКИ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ
ТЕХНОЛОГІЙ
КАФЕДРА ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ**

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
другого (магістерського) рівня освіти

на тему:

**«СИСТЕМА АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ ЕЛЕКТРОПРИВОДОМ
НАСОСНОЇ СТАНЦІЇ»**

Виконав: студент VI курсу
групи Ен-61 спеціальності
141 «Електроенергетика, електротехніка та
електромеханіка»
(шифр і назва напрямку підготовки, спеціальності)

Регуш Я. Я.

Керівник: _____ Гречин Д. П.

Рецензент: _____ Сиротюк С. В.

ДУБЛЯНИ 2024

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ
ФАКУЛЬТЕТ МЕХАНІКИ, ЕНЕРГЕТИКИ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ
ТЕХНОЛОГІЙ
КАФЕДРА ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ

Рівень вищої освіти – *другий (магістерський) рівень*
Спеціальність 141 «*Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка*»

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри

(підпис)

к.т.н., доцент Левонюк В. Р.
(вч. звання, прізвище, ініціали)

“ _____ ” _____ 202__ року

З А В Д А Н Н Я
на кваліфікаційну роботу студенту

Регушу Ярославу Ярославовичу

Тема роботи: «Система автоматичного керування електроприводом насосної станції»

Керівник роботи доцент, к.т.н. Гречин Д. П.
(наук. ступінь, вч. звання, прізвище, ініціали)

затверджені наказом по університету від «12» вересня 2024 р. № 616 /к-с

1. Строк подання студентом роботи 6.12.2024 р.
2. Вихідні дані до роботи
технічна документація, науково-технічна і довідкова література, законодавча та нормативна база України з питань охорони праці.
3. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

Вступ

1. Характеристика об'єкта проектування
2. Особливості роботи електроприводу насосних станцій
3. Моделювання плавного пуску асинхронного двигуна з насосом
4. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях.
5. Ефективність прийнятих рішень.

Висновки

Перелік джерел посилання.

5. Перелік графічного матеріалу – презентація.

6. Консультанти з розділів кваліфікаційної роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада Консультанта	Підпис, дата		Відмітка про виконан ня
		завдання видав	завдання прийняв	
1, 2, 3, 5	<i>Дробот І. М., ст.викладач</i>			
4	<i>Городецький І. М. к.т.н., доцент</i>			

7 Дата видачі завдання 12.09.2024 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ етапу	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Відмітка про виконання
1.	<i>Отримання завдання. Вивчення рекомендованої літератури за темою КР, написання аналітичного огляду кваліфікаційної роботи, вивчення об'єкту (I розділ роботи).</i>	<i>12.09.2024 – 25.09.2024</i>	
2.	<i>Обґрунтування та розроблення електроприводу, Побудова моделі, проведення досліджень.(II-III розділи роботи).</i>	<i>26.09.2024 – 1.11.2024</i>	
3.	<i>Розроблення та обґрунтування пропозицій щодо реалізації результатів роботи. Розроблення питань з охорони праці, Написання економічної частини. (IV- V розділи роботи).</i>	<i>2.11.2024 – 24.11.2024</i>	
4.	<i>Кінцеве оформлення кваліфікаційної роботи та оформлення ілюстративних матеріалів, таблиць, задача КР на рецензування.</i>	<i>25.11.2024 – 1.12.2024</i>	
5.	<i>Підготовка до захисту в ЕК (написання доповіді). Пробний захист на кафедрі, виправлення зауважень. Завершення кваліфікаційної роботи в цілому</i>	<i>2.12.2024 – 6.12.2024</i>	

Студент _____ Регуш Я.Я.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник кваліфікаційної роботи _____ Гречин Д. П.
(підпис) (прізвище та ініціали)

УДК 631.313.3

Р Е Ф Е Р А Т

Регуш Я. Я. «Система автоматичного керування електроприводом насосної станції». Кваліфікаційна робота. Дубляни: Львівський національний університет природокористування, 2024 р. 60 с. текстової частини, 3 таблиці, 21 рисунок, 16 джерел посилання.

Актуальність роботи: надійне водопостачання завжди є актуальним. Надійна і економна робота електроприводу є одним із ключових питань роботи системи водопостачання.

Об'єкт дослідження: електропривод водонасосної станції.

Мета роботи: обґрунтування використання пристрою плавного пуску автоматизованого електроприводу водонасосної станції.

Завдання дослідження: обґрунтувати тему кваліфікаційної роботи, проаналізувати питання побудови та особливості роботи, регулювання продуктивності насосних станцій, проаналізувати способи пуску трифазних асинхронних електродвигунів, розробити схему автоматизованого електроприводу насосної станції з пристроєм плавного пуску, побудувати модель електроприводу та провести дослідження роботи електроприводу, проаналізувати питання охорони праці, розрахувати термін окупності.

У кваліфікаційній роботі обґрунтовано тему кваліфікаційної роботи, проаналізовано питання побудови та особливості роботи, регулювання продуктивності насосних станцій, проаналізовано способи пуску трифазних асинхронних електродвигунів, розроблено схему автоматизованого електроприводу насосної станції з пристроєм плавного пуску, побудовано модель електроприводу та проведено дослідження роботи електроприводу, проаналізовано питання охорони праці, розраховано термін окупності.

Ключові слова: насосна станція, насос, регулювання продуктивність, асинхронний двигун, пуск, схема керування, електропривод, структурно-математична модель, дослідження, пристрій плавного пуску графічні залежності.

ЗМІСТ

ВСТУП	6
РОЗДІЛ 1 ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТА ПРОЕКТУВАННЯ	7
1.1 Актуальність водопостачання	7
1.2 Обґрунтування теми роботи	9
РОЗДІЛ 2 ОСОБЛИВОСТІ РОБОТИ ЕЛЕКТРОПРИВОДУ НАСОСНИХ СТАНЦІЙ	18
2.1 Особливості роботи насосних установок	18
2.2 Пуск асинхронного двигуна	22
2.3 Система електроприводу насосної станції	30
РОЗДІЛ 3 МОДЕЛЮВАННЯ ПЛАВНОГО ПУСКУ АСИНХРОННОГО ДВИГУНА З НАСОСОМ	37
РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	44
4.1 Аналіз стану охорони праці	44
4.2 Планування заходів з покращення охорони праці	46
4.3 Моделювання процесу виникнення травм та аварій	49
4.4 Безпека в надзвичайних ситуаціях	52
РОЗДІЛ 5 ЕФЕКТИВНІСТЬ ПРИЙНЯТИХ РІШЕНЬ	55
ВИСНОВКИ	58
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ	59

ВСТУП

Перевагами електричної енергії перед іншими видами енергії є простота і економічність передачі на великі відстані, легкість поділу між споживачами різної потужності.

Сьогодні багато організацій та індивідуальні споживачі встановлюють резервні джерела живлення для підвищення надійності електропостачання.

Насоси є найбільш поширеним типом механізмів у всіх галузях промисловості та комунальному господарстві. На споживану цими механізмами потужність припадає основна частина вироблюваної електроенергії. Зазвичай від двох до шести насосів не регулюються. Але є об'єкти, для яких потрібні технічні параметри - регулювання подачі і тиску. Їх кількість постійно зростає. У зв'язку з цим організація режиму роботи насоса, що дозволяє знизити енергоспоживання, витрати ресурсів і знизити ризик роботи машини, в даний час є актуальним завданням.

Традиційно регулювання тиску і подачі насоса здійснюється дросельною заслінкою (створює додатковий гідравлічний опір) або байпасом (перепускає частина потоку від виходу до входу). Ці методи регулювання дуже ефективні, так як різко скорочується термін служби механізму і відбувається значний (вимушений) перевитрата електроенергії.

Асинхронні двигуни найчастіше використовуються для приводу насосів, а синхронні двигуни використовуються для потужних насосів. Використання двигуна певного типу пов'язано з рядом взаємопов'язаних питань: як запустити двигун, робочі характеристики, забезпечення відповідного значення коефіцієнта потужності, як регулювати продуктивність, кількість насосів і так далі.

При розгляді цих питань рекомендується використовувати сучасні дослідницькі підходи. Зокрема, використання фірмового програмного забезпечення для моделювання конкретного процесу за допомогою математичного пакету MATLAB/Simulink.

РОЗДІЛ 1

ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТА ПРОЕКТУВАННЯ

1.1 Актуальність водопостачання

Водопостачання-це комплекс заходів щодо забезпечення водою різних категорій споживачів. Забезпечення населення якісною питною водою має гігієнічне значення, так як не тільки підвищує загальний рівень благоустрою, а й захищає людей від різних епідемій, що передаються через воду. Для виконання цих важливих завдань необхідно ретельно вибрати джерело водопостачання, здійснювати захист від забруднення, будувати водоочисні споруди і використовувати сучасні технології і матеріали.

Вода-це ресурс, без якого неможлива господарська діяльність людини. Він бере участь у багатьох виробничих процесах, є недорогим джерелом енергії, полегшує транспортування вантажів і необхідний у повсякденному житті. У сільськогосподарському виробництві він витрачається на виробничо-технічні потреби (напування тварин і птиці, приготування кормів, Мийне обладнання, Прибирання приміщень, миття тварин і т.д.).Обслуговуючий персонал та протипожежні заходи), опалення, виробничо-господарські, гігієнічні та харчові потреби. Але через постійне подорожчання електроенергії на водопостачання доведеться витратити більше грошей. Тому необхідно використовувати новітнє обладнання та новітні енергозберігаючі технології.

Сучасний підхід до вирішення проблеми водопостачання сільських населених пунктів полягає не тільки у виборі відповідних технічних засобів забору, підйому і транспортування води, а й в аналізі соціально-економічних наслідків тих чи інших рішень. При розробці проекту водопостачання об'єктів сільського господарства необхідно вирішити наступні проблеми:

- вибір джерела водопостачання;

- вибір оптимальної системи і схеми водопостачання;
- порядок будівництва;
- планування природоохоронних заходів, особливо для захисту джерел водопостачання та систем каналізації;
- визначення джерел фінансування.

Види водопостачання:

* Оборотно водопостачання-це метод подачі води, що пройшла необхідну очистку, шляхом багаторазового її використання. У той же час втрати води заповнюються з джерела водопостачання.

* Централізоване водопостачання-це комплекс заходів щодо забезпечення населення питною водою, пов'язаних єдиним технологічним процесом. Сюди входять вибір та оцінка можливих джерел водопостачання, вибір місця розташування та будівництво водозабірних споруд, санітарна оцінка води та заходи щодо її захисту від забруднення.

* Децентралізоване водопостачання (локальне) - це система водопостачання, призначена для забезпечення питною водою окремих будинків. Для цієї мети може використовуватися вода різного походження: атмосферна, підземна і поверхнева.

* Холодне водопостачання-цілодобова подача споживачеві холодної питної води потрібної якості, що подається в необхідній кількості в приміщення або в водозабірну колонку з підключеної мережі.

* Гаряче водопостачання-цілодобове забезпечення споживача гарячою водою потрібної якості, що подається в необхідній кількості в приміщення з підключеної мережі.

Джерела водопостачання можуть бути закритого (підземного) і відкритого (поверхневого) типу.

До підземних джерел відносяться ґрунтові води, які утворюються в результаті проникнення атмосферних і поверхневих вод в ґрунт. Ґрунтові води можуть бути безнапірними і знаходяться під тиском (артезіанські). Вода, що

знаходиться під тиском в першому водоносному горизонті від поверхні, називається ґрунтовою водою. Ґрунтові води не перекриваються зверху гідроізоляційним шаром, що характеризується високим ризиком можливого забруднення. Вони не використовуються для централізованого водопостачання.

Вода між рівнями тиску (артезіанська) повністю заповнює водоносний горизонт. Вони добре захищені від проникнення забруднень з поверхні декількома шарами водостійкої породи. Артезіанські води, як правило, відрізняються високою якістю і можуть використовуватися без очищення.

У свердловині, що відкриває напірний водоносний шар, вода піднімається до п'єзометричної лінії. Коли п'єзометрична лінія проходить над поверхнею Землі, з свердловини відбувається відтік води. Такі колодязі (свердловини) називаються саморозливними безнапірними, і вода під тиском може виходити на поверхню (джерело).

Джерела поверхневих вод включають річки, озера та водосховища.

Опріснену морську воду також можна використовувати для побутових потреб і приготування напоїв, але в деяких частинах світу вона частіше використовується в промислових і сільськогосподарських системах водопостачання.

1.2 Обґрунтування теми роботи

У кваліфікаційній роботі ми розглядаємо насосну станцію другого водопідйому рисунок 1.1, на цих станціях необхідно регулювати продуктивність, і в більшості випадків це пов'язано з кількістю працюючих насосів одного типу. Така схема передбачає часті пуски електродвигунів.

Вкрай бажана можливість частих перезапусків, що, в свою чергу, пред'являє підвищені вимоги до конструкції обмотки статора і пускової обмотки електродвигуна, нагрів яких визначає тривалість бажаної паузи між запусками і допустима кількість запусків за певний період. В такому випадку ми вирішили зайнятися в роботі саме цим питанням.

Джерело водопостачання повинне забезпечувати необхідну кількість води і безперервно подавати воду з урахуванням майбутнього збільшення споживання води, що вимагає мінімальних витрат на очищення і подачу споживачам. Крім того, потужність джерела води повинна бути такою, щоб вибір води для потреб об'єкта не порушував складну екосистему. Є джерела поверхневих і підземних вод.

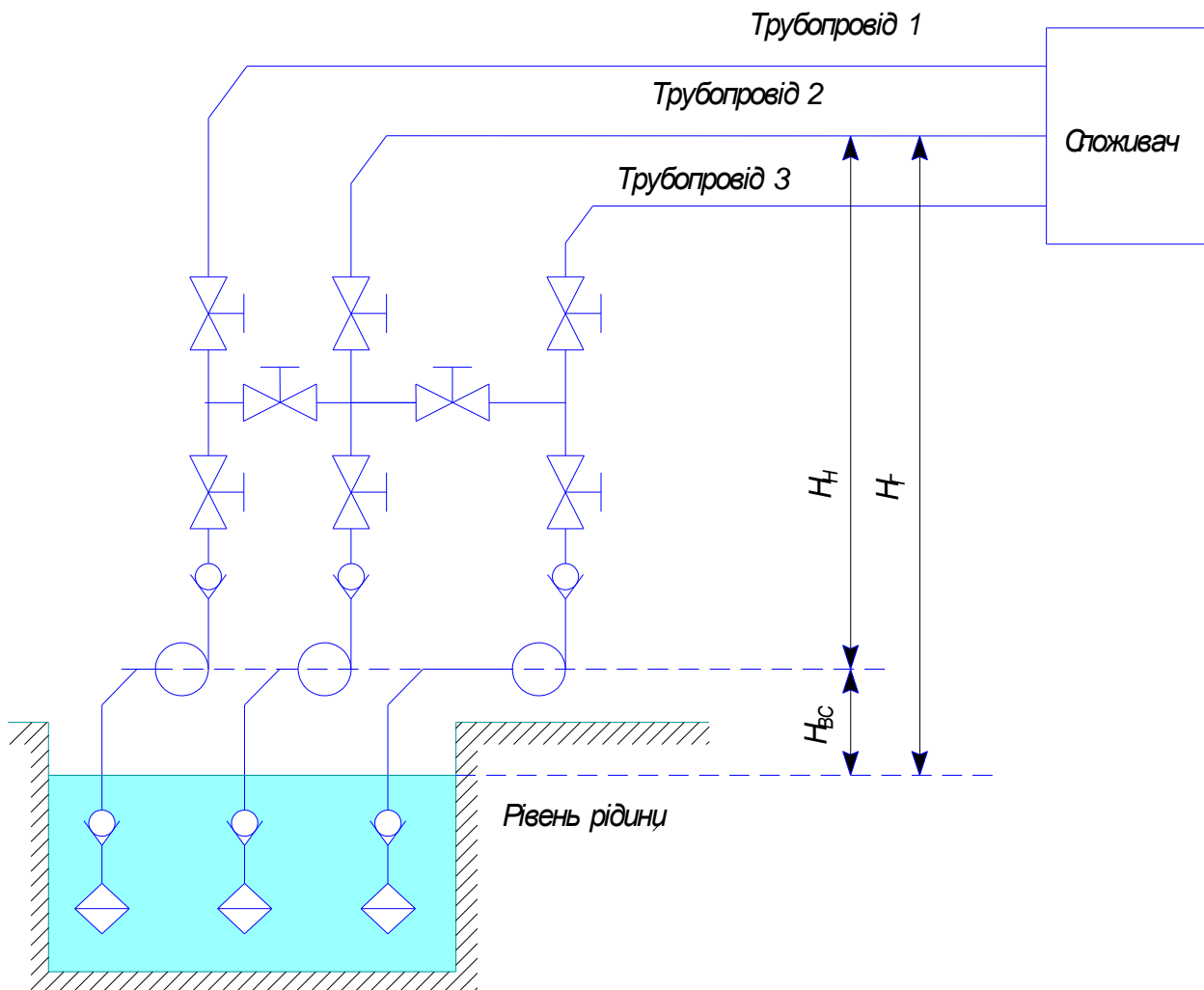


Рисунок 1.1 – Схема насосної установки

Поверхневі водні джерела (річки, озера, канали, водосховища) характеризуються значними змінами якості води в певні сезони року. Якість води в річках, озерах і водосховищах значною мірою залежить від кількості опадів, танення снігу та інтенсивності сільськогосподарської та промислової діяльності людини в районі водозабору.

