


Національний університет кораблебудування
імені адмірала Макарова

Навчально-науковий інститут автоматики та електротехніки
кафедра електричної інженерії суднових та роботизованих комплексів

Допущений до захисту

зав. кафедри ЕІС та РК
(скорочена назва кафедри)


(підпис) Костенко Д.В.
(прізвище та ініціали)
" 16 " 12 2025 р.

Кваліфікаційна робота

на здобуття ступеня вищої освіти
магістр

на тему: Удосконалення системи керування електропривода паливного насоса

Виконав: студент групи 6363мз

Спеціальності

141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»
спеціалізації «Електричні системи і комплекси транспортних
засобів»

Студент

Черданцев І.В.
(прізвище та ініціали)

Керівник

к.т.н., доцент Клочков О. П.
(прізвище та ініціали)

Рецензент

к.т.н., доцент Ставинський Р.А.
(прізвище та ініціали)


(підпис)

(підпис)

(підпис)

м. Миколаїв
2025 рік

5. Перелік презентаційних матеріалів (з точним зазначенням назв):

1. Титульний аркуш 2. Мета 3. Універсальна система паливопідготовки для суднових дизельних установок 4. Функціональна схема керування паливним насосом зі зворотніми зв'язками по швидкості та тиску 5. Загальний вигляд датчику тиску Метран 150 6. Схема підключення частотного перетворювача 7. Структурна схема системи керування 8. Модель автоматизованого електропривода в MATLAB 9. Перехідна характеристика кутової швидкості електродвигуна 10. Перехідна характеристика напору насоса 11. Висновки

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
ОП	канд. техн. наук, доцент кафедри ЕІС та РК Клочков О.П.		

7. Дата видачі завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	<u>Характеристики суднової паливної системи</u>		
2	<u>Розробка системи керування електропривода суднового паливного насоса</u>		
3	<u>Розрахункова частина системи керування</u>		
4	<u>Додаток1 до конвенції МАРПОЛ 73/78</u>		
5	Охорона праці		
6	Оформлення пояснювальної записки тасупровідних документів		

Студент

Керівник кваліфікаційної роботи


(підпис)

(підпис)

Черданцев І.В.
(прізвище та ініціали)

Клочков О.П.
(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

В кваліфікаційній роботі на тему «Удосконалення системи керування електропривода суднового паливного насоса» представлено дослідження суднової паливної системи та розрахунок системи автоматичного керування судновим паливним насосом з регулюванням тиску.

Розрахунок моделей елементів системи та елементів структурної схеми проведений з використанням ЕОМ. При дослідженні динаміки системи використовувався прикладний пакет Simulink програми MATLAB. В режимі порівняльного аналізу був отриманий варіант проекту, що задовольняє вимогам технічного завдання.

Також в роботі розглянуто розділи конвенції МАРПОЛ.

Ключові слова: паливний насос, система керування, суднова паливна система, суднові дизельні установки, електропривод, частотний перетворювач, перехідна характеристика.

ABSTRACT

The qualification work on the topic "Improvement of the control system of the electric drive of a ship's fuel pump" presents a study of the ship's fuel system and the calculation of the automatic control system of a ship's fuel pump with pressure regulation.

The calculation of the models of the system elements and the elements of the structural diagram was carried out using a computer. When studying the dynamics of the system, the Simulink application package of the MATLAB program was used. In the comparative analysis mode, a project variant was obtained that meets the requirements of the technical specifications.

The work also considers sections of the MARPOL convention.

Key words: fuel pump, control system, ship fuel system, ship diesel installations, electric drive, frequency converter, transient response.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
1 ХАРАКТЕРИСТИКА СУДНОВОЇ ПАЛИВНОЇ СИСТЕМИ	10
1.1 Призначення суднової паливної системи	10
1.2 Основне устаткування системи	17
1.3 Особливості суднових електроприводів паливних насосів.....	22
2 РОЗРОБКА СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ЕЛЕКТРОПРИВОДА СУДНОВОГО ПАЛИВНОГО НАСОСА	25
2.1 Керування електроприводами насосів при стабілізації напору	25
2.2 Скалярне керування насосним агрегатом.....	28
2.2.1 Розімкнуті системи скалярного керування.....	29
2.2.2 Замкнуті системи скалярного керування.....	31
2.3 Вибір типу приводного електродвигуна та датчика швидкості.....	38
2.4 Моделювання насоса та вибір датчика швидкості	44
2.5 Вибір перетворювача частоти.....	48
2.5.1 Структура перетворювача частоти.....	48
2.5.2 Схема підключення основних ланок.....	52
2.5.3 Додаткове устаткування	57
3 РОЗРАХУНКОВА ЧАСТИНА СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ.....	61
3.1 Керування електроприводами насосів при стабілізації напору	61
3.2 Розрахунок параметрів елементів структурної схеми.....	64
3.3 Моделювання насоса та вибір датчику тиску	67
3.4 Побудова моделі та аналіз якості керування електропривода в MATLAB.....	70
4 ДОДАТОК 1 ДО КОНВЕНЦІЇ МАРПОЛ 73/78. ПРАВИЛА ЗАПОБІГАННЯ ЗА- БРУДНЕННЯ НАФТОЮ.....	73
4.1 Правило 1	73
4.2 Правило 2	78

4.3 Правило 3	79
4.4 Правило 4	80
4.5. Правило 5	83
4.6 Правило 6	83
4.7 Правило 7	84
4.8 Правило 8	84
4.9 Правило 8А	85
4.10 Правило 9	86
4.11 Правило 10	88
4.12 Правило 11	94
4.13 Правило 12	95
5 ОХОРОНА ПРАЦІ	98
5.1 Охорона праці на морському судні	98
5.2 Аналіз шкідливих чинників, що впливають на людину під час перебування на судні, та заходи боротьби з ними	99
ВИСНОВКИ.....	107
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	108

ВСТУП

Дизельна енергетична установка складається з одного або декількох основних двигунів, а також з систем та механізмів, що обслуговують їх. До таких систем відноситься і паливна, вона призначена для подачі палива з цистерн до двигуна. Оскільки дизельне паливо досить в'язке, то для зменшення в'язкості паливо підігрівається та очищується в сепараторах і фільтрах від рідких і твердих домішок. Переважно ці процеси є неавтоматизованими або з мінімальною автоматизацією.

Автоматизація процесів дозволяє суттєво підвищити економічні показники експлуатації систем. Одночасно це дозволяє знизити собівартість морських перевезень. До основних факторів, що визначають конкурентоспроможність суднової енергетичної установки (СЕУ), поряд із її собівартістю, відносяться паливна економічність та екологічні показники, які в значній мірі залежать від виду палива, що використовується.

За останнє десятиліття автоматизація суднових дизельних установок зазнала великих змін: значно зріс обсяг автоматизованих операцій, ускладнилися засоби автоматизації і автоматизація забезпечила підвищення продуктивності праці суднового екіпажу та безпеки мореплавання. Ефективність експлуатації сучасного автоматизованого судна однаково залежить як від якості суднових об'єктів, так і від засобів автоматизації.

Разом з цим комплексна автоматизація процесів дозволила значно скоротити об'єм небезпечних робіт, що пов'язані з тривалим перебуванням в помешканнях з високою температурою, вологістю, підвищеним вмістом вуглеводнів, високих рівнів шумів та вібрацій, перебування поряд з електричними установками та ін.

Техніко-економічна ефективність систем автоматизації залежить від вибору засобів автоматики, їх уніфікації, надійності, ремонтпридатності та простоти обслуговування. Системи автоматики на суднах створюються з урахуванням сучасних вимог та останніх досягнень електронної техніки.

За рівнем автоматизації суднові електроприводи прийнято поділяти на три рівня автоматизації. Найбільш простими є електроприводи в яких пуск і контроль роботи безпосередньо проводить людина біля установки. При другому рівні автоматизації персонал бере участь лише у виробленні початкового керуючого впливу на електропривод. Більш досконалим є третій рівень автоматизації, у якому персонал лише веде спостереження за роботою електромеханічної системи. На цьому рівні зазвичай передбачається ручне керування, але тільки в особливих випадках, коли автоматика не може забезпечити виконання операції.

В данній роботі розглянуто паливну систему теплоходу «Буг». Основні тактико-технічні показники судна зведено у таблицю В.1.

Таблиця В.1 – Тактико-технічні показники судна

Довжина судна, м	122,4
Довжина між перпендикулярами, м	120
Ширина, м	16,6
Висота борту до верхньої палуби, м	6,7
Висота борту до нижньої палуби, м	18,72
Осадка по ЛГМ, м	4,86
Водозаміщення при осадці по ЛГМ, т	8675
Дедвейт, т	6300
Чиста вантажність, т	2360

План схема судна показана на рисунку В.1.

В системах керування дедалі більше застосовують обчислювальні машини, мікропроцесори, що виконують операції керування з великою швидкістю і точністю.

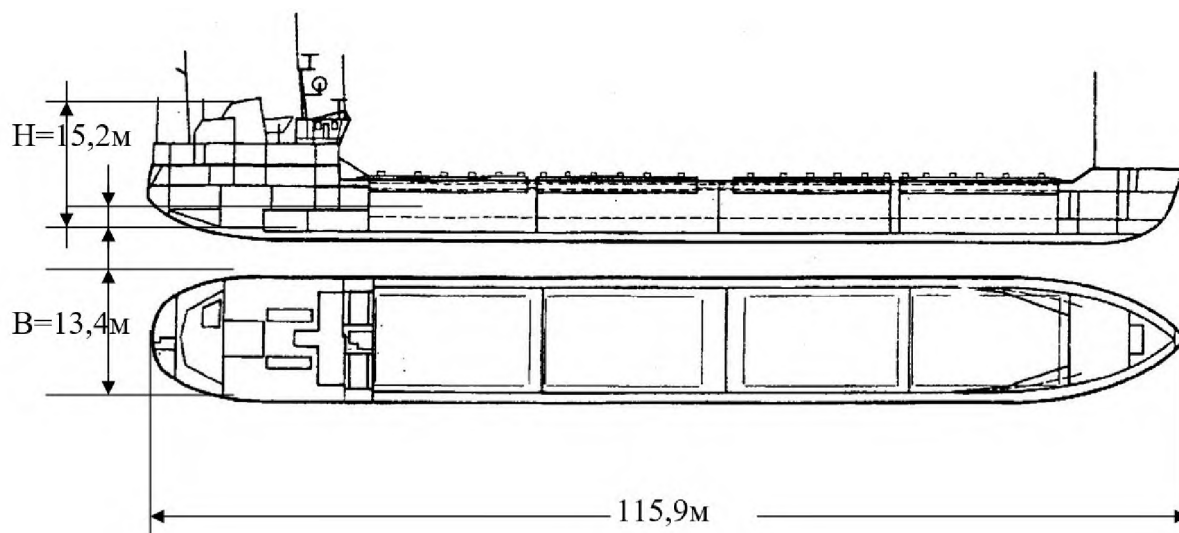


Рисунок В.1 План-схема судна.

Вдосконалення систем керування електроприводами суднових паливних насосів, що входить до складу паливної системи, дозволить підвищити енергетичні показники системи. Разом з тим, при проектуванні системи керування необхідно враховувати сучасні тенденції розробки та використовувати обладнання, що відповідає стандартам та умовам експлуатації.

1. ХАРАКТЕРИСТИКА СУДНОВОЇ ПАЛИВНОЇ СИСТЕМИ

1.1 Призначення суднової паливної системи.

Паливні системи призначені для прийому, зберігання, перекачування, очистки, підігріву і подачі палива до теплових двигунів і котлів, а також для передачі палива на берег або на інші судна. Так як в суднових енергетичних установках (СЕУ) морських суден використовуються декілька видів палива, то передбачуються власні трубопроводи для кожного із них, наприклад, маловязкого (дизельне), середньовязке (газотурбінне, моторне) і високовязкого (мазути).

Прийомоперекачувальний трубопровід виконує такі функції:

- прийом палива з берега або з іншого судна;
- видача палива на берег або на інше судно;
- розміщення палива по запасним цистернам;
- перекачування палива в відстійні або витратні цистерни.

Вказані операції можуть виконуватись одночасно з подачею палива до двигунів і котлів.

Крім того прийомоперекачувальний трубопровід використовують для вирівнювання крену і диференту судна при виконанні вантажних робіт і аварійних ситуаціях.

Прийом палива на судно виконується з допомогою позасудових засобів. Паливо надходить до розподільчих станцій по обидва борти з допомогою паливопроводу з відростками.

Якщо на судні використовується декілька видів палива, то для кожного із них повинні бути автономні приймальні і перекачувальні трубопроводи; допускається прийом різних сортів палива по єдиному трубопроводу.

Час прийому повного запасу палива на судно визначає замовник. Для орієнтовних розрахунків і попереднього вибору площі поперечного перерізу

приймального трубопроводу можна орієнтуватись, що він не повинен перевищувати 6-10 год при прийомі з будь-якого борта судна. Для суден промислового флоту цей час розраховують по інтенсивності прийому палива, що залежить від тоннажності судна: 50 т/год - до 1200 т, 70 т/год - при 1200-1900 т і 100 т/год - понад 1900 т.

Для перекачування палива на судні передбачується не менше двох паливоперекачувальних насосів з механічним приводом. Один із них є резервним, в якості якого може слугувати і насос сепаратора. Паливоперекачувальні насоси мають бути обладнані додатковими засобами для їх зупинки з легкодоступних місць, що знаходяться поза приміщеннями, в яких вони встановлені, для зупинки подачі палива при надзвичайних ситуаціях, наприклад при пожежі.

При виборі діаметрів паливоперекачувальних трубопроводів слід орієнтуватись на максимальне зменшення маси і габаритів системи, а також до скорочення номенклатури труб і арматури на судні. Подача насосів високов'язкого палива $Q_{0035} \cdot 5N + 14$, де $N_{гд}$ - потужність головного двигуна (ГД), кВт. Коефіцієнт робочого часу насосів складає 0,083-0,167. Подача паливоперекачувального насоса повинна бути достатньою щоб добова витрата палива енергетичної установки на режимі максимального ходу перекачувалась за 1-1,5 год. Рекомендується для кожного сорту палива окремий насос. Перед насосами встановлюють фільтри грубої очистки.

Швидкість руху палива в трубах при прийомі його від позасудових засобів приймають рівною приблизно 8 м/с, в прийомному трубопроводі насосів і відцентрових сепараторах - 2 м/с. Швидкість перетікання палива через перепускні клінкерні засуви допускається 0,5-1,5 м/с.

Для зберігання рідкого палива на судні служать паливні цистерни, що по конструкції ділять на корпусні і вкладні. Корпусні цистерни утворені елементами корпусних конструкцій: обшивкою, другим дном, переборками судна. Вкладні цистерни представляють собою самостійну зварну металічну

конструкцію. Розміри і форма визначаються призначенням і місцем їх установки на судні.

По призначенню розрізняють наступні судові паливосховища: цистерни основного запасу, аварійного запасу, витратні, відстійні, переливні, збору нафтовмісних залишків, а також шламу.

Цистерни основного запасу розташовують в бортових відсіках (не в районі машинного відділення), в міждонному просторі, диптанках, а на деяких судах - форо- і ахтерпіках. Загальна місткість цистерн залежить від автономності плавання і визначається розрахунком.

Цистерни аварійного запасу не потребують підігріву палива, передбачаються на судах необмеженого району плавання і розміщують поза подвійним дном. Їх місткість має бути не менше добового запасу палива на енергетичну установку про умові роботи на максимальній потужності.

Витратні цистерни слугують для зберігання палива, що підготовлене для двигуна, розташовують в бортових відсіках, диптанках, а на спеціальних судах і в подвійному дні (для дизельного палива). Вони можуть бути виготовленими і вкладними. На судні з одним ГД зазвичай використовують дві витратні цистерни. Якщо двигун працює на різних видах палива, то для кожного виду мають бути власні цистерни. Ємність цистерн визначається рівнем автоматизації судна.

Відстійні цистерни призначені для попереднього відстою палива, під час якого відстоюються тверді частинки і вода. Їх розміщують поблизу витратних цистерн однакової місткості з ними. Відстійні і витратні цистерни можуть бути з'єднані послідовно.

Переливні цистерни слугують для прийому в них палива, що переповнює цистерни, що розташовані вище подвійного дна, при їх заповненні або при перекачуванні палива із одних цистерн в інші. Вони розташовуються якомога нижче - в подвійному дні або під настилом машинного відділення.

В цистерну збору нафтовмісних залишків слідує відводити палива і масла, що витекли з піддонів механізмів, обладнання, що утворюються при

бункеруванні; витоки і зливи, що передбачені конструкцією окремих елементів паливної та масляної системи; забруднені нафтопродукти після миття механізмів; нафта, що відділилась в сепараторі трюмних вод. Місткість цистерни при проектуванні визначають виходячи з технічних вимог до обладнання для утилізації або знищення нафтовмісних залишків на борту судна в рейсі.

Цистерна збору нафтовмісних вод призначена для відводу в неї відстою із паливних і масляних цистерн; води, що відділилась при сепаруванні палива і масел; зливу від воронок пробних кранів і повітряних клапанів сепараторів трюмних вод; нафтовмісних трюмних вод, що накопичуються за час стоянки судна в порту або перебування судна в заборонених для зливу районах моря. Місткість цистерн збору нафтовмісних вод приймається орієнтовно в залежності від повної водотоннажності судна, а потім уточнюється з замовником судна.

В цистерну для збору шламу необхідно відводити шлам від відцентрових сепараторів палива і масел, залишки після очистки паливних і масляних фільтрів. Мінімальна місткість цистерни для збору шламу на судах, що обладнані гомогенізаторами, печами для спалювання шламу або іншими засобами для його обробки повинна бути 1 м³ - для суден валовою місткістю 400-4000 т або 2 м³ - більше 4000 т.

На рисунку 1.1 наведено функціональну схему приймання та перекачування палива дизельної установки. Мало- та високов'язке паливо приймають окремими трубопроводами через станцію приймання палива. На лінії приймання високов'язкого палива (ВВП) встановлено фільтри грубої очистки, манометри та термометри. Приймальні паливні патрубки обладнано відростками з незворотно-запірними клапанами для продування трубопроводів повітрям. Трубопроводи ВВП обладнані пристроями для підігрівання палива. Перекачування палива здійснюється штатними паливоперекачувальними насосами. Віддалена від станції приймання група цистерн основного запасу ВВП має окремий агрегат перекачувальних насосів.

Паливну систему для суднових дизельних установок з ділянками паливопідготовки та витрати палива зображено на рисунку 1.2, а опис зведено у таблицю 1.1. Вона придатна для використання високов'язкого палива (до топкового мазуту). Система передбачає хімічну обробку, гомогенізацію та комплексне очищення палива. До неї входять лінії МВП та лінії відходів палива.

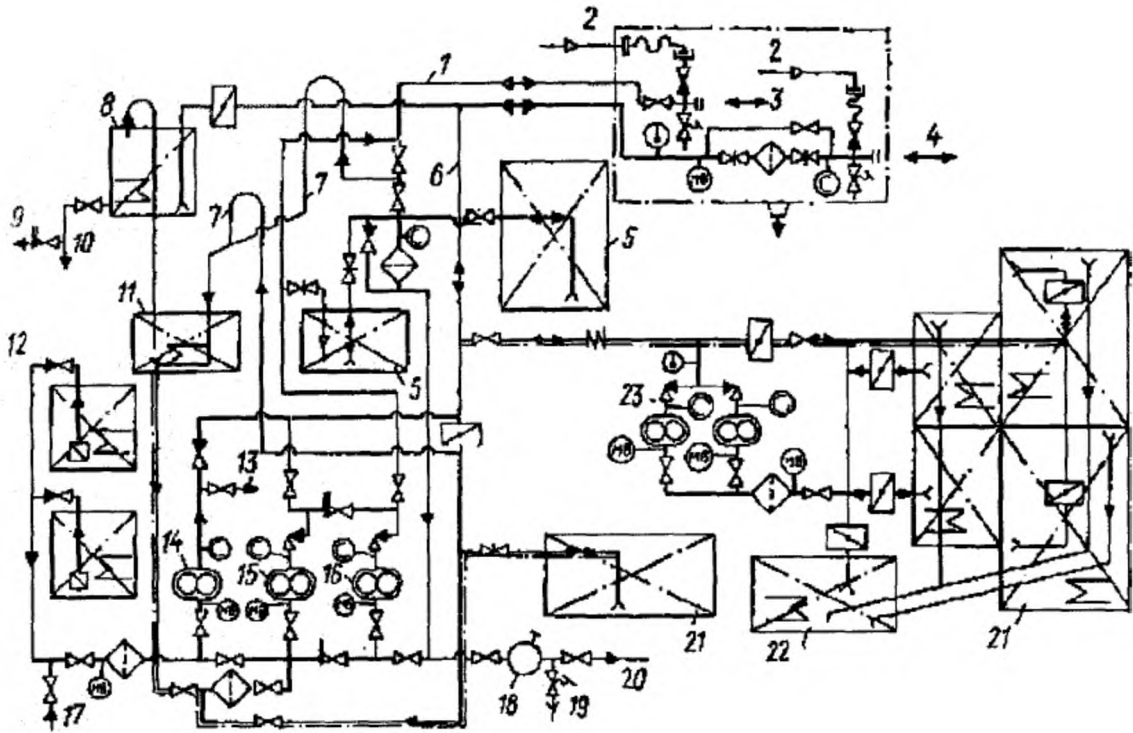


Рисунок 1.1- Система трубопроводів прийому, перекачування і видачі палива дизельної установки:

Таблиця 1.1 – Елементи системи трубопроводів підйому

№ ПП	Опис
1	Прийомний трубопровід МВП
2	Трубопровід продування
3	Прийом і видача МВП
4	Прийом і видача ВВП
5	Цистерна запасу МВП

6	Приймний трубопровід ВВП
7	Переливний трубопровід
8	Відстійна цистерна ВВП
9	Трубопровід до сепараторів
10	Осушення в цистерну запасу ВВП
11	Цистерна переливна
12	Цистерна нафтових відходів
13	Видача оливи
14	Насос перекачування протікання палива та оливи
15	Насос перекачування ВВП
16	Насос перекачування МВТ
17	Трубопровід підводу відпрацьованої оливи
18	Ручний насос
19	Зливний трубопровід в цистерну нафтовмісних вод
20	Трубопровід подачі МВП
21	Цистерна запасу ВВП
22	Цистерна переливна
23	Паливоперекачувальні насоси (один резервний)

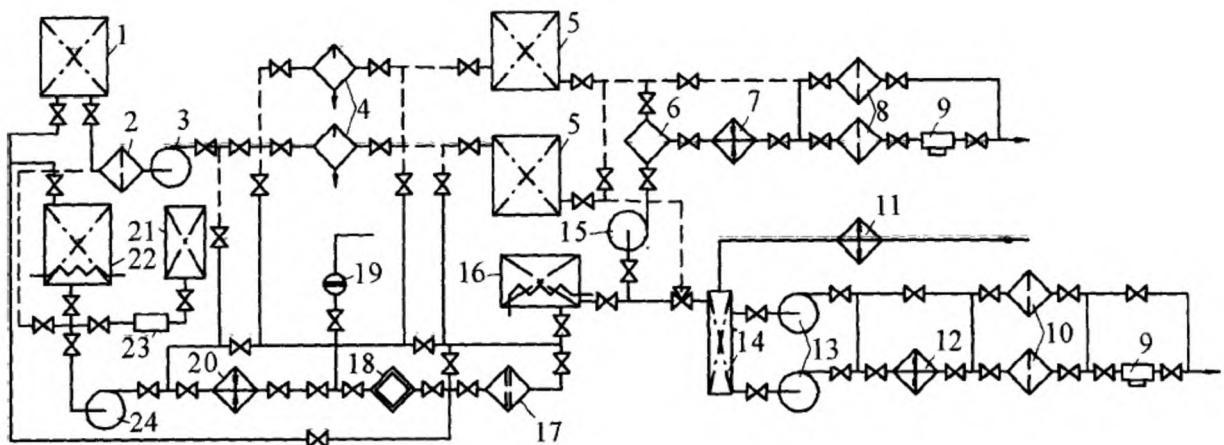


Рисунок 1.2- Універсальна система паливопідготовки для суднових дизельних установок.

Таблиця 1.2 – Елементи універсальної системи паливопідготовки.

№ ПП	Опис
1, 22	Цистерни запасу МВП та ВВП відповідно
2	Фільтр грубої очистки
3, 24	Паливоперекачувальні насоси
4	Сепаратор
5	Витратна цистерна МВП
6	Ежекційно-змащувальний пристрій
7, 12, 20	Підігрівники палива
8, 10	Контрольні фільтри
9	Регулятори в'язкості
11	Охолоджувач палива
13, 15	Паливоперекачувальні насоси
14	Змішувальна колонка (цистерна)
16	Витратна цистерна ВВП
17	Фільтраційна установка
18	Гомогенізатор
19	Ротаметр
21	Цистерна багатофункціональних присадок
23	Дозатор

МВП з цистерни запасу приймається через фільтр паливоперекачувальним насосом та подається до сепаратора. Відсепароване паливо спрямовується у витратно-відстійну цистерну, звідки надходить до змішувальної цистерни, а потім до ГД. Паливо до ГД підводиться з тієї ж цистерни окремою гілкою трубопроводу.

Витратна ділянка трубопроводу діє таким чином. З витратної цистерни після відстою паливо самопливом крізь змішувальну газовідвідну цистерну надходить до одного з паливоперекачувальних насосів (другий насос резервний), який нагнітає паливо через підігрівники та фільтри тонкої очистки

до паливного насоса високого тиску (ПНВТ) ГД. Підтримання в'язкості палива у заданих межах здійснює автоматичний регулятор в'язкості. Надлишок палива від ПНВТ паливопроводом перепускається назад до змішувальної цистерни.

Паралельно з витратною цистерною важкого палива до системи включено і цистерну дизельного палива, на якому дизель працює під час пусків, маневрування, перед зупинкою та нерідко на малих навантаженнях.

Паливо з цієї цистерни також надходить до змішувальної цистерни і далі до двигуна, при цьому передбачено обхід підігрівників палива та регулятор в'язкості.

