

Міністерство освіти і науки України
Національний університет кораблебудування
імені адмірала Макарова
Херсонська філія

Енерготехнічний факультет
Кафедра автоматики та електроустаткування

Рекомендовано до захисту
Завідувач кафедри автоматики та
електроустаткування
Михаліченко П.С.

(підпис) (прізвище ініціали)
«___» _____ 20__ року

Пояснювальна записка
до кваліфікаційної роботи магістра

на тему: «Автоматизація електропривода насоса суднової паливної системи»

Здобувач б курсу, групи 6367м
за спеціальністю: 141 «Електроенергетика
Електротехніка та електромеханіка»

(шифр і назва спеціальності)
Освітньо-професійна програма:
«Експлуатація суднових автоматизованих

(назва)
систем»

Дрикін М.М. _____
(прізвище та ініціали) (підпис)

Керівник Білюк І.С. _____
(прізвище та ініціали) (підпис)

Рецензент Гаврилов С.О. _____
(прізвище та ініціали) (підпис)

м. Херсон - 2020 року

Національний університет кораблебудування ім. адмірала Макарова

Херсонська філія

(повне найменування вищого навчального закладу)

Інститут, факультет, відділення Енерготехнічний

Кафедра, циклова комісія Автоматики та електроустаткування

Освітньо-кваліфікаційний рівень другий, (магістерський)

Галузь знань 14 «Електрична інженерія»

(шифр)

Спеціальність 141 «Електроенергетика електротехніка, та електромеханіка»

(шифр і назва)

Освітньо-професійна програма «Експлуатація суднових автоматизованих

(назва)

систем»

(назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри автоматики
та електроустаткування

Михаліченко П.Є.

“ ____ ” _____ 20__ року

З А В Д А Н Н Я НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ МАГІСТРА

Дрикін Микола Миколайович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Автоматизація електропривода насоса суднової паливної системи

Керівник роботи: Білюк І.С., к.т.н., доцент

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від “ ____ ” _____ 20__ року № ____

2. Строк подання здобувачем роботи _____

3. Вихідні дані до роботи: були отримані в ході проходження науково-педагогічної практики та експлуатаційної, переддипломної практик

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): 1) Характеристика суднової паливної системи; 2) Виклад загальних підходів і основних методів дослідження; 3) Розрахункова частина, аналіз і узагальнення результатів дослідження; 4) Аналіз положень міжнародної конвенції MARPOL-73/78.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень): презентація в електронному вигляді

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв

7. Дата видачі завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Характеристика суднової паливної системи		
2	Виклад загальних підходів і основних методів дослідження		
3	Розрахункова частина, аналіз і узагальнення результатів дослідження		
4	Аналіз положень міжнародної конвенції MARPOL-73/78		

Здобувач

(підпис)Дрикін М.М.
(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)Білюк І.С.
(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Об'єм пояснювальної записки становить 93 аркуші, вона містить 4 розділи, 32 рисунки, 3 таблиці, 20 найменувань в списку використаної літератури. Мультимедійна презентація представлена на 12 слайдах.

Об'єктом дослідження є перехідні процеси в автоматизованому електроприводі насоса суднової паливної системи.

Предметом дослідження є показники якості керування в автоматизованому електроприводі насоса суднової паливної системи.

Метою роботи є автоматизація електропривода насоса суднової паливної системи.

В роботі автоматизовано електропривод тригвинтового паливоперекачувального насоса А1 3В 63/25-45/6,3Б суднової паливної системи для суднової дизельної установки. Застосовано систему скалярного керування, наведено її функціональну та структурну схеми. В автоматизованому електроприводі насоса суднової паливної системи використано асинхронний двигун АНР180S4 потужністю 22 кВт з частотою обертів 1460 об/хв та перетворювач частоти SINUS PENTA 0038 потужністю 25 кВт.

В роботі виконано синтез структури і розрахунок налаштувань регуляторів системи скалярного керування, побудовано графіки перехідних процесів автоматизованого електропривода суднової паливної системи. Отримано основні показники якості керування: перерегулювання – 17 %, час перехідного процесу 0,6 с.

Також, в роботі розглянуто основні положення міжнародної конвенції MARPL-73/78.

Ключові слова: автоматизований електропривод, система керування, насос, суднова паливна система, перехідні процеси системи, показники якості керування.