Підземні води поділяються на негерметичні і пластичні під тиском (артезіанські), в залежності від умов залягання. Природний вихід підземних вод на поверхню землі утворює так звані джерельні води.

Для забезпечення споживачів водою з підземних і поверхневих джерел влаштовуються водозабори - гідротехнічні споруди різної складності. Вони служать для збору води з джерела і подачі її на очисні споруди мережі або водопроводу під необхідним контролем. Забір води з поверхневого джерела води розрізняють за типом джерела води (річка, озеро, океан, водосховище і т.д.). Залежно від застосування (питної та технічної); в залежності від положення; в залежності від способу водозабору (відкриті, поверхневі, глибокі, знизу, фільтрації, інфільтрації і змішана); особливості конструкції (трубчасті, рифлені, бетонних і залізобетонних конструкцій, затоплення і неметалевими повені, водопостачання, канал або відро); продуктивність (малих, середніх - від 1 до 1м3); споживання води (відкриті, поверхневі, глибокі, знизу, фільтрації, інфільтрації і змішана); особливості конструкції (трубчасті, рифлені, бетонних і залізобетонних конструкцій, затоплення і неметалевими повені, водопостачання, канал або відро); продуктивність характер рухливості; термін служби.

Водопостачання сільськогосподарських споживачів здійснюється за різними технічними схемами, які класифікуються за такими параметрами:

- за способом забору води: з відкритих водойм, шахтних колодязів, виритих свердловин;
- спосіб подачі води споживачеві: пряма подача води у водопровідну мережу, пряма подача води у водонапірну вежу, установка гідроаккумулятором;
- спосіб подачі води: різні типи систем з автоматичним насосом, системи зі стічними водами.

Для пристрою викопаного колодязя в обсадної колоні встановлюють невелику трубу, опускають її на дно і встановлюють фільтр (перфорований, сітчастий і т.д.) на кінці, щоб забирати воду з глибини.

Статичний рівень води-це рівень води до її надходження. Коли вода видаляється, рівень в трубі знижується, і якщо кількість води, що відбирається дорівнює кількості, яке поповнює трубу з-під землі, то такий рівень називається динамічним.

Коли насос забирає воду зі свердловини, її динамічний рівень знаходиться на глибині більше 10 м, а двигун насоса безпосередньо підключений до поверхні землі або до свердловини (глибинний насос).

Шахтні колодязі використовуються для забору невеликих обсягів води з напірних водоносних горизонтів з невеликої глибини (до 20 м). Найчастіше вони використовуються для водопостачання сільських населених пунктів. При установці декількох колодязів їх з'єднують самопливними або сифонними трубами. На дні колодязя встановлений гравійний фільтр.

Водопровідні мережі призначені для подачі і розподілу води до місць споживання. При забезпеченні системи водопостачання одного невеликого фермерського господарства зовнішня система водопостачання зазвичай будується за тупиковою схемою.

Якщо на фермі є більше одного ряду споживачів, схема водопостачання може бути круглою або змішаною.

Кільцева мережа зовнішнього водопостачання обходиться дорожче тупикових, але в той же час поліпшуються умови для проведення профілактичних заходів, а також для ремонту окремих ділянок. Воду можна подавати споживачам з обох сторін, відключаючи пошкоджені ділянки мережі без припинення подачі води іншим споживачам. У кільцевій мережі тиск більш рівномірний по всій довжині, знижується небезпека гідравлічних ударів і замерзання води в трубі. У змішаній мережі окремі тупикові відгалуження підключаються до основного замкнутого контуру.

Водопровідна мережа складається з труб, з'єднань і фітингів. Використовуються чавунні, сталеві, азбестоцементні і поліетиленові труби. Сталеві труби в основному використовуються для внутрішньої мережі

водопостачання. Вони дорожчі за чавун та азбестоцемент і менш довговічні через корозію металу.

Водопровідні фітинги використовуються для регулювання витрати води, обрізки окремих ділянок, запобігання аварій в мережі і розподілу води. Існують такі види аксесуарів: запірні і регулююча арматура, вентиля, зворотні клапани і впускні клапани; пристрої для випуску повітря (плунжери); крани для розподілу води і поливу, колонки і пожежні гідранти.

Система водопостачання включає в себе споруди для регулювання тиску, такі як водонапірні башти, водоповітряні котли і резервуари. Вони призначені для створення тиску, регулювання витрати води протягом дня і зберігання аварійних і протипожежних запасів.

А для сільськогосподарського водопостачання, оснащені суцільнометалевими магістралями і резервуарами. Серійно виробляються безшнурові водяні насоси з вежами, гідравлічними баками і пневматичними резервуарами системи Рожновського.

На місці установки встановлена безшнурова металева водонапірна вежа. Вони надійні в експлуатації і не вимагають ізоляції, відрізняються простотою монтажу і економічністю з точки зору витрат на будівництво та експлуатацію.

Вода подається в градирню по напірному трубопроводу, що забезпечує стабільність роботи градирні між подачею і споживанням води.

Під час сильних морозів на внутрішніх стінках утворюється шар льоду, який виконує функцію утеплювача, крім того, вода, що надходить з джерела, завжди несе в собі певну кількість тепла. Це тепло, а також обмін водою в градирні 1-1 рази на день запобігають замерзанню, навіть якщо температура значно знизиться.

У сільськогосподарському водопостачанні замість водонапірних веж іноді використовуються гідропневматичні установки, які можуть бути встановлені на будь-якій висоті.

Системи водопостачання призначені для відбору, очищення і розподілу води для технічних і господарських потреб. Автоматична система управління насосною станцією Системи водопостачання автоматично запускає і зупиняє насос відповідно до заданої програми, автоматично регулює подачу насоса, включає резервний насос, захищає електродвигун, сигналізує про нормальну роботу і аварійну зупинку, вимірює тиск і рівень води, струм і напруга, споживане електродвигуном. У сільських населених пунктах використовуються централізовані і децентралізовані системи водопостачання.

Централізовані системи водопостачання забезпечують водою житлові та промислові райони. Централізовані системи водопостачання в сільських населених пунктах, в залежності від ступеня забезпеченості водою, поділяються на II (чисельність населення становить від 5 до 50 тисяч жителів) або III категорію (менше 5 тисяч жителів).

Децентралізовані-для забезпечення водою іншого житлового району та іншого промислового виробництва.

Для сифонного забору води використовується насос першої підйомної станції (зазвичай їх 3, 1 з яких резервна), в разі великого напіваземного механізованого підйому води спільно з вакуумним котлом функцію першої підйомної станції виконує насос, встановлений в свердловині кожного водозабору портвейн. У цьому випадку результуючий тиск насоса, у якого напірна магістраль з'єднана загальним колектором, буферним резервуаром, установкою водопідготовки або другий, якщо цього тиску недостатньо, очевидно, потрібно підкачує насос відповідної продуктивності.

Основним завданням насосної станції 2-го підйому є відбір води з резервуара для зберігання води, створюючи тиск у водопровідній мережі. Тиск створюється на основі розрахунків, які забезпечать розвиток будівель малого і середнього розміру.



Рисунок 1.2 – Ілюстрація насосної станції другого підйому

Станція керування здійснює автоматичне і ручне керування групою насосних агрегатів з асинхронними електродвигунами. Основними функціями будь-якої станції управління підйомником РО-2d в режимі, при якому станція запускається в регульованому режимі і здійснюється локальне управління безпосередньо з передньої панелі станції або з локального поста управління через насосний агрегат, є::

- Підтримка заданого значення тиску і рівня води на груповому виході насосного агрегату і комплекту накопичувального бака;
- Управління роботою насоса і перемикання на резервний насос в разі нещасного випадку на виробництві;
- Підключення додаткових насосів;
- Управління роботою електричного вентилятора;
- Управління роботою перетворювача частоти;
- Управління роботою пристрою плавного пуску;
- Автоматичне перемикання насоса, що працює від пристрою плавного пуску, через заданий інтервал часу для забезпечення рівномірного завантаження насоса;

- Можливість віддаленого моніторингу та управління об'єктом з автоматизованого робочого місця оператора;

- Можливість запуску і зупинки кожного насоса кнопкою в ручному режимі з панелі управління з прямим запуском від мережі або плавним пуском (режим запуску).;

- Можливість запису всіх технічних параметрів і аварійних ситуацій в журнал подій, а потім видачі звіту за поточний період.;

- Можливість записувати всі дії оператора в журнал подій.

Функція підтримки тиску. Задане значення тиску на виході групи насосних агрегатів підтримується шляхом зміни регульованої частоти обертання насоса відповідно до поточного значенням тиску на виході. Швидкість обертання залежить від частоти і величини напруги, що подається на двигун насоса. Установче значення тиску (в метрах водяного стовпа) встановлюється з пульта управління, встановленого на передній панелі станції, або з автоматизованого робочого місця оператора.

На станції 2-го підйому використовуються відцентрові 2-ступінчасті і 6-ступінчасті насоси з електроприводом. Кількість насосів, їх подача і тиск підбираються відповідно до загальних вимог до системи і гідравлічними розрахунками. У той же час планується встановити резервний насос з розрахунку 2 робочих, 1 резервний, щоб уникнути відключення системи для виконання робіт по заміні і ремонту зношеного насоса. Таке відключення негативно позначається на роботі всієї системи, особливо на поглинаючої здатності нагнітальної свердловини.

Сучасна станція 2-го підйому має локальну систему, що забезпечує роботу станції в режимі автоматичного самозапуску при подачі живлення після відключення живильника шляхом включення резервного насоса при наявності певних аварійних ознак (перегрів підшипника, обмотки електродвигуна, припинення мастила, перепад тиску на прийомі і т.д.). Є блок автоматичної

автоматики. Головний робочий насос подає різні сигнали в центральну диспетчерську.

Зазвичай станція 2-го підйому розвиває тиск, необхідний для подолання гідравлічних втрат на найвіддаленішій насосній станції, з урахуванням різниці в гіпсометричних позначках відстежує відбір води на проміжній насосній станції і забезпечує деякий зворотний тиск (іноді до 3 МПа) на прийомі основного насоса насосної станції. Це буде. Резервування прийому насоса дозволяє збільшити тиск на виході насоса на ту ж величину. У деяких випадках тиск нагнітання значно збільшує поглинаючу здатність свердловини.

Кожна насосна станція забезпечує водою найближчі від трьох до шести нагнітальних свердловин, згрупованих за тиском. Обслуговування однієї насосної станції для більшої кількості нагнітальних свердловин не по кишені, так як це призводить до необхідності розміщення більш довгих випусків високого тиску в віддалених нагнітальних свердловинах. Як правило, кожна нагнітальна свердловина з'єднана з насосною станцією незалежним відведенням. У цьому випадку забезпечується централізоване і індивідуальне вимірювання поглинаючої здатності кожної свердловини, отже, можливість угруповання свердловин по тиску закачування і окремих вливань, а також більш незалежна робота нагнітальної свердловини і всієї системи в цілому в разі поривів подачі води.

Відведення, який проходить від насосної станції до нагнітальної свердловини, працює при дуже високих тисках, що досягають 25 МПа, виготовляється з труб діаметром 89 або 102 мм і укладається в траншею на глибину нижче рівня промерзання. Витрата рідини регулюється централізовано через розподільну гребінку всередині насосної станції за допомогою мембранного вимірювача високого тиску.

РОЗДІЛ 2

ОСОБЛИВОСТІ РОБОТИ ЕЛЕКТРОПРИВОДУ НАСОСНИХ СТАНЦІЙ

2.1 Особливості роботи насосних установок

Ось основні способи регулювання продуктивності насоса:

- зміна кількості насосних агрегатів, що працюють в паралельному режимі;
- дроселювання (зміна положення засувки на трубопроводі);
- регулювання шляхом зміни частоти обертання електродвигуна.

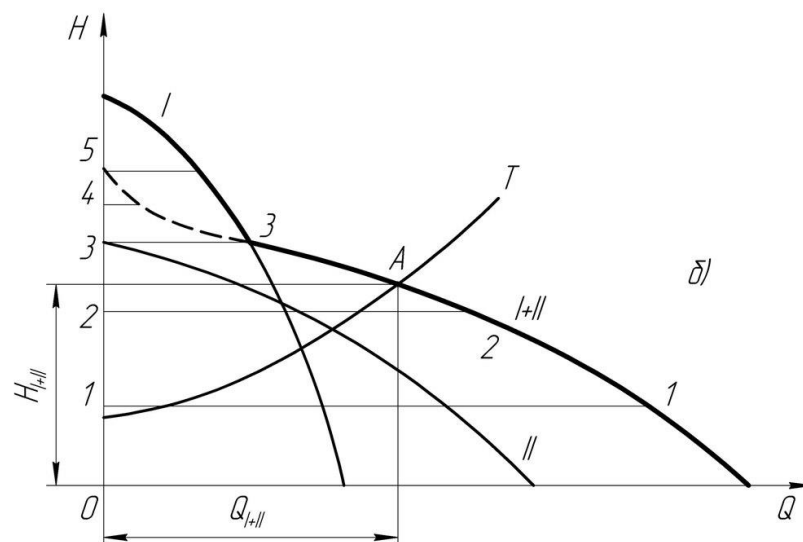
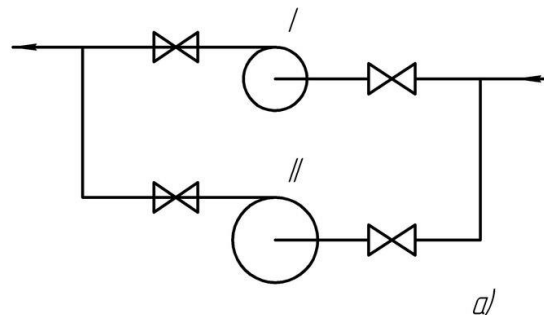


Рисунок 2.1 – Ілюстрація роботи паралельної роботи насосів різних типів.

- а) схематичне зображення паралельного з'єднання двох відцентрових насосів різних типів; б) графічна залежність сумарної напірної характеристики насосів, з'єднаних паралельно

Змінить кількість паралельно працюючих насосних агрегатів: використовується на насосних станціях, де кількість насосних агрегатів дорівнює 2 або більше. Перевага цього методу полягає в тому, що в процесі налаштування двигун насоса працює з номінальним навантаженням, що забезпечує високу ефективність. Крім того, схема автоматизації з використанням цього методу досить проста, завдяки можливості резервного копіювання варіантів роботи. Недоліком є те, що електропривод необхідно перевіряти на збільшення капітальних вкладень в обладнання, зниження коефіцієнта використання насосного агрегату протягом року і на кількість допустимих включень за 1 годину.

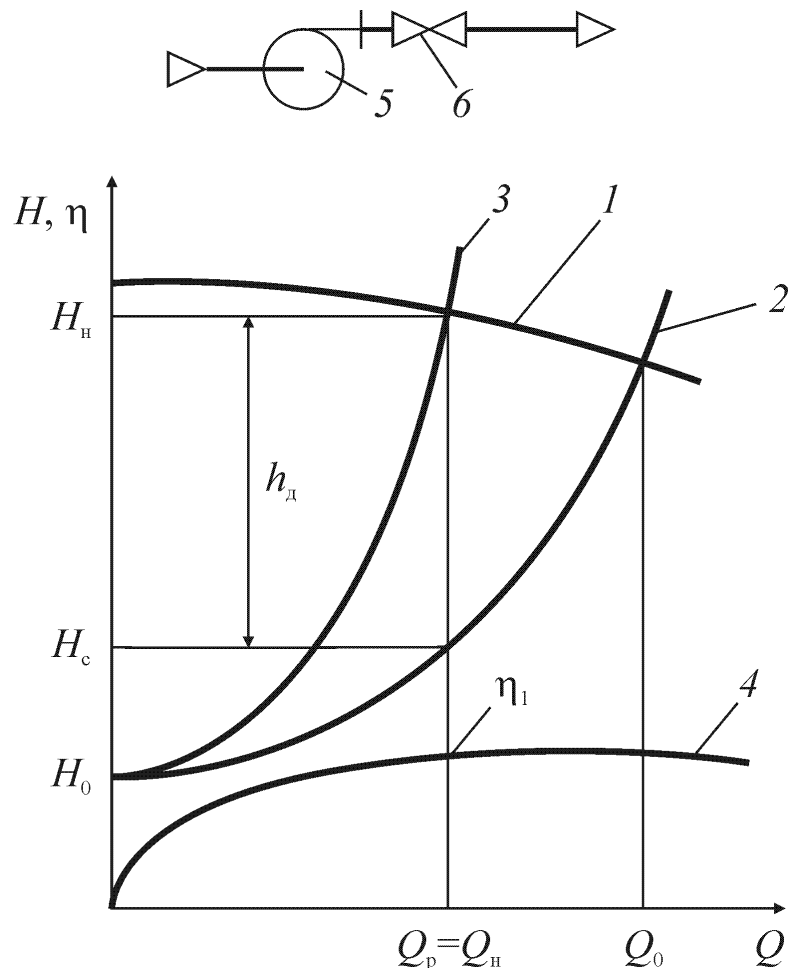


Рисунок 2.2 – Ілюстрація регулювання продуктивності насоса дроселюванням; графічні залежності характеристики: 1) насоса, 2) мережі; 3) мережі із дроселем, 4) ККД насоса; 5) насос; 6) дросель.