Двигуни, що працюють на легкому паливі (наприклад[^] газотурбінні), мають більш просту паливну систему, аналогічну розглянутій ділянці для дизельного палива. Не відрізняється складністю і паливна система котельної установки для важкого палива. Послідовність елементів, включених до неї, така. З витратної цистерни підігріте до 40...50 °С паливо самопливом надходить до паливного насоса, на приймальній магістралі якого встановлено фільтр, що обігрівається, в якому температура палива підвищується до 90...120 °С. Насос подає паливо до форсунок котла через автоматизований підігрівник та два щілясті фільтри (з щілиною 0,4 та 0,25 мм), встановлені послідовно один за одним. Надлишки палива перепускаються у витратну цистерну. Розпалювання котла здійснюють дизельним паливом, яке подається з цистерни дизельного палива тією ж магістраллю, але в обхід фільтра підігріву.

1.2 Основне устаткування системи

Переміщення рідин по трубопроводах систем СЕУ здійснюється за допомогою насосів, які бувають об'ємними (насоси витискання), лопатними (гідродинамічної дії) та струминними. Об'ємні насоси поділяються на поршневі зі зворотно-поступальним рухом поршня та ротаційні, у яких

витискання рідини виконується тілами обертання - роторами. Із ротаційних насосів в системах СЕУ найчастіше використовуються шестеренчасті та гвинтові.

Шестеренчасті насоси застосовують для перекачування в'язких рідин в паливних, масляних та гідравлічних системах. Робочі параметри насосів: подача 0,5...250 м³/год, тиск 20...400 м вод. ст., оберти 25.....50 с⁻¹. В гідравлічних системах ці насоси створюють тиск до 14 МПа.

Найбільш поширеним типом шестеренчастого насоса є двороторний з зовнішнім зачепленням (рис. 1.3). Він складається з двох циліндричних шестірень одного діаметру, які знаходяться в зачепленні. В корпусі 8 розміщені ведуча шестірня 11, насаджена на приводному валу 1 і зафіксована шпонкою, та ведена 10, які знаходяться в торцевій частині корпусу і в торцевій кришці 4. Вал ведучої шестерні на виході із корпусу насоса ущільнений набивочним сальником 12.

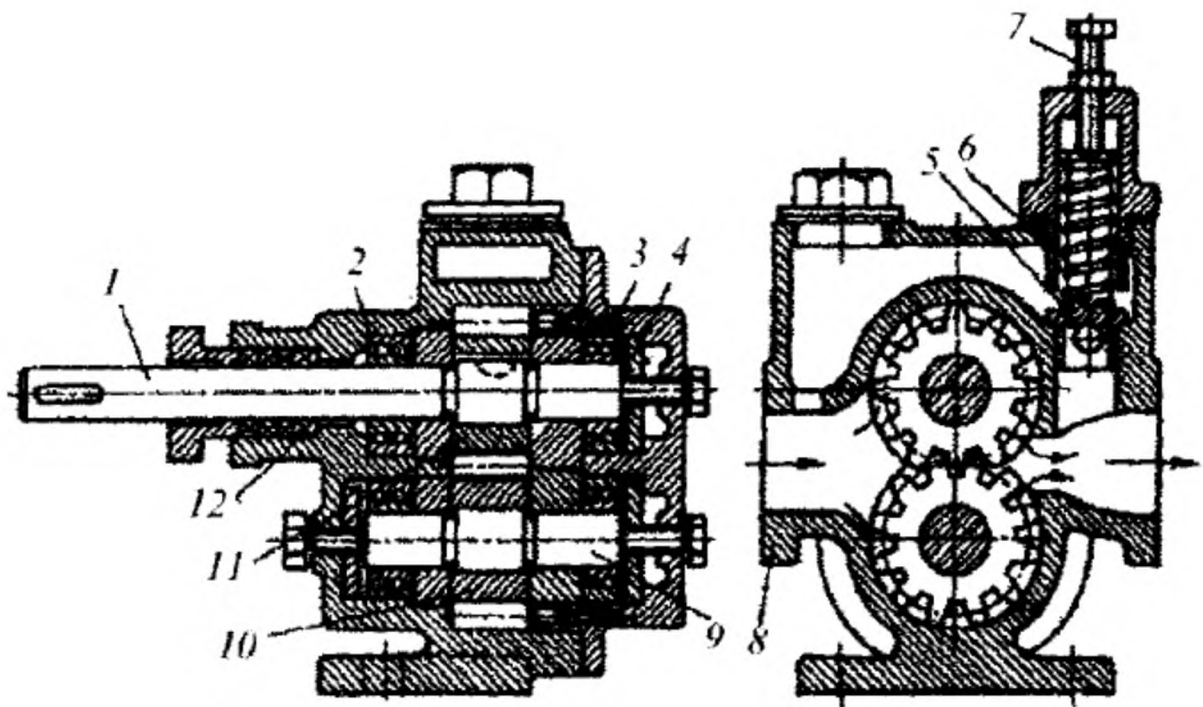


Рисунок 1.3 - Шестеренчатий насос

На корпусі насоса встановлено запобіжний клапан 5, навантажений пружиною 6. Затягування пружини регулюється гвинтом 7. Клапан здійснює перепуск рідини з нагнітальної порожнини у всмоктувальну, якщо тиск нагнітання перевищує заданий.

Гвинтові насоси виконують з різною кількістю гвинтів. Найбільш розповсюджені на суднах тригвинтові насоси з циклоїдальним зачепленням і п'ятигвинтові з циклоїдально-евольвентним зачепленням. Рідина, що перекачується, заповнює простір між витками різьби та корпусом і проштовхується в осьовому напрямку при їх обертанні.

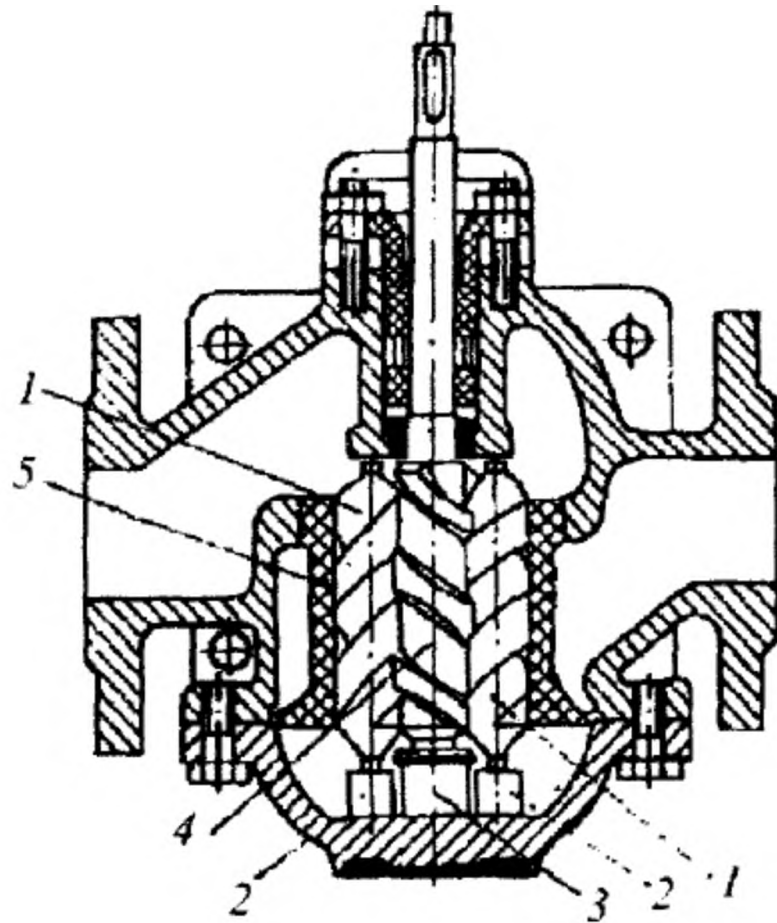


Рисунок 1.4- Гвинтовий насос

В СЕУ гвинтові насоси застосовуються як циркуляційні паливо- та оливоперекачувальні. Вони використовуються для вантажних та зачищувальних операцій. На рисунку 1.4 зображений тригвинтовий

герметичний насос з одностороннім підводом рідини. Середній гвинт 4 є ведучим, а два бокових 1 - приводними. Нарізані частини гвинтів укладені в обойму 5, де вони обертаються, як в підшипниках з невеликими зазорами. Для розвантажування гвинтів від дії осьових сил, які виникають при роботі насоса, у торця ведучого гвинта передбачено розвантажувальний поршень 3, а у торців привідних гвинтів - розвантажувальні стакани 2.

Відцентровий насос має найбільше поширення на СЕУ з двигуном внутрішнього згорання (дивись рисунок 1.5). Основним робочим органом насоса є відцентрове колесо 6, яке утворено заднім 3 і переднім 5 дисками, між якими знаходяться робочі лопатки колеса 2. У даному насосі ці лопатки на вигляді праворуч (у плані) мають вигин, протилежний напрямку обертання (загнуті назад). Такий вигин лопаток збільшує ККД насоса і поширений в насосах середньої та великої потужності. Для малих насосів і в деяких інших випадках можливе застосування радіальних лопаток. Колесо насаджено на приводний вал, який підходить до колеса через отвір у корпусі. Отвір має ущільнення для запобігання витоків. Рідина надходить у колесо через всмоктувальний патрубок 1, а виходить з нього через щілину між двома дисками на зовнішньому діаметрі колеса. Вилітаючи з диска рідина збирається спіралеподібному равлику збіркою 4, що охоплює колесо по периметру. З равлика рідина надходить в нагнітальний патрубок 7, звідки направляється до споживача. Для того, щоб цей насос почав працювати, його колесо і всмоктувальний канал повинні бути повністю заповнені рідиною. При обертанні колеса рідина, що знаходиться в міжлопаткових каналах, буде зтягнута лопатками в колоподібний рух. Відцентрова сила, що виникає при цьому, буде переміщати частинки по радіусу при одночасному обертальному русі. У зв'язку з видаленням з міжлопаткових каналів колеса порцій рідини під дією описаного процесу, у вхідній частини колеса виникає область зниженого тиску. У цю область з всмоктувального патрубку будуть переміщатися нові порції рідини під дією більш високого тиску у всмоктувальному патрубку, ніж у вхідній області колеса. Цей процес відбувається безперервно. Порції рідини

в колесі з допомогою робочих лопаток отримують кінетичну енергію і відповідно збільшують свою абсолютну швидкість. У відносному русі по каналах колеса ці порції переміщуються від менших поперечних перерізів каналів до великих, що викликає зменшення відносної швидкості руху порцій при одночасному збільшенні їх абсолютної швидкості. Вилітаючи з колеса порції рідини уповільнюють свою швидкість, вже в абсолютному русі, через переміщення по каналу, перетин якого розширюється в напрямку руху потоку рідини. Уповільнення швидкості течії, відповідно до законів гідромеханіки, супроводжується зростанням тиску рідини або перетворенням кінетичної енергії в потенційну. У результаті на виході з насоса споживач отримує потік із заданим надлишковим тиском і порівняно низькою швидкістю, прийнятною для використання в системах, де застосовуються такі насоси.

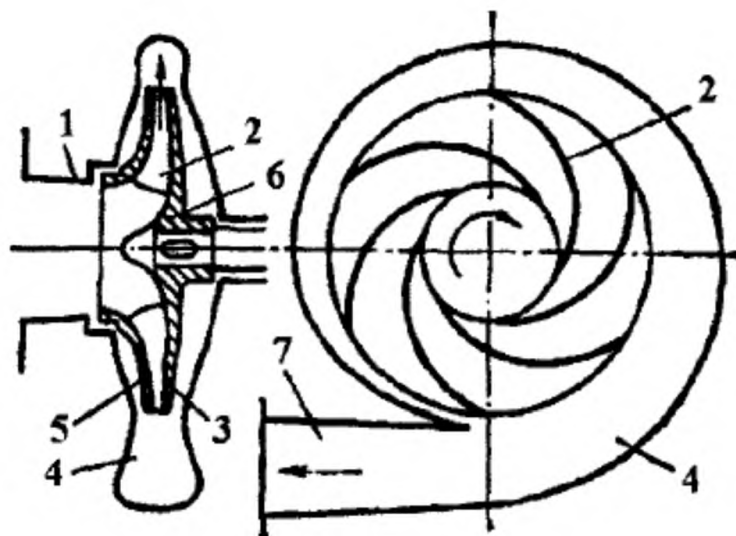


Рисунок 1.5 - Схема одноступінчатого відцентрового насоса

Відцентрові насоси використовують для перекачування нев'язких рідин (води, тосолів, антифризів, легкого палива). Відцентрові насоси двигунів внутрішнього згорання зазвичай розраховані на роботу при температурах рідини до 105 °С. Вони можуть забезпечувати витрати рідини в діапазоні 8 ...

850м³/год і питому роботу в одній ступені 170 ... 800 Дж/кг , при приблизною частоті обертання 800 ... 6000 об/хв , що відповідає діапазону коефіцієнта швидкохідності[^] = 40 ... 300.

За призначенням ці насоси використовуються в основному як циркуляційні в системах охолодження, в якості пожежних, водовідливних, санітарних. Можливо їх використання як вантажних, баластових, паливоперекачувальних.

Можуть працювати як живильні, конденсатні та бустерні для великих котлоагрегатів. Можуть виконуватися одно-і багатоступінчатими (останні в якості пожежних або насосів для котлоагрегатів), а також одно-і двопотокових (рідше багатопотоковими). У багатоступінчастому насосі число ступенів відповідає числу послідовно з'єднаних коліс, в двопотоковому (багатопотоковому) колеса вмикаються паралельно. По виду приводу насоси бувають навісними і автономними. Автономні насоси можуть мати будь-який вид двигуна в якості приводу, залежно від призначення та умов застосування.

1.3 Особливості суднових електроприводів паливних насосів

В залежності від місця розташування електродвигуна передбачається той чи інший спосіб захисту його від дії зовнішнього середовища і спосіб охолодження. Електродвигуни, що застосовуються для паливних насосів, можуть бути класифіковані наступним чином:

- бризкозахищені з самовентиляцією, що застосовуються для механізмів, які розташовані в підпалубних приміщеннях, де внаслідок протікань або конденсації пару збираються краплі вологи. Двигун має вбудований вентилятор і повітря, що всмоктується постійно, омиває його внутрішні активні частини. Номінальна потужність двигуна не залежить від протяжності роботи;

- водозахищені з самовентиляцією. Встановлюються там, де по умовам експлуатації є можливість потрапляння на двигун або всередину його

струменів води разом з повітрям. Для запобігання потрапляння бризок підвід повітря повинен бути передбачений якомога далі від насоса;

- герметичні, призначені для роботи під водою.

Електродвигуни суднових паливних систем мають дві перші форми виконання захисту.

При виборі електродвигуна виходять із потужності, що споживається насосом. В нормальній практиці приймаються коефіцієнт запасу для електродвигунів від 10 до 20% - на неточність розрахунку, зміну втрат в мережі, зниження ККД насоса в процесі роботи через знос деталей і збільшення зазору та ін.. В випадку, коли перекачується високов'язкі рідини, коефіцієнт запасу має бути більшим.

В якості привода більш поширені електродвигуни змінного струму. Вони мають ряд суттєвих переваг на двигунами постійного струму: простота і надійність в експлуатації, відсутність колектора та відкритих струмопровідних частин, менша вартість, простота запуску, а також менші габарити та маса. Найбільшого розповсюдження для відцентрових насосів отримали коротко замкнуті асинхронні електродвигуни з нормальним пусковим моментом, що мають найбільший ККД в порівнянні з іншими типами асинхронних двигунів.

Застосовується спосіб регулювання частоти обертання переключенням числа пар полюсів. Число пар полюсів можна змінити, переключаючи одну обмотку статора на різне число полюсів або застосовуючи незалежні обмотки, що розташовані на статорі.

Багатошвидкісні двигуни можуть бути виконані з різними співвідношеннями моментів при одних і тих же ступенях швидкості, наприклад 3 постійним моментом для всього діапазону обертів, для насосів об'ємного типу, що працюють з постійним напором, або зі змінним моментом - для насосів відцентрового типу, де навантаження змінюється більш різко, ніж число обертів.

Але цей спосіб регулювання поступово відходить, через застосування частотних методів регулювання. Крім того, виготовлення багатошвидкісних двигунів більш трудомістке та дорожче.

Крім коротко замкнутих іноді застосовують двигуни з фазним ротором. При цьому для регулювання швидкості потрібно ввести в ланцюг ротора додатковий опір. Такі двигуни більш громіздкі та мають більшу вартість. Границя регулювання - 50% від номінальної швидкості. Регулювання супроводжується втратами енергії.

2. РОЗРОБКА СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ЕЛЕКТРОПРИВОДА СУДНОВОГО ПАЛИВНОГО НАСОСА

2.1 Керування електроприводами насосів при стабілізації напору.

Для перекачування робочих рідин в системах СЕУ використовуються насоси, що приводяться в дію з допомогою електродвигунів або теплових двигунів (парових або газових турбін, дизелів).

Для більшості систем СЕУ напір, що розвивається насосами, який необхідний для подолання гідравлічного опору в трубопроводах і апаратах систем $\Delta p = 0.5\xi\rho v_{\text{ср}}^2$, де ξ - коефіцієнт опору системи; ρ - густина рідини; $v_{\text{ср}}$ - середня швидкість рідини в трубопроводі. Тому, для зниження енергоспоживання в системах СЕУ необхідно підвищувати ККД насосів і їх приводів, знижувати гідравлічні опори в трубопроводах. Для зменшення енергоспоживання рекомендується: використовувати доцентрові і гвинтові насоси, які мають вищий ККД в порівнянні з іншими видами насосів; в якості привода насосів використовувати електродвигуни змінного струму або механічний привід від головного двигуна; використовувати економічні методи регулювання (рециркуляція рідини з нагнітанням на всмоктування, зміна частоти обертання). На рисунку 2.1 приведений графік залежності ККД приводу насосів від потужності.

Приводом більшості насосів систем СЕУ є електродвигуни змінного струму. Найбільш розповсюджені коротко замкнуті асинхронні електродвигуни з нормальним пусковим моментом. Більша частина електродвигунів для приводу механізмів СЕУ не має пристроїв для регулювання частоти обертання.

Традиційні засоби регулювання продуктивності насосів включають дроселювання напірних ліній та зміну загального числа агрегатів, що працюють, за одним з технологічних параметрів. Енергетичні показники такого регулювання є низькими. Застосування частотно-регульованого

електропривода дозволяє забезпечити потрібні технологічні показники при суттєвому скороченні витрат електроенергії. Таке регулювання необхідне в насосних станціях, де при змінних витратах рідини, необхідно підтримувати постійний тиск (напір) на певному, частіше всього, номінальному рівні.

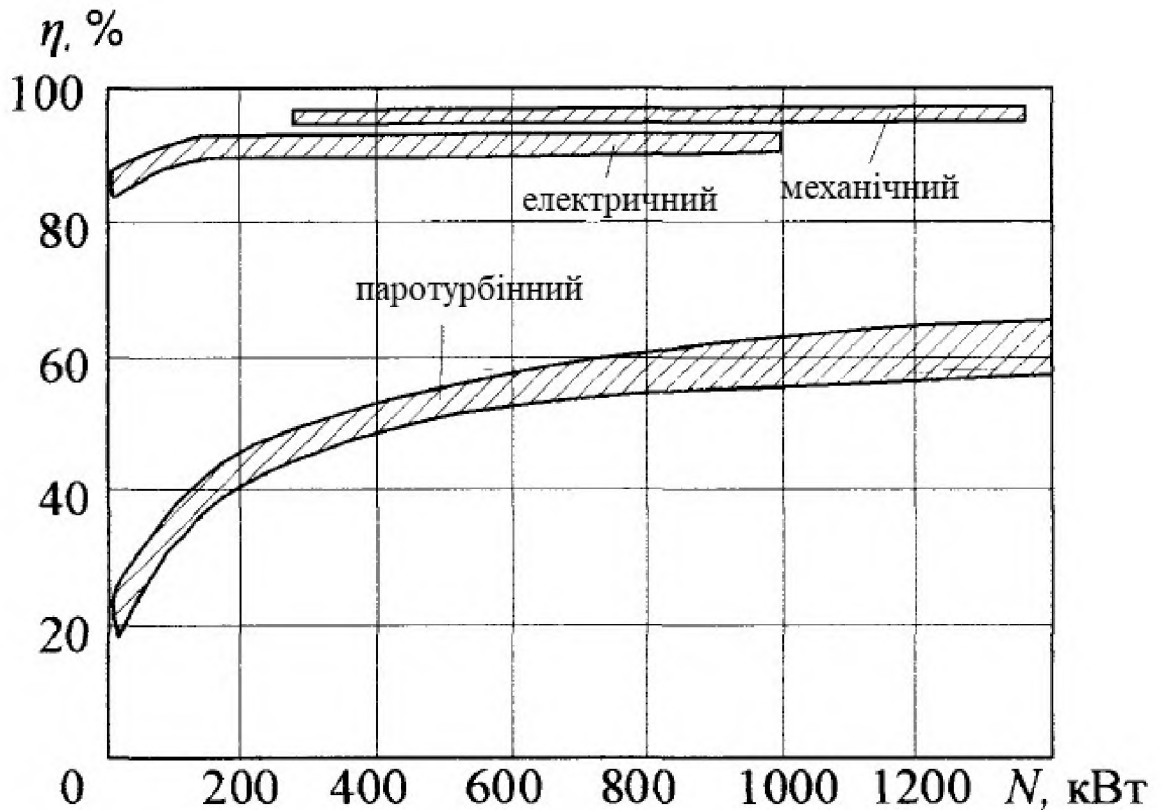


Рисунок 2.1 - Ефективність приводів допоміжних механізмів

Зміна витрат Q води у споживача здійснюється головним чином за рахунок дроселювання лінії, тобто зміни гідравлічного опору R . При цьому для стабілізації напору $H = H_{\text{ном}}$ необхідно змінювати кутову швидкість ω насоса (рисунок 2.2). У більшості стабілізація напору H при змінних витратах Q відбувається при наявності протитиску H_c в гідравлічній мережі.

Широко поширена думка, що статичний момент турбомеханізмів пропорційний квадрату швидкості, справедлива тільки при відсутності протитиску, що є окремим випадком. Переважно системи мають протиск, коли статичний момент є складною функцією швидкості, що, в свою чергу, висуває задачу формування економічного закону частотного регулювання швидкості

асинхронного електропривода. Тут ставиться завдання дослідити асинхронний частотно-регульований електропривод насосів при використанні економічного закону регулювання електричних машин та забезпечення оптимального пуску насосів, що працюють у режимі стабілізації напору при змінних витратах та даному протитиску.

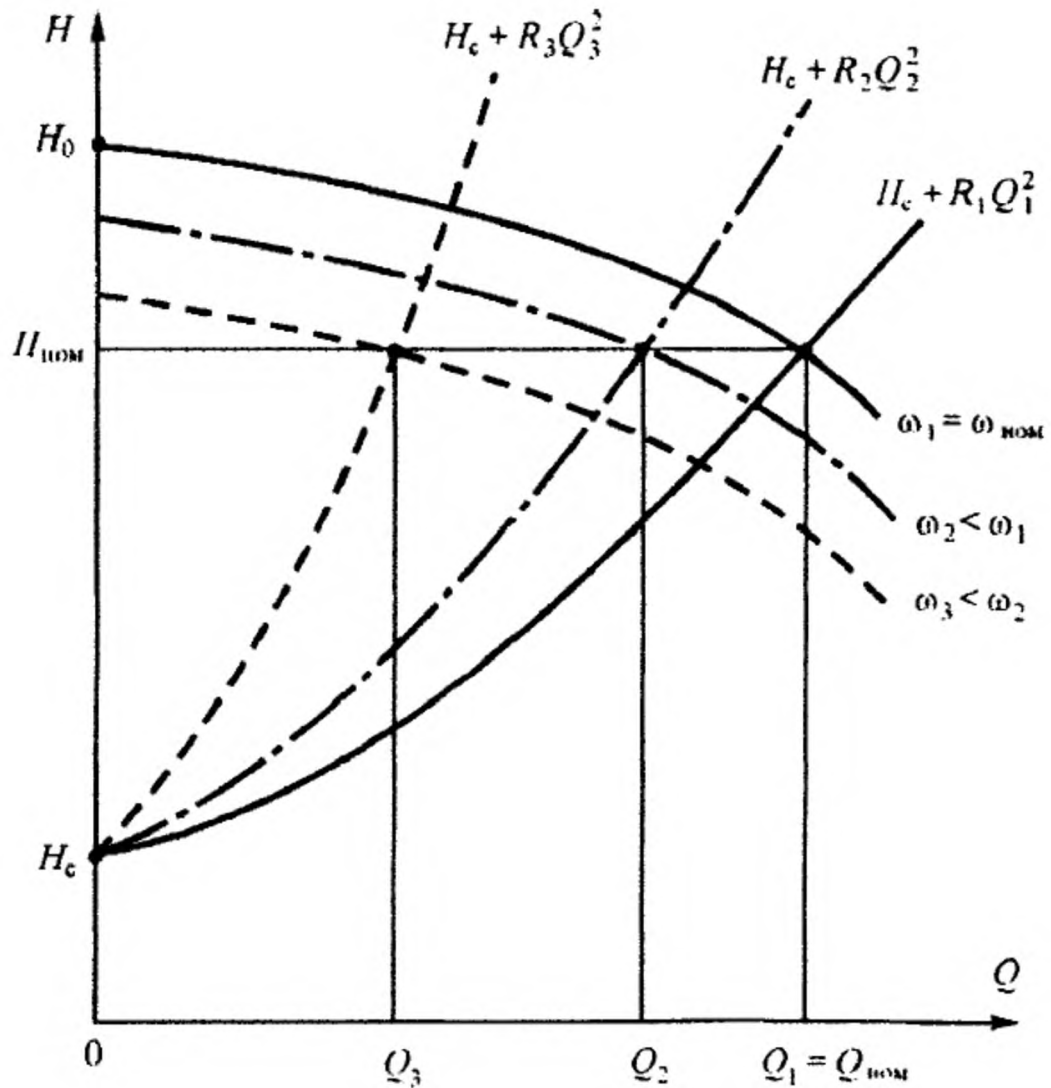


Рисунок 2.2 - Стабілізація тиску на рівні $H_{ном}$ при змінних витратах за рахунок регулювання швидкості насоса

Для суднового паливного насоса потрібно підтримувати постійність швидкості обертання ротора насосу, цим буде забезпечений номінальний напір на виході насосу і постійність об'єму води, що перекачується. Типова

функціональна схема такої системи керування представляє собою систему скалярного керування зі зворотним зв'язком по швидкості.