ЗМІСТ

ВСТУП	6
1 ХАРАКТЕРИСТИКА СУДНОВОЇ ПАЛИВНОЇ СИСТЕМИ	8
1.1 Класифікація систем суднових енергетичних установок і загальні вимоги до них	8
1.2 Універсальна система паливопідготовки для суднових дизельних установок	14
1.3 Суднова паливна система дизельної установки	17
1.4 Насоси суднових паливних систем	23
2 ВИКЛАД ЗАГАЛЬНИХ ПІДХОДІВ І ОСНОВНИХ МЕТОДІВ ДОСЛІДЖЕННЯ	26
2.1 Загальні підходи та структурно-логічна схема дослідження	26
2.2 Обґрунтування необхідності підтримки постійності швидкості обертання ротора насоса для забезпечення постійності напору	30
2.3 Метод скалярного керування електропривода насоса суднової паливної системи	33
2.4 Розімкнуті системи скалярного керування електроприводами насосів суднових паливних систем	34
2.5 Замкнуті системи скалярного керування електроприводами насосів суднових паливних систем	37
2.6 Перетворювач частоти SINUS PENTA	44
3 РОЗРАХУНОВА ЧАСТИНА, АНАЛІЗ І УЗАГАЛЬНЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕННЯ	55
3.1 Вибір приводного електродвигуна насоса суднової паливної системи	55
3.2 Вибір перетворювача частоти	59
3.3 Синтез структури і розрахунків регуляторів системи керування електропривода насоса суднової паливної системи	61
3.4 Побудова перехідних процесів за швидкістю	65

4 АНАЛІЗ ПОЛОЖЕНЬ МІЖНАРОДНОЇ КОНВЕНЦІЇ MARPOL-73/78	71
4.1 Особливості експлуатації насосів, трубопроводів і пристроїв скидання на вантажних суднах.....	71
4.2 Основні положення міжнародної конвенції MARPOL-73/78	73
4.3 Методи запобігання забруднення нафтою з суден при плаванні в особливих районах	84
ВИСНОВКИ	91
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРА	92

ВСТУП

Значна кількість суден різних галузей промисловості мають дизельні енергетичні установки. До специфічних областей експлуатації головних суднових двигунів слід віднести: зміну частоти обертання і режимів навантаження в широких межах, безперервну і тривалу роботу при номінальній потужності та дольових навантаженнях, швидкі та часті пуски та реверси при маневруванні.

Для правильного обслуговування суднової енергетичної установки необхідно знати конструкції її основних систем, зокрема, суднової паливної системи.

Суднові паливні системи містять велику кількість різного обладнання, в тому числі велику кількість паливоперекачувальних насосів різного типу. Електропривод паливоперекачувальних насосів суднової паливної системи досить часто є неавтоматизованим, а тому не може забезпечити необхідні показники якості керування.

Вирішити проблему неавтоматизованих електроприводів паливоперекачувальних насосів суднової паливної системи може застосуванням сучасних систем керування електроприводами. Такі системи керування слід підбирати з урахуванням особливостей існуючого електрообладнання суднової паливної системи.

Об'єктом дослідження є перехідні процеси в автоматизованому електроприводі насоса суднової паливної системи.

Предметом дослідження є показники якості керування в автоматизованому електроприводі насоса суднової паливної системи.

Метою роботи є автоматизація електропривода насоса суднової паливної системи.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні задачі:

1. Провести огляд і аналіз літератури з питань дослідження. Проаналізувати характеристики суднової паливної системи для суднової дизельної установки.
2. Обрати метод керування автоматизованим електроприводом насоса суднової паливної системи, розробити функціональну і структурну схеми системи керування автоматизованого електропривода насоса суднової паливної системи.
3. Виконати синтез структури і розрахунок налаштувань регуляторів системи, встановити показники якості керування автоматизованого електропривода насоса суднової паливної системи.
4. Проаналізувати основні положення міжнародної конвенції MARPL-73/78.

РОЗДІЛ 1

ХАРАКТЕРИСТИКА СУДНОВОЇ ПАЛИВНОЇ СИСТЕМИ

1.1 Класифікація систем суднових енергетичних установок і загальні вимоги до них

Системи є однією з важливих складових суднових енергетичних установок (СЕУ), які об'єднують головні і допоміжні механізми в єдиний енергетичний комплекс судна. Від конструкції, технології виготовлення і якості монтажу систем залежать ефективність використання енергетичної установки і безпека плавання судна.