Якщо з технічних причин необхідно обмежити подачу насоса, використовується дросель (зміна положення клапана на трубопроводі). Привід засувки ручний або електричний, в останньому випадку регулювання може бути автоматизована. Регулюючий межа подачі насоса становить від 0 до $Q_{ном}$. Основними перевагами цього методу є його простота і можливість застосування в регіональних умовах при низьких капітальних витратах. Однак зміна положення клапана призводить до зміни основних енергетичних характеристик насоса. Зменшувати подачу газу рекомендується тільки в діапазоні від $Q_{0,1}$ до Q_1 , коли ККД насоса падає в межах 2.

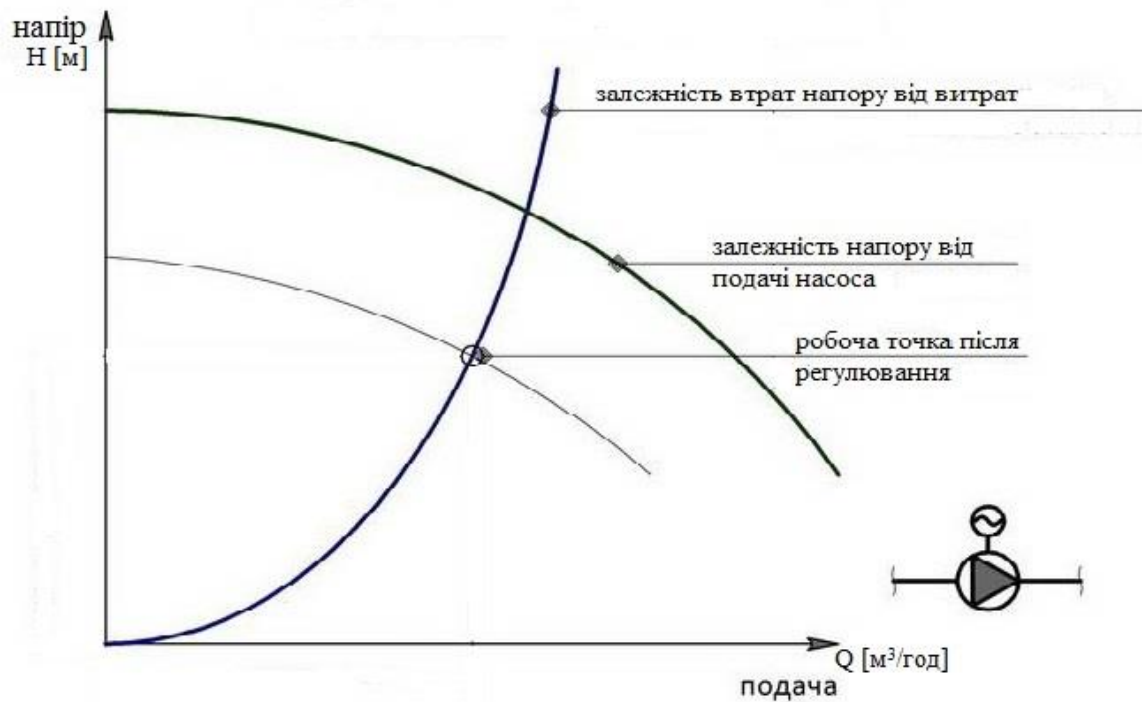


Рисунок 2.3 – Ілюстрація регулювання продуктивності насоса зміною частоти обертання

Подальше регулювання до $(0,3-0,5)Q$ значно знижує ККД і збільшує втрати потужності. Тривала експлуатація малопотужного насоса при постійних обертах двигуна економічно не виправдана. Крім того, одночасно зі зміною подачі підвищується тиск в насосі, що не завжди рекомендується. Питома продуктивність електронасоса, кВт / м³, не ідеальна, оскільки потужність,

споживана двигуном під час дроселювання, трохи знижується (при $w=\text{const}$), і подача може бути зменшена більш ніж в два рази.

Регулювання здійснюється шляхом зміни частоти обертання електродвигуна. В основних типах приводних двигунів з короткозамкненим ротором використовуються 3 способи регулювання частоти обертання: зміна кількості пар полюсів, напруги, що подається на двигун, і частоти струму мережі живлення. Для механізмів з характеристиками вентилятора регулювання напруги ефективна в діапазоні 1:4, 1:6, оскільки навантаження на двигун в процесі регулювання близька до номінального значення, а ефективність регулювання дуже висока.

З 3-х способів регулювання частоти обертання двигуна насоса кращий перший спосіб, враховуючи, що 2-й спосіб вимагає використання спеціального багатошвидкісного двигуна, а 3-й спосіб вимагає значних капітальних вкладень в перетворювач частоти. Їх загальним недоліком є складність схеми управління.

В системі другого водопідіймача використовується система прямого підключення декількох двигунів (насосів), які періодично включаються або вимикаються, в результаті чого добре відомі часті проблеми з пуском і доводиться використовувати систему плавного пуску для асинхронних двигунів.

Плавний пуск-це спосіб запуску двигуна, який є кращою альтернативою застарілій схемі пускового трикутника (Y/) або пуску за допомогою трансформатора, тому, запускаючи електродвигун за схемою пускового трикутника, стартер зменшує пусковий струм, але в момент перемикання відбувається різкий стрибок це можливо . Крім того, такий запуск не забезпечує оптимального рівня пускового струму. Це означає, що не завжди вдається максимально збільшити оберти, і він не такий ефективний. Крім того, стартер (Y/) не може забезпечити плавну зупинку двигуна. Автоматичний трансформатор також знижує пусковий струм, але його рівень не змінюється і не усуває скачки крутного моменту при перемиканні пайки. Тому рекомендується використовувати пристрій плавного пуску.

Незважаючи на всі переваги пристроїв плавного пуску, вони здатні регулювати частоту обертання асинхронного двигуна, про що необхідно пам'ятати при використанні даного пристрою.

Основне обладнання насосної установки включає в себе насоси, приводи насосів і трубопроводи з керуючою і запірною арматурою. Надійність електропостачання досягається за рахунок безперебійної роботи всіх елементів системи електропостачання і використання ряду технічних пристроїв: засобів релейного захисту і автоматики, автоматичного попереднього введення (AVR) і перезапуску (APV), моніторингу та сигналізації.

При змінній витраті води на забір води таке управління насосом передбачено:

- дистанційне-по команді з пункту управління (ПУ);
- автоматичне-в залежності від тиску в мережі;
- автоматичне-в залежності від рівня води в резервуарі (вежі).

2.2 Пуск асинхронного двигуна

Асинхронні двигуни з короткозамкненими роторами мають найбільш просту конструкцію. Простота конструкції визначає відносно низьку вартість, надійність і дешевизну при експлуатації. Ці переваги асинхронних двигунів з короткозамкненими роторами привели до їх широкого застосування. До недавнього часу істотним недоліком асинхронних двигунів з короткозамкненими роторами була складність організації схем регулювання частоти обертання, але наявність послідовних перетворювачів частоти з відповідними змінами напруги живлення двигуна усунуло цю проблему.

Однак в більшості випадків асинхронні двигуни з короткозамкненим ротором використовуються в якості електроприводів без регулювання швидкості, і тут, незважаючи на всі позитивні сторони використання асинхронних двигунів

з короткозамкненими роторами, проявляється їх істотний недолік – проблема запуску.

Розбір того, як запустити асинхронний двигун:

- запуск від нерегульованого джерела напруги;
- переключення з'єднання обмоток із зірочки на трикутник;
- розмикання при включенні додаткового активного опору в ротор;
- запуск від перетворювача частоти;
- запуск при регулюванні напруги:
 - за допомогою автоматичного трансформатора;
 - із використання тиристорного пристрою плавного пуску.

Запуск від нерегульованого джерела напруги.

Найпростіший спосіб запустити двигун з короткозамкненим ротором-це включити обмотку статора безпосередньо в мережу, при номінальній напрузі обмотки статора. Такий запуск називається прямим. Якщо мережа досить потужна і пусковий струм не викликає неприпустимо великого падіння напруги в мережі (не більше 10-15%), можливий прямий пуск.

Прямий пуск небажаний, якщо підстанція, що живить мережу, є малопотужної і добре завантаженої. В цьому випадку при безпосередньому запуску асинхронного двигуна з закоченим ротором можна знизити напругу мережі. У багатьох випадках це не дозволяє здійснити прямий запуск. В цьому випадку використовуються інші способи запуску асинхронного двигуна з закоченим ротором.

Перемикавання при пуску обмотки з зірки на трикутник.

При такому способі запуску двигуна пусковий струм в мережі зменшується в три рази повільніше, ніж споживаний двигуном пусковий струм, якщо при запуску обмотки статора були з'єднані трикутником. Тому бажано використовувати цей спосіб запуску для двигунів, в яких обмотки статора, що живляться від Мережі з відповідною напругою, повинні бути з'єднані трикутником.

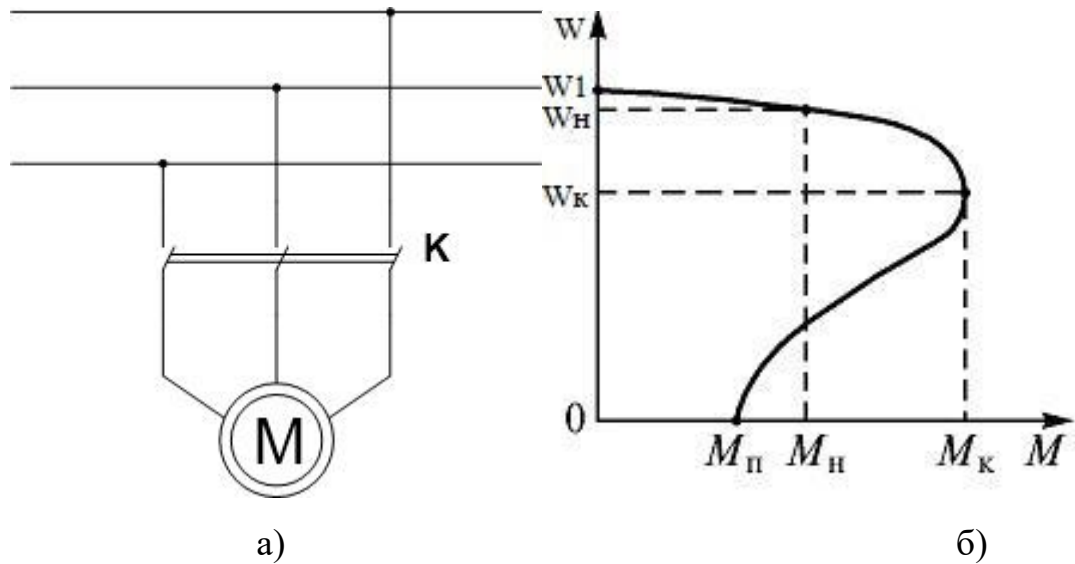
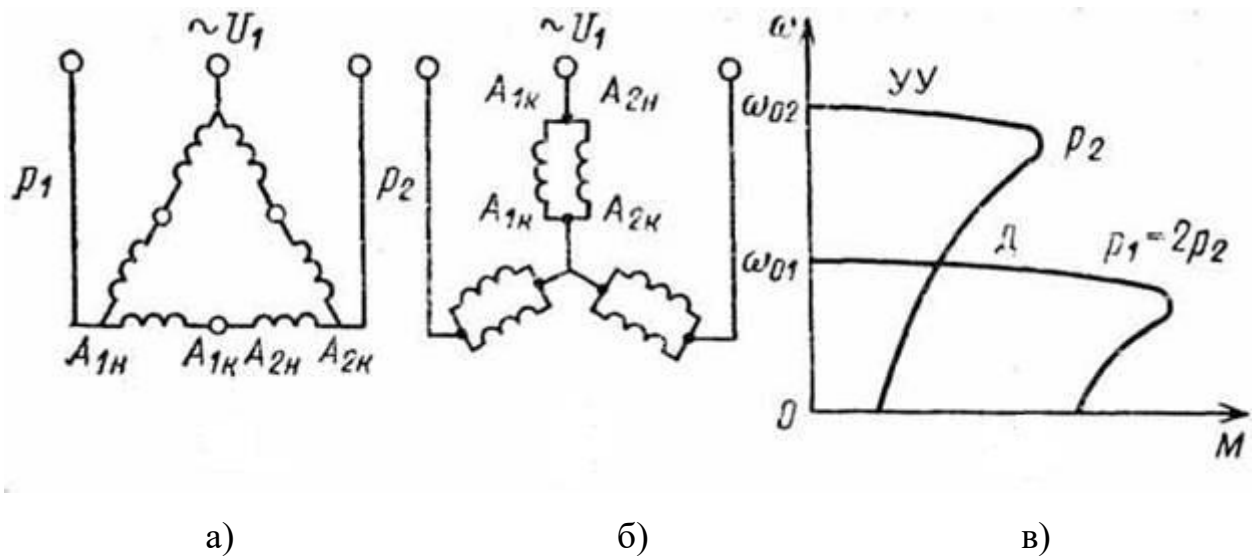


Рисунок 2.4 – Ілюстрація прямою пуску подачею номінальної напруги

- а) схема прямого пуску асинхронного двигуна;
 б) механічна характеристика при прямому пуску.



- а) схема приєднання обмоток за схемою трикутник; б) схема при'єднання за схемою подвійна зірка; в) механічні характеристики при з'єднанні схем трикутник - подвійна зірка (Д-УУ).

Вмикання в коло ротора додаткового активний опір.

У цьому методі переважає простота реалізації, тому він широко використовується в багатьох електроприводах. При реостатному регулюванні плавність невелика і визначається плавністю зміни додаткового опору.

Зазвичай для регулювання використовуються недорогі і прості металеві резистори, тому витрати, пов'язані зі створенням цієї системи, нижче. З іншого боку, в процесі експлуатації вони будуть дуже великі втрати енергії. Втрати в роторі, які називаються втратами на ковзання, збільшуються зі збільшенням ковзання. Отже, реалізація широкого діапазону регулювання швидкості призводить до значних втрат енергії і зниження ККД електроприводу.

Таким чином, реостатне регулювання швидкості використовується, коли потрібно регулювання швидкості у вузькому діапазоні і робота на низьких швидкостях є короткочасною. Такий привід часто використовується для електроприводу підйомних і транспортних машин і механізмів. Такий привід також використовується для регулювання крутного моменту та струму асинхронних двигунів при запуску.

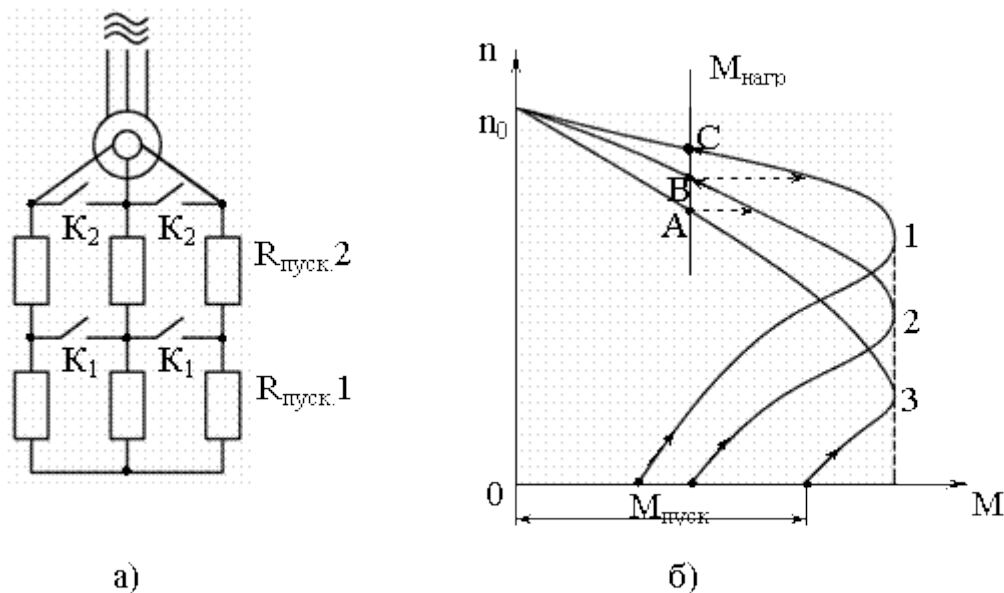


Рисунок 2.6 – Ілюстрації реостатного пуску асинхронного двигуна
а) зображення схеми пуску за допомогою додаткових опорів ; б) механічні
характеристики реостатного пуску

Пуск за допомогою перетворювача частоти.