2.2 Скалярне керування насосним агрегатом.

Принцип скалярного керування частотно-регульованого асинхронного електропривода насосного агрегату базується на зміні частоти і поточних значень модулів змінних асинхронного двигуна (АД) (напруг, магнітних потоків, потокозчеплень і струмів електричних кіл двигуна). Керованість АД при цьому може забезпечуватися сумісним регулюванням або частоти f_x і напруги U_x , або частоти f_1 і струму I_1 обмотки статора. Перший спосіб керування прийнято називати частотним керуванням, другий - частотно-струмовим керуванням.

Вибір способу і принципу керування визначається сукупністю статичних, динамічних і енергетичних вимог до асинхронного електроприводу.

Скалярний принцип частотного керування є найбільш поширеним в асинхронному електроприводі. Йому властива технічна простота вимірювання і регулювання змінних АД, а також можливість побудови розімкнених систем керування швидкістю.

Основний недолік подібного принципу керування полягає в важкості реалізації бажаних законів регулювання швидкості і моменту АД в динамічних режимах. Пов'язано це з складними електромагнітними процесами, що протікають у АД.

Скалярне частотно-струмове керування АД характеризується малим критичним ковзанням і постійністю критичного моменту при постійності струму, що живить АД, і зміні його частоти. Проте в розімкнених системах подібне керування практично виключено, оскільки із збільшенням навантаження (ковзання) різко падає магнітний потік АД і для забезпечення бажаних перевантажувальних характеристик АД по моменту необхідне

помітне перевищення номінальних значень напруги живлення і струму статора.

2.2.1 Розімкнуті системи скалярного керування.

При невисокій точності і обмеженому діапазоні регулювання швидкості АД найбільш доцільним є його частотне керування в розімкнутій системі електроприводу (рисунок 2.3). У подібних системах частота і напруга живлення U_1 АД формуються пропорційно напрузі керування u_k в перетворювачі частоти (ПЧ) на базі автономного інвертора напруги. Для компенсації падіння напруги на внутрішніх опорах ПЧ і можливих коливань напруги його живлячої мережі в перетворювачах частоти як джерелах напруги прийнято використовувати внутрішні контури стабілізації вихідної напруги.

Для збереження постійності перевантажувальної здатності АД по моменту у функціональному перетворювачі (ФП) передбачається таке співвідношення між напругою завдання частоти u_f і напруги u_u на виході ПЧ, при якому забезпечується компенсація падіння напруги на активному опорі обмоток статора. Теоретично це співвідношення характеризується нелінійною функцією, коли u_u знижується в меншому ступені, ніж u_f .

Для більшості серійних перетворювачів частоти ця функція може бути лінеаризована шляхом вибору в статичній характеристиці ФП двох базових координат - u_{u1} при u_{f1} і u_{u2} при u_{f2} (див. рисунок 2.3). Перша координата визначає завдання мінімального значення частоти f_1 і відповідної йому напруги U на виході ПЧ, при яких ще зберігається рівність співвідношень $U_1/f_1 = U_{1ном}/f_{1ном}$. Для АД загального призначення при діапазоні регулювання швидкості в розімкненій системі частотного управління до (8... 10): 1 значення мінімальної частоти практично вибирається в межах $(0,3 \dots 0,4) f_{1ном}$.

Друга координата обирається з урахуванням зменшення тепловідводу загальмованого двигуна (в режимі динамічного гальмування) з наступних умов обмежень струму статору на рівні: $(0,7 \dots 0,8) I_{1ном}$.

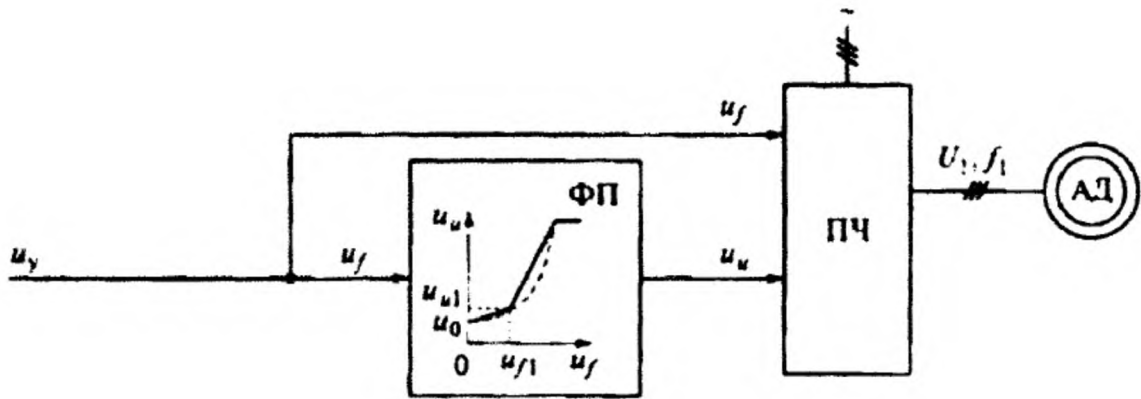


Рисунок 2.3 – Функціональна схема розімкнутої системи ПЧ-АД.

Це відповідає встановленню вихідної напруги перетворювача частоти при $u_{f1}=0$ на рівні $U_1 \cong (0,7...0,8)I_{ном}R_1$, де R_1 , - активний опір обмотки статора АД.

Реальне найменше значення вихідної частоти перетворювача і відповідне йому значення f_1 корисно вибрати з умови $f_{1min} \cong \omega_{ном}p_n S_c / 2\pi$, при якому пусковий момент АД буде близьким до моменту сил опору на валу двигуна. Тут S_c - ковзання АД при його статичному навантаженні. При подібному виборі зона нечутливості по сигналу керування швидкістю АД буде мінімальною і рух електроприводу почнеться практично одночасно з початком збільшення сигналу керування.

При вентиляторному навантаженні на валу АД, для якого $M_c \cong \omega^2$, співвідношення між u_f і u_u повинно забезпечувати закон керування, близький до постійності $\frac{U_1}{f_1^2}$. На рисунку 2.3 це співвідношення відбите у ФП штриховою лінією. Початкові значення частоти і напруги на виході ПЧ, які вибираються з тих же міркувань, що і при $M_c = const$, будуть при цьому помітно меншими за рахунок менших значень пускових моментів.

При регулюванні швидкості АД вище номінальної для привода механізмів, що мають в даному діапазоні швидкостей постійну потужність навантаження, напруга живлення АД зберігається рівною номінальному значенню. При цьому допустимий момент АД убуває в першому наближенні

обернено пропорційно до збільшення частоти, а перевантажувальна здатність АД по моменту зменшується обернено пропорційно до частоти.

Для обмеження струмів і моментів АД при його пуску прийнято обмежувати темп зміни напруги керування u_y за рахунок включення в коло керування задатчика інтенсивності.

У статичному режимі розімкнена система частотного керування (див. рис. 2.3) з приведеними вище співвідношеннями U_1/f_1 практично забезпечує збереження номінальної перевантажувальної здатності АД в діапазоні зміни частоти не більш (8...10):1 при постійному навантаженні і (10...25):1 - при вентиляторному. При збереженні ж заданої точності регулювання швидкості АД діапазон її регулювання в розімкненій системі частотного керування значно менший, при постійному навантаженні і точності регулювання 10 % він не перевищує діапазону 3:1. Недоліком розімкненої системи частотного керування є і відсутність обмежень змінних електроприводу (моментів, струмів, напруги) при можливих перевантаженнях з боку робочого механізму або відхиленнях напруги живлячої мережі.

2.2.2 Замкнуті системи скалярного керування

Формування необхідних статичних і динамічних властивостей асинхронного частотно-регульованого електроприводу можливо лише в замкнутій системі регулювання його координат. Узагальнена функціональна схема подібної системи показана на рисунку 2.4.

З функціональної схеми видно, що окрім АД і керуваного перетворювача частоти (ПЧ) містить регулятори Р і датчики Д змінних електроприводу. Керуючими впливами u_y , на вході регуляторів можуть бути сигнали завдання будь-яких координат електроприводу - швидкості, кута повороту ротора АД, струму статора, магнітного потоку і тому подібне. Впливами, що обурюють, на електропривод можуть бути моменти сил опору M_c на валу АД або коливання напруги мережі U_c , що живить електропривод. Вхідними сигналами

датчиків є змінні АД, що доступні для безпосереднього їх вимірювання (частота, напруга і струм статора, швидкість ротора, магнітний потік у повітряному зазорі АД) або змінні, що визначаються розрахунковим шляхом за допомогою математичної моделі АД (ЕРС, потокозчеплення статора, ротора і т. п.). Вихідні сигнали регуляторів, що залежать від керуючих дій, сигналів зворотних зв'язків $u_{o.c}$ і прийнятих алгоритмів регулювання, є сигналами керування частотою u_f , вихідною напругою u_u і струмом i_i перетворювача частоти.

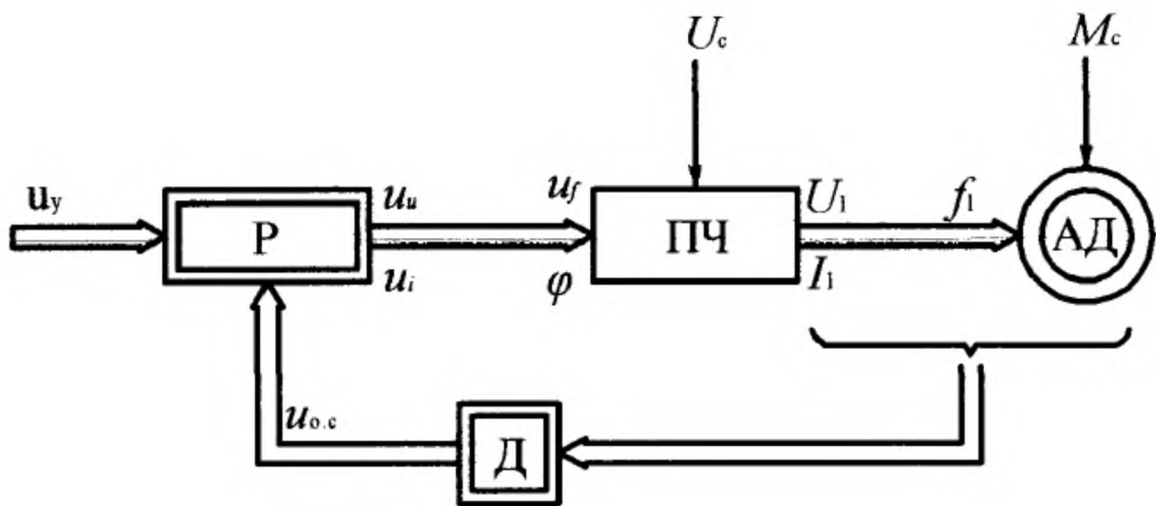


Рисунок 2.4 - Функціональна схема замкненої системи ПЧ-АД при скалярному керуванні

Розглянемо приклади замкнутих систем скалярного керування, що найбільше поширені в промислових електроприводах.

Варіант функціональної схеми системи частотного керування АД із зворотним зв'язком по струму статора представлений на рисунку 2.5. Тут сигнали i_{sa} і i_{sc} , що пропорційні миттєвим значенням струмів фаз А і С обмоток статора, з виходу датчиків струму ДС_а і ДС_с поступають у функціональний перетворювач струму ФПС, де формуються вихідні сигнали I_1 і I_{1c} , що пропорційні відповідно значенню струму статора і активній складовій цього струму. В вузлах Σ_1 і Σ_2 сумуються сигнали керування і зворотних зв'язків, що

поступають з функціональних пристроїв А1, А2 і А3. Пристрій А4 забезпечує проходження сигналу I_1 на вхід А3 лише при його перевищенні на суматорі Σ_3 з сигналу I_{\max} , що пропорційний діючому значенню максимально допустимого струму статора АД.

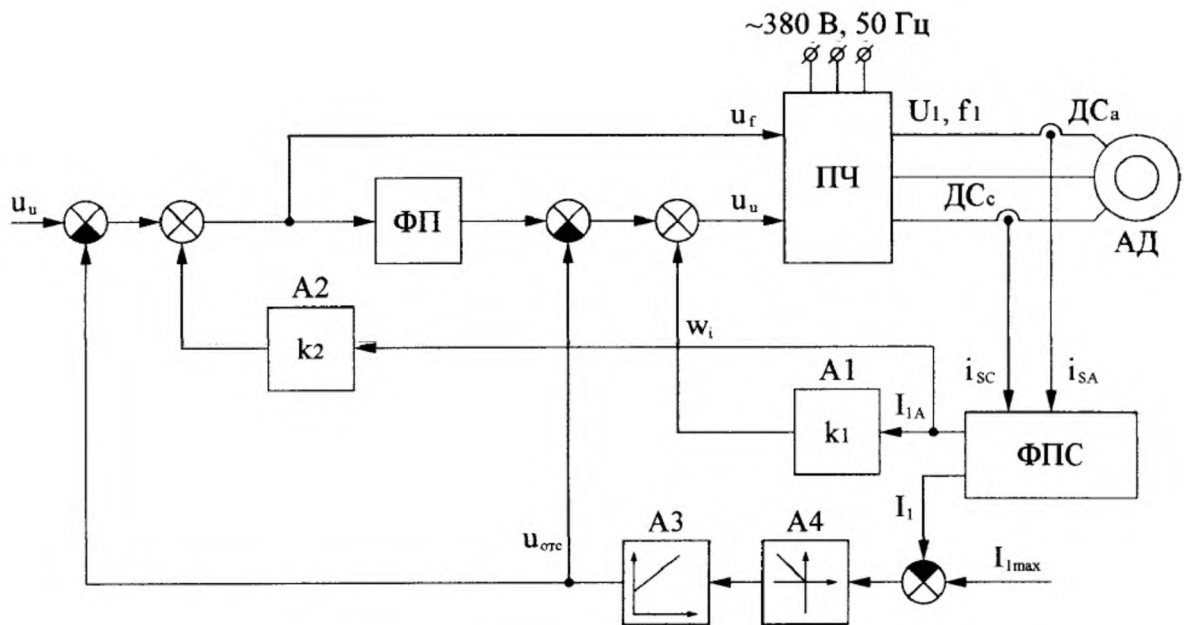


Рисунок 2.5 - Функціональна схема системи ПЧ-АД зі зворотним зв'язком по струму статора

Призначення кожного з контурів зворотних зв'язків і їх вплив на властивість електроприводу доцільно розглянути окремо. Так, при дії лише позитивного зворотного зв'язку по струму з боку А1 по мірі збільшення моменту статичного навантаження АД і відповідного збільшення струму статора на вхід суматора Σ_2 поступає додатковий сигнал u_i що збільшує сигнал u_w . В результаті по мірі збільшення струму статора збільшується і вихідна напруга ПЧ. При цьому його вихідна частота, що визначається сигналом u_f , залишається постійною. Підвищення напруги на обмотках статора АД сприяє компенсації падіння напруги на повному їх опорі і, в результаті, збільшенню потоку намагнічення АД.

Ступінь компенсації визначається коефіцієнтом посилення k_1 кола позитивного зворотного зв'язку по струму. Очевидно, чим більше k_1 тим

більше буде потік при тому ж абсолютному ковзанні. Межа збільшення k_I визначається умовами стійкості замкненої системи керування і допустимими значеннями потоку намагнічування і напруги живлення АД.

По мірі зниження частоти живлення повний опір кола намагнічування і, отже, падіння напруги в статорі АД зменшуються. Тому для стабілізації і обмеження потоку намагнічування в замкнутій по повному струму системі ступінь компенсації падіння напруги, тобто коефіцієнт k_I треба зменшувати по мірі зниження частоти вихідної напруги ПЧ.

Подібний недолік відсутній при використанні зворотного зв'язку по активній складовій струму статора. Якщо в якості сигналу зворотного зв'язку прийняти активну складову струму статора, як показано на рисунку 2.5, то постійність потікочеплення статора зберігатиметься при незмінному коефіцієнті k_I .

При частотному керуванні АД з подібним зворотним зв'язком по струму можлива реалізація механічних характеристик електропривода з підвищеною переважувальною здатністю по моменту і жорсткості, близькій до природної лише в невеликому діапазоні регулювання швидкості.

Вплив позитивного зворотного зв'язку по струму з боку пристрою А2 пов'язаний з одночасною дією на вихідну частоту і напругу ПЧ. За рахунок одночасного їх збільшення при зростанні навантаження на валу АД відповідно збільшується швидкість ідеального холостого ходу АД, забезпечуючи тим самим стабілізацію його швидкості, і зберігається постійність переважувальної здатності АД по моменту. Збільшення коефіцієнта посилення k_2 пристрою А2, що сприяє підвищенню жорсткості механічної характеристики АД, обмежене умовами стійкості замкненої системи керування і допустимими значеннями частоти і напруги живлення АД.

Сукупність позитивних зворотних зв'язків по струму з використанням пристроїв А1 і А2 за рахунок стабілізації швидкості останніми дозволяє помітно підвищити жорсткість механічних характеристик АД і при постійному статичному навантаженні збільшити діапазон регулювання

швидкості вниз від номінальної до 10:1. Перевага подібних систем полягає у відсутності тахогенератора на валу АД.

Для захисту перетворювача частоти і двигуна від перевантажень по струму використовується режим відсічення струму за допомогою суматора Σ_3 і пристрою А4 (дивись рисунок 2.5). При $I_1 > I_{1max}$ на вхід ПІ-регулятор струму відсічення А3 поступає сигнал перевищення струму статора вище допустимого. Вихідний сигнал А3 $u_{отс}$ може впливати як на зменшення вихідної напруги ПЧ (вузол Σ_2) так і одночасно на зменшення частоти живлення АД (вузол Σ_1).

При дії тільки на вихідну напругу перетворювача, за умови, що регулятор А3 має інтегральний канал регулювання, за рахунок негативного зворотного зв'язку по струму перетворювач ПЧ з джерела напруги переходить в режим джерела струму. Тоді при постійності струму статора АД за рахунок більшого коефіцієнта зворотного зв'язку регулятора А3 (для ПІ-регулятор - нескінченно великого), ніж пристрою А1, при зниженні швидкості зменшуватиметься потік і момент двигуна, викликаючи перекидання механічної характеристики АД. Подібний режим роботи відсічення використовується лише спільно з одночасною дією на вихідну частоту перетворювача.

За рахунок сигналу від'ємного зворотного зв'язку по струму статора, що поступає на суматор Σ_1 (сильнішого, ніж з боку пристрою А2) спільно із стабілізацією струму здійснюється зниження його частоти і, отже, швидкості ідеального холостого ходу АД. Тим самим забезпечується постійність магнітного потоку, абсолютного ковзання і, в результаті, моменту двигуна. Проте статична і динамічна точність стабілізації вказаних змінних обмежена умовами стійкості замкнутих контурів регулювання.

Збільшення діапазону регулювання за швидкістю АД можна отримати за рахунок введення в розглянуту систему керування від'ємного зворотного зв'язку за швидкістю. Функціональна схема системи керування приводом насоса при живленні від ПЧ як джерела напруги приведена на рисунку 2.6.

Тут канал від'ємного зворотного зв'язку за швидкістю включає датчик швидкості (тахогенератор, енкодер) як датчик зворотного зв'язку, вузол Σ_5 підсумовування напруги керування швидкістю АД u_{PT} і зворотного від'ємного зв'язку за швидкістю $u_{o.c}$, регулятор абсолютного ковзання А5, блок БО обмеження його вихідної напруги u_{pc} , а також вузол Σ_4 сумування напруги і результуючої напруги u_{y1} з виходу суматора Σ_1 .

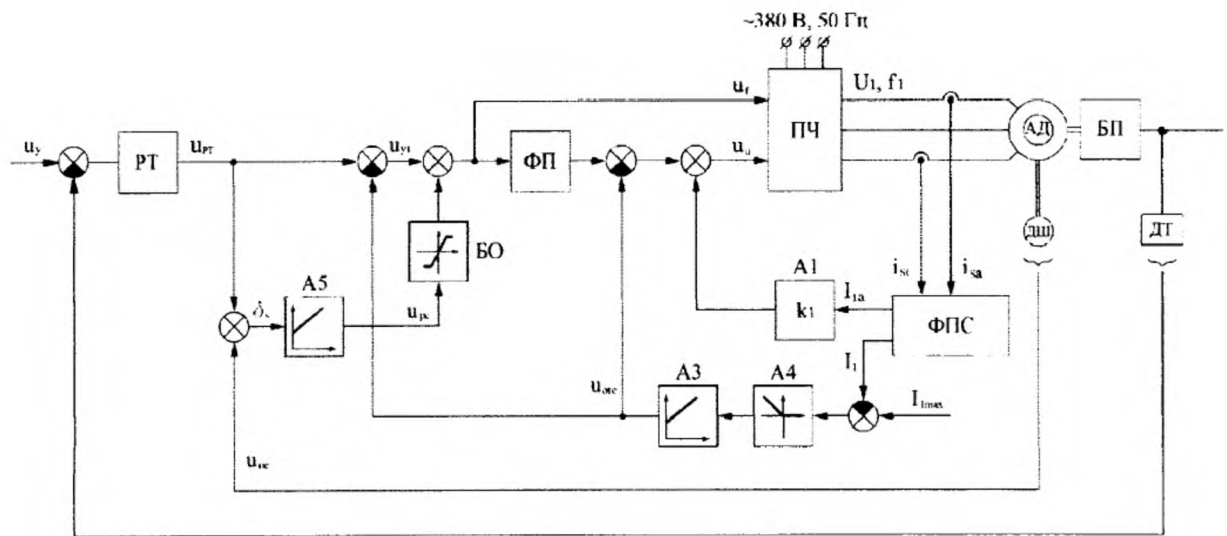


Рисунок 2.6 = Функціональна схема системи керування насосним агрегатом зі зворотними зв'язками по швидкості та тиску

По мірі збільшення навантаження на валу АД (від моменту M_1 до моменту M_2 на рисунку 2.7) за рахунок зменшення швидкості АД і, як наслідок, сигналу $u_{o.c}$ збільшується сигнал розузгодження $\delta_s = u_{PT} - u_{o.c} \equiv \omega_{00} - \omega \equiv s_a$, пропорційний абсолютному ковзанню двигуна. Тут ω_{00} - задана швидкість ідеального холостого ходу АД, що відповідає початковому сигналу керування що надходить із зовнішнього контуру регулювання тиску u_{PT} ; ω - реальна швидкість АД при заданому навантаженні на його валу. При $\delta_s \neq 0$ сигнал на виході регулятора ковзання, сумуючись з сигналом $u_{y1} = u_{PT}$ ($I_1 < I_{1max}$), за рахунок інтегральної складової передавальної функції регулятора А5 забезпечує такий приріст сигналу керування u_f перетворювачем частоти, при якому частота вихідної напруги ПЧ стає рівною $f_{10}(1 + s_a)$. Одночасно із

зміною частоти за рахунок функціонального перетворювача ФП змінюється в порівнянні з початковою напругою U_{10} і вихідна напруга перетворювача U_1 (дивись рисунок 2.7, б). При цьому швидкість двигуна відновлюється до заданого значення ω_{00} , тобто забезпечується абсолютна жорсткість механічної характеристики АД (лінія 1 на рисунку 2.7, а).

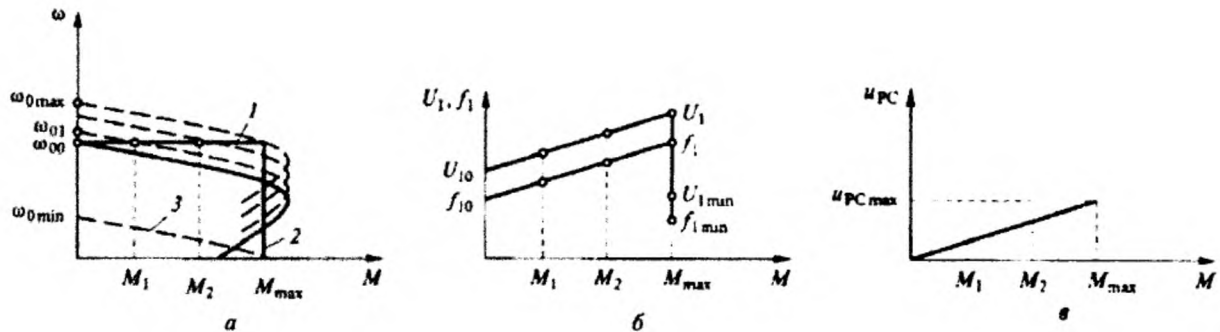


Рисунок 2.7 - Механічні характеристики (а), залежності вихідних напруг і частот ПЧ (б), а також напруги регулятора швидкості (в) від моменту в системі ПЧ-АД зі зворотним зв'язком по швидкості

При перевищенні максимально допустимого струму статора АД ($I_1 < I_{1\max}$ і, відповідно, $M > M_{\max}$), регулятор ковзання має бути виключений з роботи, наприклад, шляхом обмеження його вихідного сигналу u_p на рівні $u_{pc\max}$ (дивись рисунок 2.7, в). При цьому вступають в роботу від'ємні зворотні зв'язки по струму статора з регулятором АЗ, забезпечуючи за рахунок одночасного зменшення частоти і напругу статора АД до їх мінімальних значень $f_{1\min}$ і $U_{1\min}$ обмеження моменту АД при $\omega = 0$ на рівні M_{\max} (лінія 2 на рисунку 2.7, а). Мінімальна синхронна швидкість двигуна $\omega_{0\min}$ буде відповідати значенням $f_{1\min}$ і $U_{1\min}$, а механічна характеристика - лінії 3 (дивись рисунку 2.7, а).

Стійкість і динамічні показники якості регулювання швидкості АД визначаються вибором параметрів пропорційної і інтегральної складової передатних функцій регуляторів А5 і АЗ.