Системою суднової енергетичної установки називається сукупність трубопроводів, механізмів, апаратів, приладів, пристроїв і ємностей, призначених для виконання певних функцій щодо забезпечення експлуатації СЕУ (рис. 1.1).

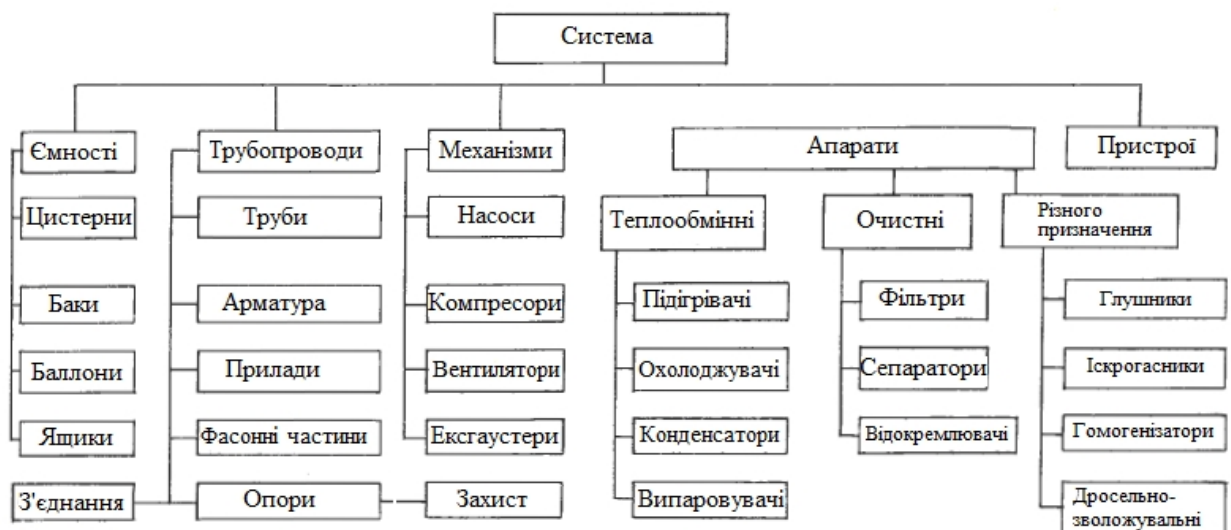


Рисунок 1.1 – Структура системи СЕУ

Системи СЕУ класифікують за призначенням, принципом переміщення робочого середовища і будови. За призначенням (рис. 1.2) системи СЕУ бувають:

– паливна – для прийому, видачі, зберігання, перекачування, очищення, підігріву та подачі палива до котлів, газотурбінним установкам і двигунів внутрішнього згоряння;

– змащення (масляна) – для прийому, видачі, зберігання, перекачування, очищення і подачі масла для змащення й охолодження механізмів;

– зачистки цистерн – для зачистки паливних і масляних цистерн від залишків нафтопродуктів, слива опадів в збірну цистерну і подальшого видалення в берегові і плавучі ємності;

– охолодження забортової водою – для подачі забортової води на охолодження механізмів, пристроїв, приладів, іншого обладнання і робочих середовищ в теплообмінних апаратах СЕУ;

– охолодження прісною водою – для подачі прісної води на охолодження механізмів, пристроїв, приладів, іншого обладнання і робочих середовищ в теплообмінних апаратах СЕУ;

– подачі повітря – для очищення і підведення повітря до двигунів і котлів для забезпечення спалювання палива, а також на охолодження двигунів;

– пускового повітря – для отримання, зберігання і подачі стисненого повітря на пуск ДВС;

– газовідведення – для відведення відпрацьованих газів від двигунів і котлів;

– конденсатно-живильна – для відбору конденсату з головного і допоміжного конденсаторів, прийому, видачі, зберігання, підготовки і подачі живильної води до парогенеруючих установок і агрегатів і на органи регулювання і керування;

– хімічної очистки головних і допоміжних котлів – для приготування розчину і подачі його в котел з метою очищення від накипу;