Перетворювач частоти, який також називають частотно-регульованим перетворювачем частоти, перетворює змінну напругу (50 Гц) в постійну напругу і перетворює постійну напругу (0÷250 Гц) в змінну напругу (інвертор).

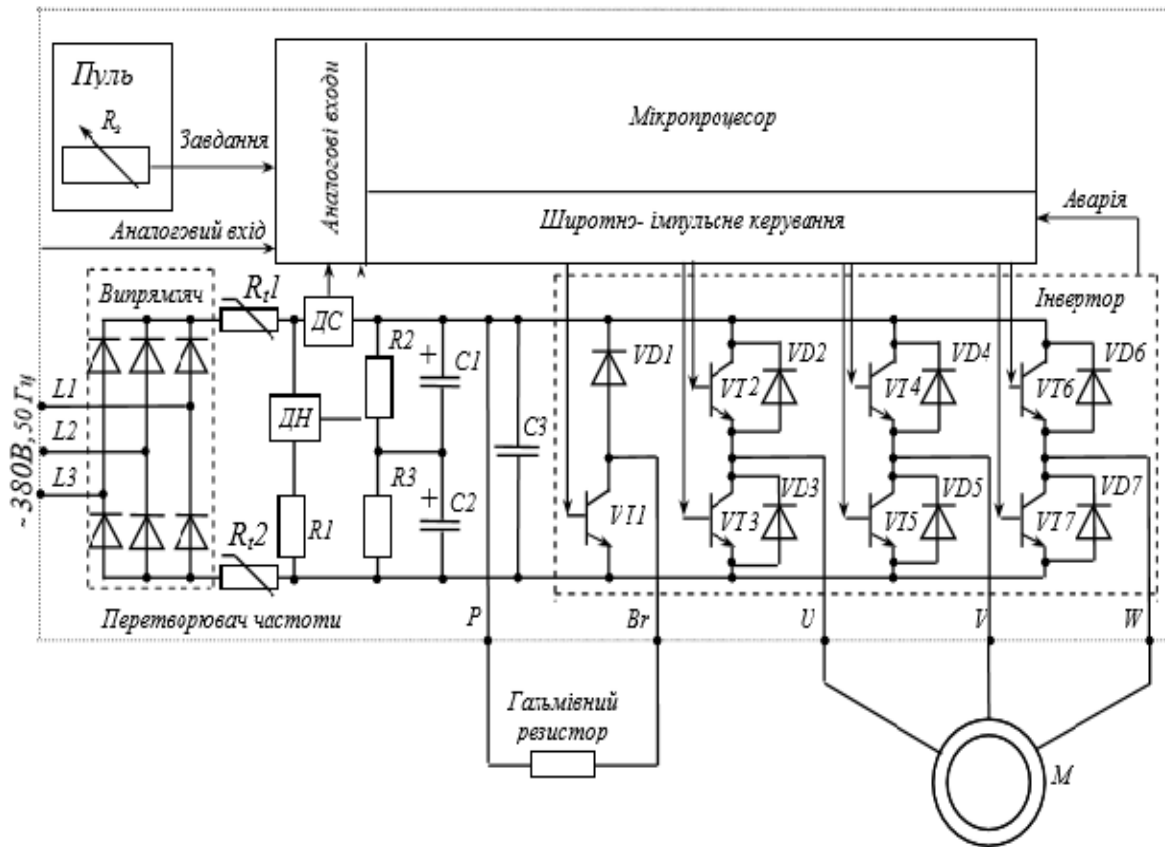
Перетворювач частоти складається з наступних основних блоків: блок перетворення постійної напруги в змінну (інвертор) з регульованою частотою. Блок перетворення 250 Гц і змінної напруги (50 Гц) в постійне.

Важливою функціональною перевагою перетворювача частоти є те, що навіть якщо природний пусковий момент менше номінального і пусковий струм дорівнює, він може забезпечити високий пусковий момент (близький до максимального) 5 номінального. За допомогою частотних перетворювачів можна здійснювати дуже корисні плавні зупинки при зупинці конвеєрних стрічок, що транспортують крихкі матеріали і т. д.

У більшості випадків перетворювач частоти використовується тільки для запуску і зупинки двигуна, незважаючи на те, що в процесі роботи немає необхідності регулювати частоту обертання двигуна. Для цього, безумовно, буде потрібно більш дороге обладнання, ніж необхідно. Як правило, фільтр встановлюється разом з перетворювачем частоти, що знижує рівень випромінювання і створювані гармоніки.

Регулювання напруги за допомогою автотрансформатора.

При такому способі пуску пусковий струм може бути зменшений шляхом подачі низької напруги на двигун під час пуску. На відміну від схеми перемикання з "зірки" на "трикутник", необхідно підключати обмотки двигуна в режимі роботи тільки в "трикутнику", але запуск автотрансформатора не встановлює таких умов. Під час запуску двигун завжди приводиться в дію автотрансформатором. Напруга, що подається автоматичним трансформатором, може бути із постійним значенням або змінюватися в залежності від умов виробництва.



а)



б)

Рисунок 2.7 – Ілюстрація регулювання частоти напруги при використанні перетворювача частоти

а) схема перетворювача частоти;

б) графічна залежність механічної характеристики асинхронного двигуна при частотному регулюванні швидкості.

Коли двигун досягне 80-95% від номінальної частоти обертання, розмикається контактор "зірки" і включається головний контактор. Знижена напруга відповідно зменшує пусковий струм. А пусковий момент пропорційний квадрату напруги. Якщо виробничі умови вимагають регулювання напруги в процесі пуску, це зажадає додаткових вкладень в комутаційне пристрій на пайку автоматичного трансформатора і відповідний блок управління. Тому, при всіх функціональних перевагах автоматичного запуску трансформатора, вартість його обладнання часто не дозволяє йому конкурувати з відносно недорогими і компактними напівпровідниковими пристроями плавного пуску, описаними нижче.

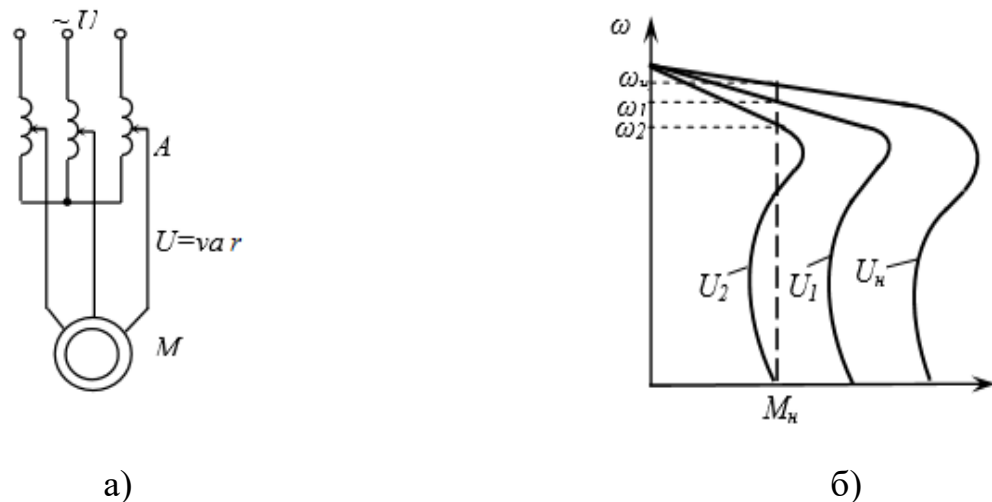


Рисунок 2.8 – Ілюстрація рнапруги за допомогою автотрансформатора
 а) схема ввімкнення асинхронного двигуна через автотрансформатор;
 б) графічна залежність механічної характеристики асинхронного двигуна при регулюванні напруги на статорі ($U_n > U_1 > U_2$).

Регулювання напруги пристроєм плавного пуску.

Пристрій плавного пуску використовується для плавного пуску і зупинки трифазного асинхронного двигуна з короткозамкненим ротором. Переваги використання цього пристрою очевидні:

- плавней запуск двигуна, плавне гальмування, динамічне гальмування;
- регулювання крутного моменту, зниження пускового струму;

- зниження перевантаження і перегріву двигуна, зниження втрат електроенергії в електродвигуні;
- сунення ривків механічних частин обладнання;
- сунення гідравлічних ударів в трубопроводі і запірному клапані під час запуску і зупинки насоса, компресора, вентилятора.

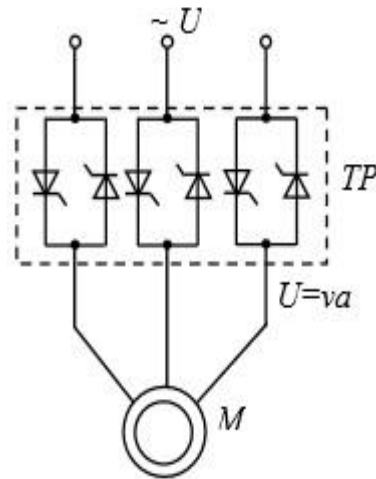


Рисунок 2.9 – Ілюстрація регулювання напруги асинхронного двигуна з тиристорним регулятором напруги.

Пристрої плавного пуску використовуються для управління насосами, компресорами, вентиляторами, конвеєрами, приводними двигунами зі спеціальними механізмами, які вимагають плавного ненаголошеного пуску для захисту від механічних пошкоджень.

У режимі зупинки тиристри спочатку повністю відкриті, і під час процесу зупинки напруга падає відповідно до встановленого часового графіка процесу зупинки. Можливість плавної зупинки є важливою перевагою системи. Тому при раптовій зупинці насоса, що перекачує рідину, спочатку спостерігається потужний гідравлічний удар. Якщо конвеєр раптово зупиниться, це може привести до серйозних неприємних наслідків.

В цілому під системою плавного пуску розуміється цілий комплекс комутаційного, захисного та іншого обладнання, але на практиці, що стосується

самого пристрою, то воно широко використовується як "система плавного пуску", що не зовсім коректно.

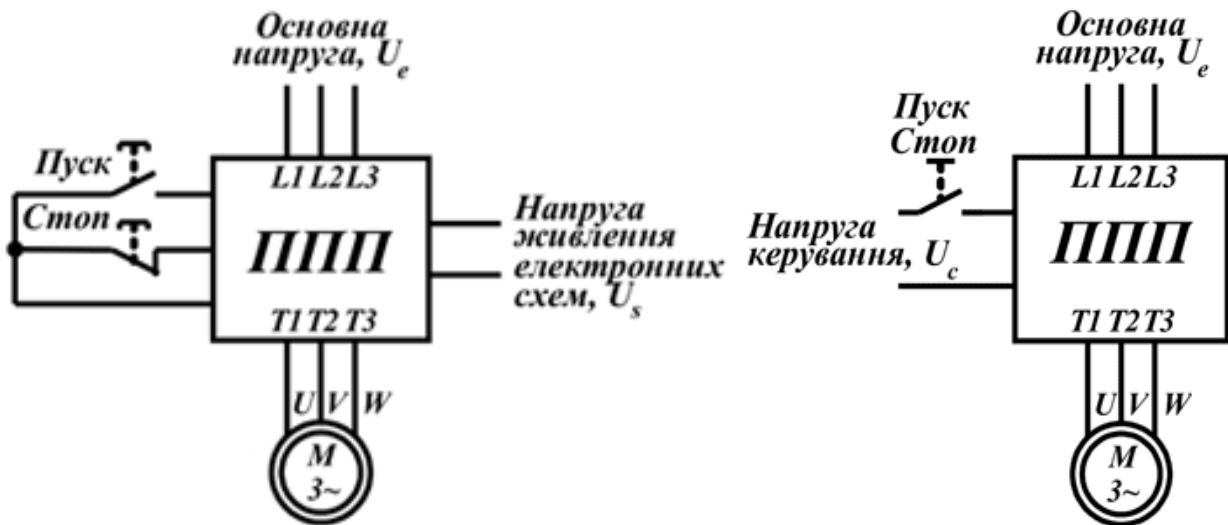


Рисунок 2.10 – Ілюстрація варіантів подачі напруги живлення в системі плавного пуску.

Принцип дії пристрою плавного пуску підкреслює, що воно полягає в простому регулюванні пускового струму і крутного моменту, а також в плавній зупинці шляхом регулювання напруги на клеммах двигуна.

2.3 Система електроприводу насосної станції

Силова схема заживлена від трифазної мережі, напругою 380В, та частотою 50Гц, через загальний автоматичний вимикач QF1, через інші вимикачі QF2...QF5 подається живлення та реалізується захисту певних кіл живлення двигуна.

Контактор КМ7 заживлює пристрій плавного пуску (ППП), при замиканні контактора КМ2 здійснюється запуску двигун через пристрій плавного пуску, після запуску, через певний проміжок часу, контакти КМ2 розмикаються і живлення подається через замикаючі контакти магнітного пускача КМ1, безпосередньо від мережі, а пристрій плавного пуску можна перемикаєти на пуск наступного двигуна. Через контактор КМ4 запускають наступний двигун через

пристрій плавного пуску, при замикання КМ3 двигун перемикається на мережу, аналогічно до попереднього випадку. Пара контакторів КМ6, КМ5 працює аналогічно. Кожна пара контакторів (кожного двигуна) з'єднуються таким чином, щоб одна пара не могла працювати одночасно, разом.

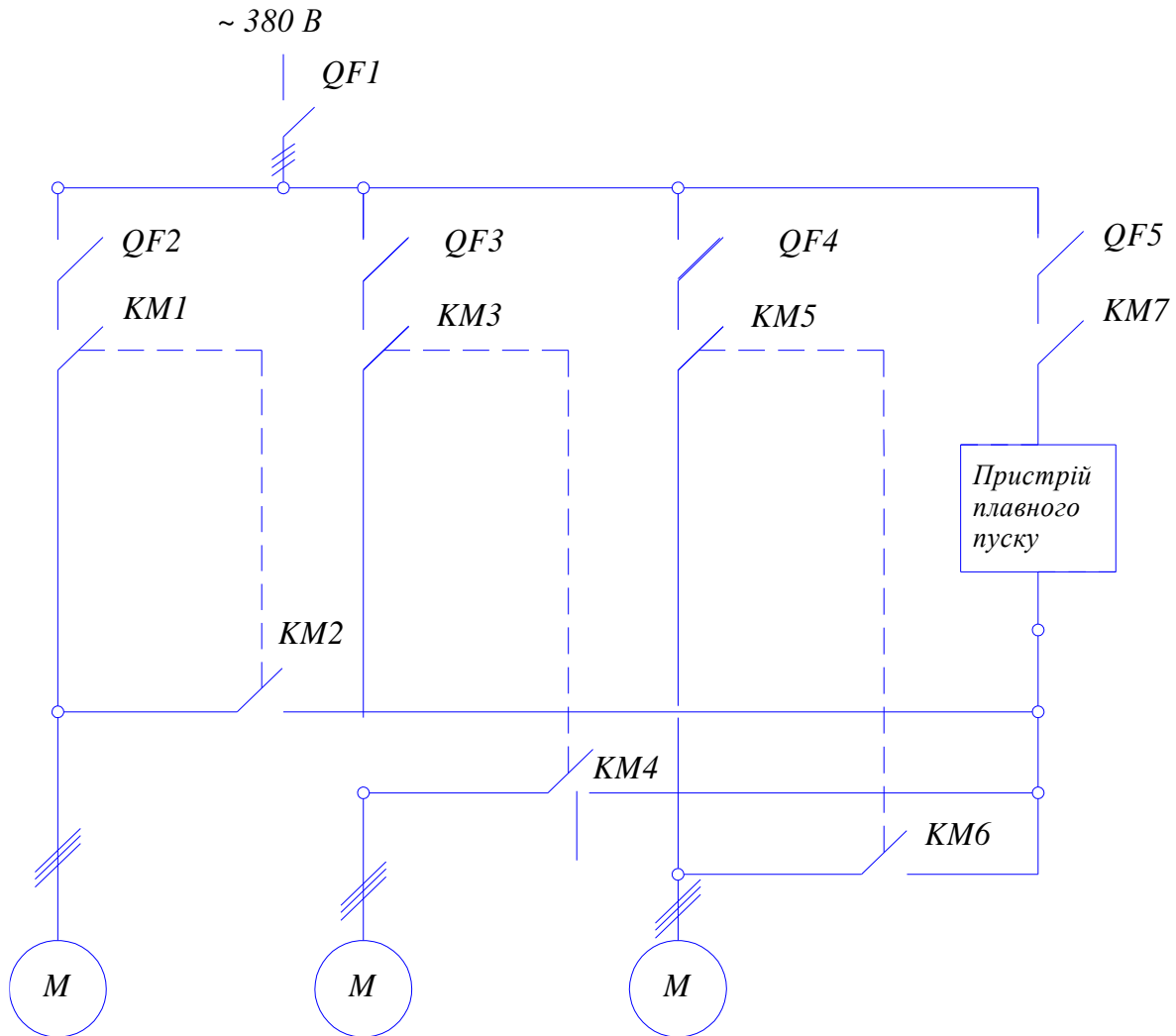


Рисунок 2.11 – Силова схема насосної станції, однолінійна.