Канал регулювання тиску складається з датчика тиску та від'ємного зворотного зв'язку, що подає сигнал помилки і сумується з задаючим сигналом керування. Регулятор тиску РТ може мати різну структуру в залежності від того, яку передавальну функцію має блок перетворення БП (насос). Так, наприклад, струминний насос реалізується як підсилювальна ланка з коефіцієнтом передачі k , а доцентровий насос - має квадратичну залежність від частоти обертання $k_H \cdot \omega^2$, де k_H - деякий постійний коефіцієнт.

2.3 Вибір типу приводного електродвигуна та датчика швидкості.

В якості базового електродвигуна в насосному агрегаті використовується асинхронний двигун захищеного виконання потужністю 22 кВт, з частотою обертів 2950 об/хв.

Технічні данні електродвигуна зведено у таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Технічні данні електродвигуна.

$P_{\text{НОМ}}$ кВт	$n_{\text{НОМ}}$ об/хв	$I_{\text{НОМ}}$ А	$U_{\text{НОМ}}$ В	$\cos\varphi$	η , %	$\frac{M_{\text{П}}}{M_{\text{Н}}}$	$\frac{M_{\text{max}}}{M_{\text{Н}}}$	$\frac{I_{\text{пуск}}}{I_{\text{НОМ}}}$	J , кг · м ²	Вага, кг
22	2940	41,5	380	0,90	0,9	2,0	2,3	7,5	0,0620	150

Визначимо номінальну кутову швидкість:

$$\omega_{\text{НОМ}} = \frac{2\pi n_{\text{НОМ}}}{60} = \frac{2 \cdot 3.142 \cdot 2940}{60} = 307.876 \text{ рад/с.}$$

Визначимо швидкість холостого ходу, номінальне ковзання і момент:

$$\omega_0 = \frac{2\pi f}{p} = \frac{2 \cdot \pi \cdot 50}{1} = 314.159 \text{ рад/с;}$$

$$M_{\text{НОМ}} = \frac{P_{\text{Н}}}{\omega_{\text{НОМ}}} = \frac{22000}{307.876} = 71.46 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

$$S_{\text{НОМ}} = \frac{\omega_0 - \omega_{\text{НОМ}}}{\omega_0} = \frac{314.159 - 307.876}{314.159} = 0.02.$$

Отриманих даних достатньо для приблизної побудови робочої ділянки механічної характеристики асинхронного двигуна по двом точкам - номінальна ($\omega_{\text{НОМ}}, M_{\text{НОМ}}$) і холостого ходу ($\omega_0, 0$).

Для отримання повної механічної характеристики продовжуємо розрахунок.

Визначимо критичний момент асинхронного двигуна по наступній формулі

$$M_{\text{К}} = \lambda_{\text{М}} M_{\text{НОМ}},$$

де $\lambda_{\text{М}} = 2.3$ з паспортних даних двигуна.

$$M_{\text{К}} = 2.3 \cdot 71.457 = 164.352 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Критичне ковзання обчислюємо по формулі

$$S_{\text{НОМ}} = S_{\text{НОМ}} \left(\lambda_{\text{М}} + \sqrt{\lambda_{\text{М}}^2 - 1} \right) = 0.02 \cdot \left(2.3 + \sqrt{2.3^2 - 1} \right) = 0.087.$$

Підставимо знайдені значення $M_{\text{К}}$ і $s_{\text{К}}$ в наступну спрощену формулу:

$$M = \frac{2M_{\text{К}}}{\frac{s}{s_{\text{К}}} + \frac{s_{\text{К}}}{s}} = \frac{2 \cdot 164.352}{\frac{s}{0.087} + \frac{0.087}{s}}$$

Задаючись рядом значень s від 0 до 1, побудуємо механічну характеристику.

Механічна характеристика електродвигуна АІР 180S2 показана на рисунку 2.8.

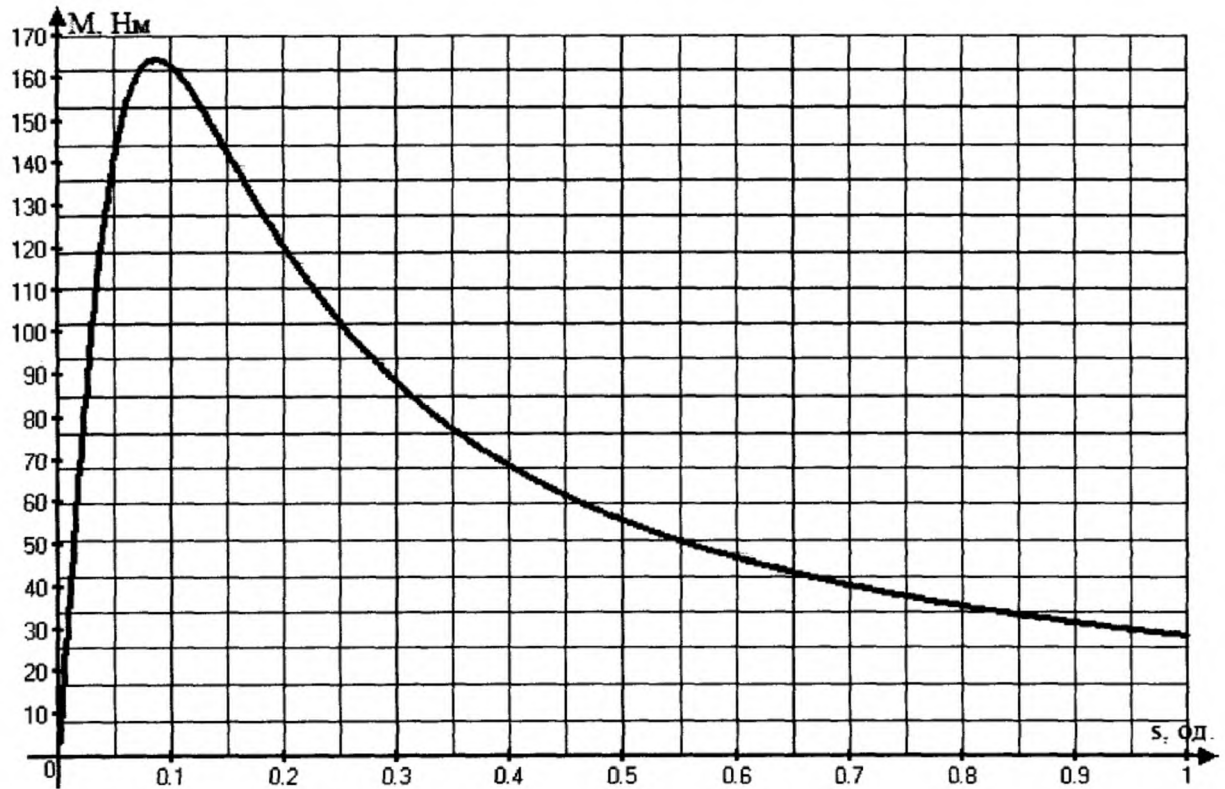


Рисунок 2.8 - Механічна характеристика електродвигуна

Обчислимо наступні параметри схеми заміщення асинхронної машини по паспортним даним.

Конструктивний коефіцієнт:

$$c_1 = 1 + \frac{L_{1s}}{L_m}$$

Попередньо конструктивний коефіцієнт задається в діапазоні $c = 1,00$ до $1,05$ для попереднього розрахунку параметрів схеми заміщення. Після розрахунку індуктивностей необхідно порівняти отримані дані з попередньо

обраними і уточнити розрахунок. Зазвичай за 2-3 ітерації вдається досягнути збігу прийнятого і розрахункового конструктивного коефіцієнта.

Приймаємо значення конструктивного коефіцієнта $c_1 = 1,02$.

Коефіцієнт в'язкого тертя

$$B_m = \frac{\Delta P_m}{\left(\frac{2\pi n_H}{60}\right)^2}$$

де ΔP_m – механічні втрати.

$$\Delta P_m = \sqrt{3} I_H U_H \cos \varphi \eta - P_H = \sqrt{3} \cdot 41.5 \cdot 380 \cdot 0.9 \cdot 0.9 - 22 \cdot 10^3 = 124.697 \text{ Вт.}$$

$$B_m = \frac{\Delta P_m}{\left(\frac{2\pi n_H}{60}\right)^2} = \frac{124.697}{\left(\frac{2\pi \cdot 2940}{60}\right)^2} = 1.316 \cdot 10^{-3}.$$

Опір статора знаходиться з виразу

$$R_s = \frac{3}{2} \frac{\left(\frac{U_H}{\sqrt{3}}\right)^2 (1 - S_{\text{НОМ}})}{2c_1 \left(1 + \frac{c_1}{S_K}\right) M_K (P_H - \Delta P_m)};$$

$$R_s = \frac{3}{2} \frac{\left(\frac{380}{\sqrt{3}}\right)^2 (1 - 0.02)}{2 \cdot 1.02 \left(1 + \frac{1.02}{0.087}\right) \cdot 164.352 \cdot (22 \cdot 10^3 + 124.697)} = 7.53 \cdot 10^{-4}.$$

Опір ротора

$$R_r = \frac{1}{3} \frac{(P_H + \Delta P_m)}{(1 - S_{\text{НОМ}}) i_K^2 I_H^2} = \frac{1}{3} \cdot \frac{(22 \cdot 10^3 + 124.697)}{(1 - 0.02) \cdot 7.5^2 \cdot 41.5^2} = 0.078 \text{ Ом,}$$

де $i_k = \frac{I_k}{I_H} = 7.5$ з паспортних даних двигуна.

Індуктивність статора і ротора

$$L_s \equiv L_r = \frac{1}{2\pi f_H} \frac{\frac{U_H}{\sqrt{3}}}{I_H(\sqrt{1 - (\cos\varphi)^2} - \frac{\cos\varphi \cdot S_H}{S_K})};$$

$$L_s \equiv L_r = \frac{1}{2 \cdot 3.14 \cdot 50} \cdot \frac{\frac{380}{\sqrt{3}}}{41.5(\sqrt{1 - 0.9^2} - \frac{0.9 \cdot 0.02}{0.087})} = 0.073 \text{ Гн.}$$

Індуктивність розсіювання статора і ротора

$$L_{1s} \equiv L_{1r} = \frac{1}{4\pi f_H} \sqrt{\left(\frac{U}{\sqrt{3}}\right)^2 - (R_s + R_r)^2};$$

$$L_{1s} \equiv L_{1r} = \frac{1}{4 \cdot 3.14 \cdot 50} \sqrt{\left(\frac{\frac{380}{\sqrt{3}}}{7.5 \cdot 41.5}\right)^2 - (7.53 \cdot 10^{-4} + 0.078)^2}$$

$$= 1.115 \cdot 10^{-3} \text{ Гн.}$$

Взаєміндукція

$$L_m = L_s - L_{1s} = 0.073 - 1.115 \cdot 10^{-3} = 0.072 \text{ Гн.}$$

Перераховуємо конструктивний коефіцієнт

$$c_1 = 1 + \frac{L_{1s}}{L_m} = 1 + \frac{1.115 \cdot 10^{-4}}{0.072} \approx 1.015.$$

Збіг прийнятого і розрахункового конструктивного коефіцієнта в припустимій похибці досягнуто.

У відповідності до характеристик обраного двигуна вибираємо датчик швидкості. Сучасні датчики швидкості – енкодери, які реалізовані на різних фізичних процесах. Виберемо інкрементальний енкодер ERN 120. Його характеристики: максимальна частота обертання енкодерів $D \geq 30$ мм (D - діаметр валу двигуна) 4000 об/хв, максимальна робоча температура 85°C, живлення від джерела постійної напруги 10-30 В, частота інкрементальних імпульсів на 1 оберт валу від 1000 до 5000 (синусоїдальні і прямокутні).

Загальний вигляд датчика приведений на рисунку 2.9

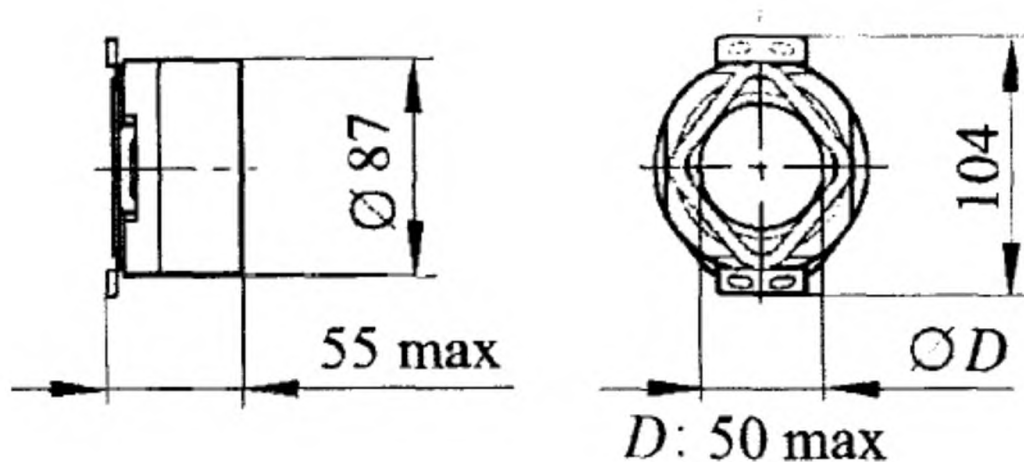


Рисунок 2.9 - Загальний вигляд датчиків серії ERN

Для перетворення цифрового сигналу в аналоговий використаємо цифро-аналоговий перетворювач ZU 252 фірми Motrona GmbH. Він перетворює імпульси в аналоговий сигнал напруги постійного струму з діапазоном ± 10 В, струму 0-20 мА або 4-20 мА для інтерфейсів RS232 і RS485.

2.4 Моделювання насоса та вибір датчика швидкості.

Для розв'язання задач автоматизації доцільно лінеаризувати схему насоса використовуючи подібність

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{\omega_1}{\omega_2};$$

$$\frac{H_1}{H_2} = \frac{\omega_1}{\omega_2}.$$

Нехай $Q_2 = Q_H$; $H_2 = H_H$; $\omega_2 = \omega_H$; $Q_1 = Q_*$; $H_1 = H_*$; $\omega_1 = \omega_*$, де Q_H, H_H, ω_H - номінальні параметри насосної установки, а Q_*, H_*, ω_* - поточні значення насосної установки.

Тоді рівняння приймає вигляд

$$\frac{H_*}{H_H} = \frac{\omega_*^2}{\omega_H^2}.$$

Виразимо значення напору і подачі через швидкість на валу двигуна

$$\frac{Q_*}{Q_H} = \frac{\omega_*}{\omega_H};$$

$$Q_* = \frac{Q_H}{\omega_H} \omega_* = k_1 \omega_*;$$

$$Q_* = \frac{H_H}{\omega_H^2} \omega_*^2 = k_2 \omega_*^2,$$

де k_1, k_2 - постійні величини.

Якщо не враховувати інерційність перетворювача частоти та електромагнітних ланцюгів двигуна, вважаючи, що вони на порядок нижче, ніж постійна часу технологічного об'єкта, а також зв'язок об'єкту та електроприводу через M_s , вважаючи, що жорсткість механічної характеристики двигуна достатньо велика, то структурну схему в випадку керування Я можливо лінеаризувати в околі номінальної точки и спростити до вигляду зображеного на рисунку 2.10.

З останнього рівняння маємо

$$k_2 = k_{\text{насоса}} = \frac{H_H}{\omega_H^2} = \frac{50}{307.876^2} = 0.0005.$$

Насос і гідравлічна мережа - інерційні ланки, що можуть бути представлені аперіодичними ланками першого порядку

$$W_{\text{нас}}(p) = \frac{k_{\text{нас}}(0)}{T_{\text{нас}}p + 1},$$

де $k_{\text{нас}}$ - коефіцієнт перетворення насоса;

$T_{\text{нас}}$ - стала часу насоса.

Значення $T_{\text{нас}}$ дуже мале, тому при синтезі системи допустимо знехтувати малою сталою часу і вважати насос без інерційною ланкою з передавальною функцією $W_{\text{нас}}(p) = k_{\text{нас}}$.

Модель насоса зображена на рисунку 2.10.

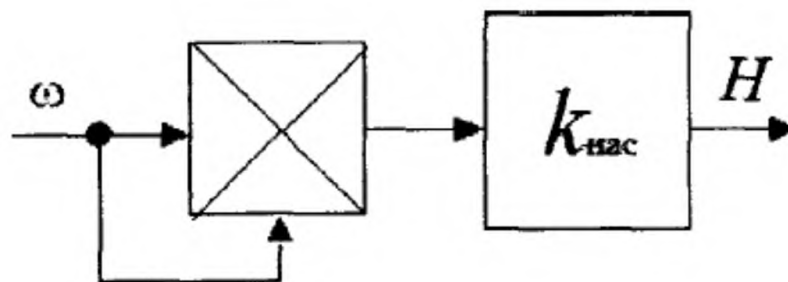


Рисунок 2.10 - Модель насоса

При виборі датчика тиску необхідно орієнтуватись на тиск в гідравлічній мережі, що створений насосним агрегатом. Оскільки в характеристиках насосу даний тільки номінальний напір, то потрібно перейти до тиску. Статичний тиск, що вимірюється, виражається рівнянням

$$H = \frac{P}{\rho \cdot g} + \Delta z,$$

при цьому різницею висот на вході і виході з насосу Δz можна знехтувати так, як ми вимірюємо надлишковий тиск на виході з насосу, ρ - густина рідини (для визначення напору насоса береться вода з густиною 1000 кг/м^3), g - прискорення вільного падіння, для спрощення розрахунків приймемо 10 м/с^2 .

Тоді тиск, що вимірюється буде

$$P = H_n \cdot \rho \cdot g = 50 \cdot 1000 \cdot 10 = 500 \text{ кПа.}$$

Для вимірювання тиску виберемо датчик компанії Emerson Process Management модель Метран-150 CGR4 з діапазоном вимірювання від $-97,85$ до 1600 кПа. Загальний вигляд датчика приведений на рисунку 2.11.

Датчики тиску серії Метран-150 призначені для роботи в системах автоматичного контролю, регулювання та керування технологічними процесами і забезпечують безперервне перетворення в уніфікований струмовий та/або цифровий на базі HART-протоколу вихідний сигнал.

Вимірювання середовища: рідини, пар, газ, у тому числі, газоподібний кисень і кисневмісні газові суміші.

Різьблення 1/4-18 на фланцях
для технологічного з'єднання
без монтажних фланців (код D9)

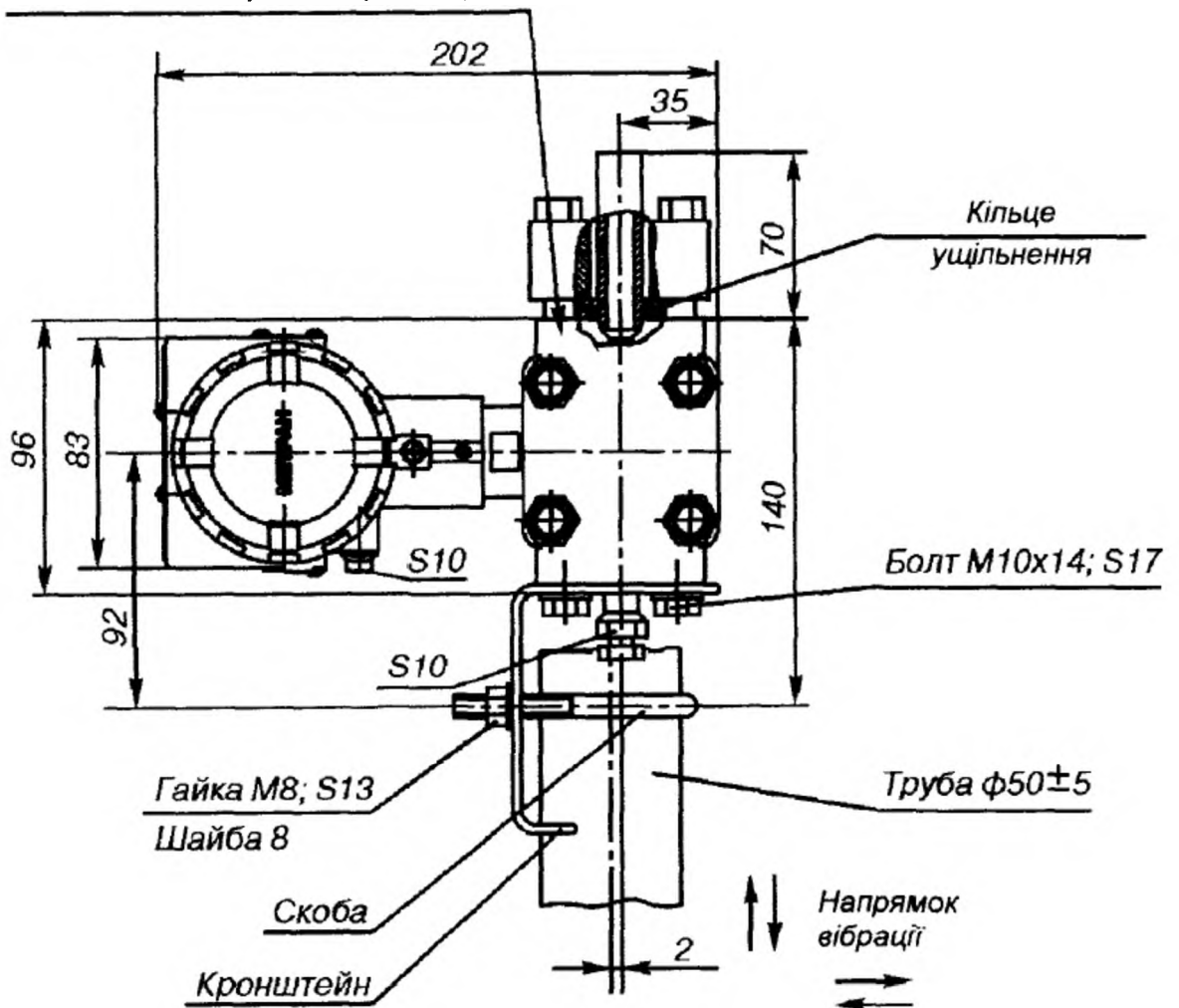


Рисунок 2.11 - Загальний вигляд датчиків Метран-150

Вихідні сигнали:

- аналоговий сигнал постійного струму 4-20 мА, 0-5мА, 0-20мА. Для датчиків виконання Ех - тільки 4-20 мА;

- аналоговий сигнал постійного струму 4-20 мА, з накладеним цифровим сигналом у стандарті HART.

Всі датчики серії Метран-150 виконуються вибухозахищеними.

2.5 Вибір перетворювача частоти

Вибір перетворювача частоти. За номінальними даними двигуна, виходячи з умови, що потужність перетворювача частоти (ПЧ) повинна дорівнювати або бути більше за потужність обраного асинхронного двигуна обираємо перетворювач частоти INVT GD200 моделі GD200-030G/037P-4, який має потужність до 30 кВт.

2.5.1 Структура перетворювача частоти.

Структуру перетворювача частоти (ПЧ) показано на рисунку 2.12, а опис зведено у таблицю 2.2.

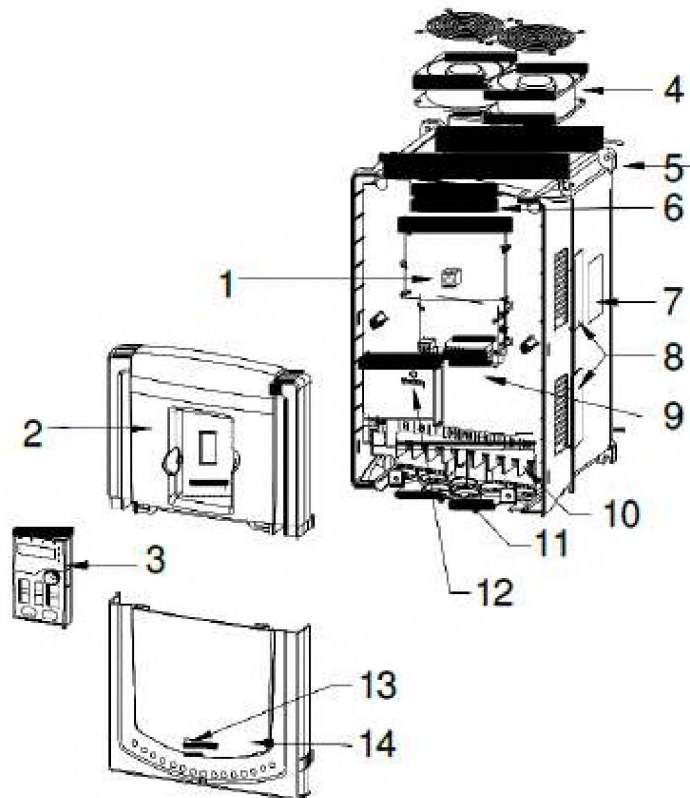


Рисунок 2.12 – Структура частотного перетворювача.

Таблиця 2.2 – Опис структури частотного перетворювача.

№	Опис
1	Роз'єм для панелі керування
2	Верхня кришка
3	Панель управління
4	Вентилятори охолодження
5	Отвори для монтажу
6	Кришка корпусу
7	Табличка ПЧ
8	Вентиляційні отвори
9	Додаткова плата
10	Силові клеми
11	Клеми заземлення
12	Індикатор увімкнення
13	Фірмовий знак
14	Верхня кришка

Робота блоку керування двигуном заснована на програмному забезпеченні мікропроцесора. Мікропроцесорне керування двигуном ґрунтується на інформації, одержуваної шляхом вимірювань, встановлених значень параметрів (налаштувань), з клем входів/виходів та панелі управління.

Блок керування двигуном видає команди на схему блоку керування двигуном, у якому, у свою чергу, формуються параметри комутації IGBT. Блоки керування затворами посилюють ці керуючі сигнали, забезпечуючи комутацію IGBT-інвертора. Панель керування перетворювача частоти є інструментом обміну інформацією між перетворювачем частоти та користувачем. За допомогою панелі управління встановлюються значення параметрів, зчитуються дані про поточний стан та подаються керуючі команди. Панель управління виконана знімною та за допомогою сполучного кабелю, може використовуватися як засіб дистанційного керування.

Замість панелі керування може використовуватися персональний комп'ютер, що підключається до перетворювача частоти за допомогою адаптера USB-RS-232/RS-485 (опція) та кабелю.