- промивання проточної частини газотурбінного двигуна – для очищення елементів проточної частини ГТД від промислових відкладень і відкладень морських солей;
- опріснення води – для прийому опріснення води від опріснювальних установок, зберігання і подачі її для підживлення конденсатно-живильної і інших систем енергетичної установки, а також для суднових потреб;
- перевантаження сорбентів – для зберігання, навантаження, приготування та вивантаження сорбентів фільтрів;
- головного пара – для подачі перегрітого або насиченої пари від парогенеруючих установок і агрегатів до головних парових турбін і машин;
- допоміжного пара – для подачі перегрітого або насиченої пари від парогенеруючих установок і агрегатів або від системи головного пара до допоміжних механізмів, апаратів і обладнання;
- відпрацьованої пари – для відведення відпрацьованої пари від головних турбін і машин, від допоміжних механізмів і пристроїв до теплообмінних апаратів;
- продування – для видалення конденсату і пароводяної суміші з трубопроводів парових систем і порожнин машин і апаратів, а також води, механічних домішок, шлаків, накипу, пароводяної суміші і розсолу з котлів або від випарників опріснювальних установок;
- подачі і відсмоктування пара від ущільнень – для подачі пари до ущільнювача пристроїв внутрішніх порожнин парових механізмів і арматури і для відсмоктування пароповітряної суміші від них;
- атмосферні труби – для травлення в атмосферу пара від запобіжних клапанів парових систем.