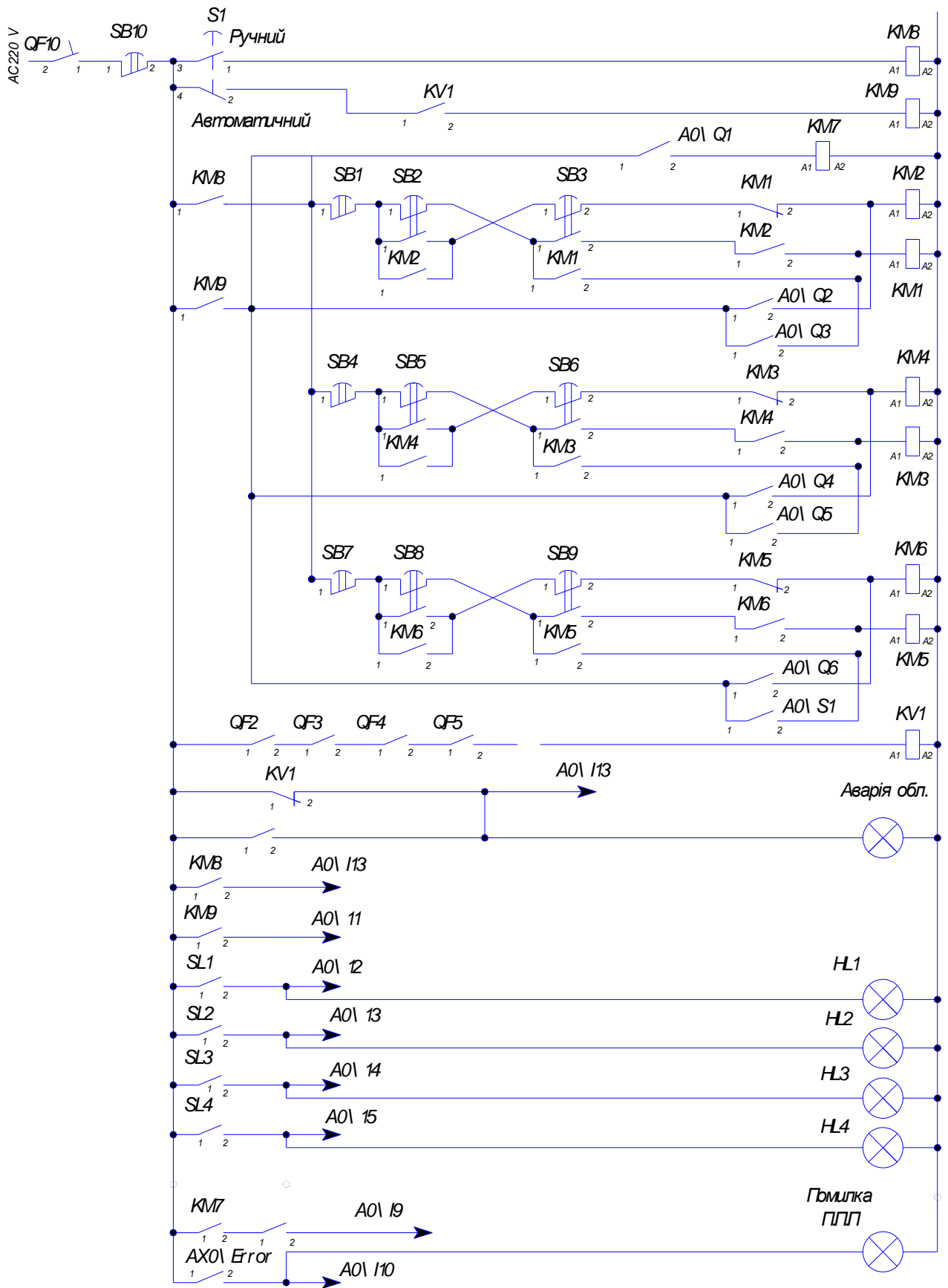


Рисунок 2.12 – Схема керування електроприводом насосної станції

Автоматичне керування схемою електроприводу (рисунок 2.12) ми пропонуємо здійснити мікроконтроллером типу «EASY» (рис.2.13). Він працює на релейних контактах, вхідні контакти «I,R» та вихідні контакти «Q,S». Вхідні контакти мікроконтроллера отримують інформацію у вигляді напруги (220В), вихідні контакти, при виконанні певних умов в логіці приладу, замикаються або розмикаються. Прилад «Easy 819-AC-RC» отримує живлення від мережі змінного струму 220В.

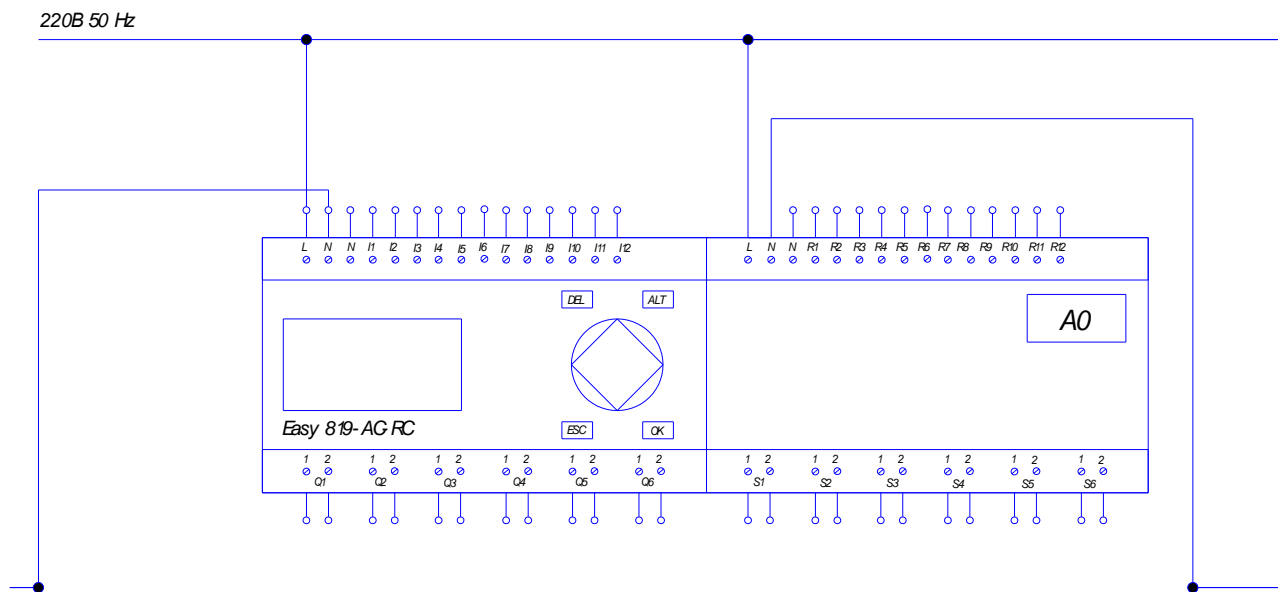


Рисунок 2.13 - Схематичне представлення релейний мікроконтроллера «Easy 819-AC-RC»

На рисунку 2.14 показано схема ввімкнення пристрою плавного пуску АВВ PSR25-600-55. Даний пристрій отримує живлення від мережі 220 В 50 Гц. Пристрій приводиться у дію при контактом контактора «КМ7» та подачі сигналу на вхід приладу «Start».

Схема зображена на рисунку 2.12 працює наступним чином. Автоматичним вимикачем QF10 заживлюється схема керування, за допомогою перемикача S1 можна вибрати режим керування «Ручний» або «Автоматичний». Спочатку необхідно ввімкнути всі автоматичні вимикачі «QF2...QF6». В режимі автоматичного керування команда на запуск установки подається заживленням обмотки магнітного пускача КМ12. Сигнали від датчиків рівня «SL1...SL5» подають команди на входи мікроконтроллера «A0I2...A0I6». Відповідна до

значення рівня води мікроконтролер за допомогою контактів «SL1...SL5» вмикає або вимикає двигуни насосів. Контактom КМ11 при замиканні подається команда на автоматичне керування двигунами насосів. Котушку магнітного пускача КМ7, заживлюється контактом мікроконтролера «A0/Q1», і відповідно заживлює пристрій плавного пуску.

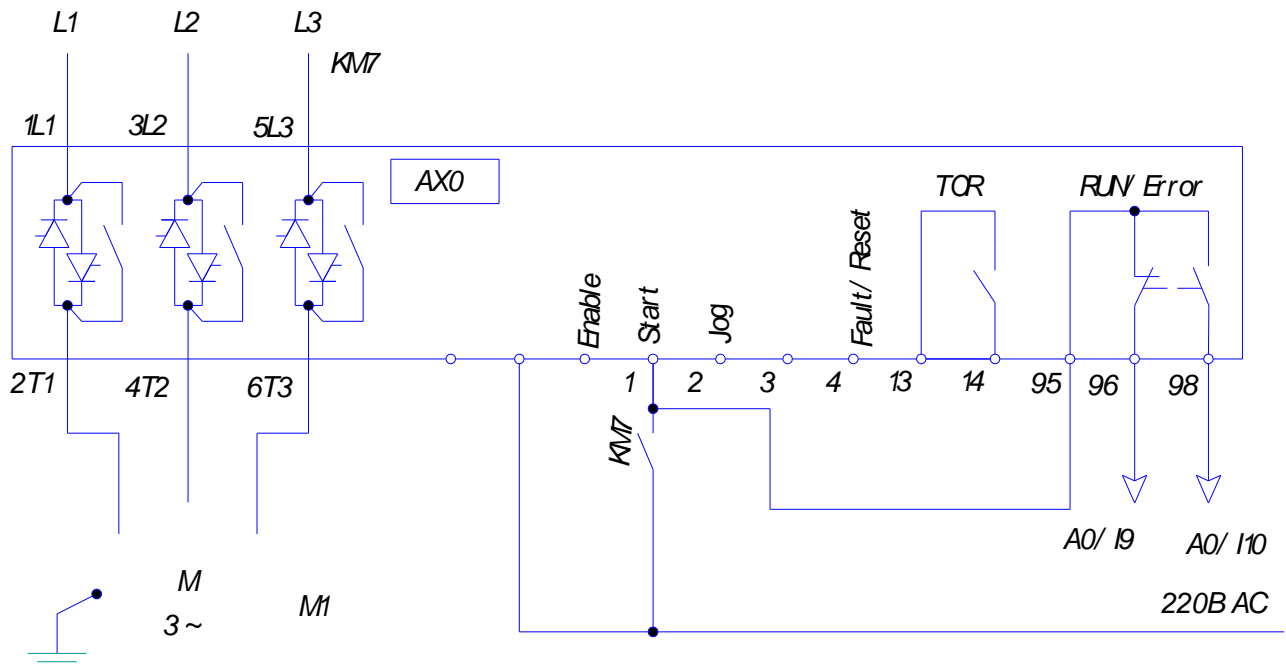


Рисунок 2.14 – Схематичне представлення ввімкнення пристрою плавного пуску ABB PSR25-600-55

При роботі в автоматичному режимі мікроконтролер контролює рівень води і дає команди на вмикання насосів по чергово через пристрій плавного пуску через вихід контролера «A0\Q2» отримує живлення КМ2 і запускає перший насос за допомогою пристрою плавного пуску, після завершення розгону, комутується вихід «A0\Q3» і заживлюється КМ1, а КМ2 розмикається, живлення двигуна помпи здійснюється від мережі на пряму без пристрою плавного пуску. За допомогою пристрою плавного пуску можна запускати інший двигун. Аналогічно здійснюють запуск та перемикання інших насосів виводами «A0\Q4...A0\Q3», та магнітними пускачами «КМ3...КМ6».

Двигуни почнуть вимикатись при тому, як вода досягне Рівня 4 сигналу про наповнення резервуару, двигуни почнуть запускатись при зниженні рівня води.

У випадку виникнення аварії пристрою плавного пуску (вихід «А0/П10»), мікроконтролер вимкне двигуни, вихід «А0\S7» подає сигнал лампочкою «Аварія обл.». Повторний пуск двигунів можливий після усунення аварії.

Таблиця 2.1 – Технічні дані помпи

Тип насоса	1Д315-50
Номінальний напір, м	50
Номінальна подача, м ³ /год	315
Номінальний ККД насоса	0,83
Номінальна частота обертання, об/хв	2900

Таблиця 2.2 – Технічні дані асинхронного двигуна 4А225М2У3

Номінальна потужність двигуна P_n , кВт	55
Номінальний фазний струм двигуна $I_{фн}$, А	99,5
Номінальна напруга двигуна U_n , В;	380
Номінальний коефіцієнт корисної дії η_n , %	91
Номінальна швидкість обертання n_n , об/хв;	2950
Критичне ковзання $S_{кр}$, %	11
Номінальне ковзання S_n , %	1,8
Номінальний $\cos\varphi$	0,92
Відношення $m=M_{кр}/M_n$	2,5

При ручному режимі, перемикач «S1» у положенні «Ручний», заживлюється КМ11, через контакт «КМ11» отримує живлення схема керування двигунами. Пуск двигунів за допомогою пристрою плавного пуску здійснюється при натисканні на будь-яку одну із кнопок старту SB2, SB5 або SB8, та переключення в обхід пристрою плавного пуску на пряму мережу здійснюється при натисканні відповідної кнопки старту SB3, SB6 або SB9. Двигуни зупиняються при натисканні кнопки SB1, SB4 або SB7 відповідно.

Схеми керування трьох двигунів ідентичні, тому розглянемо схему пуску першого. При натисканні кнопки SB2 заживлюється обмотка магнітного пускача KM2, насос запускається через пристрій плавного пуску, нормально розімкнутий контакт KM2 шунтує кнопку. Коли насос розженеться необхідно натиснути кнопку «SB3», додатковим контактом пускача KM2 подається живлення на KM1, а нормально замкнутий контакт знімає живлення з KM2, і двигун помпи отримує живлення від мережі. При натисканні SB1 двигун зупиняється.

У схемі передбачено аварійний вимикач SB13 який можна повністю знеструмити схему керування. Для індикації рівня води передбачено лампи «HL1...HL5».

РОЗДІЛ 3

МОДЕЛЮВАННЯ ПЛАВНОГО ПУСКУ АСИНХРОННОГО ДВИГУНА З НАСОСОМ

Спрощена модель асинхронного двигуна для ділянки механічної характеристики від нуля до критичного ковзання описується системою рівнянь:

$$I'_p = \frac{(\omega_{0\text{ел}} - \omega_{\text{дел}})U_{\Phi}}{\omega_{0\text{ел}}R'_{2\Sigma}(pT_e + 1)};$$

$$\omega_{\text{д}} = \frac{M_{\text{д}} - M_{\text{с}}}{pJ_{\Sigma}};$$

$$M_{\text{д}} = \frac{3p_{\text{п}}I'_p U_{\Phi}}{\omega_{0\text{ел}}};$$

$$\omega_{\text{д}} = \omega_{\text{дел}} / p_{\text{п}},$$

де $p_{\text{п}}$ - значення кількості пар полюсів асинхронного двигуна;

$R'_{2\Sigma}$ - значення сумарного приведенного активного опору кола ротора

$T_e = \frac{L'_2}{R'_{2\Sigma}} = \frac{x_{\text{к}}}{\omega_{0\text{ел}}R'_{2\Sigma}} = \frac{1}{\omega_{0\text{ел}}s_{\text{к}}}$ - значення електромагнітної сталої часу.

$\omega_{0\text{ел}} = 2\pi f_1$ - значення кутової електричної частоти напруги мережі;

$\omega_{\text{рел}} = \omega_{0\text{ел}} - \omega_{\text{дел}}$ - значення кутової електричної частоти обертання поля ротора;

$\omega_{\text{дел}} = p_{\text{п}}\omega_{\text{д}}$ - значення кутової електричної швидкості обертання ротора;

$M_{\text{д}} = 3p_{\text{п}}\psi_1 I'_p$ - момент двигуна.