У перетворювачах частоти GD200 встановлені вбудовані EMC-фільтри класу С3, гальмівні переривники до потужності 30 кВт (включно), понад 30 кВт використовуються зовнішні гальмівні модулі (опція) типу RBU (блоки рекуперативного гальмування) або DBU (Блок динамічного гальмування) у комплекті з гальмівними резисторами.

Постійний момент = Перевантажувальна здатність – 150% від номінального струму протягом 1 хвилини, 180% від номінального струму протягом 10 секунд, 200% від номінального струму протягом 1 секунда.

Змінний момент = Перевантажувальна здатність – 120% від номінального струму протягом 1 хв.

Технічні характеристики частотного перетворювача зведено у таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 – Технічні характеристики частотного перетворювача.

	Функція	Специфікація
Вхідні дані	Вхідна напруга (В)	3 фази 400 ± 15%
	Вхідний струм (А)	Номінальне значення ПЧ
	Вхідна частота (Гц)	50 Гц або 60Гц Допустимо: 47~63 Гц
Вихідні дані	Вихідна напруга(В)	0~400 В
	Вихідний струм (А)	Номінальне значення ПЧ
	Вихідна потужність (кВт)	30
	Вихідна частота (Гц)	0~400 Гц
Функції керування	Режим керування	U/F
	Тип ел.двигуна	Асинхронний ел. двигун
	Коефіцієнт регулювання швидкості	Асинхронний ел. двигун 1:100
	Точність контролю швидкості	±0.2%

	Коливання швидкості	$\pm 0.3\%$
	Відгук при крутному моменті	< 20 мс
	Точність управління обертовим моментом	$\pm 10\%$
	Початковий крутний момент	0.25 Гц/150 %
	Перевантаження	G-тип 150% номінального струму: 1 хвилина 180% номінального струму: 10 секунд 200% номінального струму: 1 секунда P-тип 120% номінального струму: 1 хвилина
Функції керування	Способи завдання частоти	Цифрове/аналогове, з панелі керування, багатошвидкісне завдання, PLC, завдання PID, за протоколом MODBUS
	Авто-корекція напруги	Підтримка вихідної напруги на заданому рівні незалежно від коливань мережі живлення
	Захист від збоїв	Більш ніж 30 захисних функцій: надструм, перенапруги, зниженої напруги, перегрів, втрата фази та перевантаження, і т.д.
	Перезапуск із відстеженням швидкості обертання	Плавний запуск ел. двигуна з підхопленням швидкості
Зовнішні підключення	Граничний дозвіл аналогового входу	Не більше 20 мВ
	Час спрацювання дискретного входу	Не більше ніж 2 мс.
	Аналоговий вхід	1 канал (AI1) 0~10 В/0~20 мА 1 канал (AI2) 0~10 В/0~20 мА 1 канал (AI3) -10~+10 В

	Аналоговий вихід	2 канали (АО1, АО2) 0~10 В/0~20 мА
	Дискретний вхід	8 входів, максимальна частота: 1 кГц, внутрішній опір: 3.3 кОм; 1 високочастотний імпульсний вхід, максимальна частота: 50 кГц
	Дискретний вихід	1 високочастотний імпульсний вихід, максимальна частота: 50 кГц 1 вихід із відкритим колектором Y1
	Релейний вихід	2 програмованих виходу RO1A NO, RO1B NC, RO1C із загальною клемою RO2A NO, RO2B NC, RO2C із загальною клемою Комутаційне навантаження: 3А/АС 250 В; 1А/DC 30 В
Інші	Спосіб встановлення	Настінний, фланцевий, підлоговий монтаж
	Температура навколишнього середовища	-10~+50 0С, зниження потужності при T > +40 0С
	Середнє напрацювання на відмову	3 роки (при температурі доквілля +25С)
	Клас захисту	IP20
	Охолодження	Повітряне охолодження
	Вібрація	≤ 5,8 м/с ² (0,6 g)
	Модуль гальмування	Вбудований до 30 кВт, понад 30 кВт зовнішній
	ЕМС-фільтр	Вбудований фільтр С3: відповідно до вимог ІЕС61800-3 С3 Зовнішній фільтр: відповідно до вимог ЕС61800-3 С2

2.5.2 Схема підключення основних ланок.

Підключення основних ланцюгів перетворювача частоти наведено на рисунку 2.13.

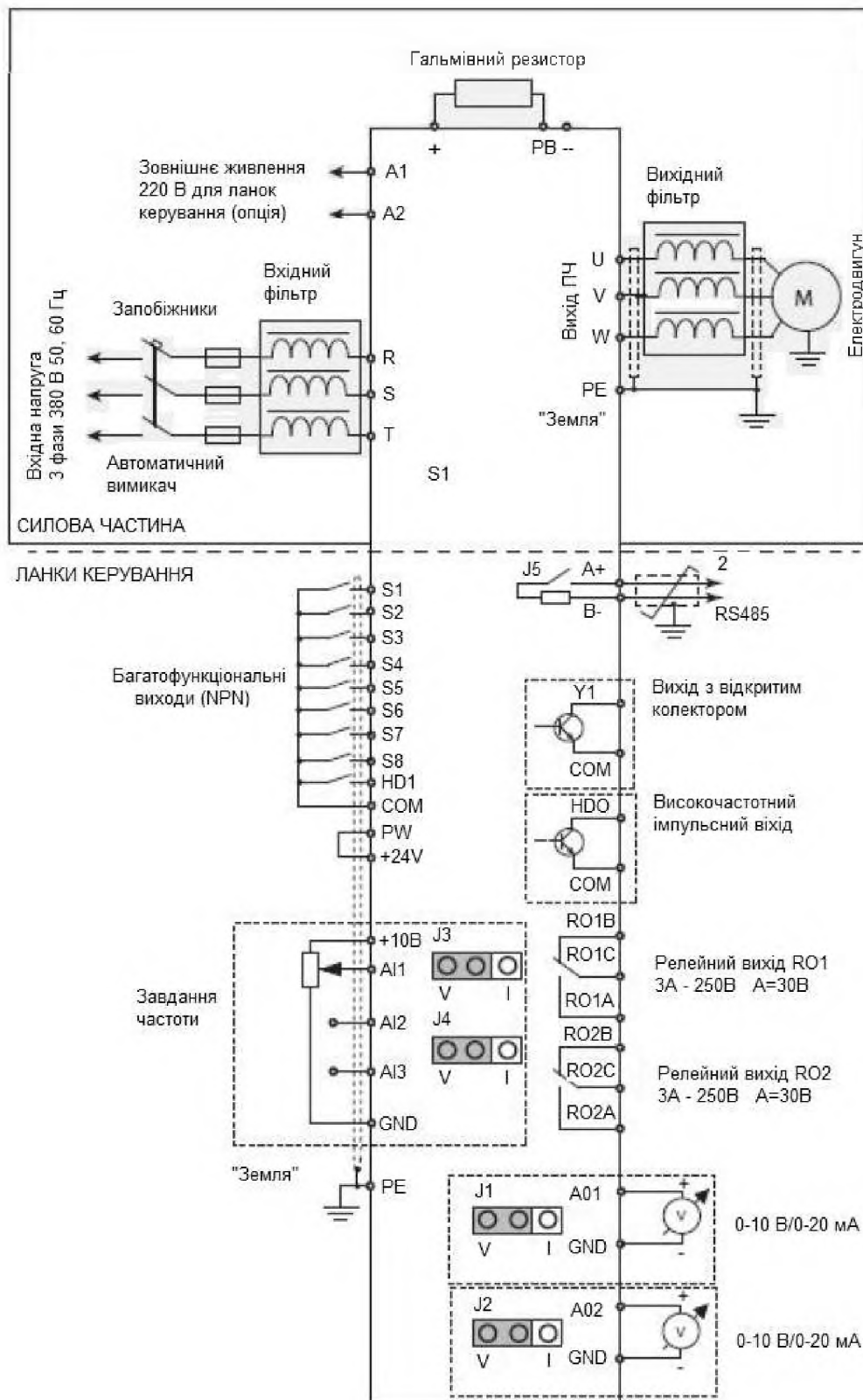


Рисунок 2.13 – Підключення основних ланок ПЧ.

Клеми силових ланок показано на рисунку 2.14, а опис зведено у таблицю 2.4.

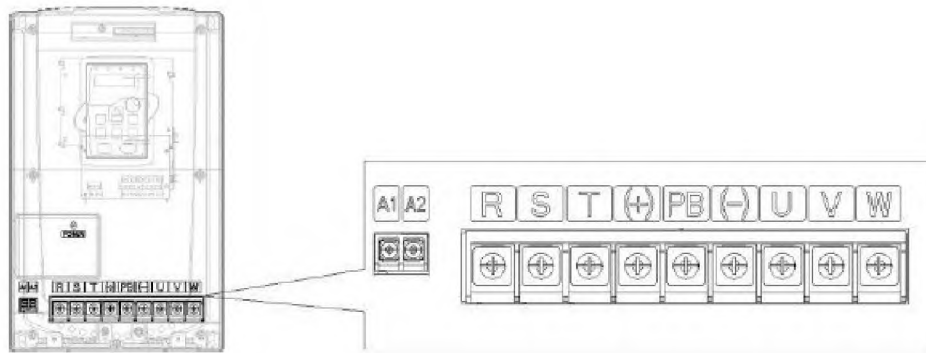


Рисунок 2.14 – Клеми силових ланок ПЧ.

Таблиця 2.4 – Опис силових клем.

Клема	Найменування клеми		Функція
	≤ 30 кВт	≥ 30 кВт	
R, S, T	Вхідна напруга живлення		Вхідні клеми 3-фазного змінного струму, підключені до джерела живлення ПЧ.
U, V, W	Вихід ПЧ		Вихідні клеми 3-фазного змінного струму, підключені до двигуна.
P1	Відсутнє	Клема 1 DC-дроселя	Клеми P1 та (+) для підключення DC – дроселя.
(+)	Клема 1 гальмівного резистора	Клема 2 DC- дроселя, клема 1тормозного модуля	Клеми (+) та (-) для підключення гальмівного модуля. Клеми PB та (+) для підключення гальмівного резистора.
(-)	/	Клема 2 гальмівного модуля	
PB	Клема 2 гальмівного резистор	Відсутнє	
PE	400 В: опір заземлення менше, ніж 10 Ом		Клеми захисного заземлення, ПЧ є 2 клеми PE в стандартній конфігурації. Ці клеми мають бути заземлені належним чином

A1 и A2	Клеми напруги живлення	Дод. обладнання (зовнішнє живлення 220 В для ланцюгів керування)
---------	------------------------	--

Схема підключення ланок керування показано на рисунку 2.15, а опис зведено у таблицю 2.5.

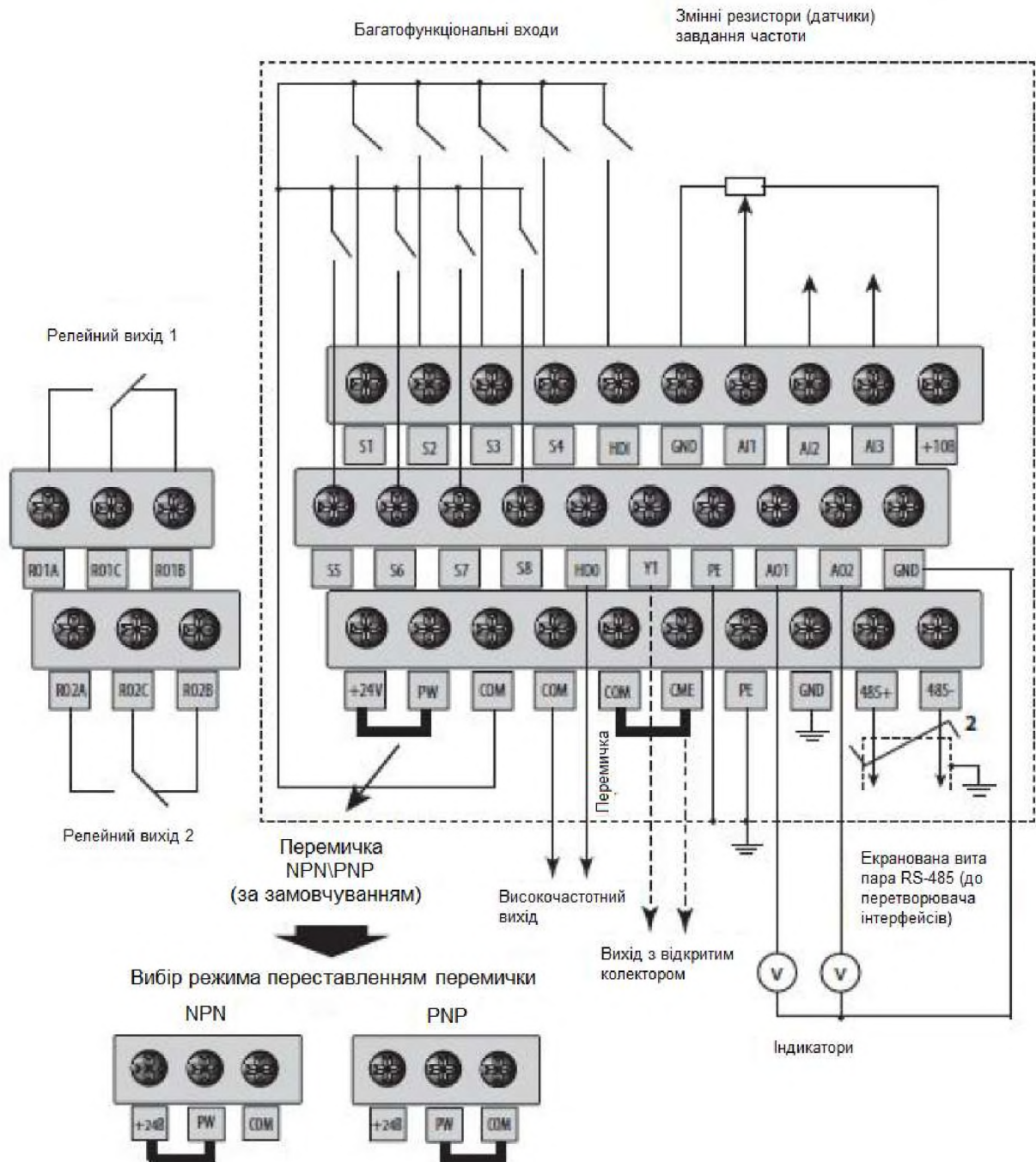


Рисунок 2.15 – Схема підключення ланок керування.

Таблиця 2.5 – Опис сигналів клем керування.

Значення	Сигнал	Технічні данні
PE	Заземлення ланцюгів управління	Клема заземлення ланцюгів управління PE
PW		Перемикач між зовнішнім та внутрішнім джерелом живлення. Діапазон напруги: 12~24 В
24V	Внутрішнє джерело живлення для зовнішніх ланцюгів	+24 В I _{max} = 200 мА
COM		Загальна клема для +24 В
CME		Загальна клема для виходу з відкритим колектором
S1	Дискретний вхід 1	1. Вхідний імпеданс: 3.3 кОм 2. Вхідна напруга 12~30 В 3. Двонаправлені клеми NPN або PNP 4. Максимальна частота: 1 кГц 5. Усі цифрові входи програмовані. Користувач може встановити функцію входу через коди функцій
S2	Дискретний вхід 2	
S3	Дискретний вхід 3	
S4	Дискретний вхід 4	
S5	Дискретний вхід 5	
S6	Дискретний вхід 6	
S7	Дискретний вхід 7	
S8	Дискретний вхід 8	
HDI	Високочастотний імпульсний вхід	Високочастотний вхід імпульсний. Максимальна вхідна частота: 50 кГц
+10V	Допоміжна напруга +10 В	
AI1	Аналоговий вхід AI1	1. AI1/AI2: 0~10 В/0~20 мА Діапазон AI/AI2 може бути обраний за допомогою J3, J4 AI3: -10 В~+10 В 2. Вхідний імпеданс: вхід за напругою: 20 кОм; Токовий вхід: 500 Ом 3. Роздільна здатність: мінімум 5 мВ, коли 10 В відповідає 50 Гц 4. Відхилення ±1%, 25°C
AI2	Аналоговий вхід AI2	
AI3	Аналоговий вхід AI3	

HDO	Високочастотний імпульсний вихід	1. Дискретний вихід: 200 мА/30В 2. Діапазон вихідної частоти: 0~50 кГц
GND	Загальний для +10 В	
Y1	Вихід із відкритим колектором	1. Комутаційне навантаження: 200 мА/30 В 2. Діапазон вихідної частоти: 0~1 кГц
AO1	Аналоговий вихід AO1	1. Діапазон виходу: 0~10 В або 0~20 мА 2. Залежить від вибору J1 чи J2
AO2	Аналоговий вихід AO2	
485+		Підключення кабелю RS485. Використовувати для підключення виту пару екрановану пару
485-		
RO1B	Релейний вихід 1	Комутаційна спроможність: 30 DC/1 А; ~250 В AC/3 А;
RO1C		
RO1A		
RO2B	Релейний вихід 2	Комутаційна спроможність: 30 DC/1 А; ~250 В AC/3 А;
RO2C		
RO2A		






2.5.3 Додаткове устаткування.

Нижче наводиться схема підключення (рисунок 216) та опис додаткового обладнання (таблиця 2.6).

Великий струм живлення може призвести до пошкодження компонентів ПЧ. Застосування АС реактора на вхідній стороні ПЧ дозволить запобігти впливу короточасних стрибків напруги живлення. АС реактор фільтрує як високочастотні перешкоди з боку мережі, і перешкоди з боку ПЧ.

Якщо відстань між ПЧ та двигуном більше 50 м, то може виникнути часті спрацьовування струмового захисту ПЧ через високі струми витоку на землю під впливом паразитарних ємностей від довгих кабелів Щоб уникнути пошкодження ізоляції двигуна з-за перенапруги на затискачах необхідно додати реактор для компенсації ємнісних струмів. Всі ПЧ вище 30 кВт

Таблиця 2.6 – Опис додаткового устаткування для ПЧ.

Рисунок	Найменування	Опис
	Кабелі	Пристрій для передачі електронних сигналів
	Автоматичний вимикач	Запобігає ураженню електричним струмом та забезпечує захист кабелів та ПЧ від перевантаження по струму у разі короткого замикання.
	Вхідний реактор	Ці пристрої використовуються для покращення коефіцієнта потужності ПЧ та контроль вищих гармонік струму.
	Вхідний фільтр	Контроль електромагнітних перешкод, створених ПЧ, будь ласка, встановіть поруч із вхідними клем ПЧ.
	DC-дросель	ПЧ потужністю від 30 кВт можуть оснащуватися DC-дроселем
	Гальмівний резистор	Зменшення часу гальмування DEC
	Вихідний фільтр	Контроль електромагнітних перешкод із боку виходу ПЧ, встановіть поряд із вихідними клем ПЧ.
	Вихідний реактор	Збільшує довжину кабелю від ПЧ до двигуна, зменшує кидки високої напруги високої напруги при перемиканні IGBT ПЧ.

SIN-фільтр згладжує високочастотні складові в кривій струму та напруги що виникають при широтно-імпульсній модуляції. Застосовуються при великих довжинах кабелів (понад 100 м).

ПЧ серії GD200 мають вбудований гальмівний переривник (до 30 кВт).

ПЧ без застосування додаткового гальмівного пристрою забезпечує гальмівний момент, що дорівнює 30% від номінального (гальмування постійним струмом, гальмування магнітним потоком).

Для забезпечення режиму гальмування з підвищеним гальмівним моментом (механізми з великим моментом інерції; технологічні процеси, що вимагають від обладнання високої динаміки та швидкого гальмування; приводу, під час роботи яких можливий перехід двигуна в генераторний режим) гальмівні пристрої.

Додатковий гальмівний пристрій складається з вбудованого гальмівного переривника (ТП) та зовнішнього гальмівного резистора. Доречно використовувати гальмівний резистор, коли двигун різко гальмує або керує високоінерційним навантаженням.

3 РОЗРАХУНКОВА ЧАСТИНА СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ

3.1 Керування електроприводами насосів при стабілізації напору.

Принцип скалярного керування частотно-регульованого асинхронного електропривода насосного агрегату базується на зміні частоти і поточних значень змінних модулів асинхронного двигуна (АД) (напруг, магнітних потоків, потокозчеплень і струмів електричних кіл двигуна). Керуваність АД при цьому може забезпечуватися сумісним регулюванням або частоти f_1 і напруги U_1 , або частоти f_1 і струму I_1 , обмотки статора. Перший спосіб керування прийнято називати частотним керуванням, другий - частотно-струмовим керуванням[3, 4].

Вибір способу і принципу керування визначається сукупністю статичних, динамічних і енергетичних вимог до асинхронного електроприводу.

Скалярний принцип частотного керування є найбільш поширеним в асинхронному електроприводі. Йому властива технічна простота вимірювання і регулювання змінних АД, а також можливість побудови розімкнених систем керування швидкістю.

Основний недолік подібного принципу керування полягає в важкості реалізації бажаних законів регулювання швидкості і моменту АД в динамічних режимах. Пов'язано це з складними електромагнітними процесами, що протікають у АД.

Скалярне частотно-струмове керування АД характеризується малим критичним ковзанням і постійністю критичного моменту при постійності струму, що живить АД, і зміні його частоти. Проте в розімкнених системах подібне керування практично виключено, оскільки із збільшенням навантаження (ковзання) різко падає магнітний потік АД і для забезпечення бажаних перевантажувальних характеристик АД по моменту необхідне помітне перевищення номінальних значень напруги живлення і струму статора.

Формування необхідних статичних і динамічних властивостей асинхронно-го частотно-регульованого електроприводу можливо лише в замкнутій системі регулювання його координат.

Збільшення діапазону регулювання за швидкістю АД можна отримати за рахунок введення в розглянуту систему керування від'ємного зворотного зв'язку за швидкістю. Функціональна схема системи керування приводом насоса при живленні від ПЧ як джерела напруги приведена на рисунок 3.1.

Тут канал від'ємного зворотного зв'язку за швидкістю включає датчик швидкості (тахогенератор, енкодер) як датчик зворотного зв'язку, вузол Σ_5 підсумовування напруги керування швидкістю АД u_{PT} і зворотного від'ємного зв'язку за швидкістю $u_{o.c}$, регулятор абсолютного ковзання А5, блок БО обмеження його вихідної напруги u_{PC} , а також вузол Σ_4 сумування напруги w_{PC} і результуючої напруги u_{PC} з виходу суматора Σ_1 .

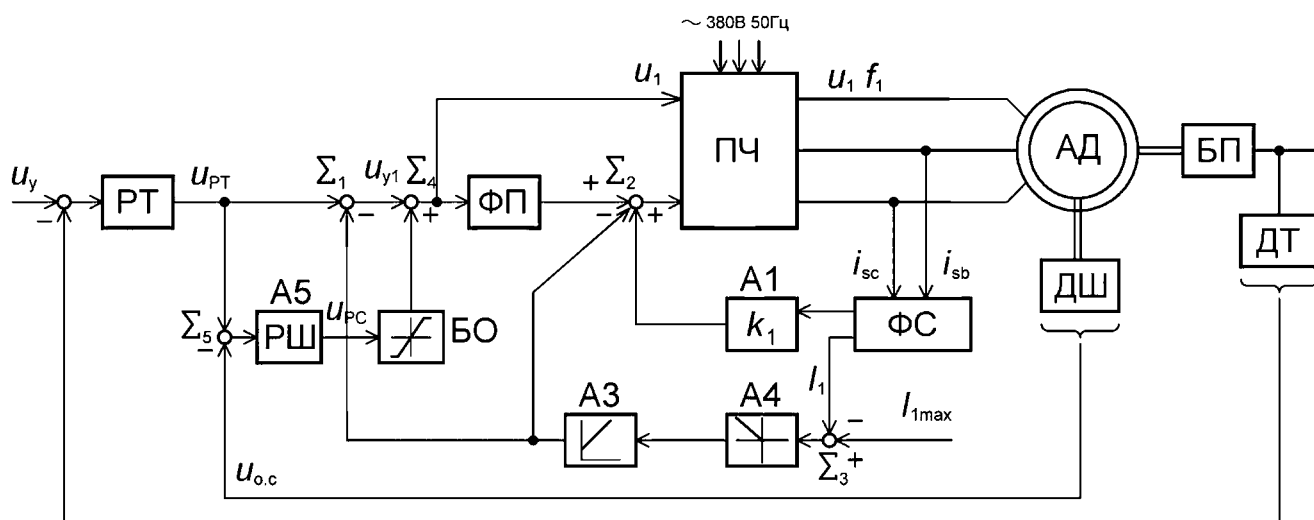


Рисунок 3.1 – Функціональна схема системи керування насосом зі зворотними зв'язками по тиску та швидкості.

По мірі збільшення навантаження на валу АД за рахунок зменшення швидкості АД і, як наслідок, сигналу $u_{o.c}$ збільшується сигнал розузгодження $\delta_s = u_{PT} - u_{o.c} \equiv \omega_{00} - \omega \equiv S_a$, пропорційний абсолютному ковзанню двигуна. Тут ω_{00} - задана швидкість ідеального холостого ходу АД, що відповідає початковому

сигналу керування що надходить із зовнішнього контуру регулювання тиску u_{PT} ; ω - реальна швидкість АД при заданому навантаженні на його валу. При $\delta_s \neq 0$ сигнал u_{pc} на виході регулятора ковзання, сумуючись з сигналом $u_{y1} = u_{PT}$ (при $I_1 < I_{1max}$), за рахунок інтегральної складової передавальної функції регулятора А5 забезпечує такий приріст сигналу керування u_f - перетворювачем частоти, при якому частота вихідної напруги ПЧ стає рівною $f_{10}(1 + S_a)$. Одночасно із зміною частоти за рахунок функціонального перетворювача ФП змінюється в порівнянні з початковою напругою U_{10} і вихідна напруга перетворювача U_1 . При цьому швидкість двигуна відновлюється до заданого значення ω_0 , тобто забезпечується абсолютна жорсткість механічної характеристики АД.