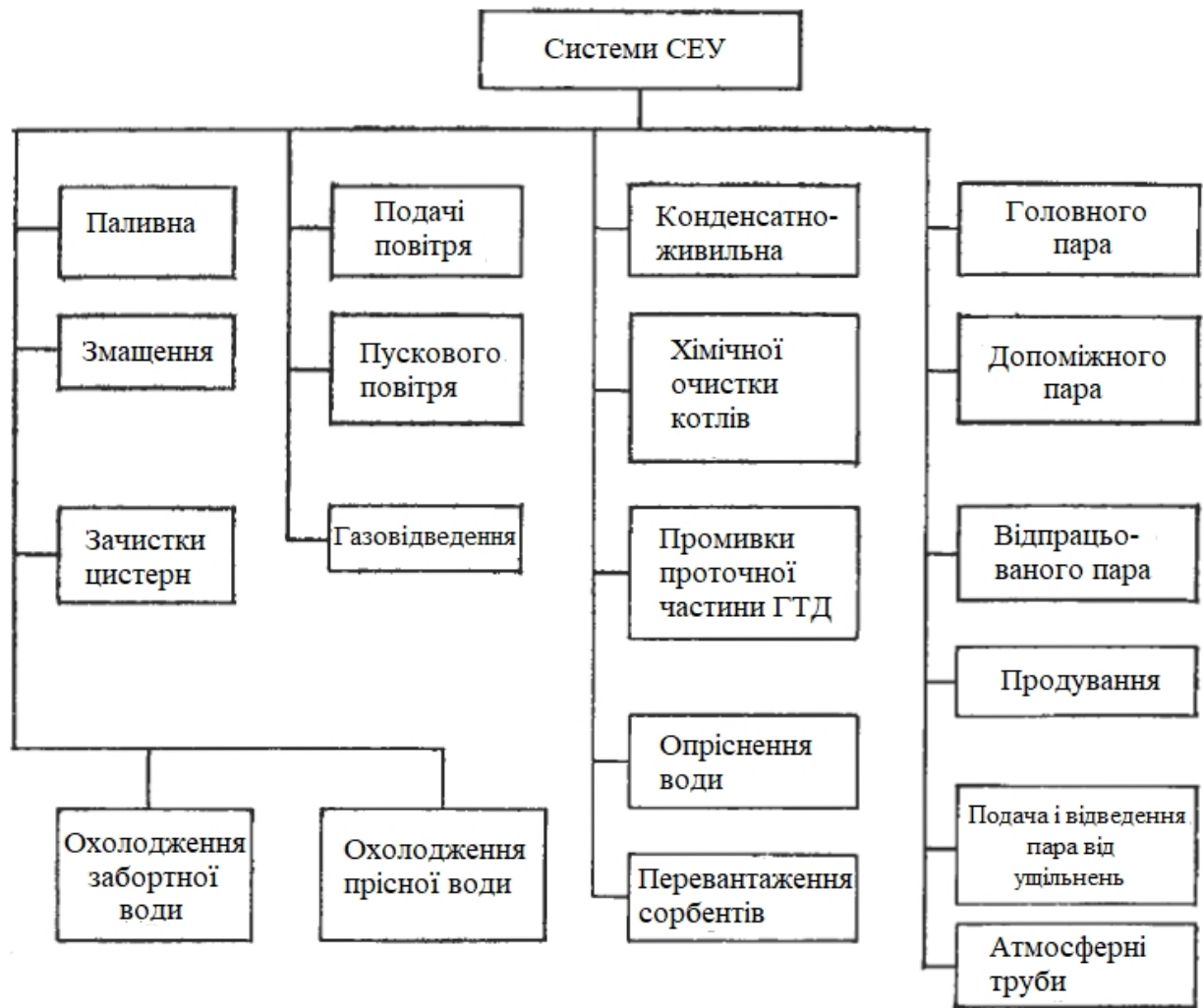


Рисунок 1.2 – Класифікація систем СЕУ за призначенням

За принципом переміщення робочої середовища розрізняють системи:

– проточні, в яких трубопроводи та інші елементи утворюють розімкнутий контур, де відбувається одноразове переміщення рідини під напором механізму (схема проточна) або під впливом статичної напору, утвореного в приймальному патрубку системи під час руху судна (схема самопроточна);

– циркуляційні, в яких трубопроводи та інші елементи утворюють замкнутий контур, де робоче середовище переміщається багаторазово під напором механізму (примусова циркуляція) або під дією гравітаційних сил (природна циркуляція);

- рециркуляційні, в яких передбачається часткове повернення робочого тіла в систему для повторного використання;
- закриті, в яких трубопровід та інші елементи утворюють закритий контур, який не допускає контакту переміщуваної робочої середовища з атмосферою в будь-якому елементі системи;
- відкриті, в яких трубопровід та інші елементи утворюють контур, де переміщується робоче середовище постійно контактує з атмосферою в одному або в декількох елементах системи.

За принципом побудови системи класифікуються:

- автономна – для кожного окремого відсіку або приміщення передбачені самостійні механізми, призначені для обслуговування місць споживання тільки одного даного відсіку або приміщення;
- групова – для кожної окремої групи суміжних відсіків або приміщень передбачені самостійні механізми, призначені для обслуговування місць споживання тільки даної групи відсіків або приміщень;
- централізована, при якій будь-який механізм призначений для обслуговування будь-якого місця споживання незалежно від його розташування на судні;
- з автономними ділянками – схема централізованої системи з розосередженням механізмів по довжині судна, при якій передбачена можливість поділу системи на ряд самостійних автономних ділянок.

Кількість і склад систем залежать від типу енергетичної установки. Робота СЕУ з двигунами внутрішнього згоряння (ДВЗ) забезпечується системами: паливною, змащення (масляною), охолодження, пускового повітря і газовідведення. На суднах арктичного плавання передбачена ще й система подачі повітря.

У СЕУ з газотурбінним двигуном (ГТД) необхідно мати системи: паливну, масляну, охолодження, подачі повітря, газовідведення і промивання проточної частини ГТД.

При утилізації теплоти відпрацьованих газів від ДВЗ і ГТД для вироблення пари та отримання механічної роботи до складу входять додатково системи парові, конденсатно-поживні, хімічної очистки головних і допоміжних котлів і опріснення води.

До складу паротурбінних установок (ПТУ) входять практично всі з розглянутих систем (за винятком системи промивки проточної частини ГТД).

При проектуванні систем СЕУ необхідно враховувати наступні вимоги:

- живучість, тобто здатність виконувати свої функції при частковому пошкодженні або виході з ладу окремих елементів;
- виготовлення та монтаж зі стандартних уніфікованих конструктивних елементів при мінімально необхідному числі типорозмірів;
- мінімальні обсяг, масу і гідравлічні опори;
- стійкість проти корозії і ерозії;
- розташування, що виключає можливість механічного пошкодження систем при вантажних операціях, що забезпечує зручність огляду і ремонту їх елементів;
- запобігання забрудненню акваторії водами, що містять залишки нафтопродуктів і інших шкідливих речовин;
- можливість максимальної економічно виправданою автоматизації роботи при мінімальній кількості обслуговуючого персоналу;
- виключення мимовільного поширення переміщуваної робочої середовища по окремих ділянках і судну в цілому.

1.2 Універсальна система паливопідготовки для суднових дизельних установок

Система паливопідготовки для дизельних суден показана на рис. 1.3.