Згідно представленої моделі трифазного асинхронного двигуна на рисунку 3.1, показано структурну схему, що описує роботу трифазного асинхронного двигуна на робочій частині механічної характеристики від значення ковзання від нуля до критичного ковзання.

На вхід даної моделі подаються наступні величини: частота напруги живлення статора f_1 ; фазна напруга статора U_{Φ} ; активний приведений опір

ротора $R'_{2\Sigma}$. На виході моделі отримують: приведений струм ротора I'_p ; кутову швидкість асинхронного двигуна ω_d ; електромагнітний момент M_d .

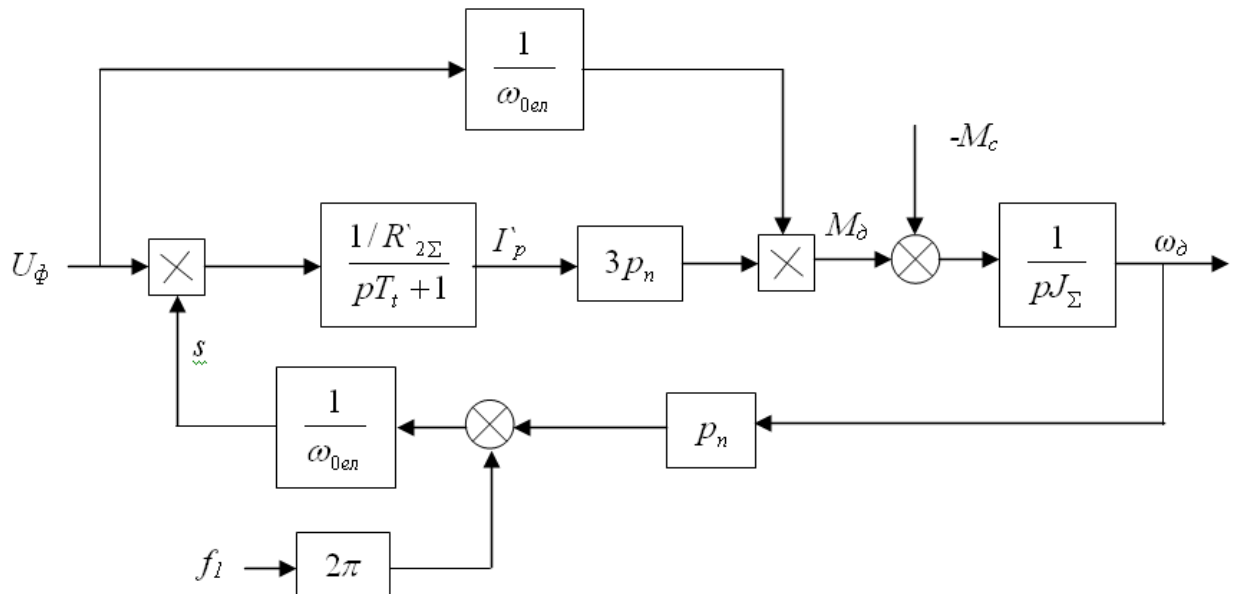


Рисунок 3.1 – Схематичне представлення структурно-математичної моделі асинхронного двигуна

Згідно паспортних даних асинхронного двигуна розраховуємо параметри моделі двигуна

$$\omega_{0el1} = 2\pi f = 2 * 3,14 * 50 = 314 \text{ рад/с};$$

$$p_{n1} = 1;$$

$$s_{k1} = s_H \left(\lambda + \sqrt{\lambda^2 - 1} \right) = 0,017 \left(2,5 + \sqrt{2,5^2 - 1} \right) = 0,081$$

$$T_{e1} = \frac{1}{\omega_{0el} s_k} = \frac{1}{314 \cdot 0,081} = 0,039 \text{ с};$$

$$\kappa_1 = \frac{0,95 U_\phi}{E_{pH}} = \frac{0,95 \cdot 220}{197} = 1,06;$$

$$R'_{21} = \frac{E_{pH}}{I_{pH}} \cdot s_H \cdot \kappa_1 = \frac{197}{185} \cdot 0,081 \cdot 1,06 = 0,091 \text{ Ом}.$$

На рисунку 3.2 показано структурно-математичну модель асинхронного двигуна з підставленими параметрами моделі двигуна у середовищі MatLab/Simulink.

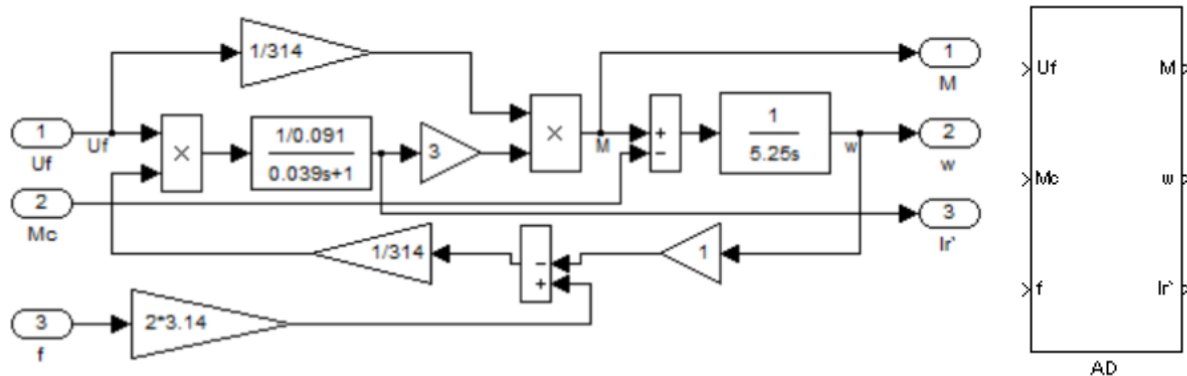


Рисунок 3.2 – Підставлені значення в структурно-математичну модель асинхронного двигуна у вигляді підсистеми

Нам необхідно побудувати модель для порівняння прямого пуску та пуску із тиристорним пристроєм плавного пуску при різних темпах наростання вихідної напруги.

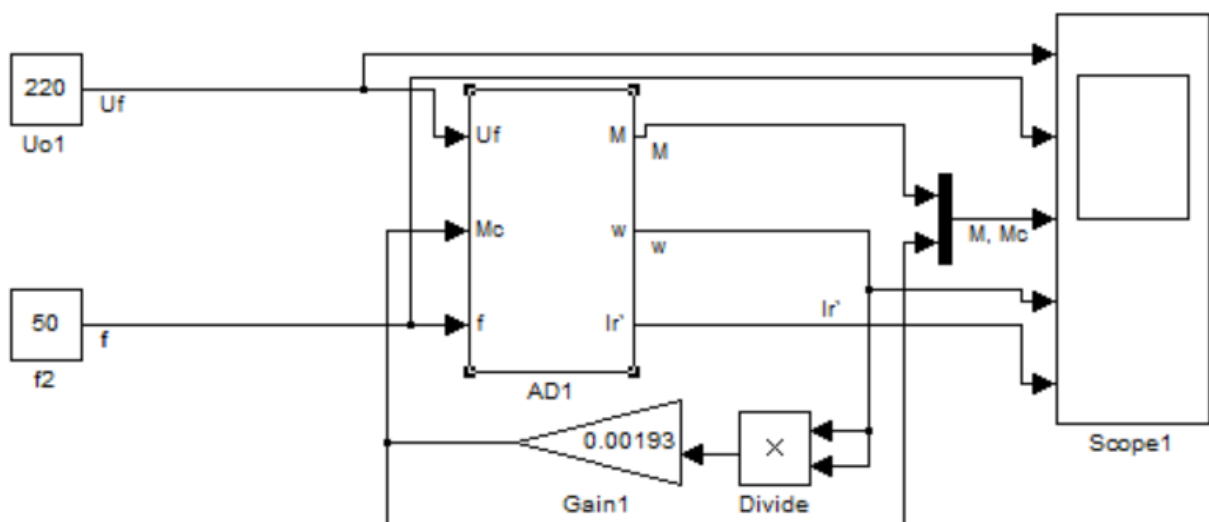


Рисунок 3.3 – Модель асинхронного двигуна при вентиляторному навантаженні та прямому пуску

На рисунку 3.3 показано модель двигуна із вентиляторним навантаженням, яке імітує насос. Схема передбачає прямий пуск. На рисунку 3.4 а показано отримані графічні залежності напруги живлення, частоти, моменту

двигуна, моменту статичного навантаження, кутової швидкості та струму ротора при прямому пуску.

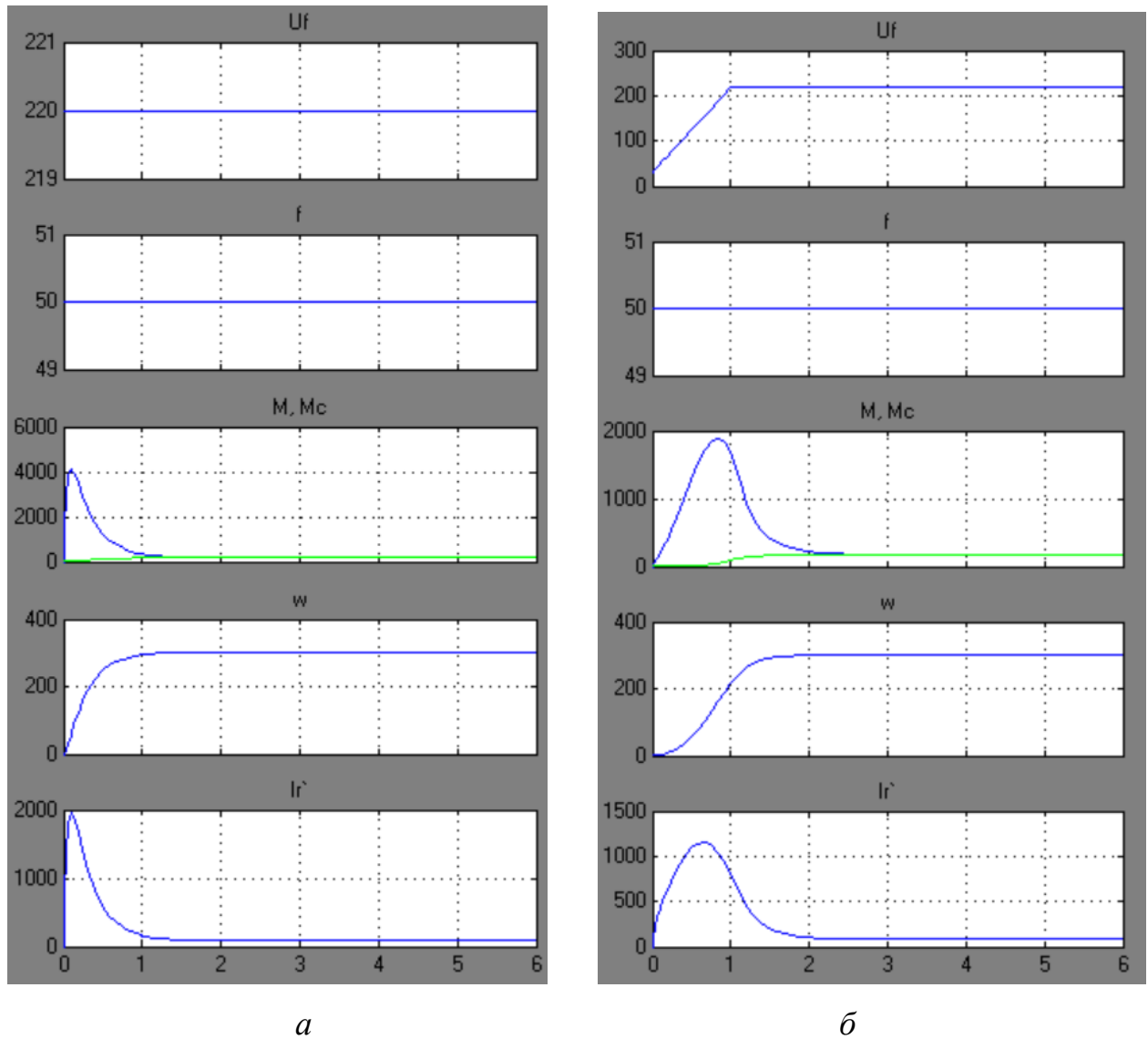


Рисунок 3.4 – Графічні залежності напруги живлення, частоти, моменту двигуна, моменту статичного навантаження, кутової швидкості та струму ротора від часу

а – при прямому пуску; *б* – при плавному наростанні напруги продовж 1с.

На рисунку 3.5 показано модель двигуна із вентиляторним навантаженням, яке імітує насос та пуск із пристроєм плавного пуску. На

рисунку 3.4 б показано отримані графічні залежності напруги живлення, частоти, моменту двигуна, моменту статичного навантаження, кутової швидкості та струму ротора при плавному пуску продовж наростання напруги протягом 1 с.

На рисунку 3.6 а і б показано отримані графічні залежності напруги живлення, частоти, моменту двигуна, моменту статичного навантаження, кутової швидкості та струму ротора при плавному пуску продовж наростання напруги протягом 2 с та 4 с.

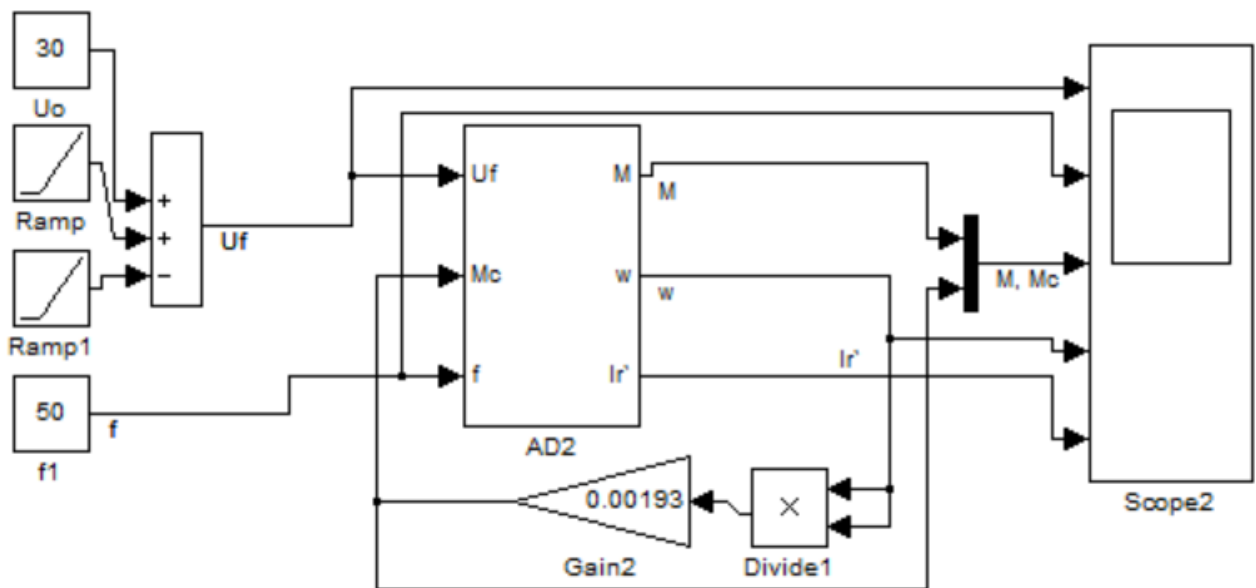


Рисунок 3.5 – Модель асинхронного двигуна при вентиляторному навантаженні при пуску через пристрій плавного пуску

Після проведених чотирьох дослідів, з отриманих результатів можна відзначити наступне.

У першому досліді двигун, який приводить в рух насос отримує живлення напругу від мережі живлення фазна напруга 220 В 50 Гц. При цьому пусковий струм у роторі при моделюванні сягає практично 2000 А. Це значення більше ніж в десять раз перевищує номінальне значення.

У другому досліді напруга наростає продовж однієї секунди до номінального значення. При цьому ми спостерігаємо, що значення струму ротора

сягає приблизно 1100 А, що суттєво менше порівняно із прямим пуском і становить практично шестикратне перевищення над номінальним значенням.