При перевищенні максимально допустимого струму статора АД ($I_1 < I_{1max}$ і, відповідно, $M > M_{max}$), регулятор ковзання має бути виключений з роботи, наприклад, шляхом обмеження його вихідного сигналу u_{pc} на рівні $u_{pc max}$. При цьому вступають в роботу від'ємні зворотні зв'язки по струму статора з регулятором А3, забезпечуючи за рахунок одночасного зменшення частоти і напругу статора АД до їх мінімальних значень f_{1min} і U_{1min} обмеження моменту АД при $\omega = 0$ на рівні M_{max} . Мінімальна синхронна швидкість двигуна $\omega_{0 min}$ буде відповідати значенням f_{1min} і U_{1min} .

Стійкість і динамічні показники якості регулювання швидкості АД визначаються вибором параметрів пропорційної і інтегральної складової передатних функцій регуляторів А5 і А3.

Канал регулювання тиску складається з датчика тиску та від'ємного зворотного зв'язку, що подає сигнал помилки і сумується з задаючим сигналом керування. Регулятор тиску РТ може мати різну структуру в залежності від того, яку передавальну функцію має блок перетворення БП (насос). Так, наприклад, струминний насос реалізується як підсилювальна ланка з коефіцієнтом передачі k , а доцентровий насос - має квадратичну залежність від частоти обертання $k_H \cdot \omega^2$, де k_H - деякий постійний коефіцієнт.

3.2 Розрахунок параметрів елементів структурної схеми

Основні параметри двигуна насоса наведено у таблиці 2.1.

Номінальна кутова швидкість АД, ω_H , с^{-1} ,

$$\omega_H = \frac{\pi n_H}{30},$$

$$\omega_H = \frac{3,14 \cdot 2940}{30} = 307,876 \text{ с}^{-1}.$$

Синхронна кутова швидкість ω_0 , с^{-1} ,

$$\omega_0 = \frac{2\pi f_{\text{мер}}}{p_{\text{п}}},$$

$$\omega_0 = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 50}{2} = 314,159 \text{ с}^{-1}.$$

Номінальне ковзання s_H

$$s_H = \frac{\omega_0 - \omega_H}{\omega_0},$$

$$s_H = \frac{3000 - 2940}{3000} = 0,02.$$

Критичне ковзання s_K

$$s_K = s_H (\lambda + \sqrt{\lambda^2 - 1}),$$

$$s_K = 0,02 \cdot (2,3 + \sqrt{2,3^2 - 1}) = 0,087425.$$

Кутова швидкість обертання магнітного поля АД при його номінальній частоті живлення $\omega_{0\text{ел.ном}}$, с^{-1} ,

$$\omega_{0\text{ел.ном}} = 2 \cdot \pi \cdot f_{\text{мер}},$$

$$\omega_{0\text{ел.ном}} = 2 \cdot 3,14 \cdot 50 = 314,159 \text{ с}^{-1}.$$

Критичний момент обертання електродвигуна $M_{\text{к}}$, Н·м,

$$M_{\text{к}} = \lambda \cdot M_{\text{н}},$$

$$M_{\text{к}} = 2,3 \cdot 71,76 = 164,36 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Модуль жорсткості лінеаризованої механічної характеристики β , Н·м·с,

$$\beta = \frac{2M_{\text{к}}}{\omega_0 \cdot s_{\text{к}}},$$

$$\beta = \frac{2 \cdot 164,36}{314,16 \cdot 0,087425} = 12,0 \text{ Н} \cdot \text{м} \cdot \text{с}.$$

Еквівалентна електромагнітна стала часу ланцюгів статора й ротора АД $T_{\text{е}}$,
с,

$$T_{\text{е}} = \frac{1}{\omega_{0\text{ел.ном}} \cdot s_{\text{к}}},$$

$$T_{\text{е}} = \frac{1}{314,159 \cdot 0,087425} = 0,0918 \text{ с}.$$

Електромеханічна стала часу $T_{\text{м}}$, с,

$$T_{\text{м}} = \frac{J_{\Sigma}}{\beta},$$

$$T_M = \frac{3,0}{12} = 0,25 \text{ с.}$$

Знаходимо коефіцієнт зворотного зв'язку $k_{\text{ДШ}}$

$$k_{\text{ДШ}} = \frac{U_{\text{ДШ}}}{\omega_H},$$

$$k_{\text{ДШ}} = \frac{10}{307,876} = 0,032 \text{ В}\cdot\text{с.}$$

Передатний коефіцієнт перетворювача $k_{\text{ПЧ}}$, 1/В·с,

$$k_{\text{ПЧ}} = \frac{\omega_o}{U_{\text{ДШ}}},$$

$$k_{\text{ПЧ}} = \frac{314,16}{10} = 31,416.$$

Числове значення сталої часу перетворювача частоти $T_{\text{ПЧ}}=0,00025 \text{ с.}$

Стала часу ланцюга ротора T_{02} ,

$$\frac{1}{T_{02}} = \frac{1}{2T_e} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{4T_e}{T_M}} \right),$$

$$T_{02} = \frac{1}{2 \cdot 0,0364} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{4 \cdot 0,0364}{0,25}} \right) = 0,2058 \text{ с}$$

Некомпенсована мала стала часу контуру швидкості T_μ , с,

$$T_\mu = T_{02} + T_{\text{ПЧ}},$$

$$T_{\mu}=0,00125+0,2058=0,0442 \text{ с.}$$

Стала часу ланцюга статора T_{01}

$$\frac{1}{T_{02}} = \frac{1}{2T_e} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{4T_e}{T_M}} \right),$$

$$T_{01} = \frac{1}{2 \cdot 0,0364} \left(1 + \sqrt{1 - \frac{4 \cdot 0,0364}{0,25}} \right) = 0,0442 \text{ с.}$$

Знайдемо сталу інтегрування регулятора швидкості T_{PII} , с,

$$T_{PII} = k_{ДШ} k_{ПЧ} \alpha_{\mu} T_{\mu}$$

$$T_{PII}=0,032 \cdot 31,416 \cdot 5 \cdot 0,20705=1,04 \text{ с.}$$

Коефіцієнт передачі пропорційної частини регулятора k_{PII} , с,

$$k_{PII} = \frac{T_{01}}{T_{PII}}$$

$$k_{PII} = \frac{0,0442}{1,04} = 0,042.$$

3.3 Моделювання насоса та вибір датчику тиску

Для розв'язання задач автоматизації доцільно лінеаризувати схему насоса використовуючи подібність

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{\omega_1}{\omega_2}$$

$$\frac{H_1}{H_2} = \frac{\omega_1^2}{\omega_2^2}$$

Нехай $Q_2 = Q_H$, $H_2 = H_H$, $\omega_2 = \omega_H$, $Q_1 = Q.$, $H_1 = H.$, $\omega_1 = \omega.$ - номінальні параметри насосної установки, де Q_H, H_H, ω_H - поточні значення насосної установки.

Тоді рівняння приймає вигляд

$$\frac{H.}{H_H} = \frac{\omega.^2}{\omega_H^2}$$

Виразимо значення напору і подачі через швидкість на валу двигуна

$$\frac{Q.}{Q_H} = \frac{\omega.}{\omega_H}$$

$$Q. = \frac{Q_H}{\omega_H} \omega. = k_1 \omega.$$

$$H. = \frac{Q_H}{\omega_H^2} \omega.^2 = k_2 \omega.^2$$

де k_1, k_2 - постійні величини.

Якщо не враховувати інерційність перетворювача частоти та електромагнітних ланцюгів двигуна, вважаючи, що вони на порядок нижче, ніж постійна часу технологічного об'єкта, а також зв'язок об'єкту та електроприводу через M_C , вважаючи, що жорсткість механічної характеристики двигуна достатньо велика, то

структурну схему в випадку керування H можливо лінеаризувати в колі номінальної точки и спростити

З останнього рівняння маємо

$$k_{\text{нас}} = \frac{H_H}{\omega_H^2}$$

$$k_{\text{нас}} = \frac{125}{311,541^2} = 0.01288$$

Насос і гідравлічна мережа - інерційні ланки, що можуть бути представлені аперіодичними ланками першого порядку

$$W_{\text{нас}}(p) = \frac{k_{\text{нас}}(\omega)}{T_{\text{нас}}p + 1}$$

де $k_{\text{нас}}$ - коефіцієнт перетворення насоса, $T_{\text{нас}}$ - стала часу насоса.

Значення $T_{\text{нас}}$ дуже мале, тому при синтезі системи допустимо знехтувати малою сталою часу і вважати насос без інерційною ланкою з передатною функцією

$$W_{\text{нас}}(p) = k_{\text{нас}}$$

Для первинних розрахунків приймаємо, що величина постійної часу регулятора тиску $T_{\text{рт1}}$ дорівнює величині постійної часу двигуна T_D , а величина $T_{\text{рт2}}$ має величину постійної часу $T_{\text{пч}}$. Коефіцієнт підсилення $k_{\text{рТ}}$ прирівнюємо до $k_{\text{рШ}}$.

Номінальному тиску відповідає напруга $U_{\text{дт}} = 10\text{В}$. Таким чином, вважаючи у сталому режимі похибку рівної нулю, маємо

$$k_{дг} = \frac{U_3}{H_H}$$

$$k_{дг} = \frac{U_3}{H_H} = \frac{10}{125} = 0.08$$

3.4 Побудова моделі та аналіз якості керування електропривода в MATLAB

На базі структурної схеми[3] (рисунок 3.2) за допомогою програми MATLAB виконано побудову моделі автоматизованого електропривода, яка показана на рисунку 3.3.

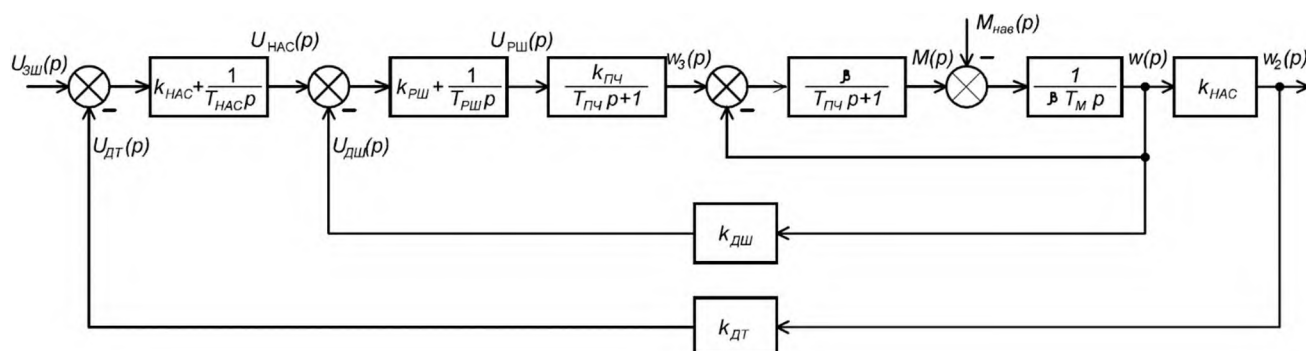


Рисунок 3.2 – Структурна схема привода насоса.

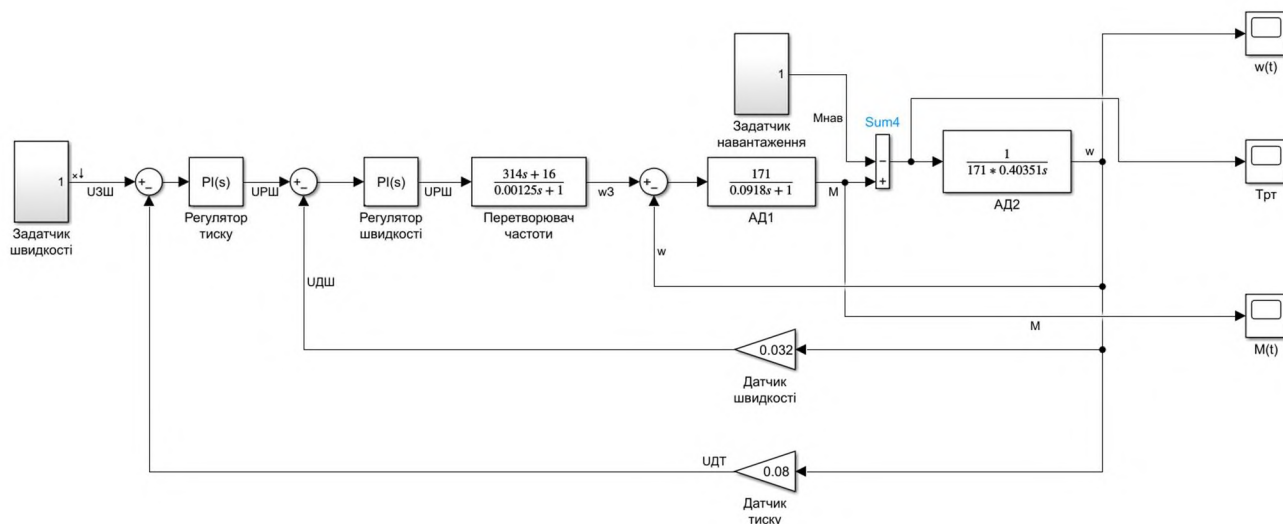


Рисунок 3.3 – Модель автоматизованого електропривода в MATLAB.

У результаті моделювання були отримані перехідні характеристики автоматизованого електропривода, які представлені на рисунках 3.3-3.5.

Для оцінки якості керування за рисунком 3.3 визначимо наступні показники якості:

час перехідного процесу $t_{\text{ПП}}=10,0$ с;

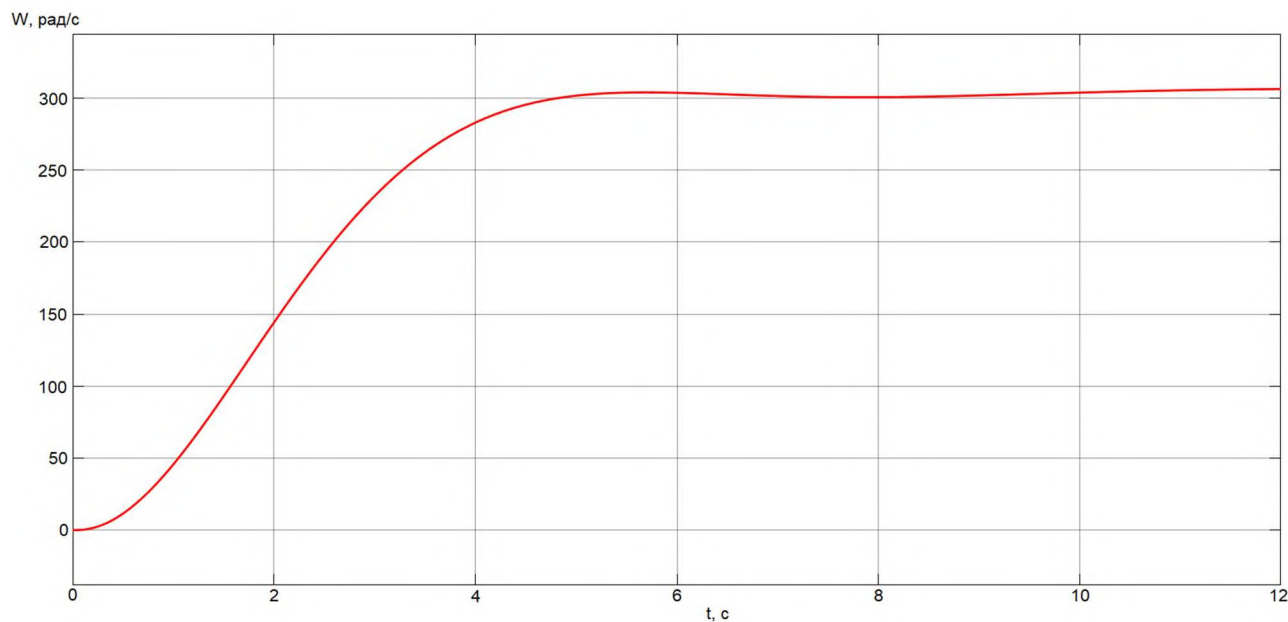


Рисунок 3.3 – Перехідна характеристика кутової швидкості електродвигуна

Графік перехідного процесу по напору, показаний на рисунку 3.4. При цьому враховується те, налаштування датчика тиску відповідають формулі $P_H = H_H \cdot \rho_{\text{рід}} \cdot g$, де $\rho_{\text{рід}}$ - густина рідини, що перекачується.

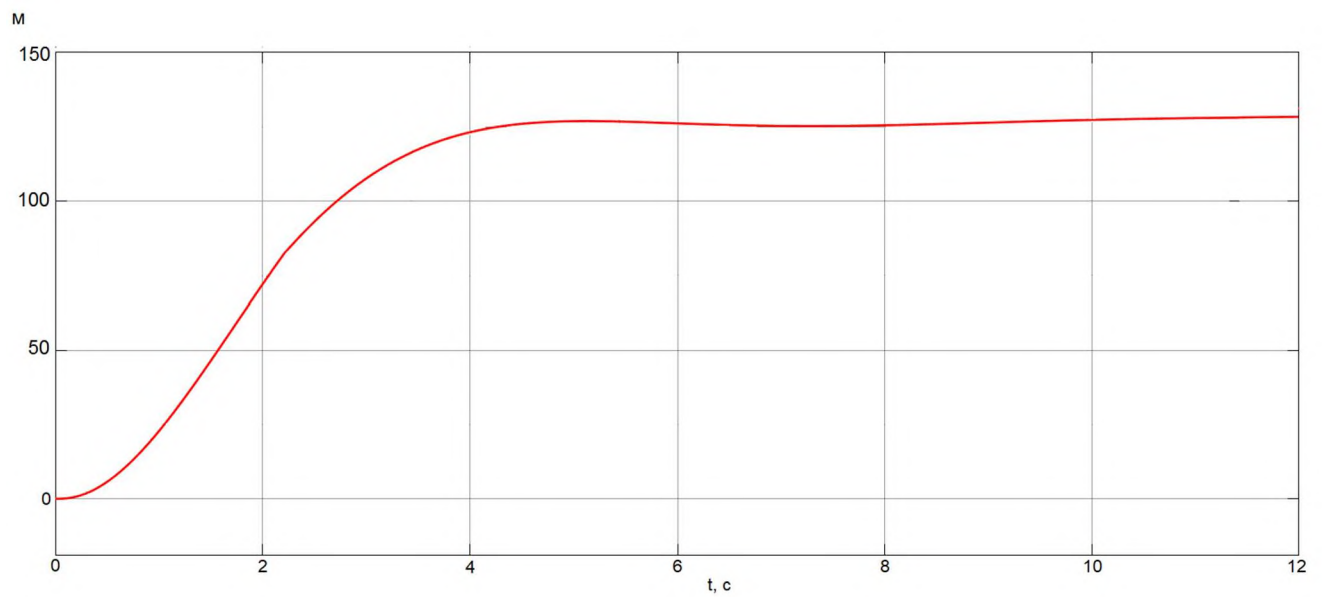


Рисунок 3.4 – Перехідна характеристика напору насоса

4. ДОДАТОК 1 ДО КОНВЕНЦІЇ МАРПОЛ 73/78. ПРАВИЛА ЗАПОБІГАННЯ ЗАБРУДНЕННЯ НАФТОЮ.

4.1 Правило 1.

Для цілей цього Додатка:

1. «Нафта» означає нафту[11] в будь-якому вигляді, включаючи сиру нафту, рідке паливо, нафтовмісні опади, нафтові залишки і очищені нафтопродукти (які не є нафтохімічними речовинами, які підпадають під дію положень Програми II до цієї Конвенції), а також включає, не обмежуючи загального характеру вищесказаного, речовини, перераховані в Додатку I до цього Додатка.

2. «нафтовмісні суміш» означає суміш з будь-яким вмістом нафти.

3. «Нафтове паливо» означає будь-яку нафту, яка використовується в якості палив для головних двигунів і допоміжних механізмів судна, на борту якого така суміш знаходиться.

4. «Нафтовий танкер" означає судно, побудоване або пристосоване головним чином для перевезення нафти наливом в своїх вантажних приміщеннях, і включає комбіновані вантажні судна і будь-який «танкер-хімовоз», визначення якого дано в Додатку II до цієї Конвенції, якщо він перевозить в якості вантажу або частини вантажу нафту наливом.

5. «Комбінована вантажне судно» означає судно, призначене для перевезення або нафти наливом, або твердих вантажів навалом.

6. «Нове судно» означає судно:

а) контракт на будівництво якого укладений після 31 грудня 1975 р .; або
б) киль якого закладений або яке знаходиться в аналогічній стадії будівництва після 30 червня 1976 р за відсутності контракту на його будівництво; або

с) поставка якого здійснюється після 31 грудня 1979 р .; або

д) яке піддалося значного переобладнання:

(I) за контрактом, укладеним після 31 грудня 1975 р .;або

II) будівельні роботи по якому розпочато після 30 червня 1976 р при відсутності контракту на переобладнання; або

III) яке закінчено після 31 грудня 1979 р

7. «Існуюче судно» означає судно, що не є новим судном.

8. а) «Значне переобладнання" означає таке переобладнання існуючого судна:

I) яке істотно змінює розмірено або вантажомісткість судна; або

II) яке змінює тип судна; або

III) мета якого, на думку Адміністрації, полягає в значне продовження терміну служби судна; або

IV) яке змінює судно іншим чином, але в такій мірі, що якби воно було новим судном, то підпадало б під дію відповідних положень цієї Конвенції, які не можна застосувати до нього як до існуючого судну.

б) Незважаючи на положення підпункту (а) цього пункту, переобладнання існуючого нафтового танкера дедвейтом 20000 т і більше, що виконується для того, щоб він задовольняв вимогам Правила 13 цього Додатка, не розглядається як значне для цілей цього Додатка.

с) Незважаючи на положення підпункту (а) цього пункту, переобладнання існуючого нафтового танкера відповідно до вимог правила 13F або 13G справжнього Додатка не вважається значним переобладнанням для цілей цього Додатка.

9. «Найближчий берег». Вираз «від найближчого берега» означає від вихідної лінії, від якої, згідно з міжнародним правом, відраховується територіальне море відповідної території, за винятком того, що для цілей цієї Конвенції вираз «Від найближчого берега» у північно-східного узбережжя Австралії

слід розуміти як від лінії, проведеної від точки на узбережжі Австралії

з координатами 11° південної широти і $142^{\circ}08'$ східної довготи до точки $10^{\circ}35'$ південної широти і $147^{\circ}55'$ східної довготи,
 потім до точки $10^{\circ}00'$ південної широти і $142^{\circ}00'$ східної довготи,
 потім до точки $9^{\circ}10'$ південної широти і $143^{\circ}52'$ східної довготи,
 потім до точки $9^{\circ}00'$ південної широти і $144^{\circ}30'$ східної довготи,
 потім до точки $13^{\circ}00'$ південної широти і $144^{\circ}00'$ східної довготи,
 потім до точки $15^{\circ}00'$ південної широти і $146^{\circ}00'$ східної довготи,
 потім до точки $18^{\circ}00'$ південної широти і $147^{\circ}00'$ східної довготи,
 потім до точки $21^{\circ}00'$ південної широти і $153^{\circ}00'$ східної довготи
 і далі до точки на узбережжі Австралії з координатами $24^{\circ}42'$ південної широти і $153^{\circ}15'$ східної довготи.

10. «Особливий район» означає морський район, де за визнаними причин, які належать до його океанографічним і екологічним умов та специфіки судноплавства, необхідне прийняття особливих обов'язкових методів запобігання забруднення моря нафтою. Особливими районами є райони, перераховані в правилі 10 цього Додатка.

11. «Миттєва інтенсивність скидання нафти» означає інтенсивність скидання нафти в літрах на годину в будь-який момент, поділену на швидкість судна в вузлах в той же момент.

12. «Танк» означає закрите приміщення, утворене постійними елементами конструкції судна і спроектоване для перевезення рідин наливом.

13. «Бортовий танк» означає будь-який танк, що примикає до бортової обшивці судна.

14. «Центральний танк» означає будь-який танк, розташований всередину судна від поздовжньої перебирання.

15. «Відстійні грязьовий танк» означає будь-який танк, спеціально призначений для збору залишків з танків, промивної води та інших нафтовмісних сумішей.

16. «Чистий баласт» означає баласт в танку, який після останньої перевезення в ньому нафти, був очищений таким чином, що стік з цього танка,

скинутий з нерухомого судна в чисту спокійну воду при ясній погоді, не викликає появи видимих слідів нафти на поверхні води або на прилеглому узбережжі або освіти нафтовмісних опадів або емульсії під поверхнею води або на прилеглому узбережжі. Якщо скидання баласту проводиться через схвалену Адміністрацією систему автоматичного виміру, реєстрації і управління скиданням нафти, то свідчення такої системи про те, що зміст нафти в стоків, що скидаються НЕ перевищує 15 мільйонних часток, приймаються як доказ чистоти баласту незалежно від наявності видимих слідів *.

17. «Ізольований баласт» означає водяний баласт, прийнятий в танк, який повністю відділений від нафтової вантажний і нафтової паливної систем і призначений тільки для перевезення баласту або баласту і вантажів, які не є нафтою або шкідливими речовинами, які визначені по-різному в Додатках до цієї Конвенції.

18. «Довжина» (L) означає довжину, рівну 96% повної довжини судна по ватерлінії, що проходить на висоті, відміряної від верхньої кромки кіля і рівною 85% найменшої теоретичної висоти борта, або довжину судна від носової кромки форштевня до осі баллера керма по тієї ж ватерлінії, якщо ця довжина більше. На судах, спроектованих з дифферентом, ватерлінія, по якій вимірюється довжина, повинна бути паралельна конструктивній ватерлінії. Довжина (L) вимірюється в метрах.

19. «Носовий і кормовий перпендикуляри» беруться на носовому і кормовому кінцях довжини (L). Носовий перпендикуляр проходить через точку перетину носової кромки форштевня з площиною ватерлінії, по якій вимірюється довжина.

20. «Мідель судна» знаходиться на середині довжини (L).

21. «Ширина» (B) для суден з металевою обшивкою корпусу означає найбільшу ширину судна, виміряну на міделі до теоретичних обводів шпангоутів, а для суден з обшивкою з будь-якого іншого матеріалу до зовнішньої поверхні обшивки корпусу. Ширина (B) вимірюється в метрах.

22. «Додавайте» (DW) означає різницю в тоннах між водотоннажністю судна в воді з питомою вагою 1,025 по вантажну ватерлінію, відповідну призначеному літньому надводному борту, і водотоннажністю судна порожньому.