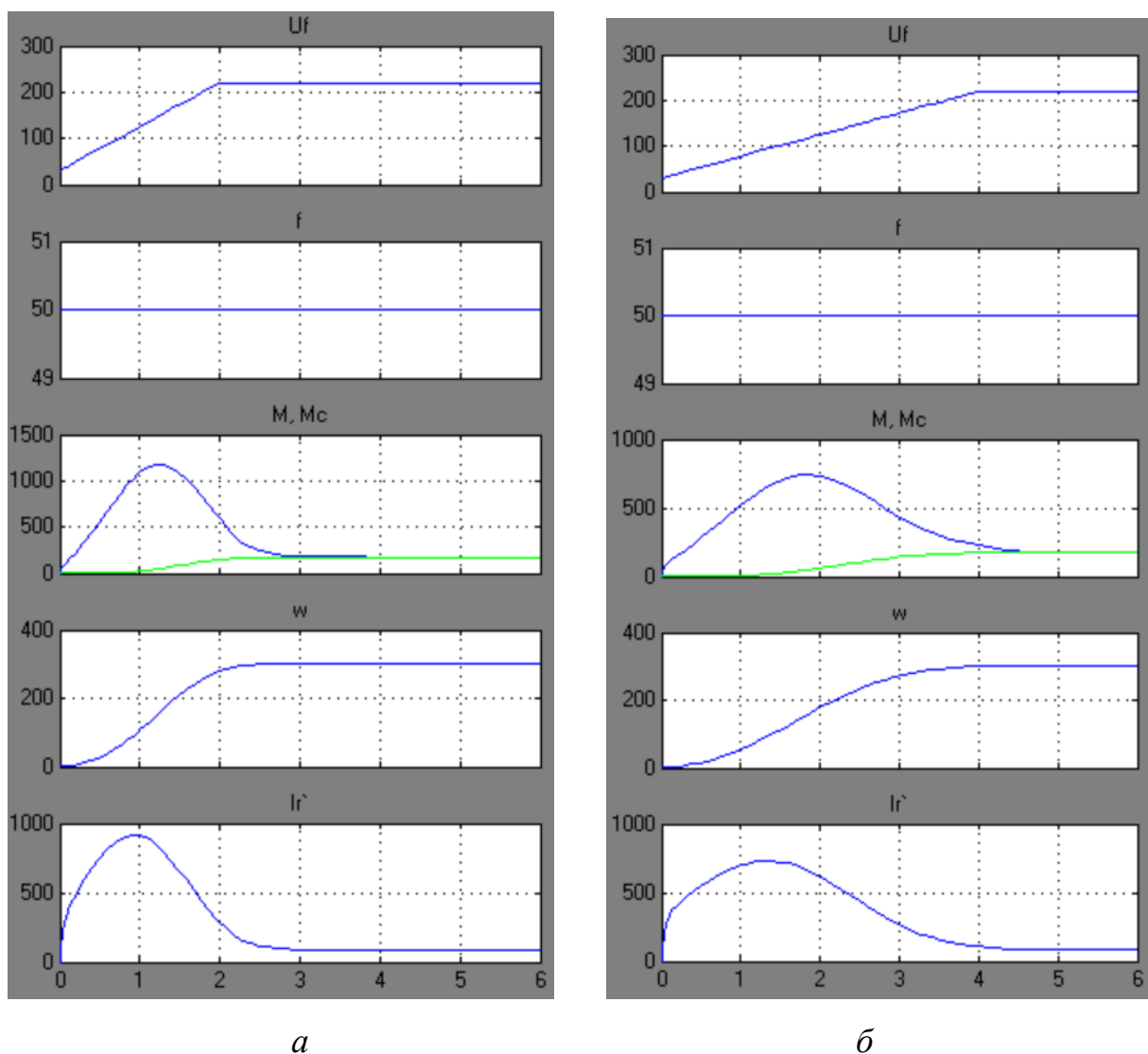


Рисунок 3.4 – Графічні залежності напруги живлення, частоти, моменту двигуна, моменту статичного навантаження, кутової швидкості та струму ротора від часу

a – при плавному наростанні напруги продовж 2с; *б* – при плавному наростанні напруги продовж 4с.

У третьому досліді напруга живлення наростає до номінального значення продовж двох секунд і значення струму сягає орієнтовно 900А що становить приблизно п'яти кратне перевищення номінального струму.

У четвертому досліді напруга живлення наростає до номінального значення продовж чотирьох секунд і значення струму орієнтовно 700А що становить приблизно чотири кратне перевищення номінального струму.

В усіх дослідях двигун досягає усталеного значення швидкості та струму.

Як бачимо з отриманих залежностей, збільшення часу пуску суттєво зменшує значення пускового струму, що відповідно забезпечує суттєво легші умови роботи двигунів, продовжує їхній термін служби та економить видатки на ремонт двигунів. А також при цьому електрична мережа не перевантажується пусковими струмами, відсутня просадка напруги у мережі живлення, а відповідно інші споживачі не потерпатимуть від просадок напруги.

Наша модель також показала зменшення значення пускового моменту (орієнтовно 4000, 2000, 1100 і 700 Нм відповідно по дослідях), ми можемо говорити про менші динамічні зусилля на валі двигуна, а відповідно збереження механічної міцності двигуна, зокрема підшипників.

Оскільки наша модель є доволі наближеною до реального двигуна, оскільки вона більше моделює власне робочу ділянку механічної характеристики асинхронного двигуна, то отримані результати варто оцінювати більше якісно ніж кількісно, оскільки відхилення від реальних значень може бути дуже суттєве.

Проте із проведених дослідів можна зробити наступні висновки: плавний пуск за допомогою пристрою плавного пуску забезпечує контрольований та регульований запуск трифазного асинхронного двигуна насосу. Чим більший час пуску тим простіше обмежити значення пускового струму та динамічних зусиль у механічній та електричній частині двигуна.

Проведені досліді показали високу ефективність використання пристрою плавного пуску для запуску одного трифазного асинхронного двигуна. При використанні одного пристрою плавного пуску для кількох однотипних чи однакових двигунів суттєво збільшує ефективність його використання та зменшує економічні затрати на побудову групового електроприводу.

РОЗДІЛ 4

ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

4.1 Аналіз стану охорони праці

Електричні машини застосовуються у багатьох галузях господарства: машинобудівній промисловості, вугільній, металургійній, сільсько-господарській та в багатьох інших галузях промисловості.

Безпечна, безаварійна експлуатація систем електропостачання ставить перед працівниками електрогосподарства складні задачі з охорони праці.

При роботі з електродвигунами дуже важливим є дотримання техніки безпеки. Не можна нехтувати навіть незначними несправностями обладнання, адже таке недбале ставлення, насамперед до себе, може призвести до травм різного ступеня важкості, або і до летального випадку.

В умовах виробництва велика кількість аварій і травм виникає внаслідок конструктивних недоліків машин, механізмів, обладнання, захисних та запобіжних пристроїв, а також часто через недосконалість технологічного процесу чи засобів захисту працівників.

Несправності двигунів найчастіше виникають у результаті зносу деталей, а також через порушення правил технічної експлуатації. За характером походження ушкодження електродвигунів поділяють на:

- електричні (пошкодження ізоляції або струмопровідних частин машини);
- механічні (ослаблення кріпильних сполучних різьблень, порушення форми і поверхні деталей, перекося і поломки).

При експлуатації електродвигунів можливі випадки, коли:

- електродвигун не запускається;
- при пуску не набирає номінальних оборотів;

- при роботі гуде, вібрує, перегрівається;
- сильно іскрять щітки;
- чується ненормальний шум.

Обслуговуючий персонал має виявити несправність, визначити причини її виникнення і при можливості усунути її або відправити двигун у капітальний ремонт.

4.1.1 Правила безпеки під час обслуговування електродвигунів

Під час роботи, при якій можливе доторкання до струмоведучих частин двигуна або до його обертових частин і механізму, який вони приводять у рух, необхідно зупинити електродвигун і на ключі керування вивісити знак «Не вмикати! Працюють люди».

Коли робота на електродвигуні або механізмі, який він приводить в рух пов'язана з доторканням до струмоведучих або обертових частин, то з двигуна має бути знята напруга. Також у двигуна, що працює обмотка, яка не використовується і кабель, що її живить, слід розглядати як такі, що знаходяться під напругою.

Якщо на вимкненому двигуні роботи не проводять або їх перервано на деякий час, то від'єднана від нього кабельна лінія має бути заземлена збоку електродвигуна.

На однотипному або близькому за габаритами електродвигуні, встановленому поряд з тим, на якому проводяться роботи, необхідно вивісити плакати «Стій! Напруга» незалежно чи перебуває він в резерві чи в роботі.

При роботі забороняється знімати огороження частин електродвигуна, які обертаються, під час їх роботи.

Під час обслуговування електродвигунів необхідно дотримуватися таких заходів безпеки:

- працювати потрібно в головному уборі, спецодяг має бути застібнутим;
- остерігатись захвату одягу частинами машини, які обертаються;

- користуватись гумовими килимками або спеціальним діелектричним взуттям;
- не торкатися руками одночасно до струмоведучих частин різних полюсів або струмоведучих і заземлених частин.

4.1.2 Основні вимоги безпеки до працівників під час обслуговування електроустановок

1. Порядок навчання і перевірки знань працівників має бути відповідним до галузевого положення про навчання, інструктаж і перевірку знань з ОП.
2. Первинний і періодичний медогляд працівників має проводитись згідно з Положенням про медичний огляд працівників, затвердженим наказом Міністерства охорони здоров'я України №45 від 31.03.94.
3. Працівники, які обслуговують електроустановки, зобов'язані чітко знати посадові інструкції відповідно до займаної посади чи роботи, яку виконують і мати відповідну групу з електробезпеки.
4. Не можна допускати до роботи в електроустановках осіб, які не пройшли навчання і перевірку знань з ОП.
5. Заборонено допускати до роботи працівників, які знаходяться в стані алкогольного чи наркотичного сп'яніння, або з явними ознаками захворювання.
6. В разі нещасних випадків з людьми необхідно негайно зняти напругу для звільнення потерпілого від дії електричного струму, без попереднього на то дозволу.

4.2 Планування заходів з покращання охорони праці

На жаль на підприємствах України умови праці за останні роки значно погіршились. Кожен другий працівник працює в несприятливих умовах, що веде до негативних наслідків.

Вирішення проблем у сфері охорони праці може бути досягнуто за рахунок підвищення умов праці.

Повільні темпи вдосконалення умов праці на підприємстві потребують перебудови системи управління умовами праці.

Управління умовами праці – це процес здійснення технічно-організаційних, соціально-економічних та інших заходів, спрямованих на збереження здоров'я працівника, зменшення впливу шкідливих факторів на організм працівника.

Таким чином, можна виділити наступні пропозиції щодо покращення умов праці та підвищення ефективності охорони праці.

1. Для покращення умов праці необхідно раціоналізувати режими праці і відпочинку персоналі.
2. Виготовлення та установка технічних засобів охорони праці, а саме огорожень, засобів сигналізації тощо.
3. Заміна застарілого устаткування та використання індивідуальних засобів захисту.
4. З метою виведення працівників із зони несприятливих умов, слід впроваджувати дистанційне керування виробничими процесами, а також механізувати та автоматизувати небезпечні процеси на виробництві.
5. Для зниження рівня виробничого травматизму і покращення охорони праці є піднесення економіки, тобто необхідно розходи підрозділів підприємства перевести на самостійний фінансовий баланс. Це розвиває ініціативу трудового колективу і одночасно вирішує проблеми охорони праці.
6. Необхідно чітко визначити для кожного структурного підрозділу підприємства перелік і зміст їхніх завдань і функцій.
7. Основними функціями управління є планування, організація, мотивація та контроль.

Саме функція планування забезпечує виконання правил з охорони праці і включає в себе прогнозування потрібних заходів охорони праці з метою

попередження виробничого травматизму, профзахворювань і покращення умов праці. Для цього складаються певні цільові програми і здійснюється перспективне, оперативне і поточне планування роботи з охорони праці. Такі плани повинні містити спрямовані заходи на запобігання травматизму і профзахворюванням. Вони складаються з урахуванням ризиків за робочим місцем, виконання нормативних актів і політики підприємства з охорони праці.

Функція організації передбачає обов'язки, права та відповідальність кожної посадової особи з вирішення поставлених завдань, планів та політики управління охороною праці, організації служби ОП для зменшення ризиків.

Функція мотивації спрямована на створення комфортних умов праці для кожного працівника, а також на застосування методів матеріального стимулювання робочого персоналу за усунення ризиків.

Функція контролю виконання правил з охорони праці має бути комп'ютеризована для активізації діяльності щодо запобіжних дій для зменшення ризику.

8. За для виконання завдань з охорони праці потрібно створювати фонди охорони праці.

9. Порушення правил охорони праці повинні тягнути за собою штрафні санкції з боку підприємства і контролюватись державою.

10. Фонд страхування від нещасних випадків і профзахворювань має залежати від рівня ризиків певно виробництва.

11. Інструктаж та навчання персоналу з охорони праці слід проводити із застосуванням сучасних методів навчання, виховання у працівників психології і культури безпеки. Перед кожною потенційною небезпечною операцією необхідно складати план виконання та проводити детальний інструктаж.

Впровадження заходів щодо покращення умов і охорони праці створює стимулюючий вплив на економічні та соціальні результати виробництва. Підвищується продуктивність праці за рахунок кращого використання робочого часу завдяки зниженню втрат через тимчасову непрацездатність та травматизму

на виробництві. У свою чергу зростання продуктивності праці позитивно впливає на якість продукції та послуг. Слід зазначити, що комплекс заходів з покращення охорони праці може забезпечити приріст продуктивності праці на 15-20%. Також сприятливі умови праці сприяють зменшенню швидкоплинності кадрів, що у свою чергу позитивно впливає на продуктивність та економіку самого підприємства.

4.3 Моделювання процесу виникнення травм та аварій

У наш час розвиток виробничих та технологічних процесів тісно пов'язаний з науково-технологічним прогресом і є неможливим без ефективного використання ресурсів, зменшення збитків від аварій і травматизму. Вирішення цієї проблеми потребує використання науково обґрунтованих підходів і аналізу виробничих процесів у системі «людина-машина».

Низька культура безпеки, відсутність технологічної дисципліни, а також конструктивна недосконалість та значне спрацювання устаткування супроводжуються збільшенням аварій і виробничого травматизму на підприємстві. Заходи щодо попередження небезпечних подій мають неабияку актуальність в усіх сферах виробництва, а нехтування небезпечними чинниками, які несуть небезпеку для працівника призводить до загибелі людей. Тому необхідно вміти оцінити характер виникнення небезпечних ситуацій. Для цього доцільно використовувати методи системного аналізу та моделювання процесу виникнення таких ситуацій. Тим самим підвищити безпеку життєдіяльності людини і зменшити збитки від аварійних і травмонезбезпечних ситуацій на виробництві.

Існує 4 можливих методичних підходи аналізу небезпечних подій: інженерний; модельний; експертний; соціологічний.

Розглянемо модельний підхід аналізу визначення появи небезпечних ситуацій та розрахуємо ймовірність виникнення таких ситуацій.

Такий підхід ґрунтується на побудові моделей впливу шкідливих чинників на людину. Усі чинники, які утворюють якусь конкретну аварійну ситуацію, пов'язані між собою причинно-наслідковим зв'язком.

Кожна логічна модель виникнення небезпечної ситуації складається із деякої кількості випадкових подій, які у свою чергу можна розглядати як статично залежні або незалежні між собою компоненти. Статистично залежними називаються такі події, коли поява наступної події є неможливою без виникнення попередньої. Статистично незалежні події – такі події, коли кожна з двох подій логічної моделі можуть виникати незалежно одна від одної.

Аналізуючи побудовану логічну модель певного технологічного процесу можна знайти подію, з якої починається виникнення аварійної чи травмобезпечної ситуації. А також такі моделі дозволяють вияви окремих осіб, які безпосередньо причетні до виникнення небезпечних ситуацій і визначити ступінь вини самого потерпілого.

Для аналізу небезпек, які були виявлені у процесі обстеження робочих споруд чи виробничих процесів цілком доцільно використання метод логічного моделювання процесів виникнення небезпечних подій. Проте для процесів, в яких аварія або травма виникає внаслідок впливу великої кількості статистично залежних чи статистично незалежних між собою подій, такий метод не використовується. У таких випадках доцільно застосувати так званий метод «дерева» несправностей і помилок оператора, що дозволяє визначити імовірність виникнення випадкових подій у системі «людина-машина».

Основні принципи для побудови такої моделі є такими. Вивчаємо виробництво, на якому можливі або вже мали місце раніше аварії чи виробничі травми. Після чого виділяємо якусь основну небезпечну подію і зв'язуємо цю подію з наступною, яка обумовлює її виникнення, шляхом логічного аналізу використовуючи при цьому логічні оператори

- «І» якщо одночасно відбуваються всі вхідні події;
- «АБО» якщо відбувається хоча б одна вхідна подія.

Для представлення математичного обчислення імовірності випадкових подій застосовують наступні формули.

1. Нехай у третю подію P_3 , за допомогою логічного оператора «І», входять дві попередні події. Тоді імовірність виникнення події P_3 можна визначити так:

$$P_3 = P_1 \cdot P_2$$

2. Три події з ймовірностями P_1 , P_2 , P_3 утворюють четверту з імовірністю P_4 за допомогою оператора «І». Тоді P_4 дорівнює:

$$P_4 = P_1 \cdot P_2 \cdot P_3$$

3. Коли дві базові події з ймовірністю P_1 та P_2 входять до третьої за допомогою оператора «АБО». Тоді P_3 :

$$P_3 = P_1 + P_2 - P_1 \cdot P_2$$

Нехай ймовірність події $P_1 = 0,02$, а $P_2 = 0,04$, тоді

$$P_{13} = 0,3 + 0,4 - 0,3 \cdot 0,4$$

$$P_3 = 0,0592$$

$$P_{11} = 0,1 + 0,02 - 0,1 \cdot 0,02 = 0,118$$

Аналогічно обчислюємо імовірність всіх інших подій в залежності від їх номера на логіко-імітаційній моделі процесу виникнення травми при технічному обслуговуванні асинхронного двигуна (рисунку 4.1).

$$P_{14} = 0,118 \cdot 0,2 = 0,0236$$

$$P_{17} = 0,0592 + 0,0236 - 0,0592 \cdot 0,0236 = 0,0814$$

$$P_{12} = 0,12 + 0,15 - 0,12 \cdot 0,15 = 0,252$$

$$P_{15} = 0,252 \cdot 0,1 = 0,0252$$

$$P_{16} = 0,2 + 0,15 - 0,2 \cdot 0,15 = 0,264$$

$$P_{18} = 0,0252 \cdot 0,264 = 0,0065$$

$$P_{19} = 0,0814 + 0,0065 - 0,0814 \cdot 0,0065 = 0,0873$$

Отже, імовірність виникнення ураження електричним струмом, при наявності таких подій ($P_1 - P_{18}$) на кожному 100 одиниць аналогічного обладнання можна очікувати 8,73 аварій.

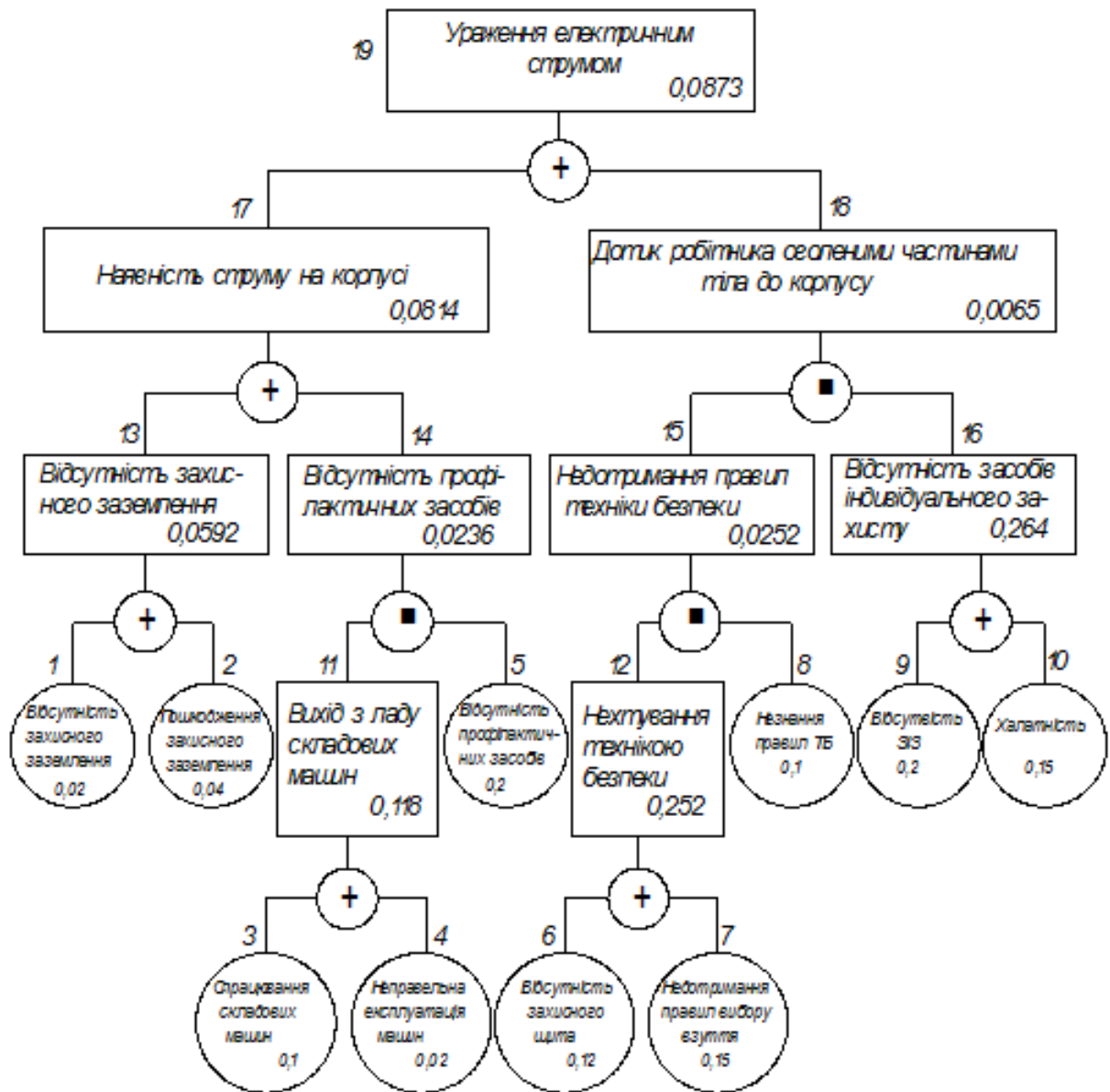


Рисунок 4.1 – Логіко-імітаційна модель процесу виникнення травми при технічному обслуговуванні асинхронного двигуна.

Такі моделі процесу виникнення аварій і травм допомагають зменшити імовірність виникнення небезпечних ситуацій.

4.4 Безпека в надзвичайних ситуаціях

Значна кількість надзвичайних ситуацій при експлуатації асинхронних двигунів виникає внаслідок недосконалої конструкції самого двигуна, через

недосконалість технологічних процесів та засобів для особистого захисту правників.

При експлуатації асинхронного двигуна, необхідно дотримуватись основних захисних заходів від шкідливих факторів, а саме:

- захист від шуму (спеціальні навушники та каски, вкладиші у вушну раковину, звукоізоляційні огорожувальні конструкції, звукопоглинаючі екрани тощо);

- захист від метеоумов (від переохолодження використовується теплий спецодяг, від атмосферних опадів для захисту голови використовуються каски, від впливу високої температури необхідно передбачити хорошу вентиляцію повітря та кондиціонування);

- захист від незадовільного освітлення (при роботі з асинхронним двигуном використовується природне і штучне освітлення. Штучне застосовується в темний час доби (згідно ПУЕ газорозрядні лампи типу ДРЛ, для аварійного освітлення – лампи розжарювання);

- захист від ураження електричним струмом (захисне заземлення та занулення, подвійна ізоляція, ізолюючі вставки, тощо).

Окрім цього усі електричні двигуни, апарати, трансформатори повинні мати відповідний ступінь вибухозахисту (згідно ГОСТ 14254, ПУЕ-84 і ДНАОП 0.00-1.32-01.). Також обладнання має мати відповідне маркування щодо його вибухозахисту та захисту оболонки.

Існують такі основні причини виникнення пожеж під час експлуатації асинхронних двигунів:

- електричного характеру (іскріння, пошкодженні контакти в місцях з'єднання, струми короткого замикання і перевантаження, електричні дуги);

- неелектричного характеру (недотримання працівниками правил технічної безпеки, правил експлуатації машини, несправність самої машини).

Якщо електричний двигун загорівся потрібно його негайно вимкнути, розібрати схему і ввімкнути заземлюючий ніж. Після цього можна приступати до гасіння за допомогою вогнегасника.

Також на підприємстві машини, які є несправними, частини електричного обладнання, які можуть бути небезпечними для людини, слід фарбувати у сигнальні кольори і наносити на них знаки безпеки. Для попередження про небезпеку застосовуються світлові, звукові сигналізатори.

РОЗДІЛ 5

ЕФЕКТИВНІСТЬ ПРИЙНЯТИХ РІШЕНЬ

Як ми побачили у проведених дослідженнях доцільність використання пристрою плавного пуску для покращення процесу пуску трифазного асинхронного двигуна який забезпечує необхідні пускові режими. Для турбомеханізмів, таких як відцентрові насоси, доцільно використовувати пристрій плавного пуску, що забезпечує плавний розгін двигуна і поступове збільшення швидкості.

Економічну ефективність обумовлена зменшенням величини пускового струму та динамічних механічних зусиль, а відповідно зменшення експлуатаційних витрат на поточні та капітальні ремонти електродвигунів та робочих машин.

Визначимо, які кошти можна зекономити при зменшенні пускових струмів. Розрахунок проведемо за умови $N=10$ вмик/год, оскільки система водопостачання працює кругло добово то час роботи, враховуючи простої на технічне обслуговування приймаємо 8500 годин/рік.

Тому кількість вімкнень на рік:

$$n = N \cdot t_{\text{роб}},$$

$$n = 10 \cdot 8500 = 42500 \text{ вмик.}$$

Пускова потужність трифазного асинхронного двигуна

$$P_{\text{пуск}} = \sqrt{3}UI_{\text{пуск}}\cos\phi,$$

де $I_{\text{пуск}}$ – пусковий струм трифазного асинхронного двигуна;

U – номінальна напруга живлення трифазного асинхронного двигуна;

$$I_{\text{пуск}} = k_i \cdot I_n,$$

$$I_{\text{пуск}} = 6 \cdot 99,5 = 597 \text{ А.}$$

Отже пускова потужність становить

$$P_{\text{пуск}} = \sqrt{3} \cdot 380 \cdot 597 \cdot 0,82 = 322 \text{ 205}$$

Спожита енергії відповідно становить

$$W_{\text{пуск}} = P_{\text{пуск}} \cdot t_{\text{пуск}} \cdot 10^{-3} \cdot 3600^{-1},$$

де $t_{\text{пуск}}$ – пусковий час, в середньому 0,3 с, у годинах .

$$W_{\text{пуск}} = 322\,205 \cdot 0,3 \cdot 10^{-3} \cdot 3600^{-1} = 0,02685 \text{кВт}\cdot\text{год}.$$

Спожита енергія за рік за прямого пуску

$$W_{\text{рік-пуск}} = n \cdot W_{\text{пуск}},$$

$$W_{\text{рік-пуск}} = 85000 \cdot 0,02685 = 2\,282,25 \text{кВт}\cdot\text{год}.$$

Отже значення вартості спожитої енергії за прямого пуску

$$B = v \cdot W_{\text{рік-пуск}},$$

де v - вартість 1 кВт·год, $v = 5,85$ грн.

$$B = 5,85 \cdot 2\,282,25 = 13\,351 \text{ грн}.$$

При використанні пристрою плавного пуску можна зекономити близько половини цих коштів

$$B_{III} = \frac{B}{2} = \frac{13351}{2} = 6\,676 \text{ грн}.$$

При прямому пуску, двигун потребує ремонту один раз на два роки. Орієнтовне значення вартості ремонту становить близько 20000 грн, а тому на один рік це становить 10000 грн, при полегшеному пуску міжремонтний період буде збільшено максимум до 4 років. Тому видатки на ремонт у рік орієнтовно будуть становити 5000 грн. Оскільки у нас є чотири двигуни то ці видатки становлять 20 000 грн.

Орієнтовна вартість пристрою плавного пуску становить $K=75\,000$ грн.

Отже термін окупності становить

$$T = \frac{K}{B_{III} + B_p},$$

$$T = \frac{75000}{6676 + 20000} = 2,8 \text{ років}.$$

Проведений економічний розрахунок показав доцільність використання пристрою плавного пуску для групового електроприводу насосної станції, оскільки термін окупності становить 2,8 років.

Таблиця 5.1 – Техніко-економічні показники

Показник	Величина
Вартість втрат енергії при прямому пуску, грн	13 351
Вартість втрат енергії при використанні пристрою плавного пуску, грн	6 676
Економія коштів на вартості втрат енергії при використанні пристрою плавного пуску, грн	6 676
Витрати на поточний ремонт грн/рік	20 000
Вартість пристрою плавного пуску, грн	75 000
Термін окупності , років	2,8

ВИСНОВКИ

1 Проаналізовано питання актуальності водопостачання, особливості роботи насосних станції, обґрунтовано тему роботи.

2 Проаналізовано способи регулювання продуктивності насосних станцій та насосних агрегатів, кількістю працюючих насосів, дроселюванням, регулюванням швидкістю, розглянуто питання особливості пуску трифазних асинхронних двигунів, зокрема прямого від мережі, перемикачів зірка трикутник, ввімненням на пониженому напругу за допомогою автотрансформатора, пристрою плавного пуску та через перетворювач частоти. Запропоновано схему автоматичного керування груповим електроприводом насосної станції із використанням пристрою плавного пуску.

3 Побудовано модель електроприводу трифазного двигуна з відцентровим насосом при прямому пуску та пуску через пристрій плавного пуску. Проведено порівняльні дослідження. Побудована модель дає більше якісну оцінку ніж кількісну. Проведені дослідження показали високу ефективність використання пристрою плавного пуску для запуску одного трифазного асинхронного двигуна. При використанні одного пристрою плавного пуску для кількох однакових двигунів суттєво збільшує ефективність його використання та зменшує економічні затрати на побудову групового електроприводу.

4 Проаналізовано питання стану охорони праці, проведено планування заходів, які покращать стан охорони праці, проведено моделювання процесу виникнення травм та аварій, проаналізовано питання безпеки в надзвичайних ситуаціях.

5 Проведено економічний розрахунок, який показав економічну доцільність використання пристрою плавного пуску для групового електроприводу насосів, оскільки термін окупності становить 2,8 років.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. Електромеханичні системи автоматичного керування та електроприводи: Навч. посібник. М.Г.Попов іч, О.Ю.Лозинський, В.Б.Клепиков та ін.; За ред. М.Г.Поповіча, О.Ю.Лозинського. Київ: Либідь, 2005 р. 680 с.
2. Видмиш А.А. Теорія електропривода. Курсове та дипломне проектування. Самостійна та індивідуальна робота студентів: навчальний посібник. А. А. Видмиш, С. М. Бабій, В. В. Петрусь. Вінниця: ВНТУ, 2012 р. 96 с.
3. Жулай Є.Л., Зайцев Б.В., Лавріненко Ю.М., Марченко О.С., Войтюк Д.Г. Електропривод сільськогосподарських машин, агрегатів та потокових ліній (за ред. Жулая Є.Л.). Київ: Вища освіта, 2001 р. 288 с.
4. Видмиш А.А., Трошин О.А. Теорія електропривода. Лабораторний практикум/ Навчальний посібник. Вінниця: ВДТУ, 2003 р. 135 с.
5. Матвійчук В.А., Стаднік М.І., Рубаненко О.О. Електропривод виробничих машин і механізмів. Навчальний посібник з виконання курсової роботи. Вінниця: ВНАУ, 2016 р. 320 с.
6. Колб А. А. Теорія електроприводу. Навчальний посібник. Донецьк: Національний гірничий університет, 2006 р. 511 с.
7. Браславський І.Я., Ішматов З.Ш. Реалізація енергоощадних технорлогій на основі регульованих асинхронних електроприводів. Київ: Електроінформ. 2003 р. 15 с.
8. Ю. М. Лаврієнко Електропривод. Підручник. Київ: Ліра-К 2009 р. 504с.
9. Жулай Є.Л., Зайцев Б.В., Лавріненко Ю.М., Марченко О.С., Войтюк Д.Г. Електропривод сільськогосподарських машин, агрегатів та потокових ліній(за ред. Жулая Є.Л.). Київ: Вища освіта, 2001 р. 288 с.
10. Ярошенко Л.В. Лабораторний практикум з електропривода та електрообладнання: Навчальний посібник. Вінниця: РВВ ВНАУ, 2010 р. 192 с.
11. Лехман С. Д., Рубльов В. І., Рябцев Б. І. Запобігання аварійності і травматизму у сільському господарстві. Київ: Урожай, 1993 р. 267 с.

12. Основи охорони праці. Купник М.П. і ін. Київ: Основа, 2000 р. 41с.
13. Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів : ДНАОП 0.00 – 1.21 – 98. Офіц.вид. – К.: Держбуд України, 2001 р. 24 с.
14. Винокурова Л. Е., Васильчук М. В. Основи охорони праці. Підручник для професійно-технічних закладів. Київ: Вікторія. 2001. 192 с.
15. В. Ц. Жилдецький Основи охорони праці. Підручник. Львів: Афіша. 2005.
16. Видмиш А.А., Трошин О.А. Теорія електропривода. Лабораторний практикум Навчальний посібник. Вінниця: ВДТУ. 2003. – 135 с.