23. «Водотоннажність судна порожньому» означає водотоннажність судна в тоннах без вантажу, палива, мастил, баластної води, прісної і котельно-живильної води в танках, видаткових матеріалів, продовольства, а також пасажирів і екіпажу та їх багажу.

24. «Проникність приміщення» означає відношення обсягу приміщення, який може бути заповнений водою, до повного об'єму даного приміщення.

25. «Обсяги» і «площі» на судні в усіх випадках розраховуються з теоретичних обводою.

26. Незважаючи на положення пункту 6 цього Правил, для цілей Правил 13, 13В, 13Е та пункту 4 Правил 18 цього Додатка «Новий нафтовий танкер» означає нафтовий танкер:

а) контракт на будівництво якого укладений після 1 червня 1979 роки; або

б) киль якого закладений або яке знаходиться в подібній стадії будівництва після 1 січня 1980 при відсутності контракту на його будівництво; або

с) поставка якого здійснюється після 1 червня 1982 роки; або

д) який підпав під значний переобладнання:

I) за контрактом укладеним після 1 червня 1979 роки; або

II) будівельні роботи за контрактом розпочато після 1 січня 1980 при відсутності контракту на переобладнання; або

III) яке закінчено після 1 червня 1982 року, за винятком того, що для нафтових танкерів дедвейтом 70000 т і більше, для цілей пункту 1 правила 13 цього Додатка, застосовується визначення, що міститься в пункті 6 цього правила.

27. Незважаючи на положення пункту 7 цього правила, для цілей правил 13, 13А, 13В, 13С, 13D і пунктів 5 і 6 (с) правила 18 цього Додатка «існуючий нафтовий танкер» означає нафтовий танкер, який не є новим нафтовим танкером, визначення якого дано в пункті 26 цього правила.

28. «Сира нафта» означає будь-яку рідку суміш вуглеводнів, яка зустрічається в природному вигляді в надрах землі і, незалежно від того, оброблена вона чи ні з метою полегшення її транспортування, включає:

- а) сиру нафту, з якої могли бути видалені деякі фракції перегонки;
- б) сиру нафту, в яку могли бути додані деякі фракції перегонки.

29. «Танкер для сирової нафти» означає нафтовий танкер, зайнятий в рейсі з перевезення сирової нафти.

30. «Нафтопродуктовоз» означає нафтовий танкер, зайнятий у рейсі з перевезення нафти, яка не є сировою нафтою.

4.2 Правило 2.

Застосування

1. Положення цього Додатка, якщо це не обумовлено інше, застосовуються до всіх суден.

2. До конструкції і експлуатації спеціально побудованих і використовуваних для перевезення нафти наливом вантажних приміщень, сумарна місткість яких становить 200 куб.м, і більш, судів, що не є нафтовими танкерами, але мають такі приміщення, також застосовуються вимоги правил 9, 10, 14, пунктів 1, 2 і 3 правила 15, правил 18, 20 та пункту 4 правила 24 цього Додатка для нафтових танкерів, за винятком того, що якщо сумарна місткість цих приміщень менше 1000 куб.м., то замість пунктів 1, 2 і 3 правила 15 може застосовуватися пункт 4 правила 15 цього Додатка.

3. Якщо вантаж, який підпадає під дію положень Програми II до цієї Конвенції, перевозиться у вантажному приміщенні нафтового танкера, то застосовуються також відповідні вимоги Додатка II до цієї Конвенції.

4. а) Будь-які судна на підводних крилах, повітряній подушці і інші суду нових типів (поверхні, підводні та т.д.), конструктивні особливості яких виключають можливість розумного і практично доцільного застосування до них будь-яких положень глав II і III цього Додатка, що стосуються конструкції і устаткування, можуть бути звільнені Адміністрацією від виконання цих положень, якщо Адміністрація, беручи до уваги призначення таких судів, вважає, що їх конструкція і обладнання забезпечують еквівалентний захист від забруднення нафтою.

б) Докладні відомості про будь-яке таке звільнення, представленому Адміністрацією, вказуються у Свідощві, згаданому в правилі 5 цього Додатка.

с) Адміністрація, яка дозволила будь-яка така звільнення, якомога швидше, але не пізніше ніж через дев'яносто днів, повідомляє Організації докладні дані і причини такого звільнення, які Організація поширює серед Сторін Конвенції з метою інформації та прийняття ними відповідних дій, якщо такі будуть потрібні.

4.3 Правило 3.

Еквіваленти

1. Адміністрація може дозволити застосування на судні будь-яких пристроїв, матеріалів, пристосувань, апаратів або приладів в Як альтернатива необхідним цим Додатком, якщо такі пристрої, матеріали, пристосування, апарати або пристрої є не менш ефективними, ніж вимагає цей Додатком. Такі повноваження Адміністрації не поширюються на методи експлуатації з метою здійснення управління скиданням нафти в якості еквівалентної заміни проектним і конструктивним заходів, передбачених Правилами цього Додатка.

2. Адміністрація, що дозволяє застосування пристроїв, матеріалів, пристосувань, апаратури або приладів в якості альтернативи необхідним цим Додатком, повідомляє докладні відомості про це Організації для поширення

серед інших Сторін Конвенції з метою інформації та прийняття ними відповідних дій, якщо такі будуть потрібні.

4.4 Правило 4.

Огляд і перевірки

1. Кожен нафтовий танкер валовою місткістю 150 рег.т і більше і будь-яке інше судно валовою місткістю 400 рег.т і більш підлягають перерахованим нижче оглядам:

а) початкового огляду перед введенням судна в експлуатацію або перед первинною вдачею свідоцтва, необхідного правилом 5 цього Додатка, яке включає повний огляд конструкції, устаткування, систем, пристроїв, пристосувань і матеріалів в обсязі вимог, пропонованих до судна цим Додатком. Це огляд проводиться, щоб упевнитися, що конструкція, устаткування, системи, пристрої, пристосування і матеріали повністю задовольняють застосовним до них вимогам цього Додатка.

б) періодичним оглядам через проміжки часу, встановлені Адміністрацією, але не перевищує п'яти років такими, щоб упевнитися, що конструкція, обладнання, системи, пристрої, пристосування і матеріали повністю задовольняють вимогам цього Додатка.

с) як мінімум одному проміжному огляду в протягом строку дії Свідоцтва, щоб упевнитися, що обладнання і пов'язані з ним насоси і системи трубопроводів, включаючи системи автоматичного виміру, реєстрації і управління скиданням нафти, системи миття сировою нафтою, обладнання для нафтоводяної сепарації і системи фільтрації нафти, повністю задовольняють застосовним до них вимогам цього Додатка і знаходяться в хорошому робочому стані. У тих випадках, коли проводиться тільки одне таке проміжне огляд протягом будь-якого терміну дії Свідоцтва, воно має проводитися не раніше шести місяців до і не пізніше шести місяців після дати, що відповідає

половині терміну дії Свідоцтва. Про такі проміжні посвідчення проводиться запис у Свідоцтві, виданому в Відповідно до правила 5 цього Додатка.

2. Адміністрація вживає належних заходів для забезпечення виконання на суднах, до яких не застосовуються положення пункту 1 цього правила, тих положень цього Додатка, які до них можуть застосовуватися.

3. а) Огляду судів на виконання положень цього Додатка здійснюються посадовими особами Адміністрації. Однак Адміністрація може доручити проведення оглядів призначеним для цієї мети інспекторам або визнаним нею організаціям. Адміністрація встановлює порядок проведення позапланових перевірок протягом терміну дії Свідоцтва. Такі перевірки повинні засвідчити, що судно і його обладнання в усіх відношеннях залишаються задовільними для тієї експлуатації, для якої судно призначене. ці перевірки можуть проводитися або власними інспекційними службами Адміністрації, або призначеними інспекторами, або призначеними організаціями, або іншими Сторонами на прохання Адміністрації. Якщо Адміністрація в Відповідно до положень пункту 1 цього Правилу вводить обов'язкові щорічні огляду, то вищезгадані позапланові перевірки не обов'язкові. Адміністрація, призначає інспекторів або визнає організації для проведення оглядів і перевірок, як це передбачено в підпункті (а) і (б) цього пункту, уповноважує будь-якого призначеного інспектора або визнану організацію як мінімум:

- і) вимагати ремонту судна; і
- і) виконувати огляд та інспекції на прохання відповідних органів влади держави порту.

Адміністрація повідомляє Організацію про конкретні обов'язки і умовах повноважень, наданих призначеним інспекторам або визнаним організаціям, для розсилки Сторонам цієї Конвенції з метою інформування їх посадових осіб. якщо призначений інспектор або визнана організація встановлює, що стан судна або його обладнання істотно не відповідає даним Свідоцтва або, що їх стан такий, що судно не придатне для виходу в море, не уявляючи надмірної загрози морському середовищу, то такий інспектор або така організація

негайно забезпечує вжиття заходів щодо усунення недоліків і належним чином повідомляє про це Адміністрацію. Якщо заходи по усунення недоліків не виконуються, то Свідоцтво вилучається і Адміністрація негайно повідомляється про цьому. Якщо ж судно знаходиться в порту іншої Сторони, то про це негайно повідомляються також відповідні влади держави порту. Якщо посадова особа Адміністрації, призначений інспектор або визнана організація повідомили компетентні власті держави порту, то уряд зацікавленого держави порту надає такому посадовій особі, інспектору або організації будь-яку необхідну допомогу у виконанні їх обов'язків відповідно до цього правила. Коли це може бути застосовано, уряд зацікавленого держави порту приймає заходи, що забезпечують, щоб судно не вийшло в плавання до тих пір, поки воно не зможе вийти в море або залишити порт для проходження на найближчу підходящу судноремонтну верф, не уявляючи надмірної загрози морському середовищу, в кожному випадку зацікавлена Адміністрація повністю гарантує повноту і ретельність огляду і забезпечує прийняття необхідних заходів для виконання цього зобов'язання.

4. а) Стан судна та його обладнання повинно підтримуватися відповідно до положень цієї Конвенції для забезпечення того, щоб судно залишалось у всіх відносинах підготовленим до виходу в море, не уявляючи надмірної загрози морському середовищі.

б) Після проведення будь-якого огляду судна згідно з пунктом 1 цього правила без санкції Адміністрації не допускається робити ніяких змін в конструкції, обладнанні, системах, пристроях, пристосуваннях або матеріалах, які зазнали огляду, за винятком прямої заміни такого обладнання і пристроїв.

с) Кожен раз, коли з судном відбувається аварія або на ньому виявився бракованим, яка істотно впливає на цілісність судна або на експлуатаційну придатність його обладнання, на яке поширюється Цей Додаток, капітан або власник судна при першій ж можливості повідомляє про це Адміністрації, визнаної організації або призначеного інспектора, відповідальним за видачу відповідного Свідоцтва, які доручають провести дослідження, щоб визначити,

чи є Чи необхідне огляд згідно з пунктом 1 цього Правила. Якщо судно знаходиться в порту іншої Сторони, то капітан або власник судна також негайно повідомляє про це відповідним властям держави порту, а призначений інспектор або визнана організація повинні переконатися, що таке повідомлення зроблено.

4.5 Правило 5.

Видача Свідоцтва

1. Міжнародне свідоцтво про запобігання забрудненню нафтою видається кожному нафтовому танкера валовою місткістю 150 рег.т і більш і будь-якого іншого судну валовою місткістю 400 рег.т і більш, яка вчиняє рейси в порти або до віддалених від берега терміналів, які знаходяться під юрисдикцією інших Сторін Конвенції, після огляду відповідно до положень правила 4 цього Додатка. До існуючих суден це вимога застосовується через дванадцять місяців після дати вступу в силу цієї Конвенції.

2. Така довідка видається Адміністрацією або особою чи організацією, належним чином нею уповноваженими. В кожному випадку Адміністрація несе повну відповідальність за свідоцтво.

4.6 Правило 6.

Видача Свідоцтва іншим урядом

1. Уряд Сторони Конвенції може на прохання Адміністрації прийняти до огляду судно і, впевнившись, що на судні виконані всі положення цього Додатка, видає або уповноважує видати судну Міжнародне свідоцтво про запобігання забрудненню нафтою відповідно до цим Додатком.

2. Копія Свідоцтва та копія акта про огляд передаються якомога швидше Адміністрації, на прохання якої здійснюється огляд.

3. Видане таким чином Свідоцтво містить запис про те, що воно видано на прохання Адміністрації, має таку ж силу і отримує таке ж визнання, як і Свідоцтво, видане відповідно з правилом 5 цього Додатка.

4. Міжнародне свідоцтво про запобігання забрудненню нафтою не видається судну, якому дано право плавання під прапором держави, яка не є Стороною Конвенції.

4.7 Правило 7.

Форма Свідоцтва

Міжнародне свідоцтво про запобігання забрудненню нафтою складається за формою, що відповідає зразку, наведеному в доповненні II до цього Додатка. якщо використовуваний мова не є англійською або французькою то текст свідоцтва повинен містити переклад на одну з цих мов.

4.8 Правило 8.

Термін дії Свідоцтва

1. Міжнародне свідоцтво про запобігання забрудненню нафтою видається на термін, встановлений Адміністрацією, але не перевищує п'яти років з дня його видачі, за умови, що для нафтового танкера, експлуатованого з виділеними танками чистого баласту протягом обмеженого терміну, встановленого в пункті 9 правила 13 цього Додатка, тривалість дії Свідоцтва не повинна перевищувати такого встановленого терміну.

2. Свідоцтво втрачає силу, якщо на судні без санкції Адміністрації зроблені суттєві зміни в конструкції, устаткуванні, системах, пристроях, пристосуваннях або матеріалах, за винятком заміни такого обладнання або пристроїв на такі ж; а також якщо не проведені проміжні огляду, встановлені Адміністрацією відповідно до пункту 1 (с) правила 4 цього Додатка.

3. Видане судну Свідоцтво також втрачає силу при передачі судна під прапор іншої держави. Нове свідоцтво видається йому лише тоді, коли уряд, котре видає нове Свідоцтво, переконається, що судно повністю відповідає вимогам пунктів

4 (a) і (b) правила 4 цього Додатка. У разі передачі судна між Сторонами, уряд країни, під прапором якої судну раніше було дано право плавання, якщо про це в перебігу трьох місяців з моменту передачі надійшов запит, має передати, якомога швидше, нової Адміністрації копію Свідоцтва, яке судно мало до його передачі, і якщо є, копію відповідного акта огляду.

4.9 Правило 8А.

Контроль держави порту за виконанням експлуатаційних вимог *

1. Судно, перебуваючи в порту або біля морського терміналу іншої Сторони, підлягає інспектуванню посадовими особами, належним чином уповноваженими цією Стороною, яка стосується виконання експлуатаційних вимог згідно з цим Додатком, якщо є явні підстави вважати, що капітан або екіпаж не знають найважливіших судових процедур, що відносяться до запобігання забрудненню нафтою, За обставин, наведених в пункті 1 цього правила, Сторона вживає заходів щодо забезпечення, щоб судно не відійшло до тих пір, поки стан справ не буде виправлено відповідно до вимог цього Додатку.

2. До цього Правила застосовується вказаний в статті 5 цієї Конвенції порядок проведення контролю державою порту.

3. Ніщо в цьому правилі не повинно тлумачитися як обмеження прав і обов'язків Сторони, яка здійснює контроль за виконанням експлуатаційних вимог спеціально передбачених в цій Конвенції.

4.10 Правило 9.

Обмеження скидання нафти 1. З урахуванням положень, передбачених правилами 10 і 11 цього Додатка та пунктом 2 цього Правила, забороняється будь-яке скидання в море нафти або нафтовмісних сумішей з судів, до які поширюється ця Додаток, за винятком випадків, коли дотримуються одночасно всі наступні умови:

а) з нафтового танкера, за винятком випадків, передбачених в підпункті (b) цього пункту:

(I) танкер знаходиться поза межами особливого району;

(II) танкер знаходиться на відстані більше 50 морських миль від найближчого берега;

(III) танкер знаходиться в дорозі;

(IV) миттєва інтенсивність скидання нафти не перевищує 30 літрів на морську милю;

(V) загальна кількість скинутої з існуючих танкерів в море нафти не перевищує 1/15000 загальної кількості даного виду вантажу, частиною якого є залишок, а з нових танкерів - 1/30000 загальної кількості даного виду вантажу, частиною якого є залишок;

(VI) на танкері знаходяться в дії система автоматичного виміру, реєстрації і управління скиданням нафти і відстійний танк, необхідний Правилем 15 цього Додатка;

б) з судна валовою місткістю 400 рег.т і більш, яка не є нафтовим танкером, а також з льял машинних приміщень нафтового танкера, за винятком льял відділення вантажних насосів, якщо тільки стоки машинних льял не змішано із залишками нафтового вантажу:

(I) судно знаходиться поза межами особливого району;

(II) судно знаходиться в дорозі;

(III) вміст нафти в стоці без його розведення не перевищує 15 частин на мільйон;

(IV) на судні знаходиться в дії устаткування необхідне правилом 16 цього Додатка.

2. Стосовно судна валовою місткістю менше 400 рег.т., що не є нафтовим танкером і плаваючого за межами особливого району, Адміністрація забезпечує, щоб воно було обладнано, наскільки це доцільно і практично можливо, пристроями для зберігання нафтових залишків на борту і їх скидання на приймальні споруди або в море відповідно до вимог пункту 1 (b) цього Правила.

3. У всіх випадках, коли в безпосередній близькості від судна або його кільватерної струменя на поверхні води або під нею виявлені видимі сліди нафти, уряду Сторін Конвенції в межах своїх можливостей невідкладно розслідують відносячись до даного випадку факти для встановлення, чи мало місце порушення положень цього правила або правила 10 цього Додатка. Розслідування, зокрема, має включати відомості про вітер і стан моря, про шляхи і швидкості судна, про інших можливі джерела появи поблизу судна видимих слідів нафти, а також про будь-яких записах, які стосуються скидання нафти.

4. Положення пункту 1 цього правила не застосовуються до скидання чистого і ізольованого баласту, а також до скидання необроблених нафтовмісних сумішей, нафтовмісту яких без розведення не перевищує 15 мільйонних часток, і які не скидаються з льял відділення вантажних насосів і не змішані з залишками нафтового вантажу.

5. Скидний в море стік не повинен містити хімічних або інших речовин, кількість або концентрація яких є небезпечними для морського середовища, а також хімічних або інших речовин, введених в стік з метою обійти умови скидання, встановлені в цьому правилі. 6. Нафтові залишки, які не можуть бути скинуті в море в Відповідно до пунктів 1, 2 і 4 цього правила, зберігаються на борту і скидаються на приймальні споруди.

7. У разі судна, згаданого в пункті 6 правила 16 цього Додатка, які не оснащеного устаткуванням, необхідним пунктами 1 або 2 правила 16 цього

Додатка, положення підпункту (б) пункту 1 цього правила не застосовуються до 6 липня 1998 року або до дати, на яку судно оснащено таким устаткуванням, в залежності від того, яка з них є більш ранньою. до цієї дати будь-яке скидання з льял машинних приміщень в море нафти або нафтовмісних сумішей з такого судна забороняється, за винятком випадків, коли дотримані всі наступні умови:

- а) містить нафту суміш не відбувається з льял відділення вантажних насосів;
- б) містить нафту суміш не змішана з залишками нафтового вантажу;
- с) судно знаходиться за межами особливого району;
- д) судно знаходиться на відстані більше 12 морських миль від берега;
- е) судно знаходиться в дорозі;
- ф) вміст нафти в стоці становить менше 100 частин на мільйон; і
- г) на судні знаходиться в дії устаткування для сепарації нафтоводяної сумішей, конструкція якого схвалена Адміністрацією з урахуванням технічних вимог, рекомендованих Організацією.

4.11 Правило 10.

Методи запобігання забруднення нафтою з судів при плаванні в особливих районах 1. Для цілей цього Додатка особливими районами є район Середземного моря, район Балтійського моря, район Чорного моря, район Червоного моря, "Район заток», район Аденської затоки, район Антарктики і Північно-Західні Європейські води, які визначені в такий спосіб:

- а) район Середземного моря означає власне Середземне море з розташованими в ньому затоками і морями, обмежений з боку Чорного моря паралеллю 4 Г з північної широти, а на заході - меридіаном 5 ° 36 'західної довготи, перетинають Гібралтарську протоку;

b) район Балтійського моря означає власне Балтійське море з Ботническим і Фінською затоками і з проходом в Балтійське море, обмежений паралеллю $57^{\circ} 44,8'$ північної широти біля мису Скаген в протоці Скагеррак;

c) район Чорного моря означає власне Чорне море, обмежене з боку Середземного моря паралеллю 41° північної широти;

d) район Червоного моря означає власне Червоне море з Суецьким і Акабським затоками, обмежений з півдня прямий лінією, що проходить між Рас-сі-Ан ($12^{\circ} 28,5'$ північної широти, $4349,6'$ східної довготи) і хусн-Мурад ($12^{\circ} 40,4'$ північної широти, $43^{\circ} 30,2'$ східної довготи);

e) «Район заток» означає морський район, розташований до північний захід від прямої лінії, що проходить між Рас-Ель-Хадда ($22^{\circ} 30'$ північної широти, $59^{\circ} 48'$ східної довготи) і Рас-Ель-Фастів ($25^{\circ} 04'$ північної широти, $6^{\circ} 25'$ східної довготи).

Про Аденську затоку означає частину Аденської затоки між Червоним морем і Аравійським морем, обмежену із заходу прямий лінією, що проходить між Рас-сі-Ан ($12^{\circ} 28,5'$ північної широти, $43^{\circ} 19,6'$ східної довготи) і хусн-Мурад ($12^{\circ} 40,4'$ північної широти, $43^{\circ} 30,2'$ східної довготи), і зі сходу прямою лінією, що проходить між Рас-Асир ($1^{\circ} 50'$ північної широти, $51^{\circ} 16,9'$ східної довготи) і Рас-Фартак ($15^{\circ} 35'$ північної широти, $52^{\circ} 13,8'$ східної довготи).

g) «район Антарктики» означає морський район на південь від 60° південної широти. (H) Північно-Західні Європейські води включають Північне море і підходи до нього, Ірландське море і підходи до нього, Кельтське море, Англійський канал і підходи до нього і частина Північно-Східної Атлантики безпосередньо на захід від Ірландії. Цей район обмежений лініями проходять через такі точки:

I) $48^{\circ} 27'N$ на французькому березі

II) $48^{\circ} 27'N$; $6^{\circ} 25'W$

III) $49^{\circ} 05,2'N$; $7^{\circ} 44'W$

IV) $50^{\circ} 30'N$; $12^{\circ} W$

V) $56^{\circ} 30'N$; $12^{\circ} E$

VI) 62 ° N; 3CW

VII) 62eN на норвезькому березі

VIII) 57 ° 44,8'N на датському і шведському берегах

2. З урахуванням положень Правила 11 цього Додатка:

а) в особливому районі забороняється будь-яке скидання в море нафти абоваловою місткістю 400 рег.т і більш, яка не є нафтовим танкером. Відносно району Антарктики будь скидання в море нафти або містить нафту суміші з будь-якого судна забороняється; Б) в особливому районі забороняється будь-яке скидання в море нафти або нефтесодержащей суміші з судна валовою місткістю менше 400 рег.т, яка не є нафтовим танкером, виключаючи випадки, коли вміст нафти в стоці без його розведення не перевищує 15 мільйонних часток.

3. а) Положення пункту 2 цього правила не застосовуються до скидання чистого і ізольованого баласту. Положення підпункту 2 (а) цього правила не застосовуються до скидання оброблених лляльних вод з машинних приміщень за умови, що одночасно дотримуються всі такі умови:

I) джерелом лляльних вод не є льяла відділення вантажних насосів;

II) льяльні води не змішані з залишками нафтового вантажу;

III) судно знаходиться в русі;

IV) вміст нафти в стоці без розведення не перевищує 15 мільйонних часток;

V) на судні знаходиться в дії устаткування для фільтрації нафти, що задовольняє пункту 5 правила 16 цього додатки; і

VI) система фільтрації обладнана пристроєм, що забезпечує автоматичне припинення скидання, коли вміст нафти в стоці перевищує 15 мільйонних часток.

4. а) Скидний в море стік не повинен містити хімічних чи інших речовин, кількість або концентрація яких є небезпечними для морського середовища, а

також хімічних чи інших речовин, введених з метою обійти умови скидання, встановлені в цьому правилі.

б) Нафтові залишки, які не можуть бути скинуті в море відповідно до пунктів 2 або 3 цього правила, зберігаються на борту або скидаються на приймальні споруди.

5. Ніщо в цьому правилі не забороняє судну, лише частина шляху якого проходить по особливому району, проводити за межами особливого району скидання відповідно до правила 9 цього Додатка.

6. У всіх випадках, коли в безпосередній близькості від судна або його кільватерной струменя на поверхні води або під нею виявлені видимі сліди нафти, уряду Сторін Конвенції в межах своїх можливостей невідкладно розслідують пов'язані до даного випадку факти для встановлення, чи мало місце порушення положень цього правила або правила 9 цього Додатка. Розслідування, зокрема, має включати відомості про вітер і стан моря, про шляхи і швидкості судна, про інших можливих джерелах появи поблизу судна видимих слідів нафти, а також про будь-яких записах, які стосуються скидання нафти.

7. Приймальні споруди в особливих районах:

а) райони Середземного, Чорного і Балтійського морів:

1) уряд кожної Сторони Конвенції, берегова лінія якої прилягає до одного з цих районів, зобов'язується забезпечити, щоб не пізніше 1 січня 1977 року у всіх нафтоналивних терміналах і ремонтних портах, знаходяться в межах особливого району, були передбачені споруди, достатні для прийому і обробки всього брудного баласту і промивної води з танків нафтових танкерів. Крім того, у всіх портах в межах особливого району передбачаються прийомні споруди, достатні для прийому від всіх судів інших залишків і нафтовмісних сумішей. такі споруди повинні мати пропускну спроможність достатню для задоволення потреб користуються ними судів і не приводить до їх надмірного простою;

II) уряд кожної Сторони Конвенції, яка має юрисдикцією над входами в морські шляхи з невеликими глибинами, які можуть зажадати зменшення опаді судна шляхом зливу баласту, зобов'язуються передбачити споруди, згадані в підпункті (а) (і) даного пункту, із застереженням, що суду, яким необхідно здати нафтові залишки або брудний баласт, можуть зазнати деяку затримку;

III) в період між вступом в силу цієї Конвенції (Якщо це станеться раніше 1 січня 1977 г.) і 1 січня 1977 р суду при плаванні в особливих районах виконують вимоги Правила 9 цього Додатка. Однак уряди Сторін Конвенції, берегова лінія яких прилягає до якого-небудь особливому району, згаданому в цьому підпункті, можуть встановити дату, попередню 1 січня 1977 року, але наступну за датою вступу в силу цієї Конвенції, починаючи з якої вимоги цього правила щодо згаданих районів вступають в дію, якщо:

1) до встановленої дати будуть передбачені всі необхідні приймальні споруди;

2) зацікавлені Сторони повідомляє Організацію про встановлену дату не менше ніж за шість місяців до її настання для сповіщення інших Сторін;

(IV) починаючи з 1 січня 1977 року або попередньої 1 січня 1977 р дати, встановленої у відповідності до підпункту (А) (III) даного пункту, кожна Сторона повідомляє Організацію для сповіщення зацікавлених Договірних урядів про всіх передбачуваних випадках невідповідності споруд встановленим вимогам;

b) район Червоного моря, "Район заток», район Аденської затоки і Північно-Західні Європейські води:

I) Уряд кожної Сторони, берегова лінія якої прилягає до цих особливих районів, зобов'язується забезпечити, щоб у всіх нафтоналивних терміналах і портах ремонту судів, розташованих в цих особливих районах, як можна скоріше були передбачені споруди, достатні для прийому і обробки всього брудного баласту і промивної води з танків танкерів. Крім того, у всіх портах в межах особливого району передбачаються прийомні споруди, достатні для

прийому від всіх судів інших залишків і нафтовмісних сумішей. такі споруди повинні мати пропускну здатність, достатню для задоволення потреб користуються ними судів і що не приводять до їх надмірного простою.

II) уряд кожної Сторони Конвенції, яка має юрисдикцією над входами в морські шляхи з невеликими глибинами, які можуть зажадати зменшення опаді судна шляхом зливу баласту, зобов'язується забезпечити спорудження, згадані в підпункті (b) (i) даного пункту, із застереженням, що суду, яким необхідно здати нафтові залишки або брудний баласт, можуть зазнати деяку затримку;

(III) кожна зацікавлена Сторона повідомляє Організацію про заходи, вжиті на виконання положень підпунктів (B) (i) та (b) (II) цього пункту. Після отримання достатнього числа повідомлень Організація встановлює дату, починаючи з якої вимоги цього правила вступають в дію по відношенню до даного особливого району. Організація повідомляє всі Сторони про такий дати не менш ніж за дванадцять місяців до її настання;

(IV) в період між вступом в силу цієї Конвенції і такою датою суду, перебуваючи в особливих районах, виконують вимоги правила 9 цього Додатка;

(V) після такої дати нафтові танкери, які вантажаться в портах тих особливих районів, де ще поки відсутні такі приймальні споруди, також повністю виконують вимоги цього правила. Однак нафтові танкери, заходять в такі особливі райони з метою завантаження, повинні зробити все можливе, щоб входити в район, маючи на борту тільки чистий баласт;

(VI) після дати, починаючи з якої вступають в дію вимоги щодо особливого району, кожна Сторона повідомляє Організацію для сповіщення зацікавлених Сторін про всі випадки передбачуваного невідповідності споруд встановленим вимогам;

(VII) щонайменше ті приймальні споруди, які передбачені правилом 12 цього Додатка, повинні бути забезпечені станом на 1 січня 1977 року або через

рік після вступу в силу цієї Конвенції залежно від того, яка дата настане пізніше.

8. Незважаючи на пункт 7 цього правила, до району Антарктики застосовуються такі правила:

а) уряд кожної Сторони Конвенції, з портів якої судна відправляються додому в рейс в район Антарктики чи в порти якої суду прибувають з району Антарктики, зобов'язується забезпечити, як тільки це буде практично можливо, надання відповідних споруд для прийому всіх нафтовмісних опадів, брудного баласту, промисел вочной води з танків, а також інших нафтовмісних залишків і сумішей для задоволення потреб користуються ними судів і не приводячи до їх надмірного простою;

б) уряд кожної Сторони Конвенції забезпечує, щоб всі судна, які мають право плавання під її прапором, до входу в район Антарктики були обладнані танком або танками достатньої місткості для збереження всіх нафтовмісних опадів, брудного баласту, промивальної води з танків, а також інших нафтовмісних залишків і сумішей при плаванні в цьому районі і мали домовленості про здачу таких нафтовмісних залишків на приймальне спорудження після виходу з цього району.

4.12 Правило 11.

Винятки

Правила 9 та 10 цього Додатка не застосовуються:

а) до скидання в море нафти або містить нафту суміші з метою забезпечення безпеки судна або рятування людського життя на морі; або

б) до скидання в море нафти або містить нафту суміші в результаті пошкодження судна або його обладнання:

1) за умови, що після отримання пошкодження або виявлення скидання були прийняті всі розумні запобіжні заходи для запобігання або зведення до мінімуму такого скидання;

П) за винятком випадків, коли судновласник або капітан діяли або з наміром заподіяти ушкодження судну, або безвідповідально і розуміючи, що це може привести до пошкодження; або

с) до скидання в море речовин, що містять нафту і схвалених Адміністрацією, які використовуються для боротьби з особливими випадками забруднення моря з метою зведення до мінімуму збитку від забруднення. Будь-подібний скидання підлягає схваленню всяким урядом, в чийй юрисдикції знаходиться район, в якому передбачається здійснити таке скидання.

4.13 Правило 12

Приймальні споруди

1. З урахуванням положень правила 10 цього Додатка, на нафтоналивних терміналах, в портах ремонту судів та інших портах, в яких суду повинні здавати нафтові залишки, уряд кожної Сторони зобов'язується передбачити споруди для прийому таких залишків і нафтовмісних сумішей, що залишаються на нафтових танкерах і інших судах, достатні для задоволення потреб користуються ними судів, не приводячи до надмірного простою цих судів.

2. Прийомні споруди відповідно до пункту 1 цього правила передбачаються:

а) у всіх портах і на терміналах, де проводиться завантаження сирової нафти на нафтові танкери і куди такі танкери прибувають, зробивши безпосередньо перед прибуттям балобласними рейс тривалістю не більше ніж 72 години або не більше, ніж 1200 морських миль;

б) в усіх портах і на терміналах, де проводиться завантаження нафти, що не є сировою нафтою, в кількості, що перевищує в середньому 1000 метричних тонн на добу;

с) в усіх портах, що мають судноремонтні верфі або споруди для очищення танків;

d) у всіх портах і на терміналах, що обробляють судна, обладнані необхідними правилом 17 цього Додатка танками для нафтовмісних опадів;

e) у всіх портах для прийому нафтовмісних лляльних вод і інших залишків, які не можуть бути скинуті відповідно з правилом 9 цього Додатка;

Про у всіх портах вантаження масових вантажів для прийому від комбінованих вантажних суден нафтових залишків, які не можуть бути скинуті відповідно до правила 9 цього Додатка.

3. Пропускна здатність приймальних споруд повинна бути наступною:

a) термінали для навантаження сирової нафти забезпечуються прийомними спорудами, достатніми для прийому нафти і нафтовмісних сумішей, які не можуть бути скинуті в Відповідно до положень підпункту 1 (a) правила 9 цього Додатка, з усіх нафтових танкерів, які вчинили рейси, згадані в підпункті 2 (a) цього Правила;

b) порти і термінали навантаження, згадані в підпункті 2 (b) цього Правила, забезпечуються прийомними спорудами, достатніми для прийому нафти і нафто утримуючих сумішей, які не можуть бути скинуті відповідно до положеннями підпункту 1 (a) правила 9 цього Додатка, з нафтових танкерів, що приймають наливом вантаж нафти, що не є сировою нафтою;

c) всі порти, які мають судноремонтні верфі або споруди для очищення танків, забезпечуються прийомними спорудами, достатніми для прийому всіх залишків, збережених на борту судна відповідно до правила 17 цього Додатка, з усіх судів, захід яких обґрунтовано очікується в ці порти і на термінали;

d) всі споруди, якими відповідно до підпункту 2 (d) цього Правила забезпечуються порти і термінали, повинні бути достатніми для прийому всіх залишків, збережених на борту відповідно до правилом 17 цього Додатка, від всіх судів, які за обґрунтованими розрахунками можуть прибути в такі порти і до таких терміналів;

e) всі споруди, якими відповідно до цього правила забезпечуються порти і термінали, повинні бути достатніми для прийому нафтовмісних лляльних вод

і інших залишків, які не можуть бути скинуті відповідно з правилом 9 цього Додатка;

f) споруди, якими забезпечуються порти навантаження масових вантажів, обладнуються з урахуванням особливостей, які властиві комбінованим вантажним суднам.

4. Прийомні споруди, передбачені пунктами 2 і 3 цього правила, вводяться в експлуатацію не пізніше одного року з дня набрання чинності цією Конвенцією або з 1 січня 1977 р в залежності від того, яка дата настане пізніше.

5. Кожна Сторона повідомляє Організацію для сповіщення зацікавлених Сторін про всі випадки передбачуваного невідповідності передбачених цим правилом споруд встановленим вимогам.

5. ОХОРОНА ПРАЦІ.

5.1 Охорона праці на морському судні.

Охорона праці є системою законодавчих актів, соціально - економічних, організаційних, технічних і лікувально - профілактичних заходів і засобів, що забезпечують безпеку, збереження здоров'я і працездатності людини в процесі праці. Охорона праці виявляє і вивчає можливі причини виробничих нещасних випадків, професійних захворювань, аварій, вибухів, пожеж і розробляє систему заходів і вимог з метою усунення цих причин і створення, безпечних і сприятливих для людини умов праці.

Складність завдань, що стоять перед охороною праці, вимагає використання досягнень і висновків багатьох наукових дисциплін, прямо або побічно пов'язаних із завданнями створення здорових і безпечних умов праці.

Оскільки головним об'єктом охорони праці є людина в процесі праці, то при розробці вимог виробничої санітарії використовуються результати досліджень ряду медичних і біологічних дисциплін.

Особливо тісний зв'язок існує між охороною праці, науковою організацією праці, ергономікою, інженерною психологією і технічною естетикою.

Успіх у вирішенні проблем охорони праці у великій мірі залежить від якості підготовки фахівців в цій області, від їх уміння приймати правильні рішення в складних і мінливих умовах сучасного виробництва.

Вивчення і вирішення проблем, пов'язаних із забезпеченням здорових і безпечних умов, в яких протікає праця людини, - одне з найбільш важливих завдань в розробці нових технологій і систем виробництва. Вивчення і виявлення можливих причин виробничих нещасних випадків, професійних захворювань, аварій, вибухів, пожеж, і розробка заходів і вимог, направлених на усунення цих причин дозволяють створити безпечні і сприятливі умови для праці людини.

Комфортні і безпечні умови праці - один з основних чинників тих, що впливають на продуктивність і безпеку праці, здоров'я працівників.

Велика кількість нещасних випадків пов'язаних зі смертю пояснюється п'ятьма основними причинами:

- незадовільною підготовкою працівників з питань, охорони праці;
- відсутність належного контролю за перебуванням безпеки на робочих місцях і виконання встановлених норм;
- недостатнім забезпеченням працівників засобами індивідуального захисту;
- повільним впровадженням засобів і приладів колективної безпеки на підприємствах;
- спрацьованістю (у деяких галузях до 80%) працівників виробництва.

Правовою основою законодавства, що стосується охорони праці є Конституція України, Закони України: "Про охорону праці", "Про охорону здоров'я", "Про пожежну безпеку", "Про використання ядерної енергії і радіаційний захист", "Про забезпечення санітарного і епідеміологічного благополуччя населення", а також Кодекс законів про працю України (КЗпТ).

У тексті ст.46 Конституції України вказано на те, що громадяни мають право на соціальний захист який включає, право на забезпечення їх у разі повної, часткової або тимчасової втрати працездатності, втрати годувальника, безробіття за незалежних від них причин, а також в старості і в інших випадках, передбачених законом.

5.2 Аналіз шкідливих чинників, що впливають на людину під час перебування на судні, та заходи боротьби з ними.

Гігієнічна оцінка дезінфекції систем водопостачання морських судів свідчать про необхідність пошуку альтернативи хлору і його препаратам засобів де-

зінфекції систем водопостачання на судах. Типовими представниками мікроорганізмів є псевдомонади, у тому числі, умовно-патогенна паличка *Pseudomonas aeruginosa*, виявлення якої в питній воді є критерієм санітарно епідеміологічного неблагополуччя через її здатність викликати в ослаблених осіб важкі інфекції і зовнішні запальні процеси.

Серед основних попереджувальних заходів щодо забезпечення непотоплюваності судна в першу чергу слід назвати систематичне навчання екіпажу судна; вміст у справному стані всього закриття; періодичну перевірку на герметичність всіх водонепроникних відсіків; суворе дотримання інструкцій по прийому і витрачання рідких вантажів; підтримка всіх технічних засобів боротьби за живучість судна у належному стані, що гарантує їх негайне використання.

У боротьбу за плавучість екіпаж судна зазвичай вступає після аварії, при цьому екіпаж повинен визначити місце і характер пошкодження, запобігти, по можливості, розповсюдженню води, ліквідувати пробойну, у максимальній мірі відновити остійність пошкодженого судна і випрямити його.

Остійність відновлюється шляхом відкачування фільтраційної води з приміщень, суміжних із затопленим відсіком, спуску води у приміщення (цистерни), що пролягають нижче, баласту судна забортною водою. Випрямлення судна - зменшення (у ідеалі усунення) крену і диференту. Міри по випрямленню судна: відкачка води у затоплених відсіках відбувається після задраснення пробойни, перекачування рідких вантажів, неушкоджених відсіків.

Загальний принцип, якого дотримуються при боротьбі за судно, формулюється таким чином: відновлення остійності і випрямлення судна повинні проводитися так, щоб при цьому запас плавучості тратився у найменшій мірі.

В результаті виникнення пожеж на судах завдається збитку майну, згорають житлові і службові приміщення, гинуть люди від вогню в задимлених приміщеннях і у особливо тяжких випадках, гине судно.

Пожежі на судах виникають від:

- необережного поводження з відкритим вогнем, нагрівальними приладами, від куріння;
- несправності електричних кабелів, електроустаткування, освітлення, порушення правил експлуатації суднових механізмів;
- попадання палива на розжарені і гарячі поверхні механізмів, вихлопних трубопроводів;
- займання горючих газів і пари нафтопродуктів;
- порушення правил виробництва зварювальних робіт;
- розрядів статичної і атмосферної електрики;
- самозаймання вантажів;
- зміщення несумісних небезпечних вантажів

Значну небезпеку для виникнення і розвитку пожежі, є горючі матеріали, що входять в суднове постачання (лаки, фарби, розчинники, карбід). При вантаженні їх на судно і зберіганні в коморах необхідно дотримувати вимоги сумісності. Наприклад: - горючі рідини не повинні зберігатися разом з окислювачами і сильними кислотами.

Суднова система вентиляції може бути шляхом розвитку пожежі по каналах з одного відсіку (приміщення) в інший. Вентиляція має бути відключена, а її канали перекриті після того, як з аварійного приміщення виведені люди.

Вентилювання не повинне припинятися в приміщеннях і відсіках судна, поки там знаходяться люди.

Для виявлення пожежі в суднових приміщеннях можуть бути встановлені датчики автоматичної електричної системи сигналізації - димові і теплові.

Димові встановлюються в трюмах, МВ, на камбузах і коморах. Теплові - в житлових, службових, виробничих приміщеннях, а також в МВ, трюмах, на камбузах.

На судах використовуються наступні системи пожежогасіння:

- водопожежна - впливає на зону горіння, охолоджуючи її;
- спринклерна - теж;
- водяного розпилення - теж;
- водяних завісів - впливає на зону горіння, охолоджуючи її, створює перешкоду поширення вогню;
- водяного зрошування - охолоджує конструкції
- паро гасіння - розбавляє окислювач і частково охолоджує зону горіння;
- вглекислотного гасіння - розбавляє окислювач;
- інертних газів - теж;
- піногасіння - ізолює горючі речовини від зони горіння;
- порошкового гасіння - ізолює горючі речовини

Водопожежна система складається з насосів (основних і аварійного), трубопроводів, пожежних кранів (ріжків), рукавів і стволів.

Система піногасіння складається з ємності для зберігання піноутворювача, трубопроводів що підводять, пристрою змішувача і піногенераторів. Суднові магістралі, пожежні крани і рукави загальні з водопожежною системою.

Вглекислотна система підрозділяється на:

- високого тиску, коли $CC > 2$ зберігається під тиском 60 атм. У спеціальних балонах 40-50л;
- низького тиску - вуглекислий газ міститься в ізотермічній цистерні при температурі біля -20°C і тиском декілька вище атмосферного.

Від станції по спеціальних трубопроводах CO_2 подається в приміщення, де розпилюється за допомогою вихідних голівок.

В разі виникнення пожежі, по загальній судновій тривозі необхідно:

- зупинити рух судна, а у разі потреби розвернути так, щоб полум'я і дим збивалися вітром з борту судна;
- вивести людей з небезпечної зони;

- задраїти всі двері (протипожежні);
- вимкнути вентиляцію;
- герметизувати корпус судна, задраїти водонепроникне закриття, що має маркування ТП й ілюмінатори, замочні пристрої суднової вентиляції ті що мають маркування Т;
- запустити насоси водопожежної системи;
- всі стаціонарні системи пожежогасіння і протипожежне постачання привести в повну готовність до негайної дії;
- з дозволу капітана судна відключити електроенергію в районі, охопленому пожежею;
- відправляється групу розвідки на місце пожежі;
- шлюпки, що виявляються під загрозою вогню приспускаються або спускаються на воду

Причини загибелі судів можуть бути самими різними: пожежа, потрапляння на мілину, втрата плавучості, втрата остійності і ін. Рятувальні засоби повинні забезпечувати не лише евакуацію людей з гинучого судна, але й у найбільшій мірі захищати їх від несприятливих дій зовнішнього середовища, створювати умови для нормальної життєдіяльності протягом деякого часу.

У зв'язку з тим, що можлива заливка відкритих шлюпок водою, вони повинні володіти внутрішнім запасом плавучості, достатнім для того, щоб повністю залитою шлюпка залишалася на плаву з всіма людьми, що знаходяться у ній, механізмами і постачанням.

Вказаний запас плавучості забезпечується або повітряними ящиками, що зазвичай поєднуються з бортовими сидіннями, або за рахунок потовщення бортів. Для захисту людей від негоди шлюпки даного типу забезпечені спеціальним закриттям яскраво-помаранчевого кольору, добре помітного на морській поверхні.

Основні недоліки відкритих шлюпок—можливість їх заливки й поганий захист від екстремальних температур і атмосферних опадів. Певні якості в цьому плані мають закриті шлюпки, що самовідновлюються, які останнім часом знаходять все більше використання. У конструкції цих шлюпок використовуються два методи самовідновлення — пасивний і активний. У першому випадку відновлення відбувається за рахунок форми надводної частини шлюпки і положення її ЦТ, в другому — за рахунок перетікання рідкого баласту з відсіку днища в несиметричний бортовий. У шлюпках люди закріплюються до сидінь ременями, аби в разі її перекидання під час спуску вони не отримали травм й не змінювалося положення ЦТ шлюпки.

Рятувальні плоти, разом з шлюпками, знаходять застосування на морських судах. Вони бувають жорсткими і надувними. Матеріалом для жорстких плотів є легкі сплави чи пластмас.

Плоти забезпечуються камерами плавучості, їх вантажопідйомність 4-12 людей.

Надувні плоти пасажиромісткістю 6-25 людей, зберігаються в контейнерах, які займають мало місця. Конструкція пристрою для кріплення контейнерів з плотами виконана таким чином, що дозволяє приводити їх в готовність двома методами. У першому випадку екіпаж звільняє з кріплення контейнер і скидає у воду, в другому звільнення контейнера відбувається автоматично за рахунок спрацьовування гідростата, коли судно занурюється у воду. Контейнер володіє позитивною плавучістю, спливаючи пліт розкривається, з допомогою пускового ліня вмикається система газового наповнення плоту, яка приводить його в робочий стан за 1—3 хвилини, залежно від температури навколишнього середовища. У обох випадках посадка здійснюється з води, рідше за допомогою спеціальних трапів. Компактність зберігання надувних плотів описаної конструкції за рекомендувало їх широке використання на судах малих і середніх розмірів, причому в деяких випадках це єдині рятувальні засоби.

Основні недоліки цих плотів — необхідність стрибати у воду, інколи з великої висоти; на пліт люди потрапляють в мокрому одязі, що при низькій температурі повітря може привести до переохолодження і загибелі.

Останнім часом створені плоти нових конструкцій: вони надуваються на палубі судна, одразу відбувається посадка людей, потім за допомогою кран-балки їх спускають на воду.

Всім плотам властивий один загальний недолік—неможливо активне переміщення, оскільки вони не обладнані двигунами. Більш того, вони повинні триматися якомога ближче до місця загибелі судна. Річ у тому, що в рамках Міжнародної космічної системи визначення місця положення судів не потребує великих зусиль. Всі сучасні морські судна мають на борту аварійний радіобуй —пристрій, що автоматично діє, посилюючи радіосигнали, які служать для радіопеленгації й приведення рятувальників на місце аварії.

Аварійний радіобуй або скидається екіпажем з судна, або спливає після його загибелі. У воді він автоматично активується і передає сигнал лиха, з відомостями про судно (його тип, назва,), характер аварії і час, пройдений з початку аварії.

Структура організації боротьби з водою визначається такими завданнями, які повинні вирішуватися комплексно, і умовами, в яких це відбувається. Ці завдання реалізуються Розкладом по тривогах і розробкою типа Навчання або Рекомендацій на досвіді великих аварій і аналізі нормативних документів, що діють. Кожен член екіпажа повинен мати каютну картку і твердо знати її вміст. У каютній картці вказуються види тривоги, сигнали судових тривоги і їх значення; обов'язки і місце збору по тривозі; номер і місцезнаходження рятувальної шлюпки. Підготовка екіпажа повинна здійснюватися постійно, бути обов'язковою для всіх і проводитися в комплексі з технічною і професійною підготовкою. Основними формами підготовки екіпажа є заняття, тренування і навчання.

Ще при проектуванні судна передбачається розділення корпусу на ряд водонепроникних відсіків, що забезпечується водонепроникними

перегородками (кількість від водотоннажності судна). У ряді випадків в таких перегородках робляться вирізи (лази) для переходу з одного відсіку в інший; на таких вирізах встановлюються водонепроникні клинкетні двері, що задраюються по сигналах тривоги.

У звичайних умовах експлуатації вступ води у відсік контролюється вимірами в вантажних приміщеннях рівень води - кожну вахту, про що докладається вахтовому офіцеру і робиться запис в журналі вимірів; у МКО контроль вступу води ведеться візуально.

У аварійних ситуаціях, при здобутті пробоїни візуально визначається район розташування пробоїни: між якими шпангоутами вона знаходиться, її розмір, висота від головної палуби. Все вищезгадане докладається на місток. На містку ведуться розрахунки по остійності і непотоплюваності судна.

При пробоїнах, що перевищують розмір пластиру, закладенням їх приймаються аварійно-рятувальні служби із застосуванням кесонів.

При неможливості продовження боротьби за живучість судна в затопленому відсіку, його необхідно покинути по команді з містка або, у міру вступу води в аварійний відсік, по внутрішніх трапах на палубу, для чого необхідно знати їх розташування. Шляхи евакуації з приміщень мають бути відповідним чином визначені заздалегідь.

Висновки за розділом:

Охорона праці і безпека при експлуатації суднового обладнання являє собою головні засоби зберігання здоров'я людини.

ВИСНОВКИ

В даній дипломній роботі була спроектована система керування для суднового паливного насоса на основі частотно-регульованого асинхронного електропривода.

Були розглянуті питання побудови суднових паливних систем, застосування електропривода паливних насосів на судах.

При проектуванні системи керування був обраний метод скалярного керування величинами асинхронного двигуна. Були побудовані математичні моделі елементів системи керування та відповідно до функціональної схеми спроектована та розрахована структурна схема. З використанням прикладного пакету Simulink програми MATLAB створена віртуальна модель системи та досліджена динаміка системи.

Запропонована система скалярного керування забезпечує достатній діапазон та точність регулювання швидкості паливного насоса. Результати дипломної роботи можуть бути корисними під час проектування автоматизованих систем керування електроприводами паливних насосів.

В роботі також представлено розділ конвенції МАРПОЛ.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Артемов Г.А., Волошин В.П., Шквар А.Я., Шостак А.Я. Системы судовых энергетических установок: Учебное пособие. 2-е изд., перераб. и доп. - Л.: Судостроение, 1990. - 376 с., ил.
2. Артемов Г.А., Горбов В.М.. Суднові енергетичні установки. Навчальний посібник. - Миколаїв; УДМТУ, 2002. - 356 с.
3. Будов В.М.. Судовые насосы; Справочник. - : Судостроение, 1988. - 432 с., ил.
4. Певзнер Б.М. Судовые центробежные и осевые насосы; Государственное союзное издательство судостроительной промышленности, 1958.-385 с.
5. Шерстюк А.Н. Насосы, вентиляторы и компрессоры: Учеб, пособие для втузов. - : Высшая школа, 1972. - 344 с., ил.
6. Терехов В. М., Осипов О. И. Системы управления электроприводов. - Академия, 2005. - 300 с.
7. Асинхронні двигуни АІР. URL: <http://electronpo.ru/>
8. Каталог датчиків обертання фірми HEIDENHAIN
9. Правила експлуатації цифро-аналогового перетворювача ZU 252 фірми motrona GmbH
- 10.Кордон М.Я., Симакин В.И., Горешник И.Д. Гидравлика. Учебное пособие:: Пензенский государственный университет, 2005. -189 с.
11. Международная конвенция по предупреждению загрязнения с судов (МАРПОЛ 73/78) – 2005г.