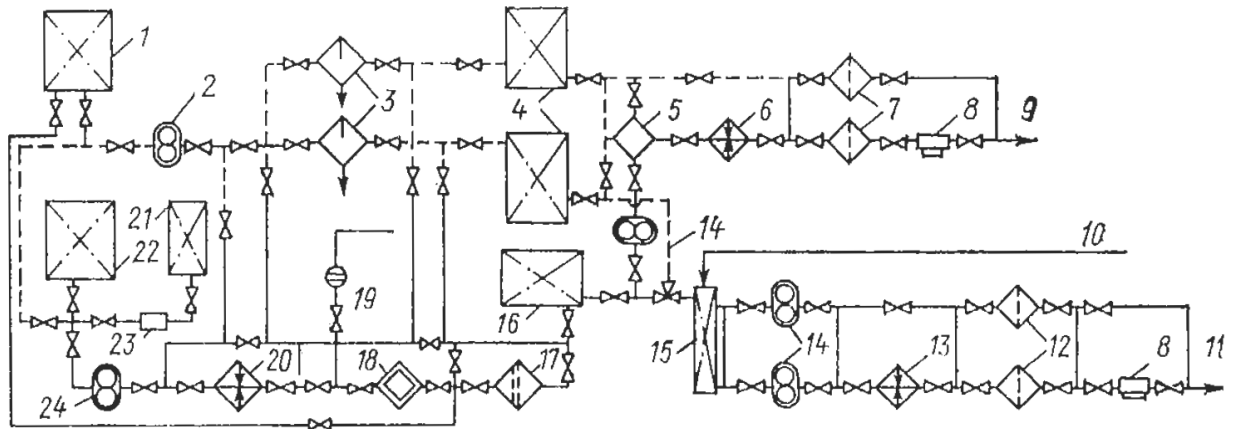


Рисунок 1.3 – Універсальна система паливопідготовки для суднових

дизельних установок: 1 – цистерна малов'язкого палива;

2, 24 – паливоперекачувальні насоси; 3 – сепаратор; 4, 18 – витратні цистерни

малов'язкого палива; 5 – ежекційно-змішувальний пристрій;

6, 13, 20 – підігрівачі; 7, 12 – контрольні фільтри; 8 – регулятори в'язкості;

9 – паливний трубопровід паливного насоса високого тиску допоміжного дизеля; 10 – проточний трубопровід від паливного насоса високого тиску;

11 – трубопровід до паливного насоса високого тиску головного двигуна;

14 – паливоперекачувальні насоси; 15 – змішувальна колонка (ємність);

16 – витратна цистерна високов'язкого палива; 17 – фільтраційна установка;

18 – гомогенізатор; 19 – ротаметр; 21 – цистерна багатофункціональних

присадок; 22 – цистерна високов'язкого палива; 23 – дозатор; 24 – насос

високов'язкого палива

Комплексна обробка палив високої в'язкості дозволяє підтримувати в чистоті ємності для зберігання і трубопроводи, виключаючи утворення в них

відкладень. ГТД можуть працювати на високов'язких паливах. При цьому потрібно його обробка з метою видалення солей і нерозчинних опадів.

Ванадієві сполуки викликають високотемпературну корозію проточної частини газових турбін. Тому застосовують інгібітування ванадію додаванням присадки з магнієвих з'єднань. Маса магнію повинна в три рази перевищувати масу присутнього в паливі ванадію. При такій пропорції з п'ятиокису ванадію утворюються ванадати магнію, які мають досить високу температуру плавлення і тому проходять через турбіну, що не відкладаючись і не спричиняючи тим самим корозію.

В останні роки багато дизелебудівних фірм почали виробництво середньо- і малооборотних дизелів, пристосованих для спалювання надвисоков'язких палив ($380-700 \text{ мм}^2/\text{с}$). З цією метою фірми розробили спеціальні системи паливопідготовки закритого типу. Їх особливість (на відміну від систем паливопідготовки відкритого типу) полягає в тому, що вони додатково обладнані спеціальним блоком подачі палива, який дозволяє підтримувати підвищений тиск у всій паливній системі. Цим запобігається наступ кипіння і утворення парів і газів в паливі при температурі $130-150^\circ\text{C}$, підтримуваної в системі з метою одержання необхідної в'язкості низькосортних важких палив.

Якщо підігрівати паливо до таких температур у відкритій системі паливопідготовки, відбудеться закипання легких фракцій, що призведе до втрат палива (іноді до 7 %). Проте в'язкість широко застосовуваних палив на флоті поки не перевищує $380 \text{ мм}^2/\text{с}$ і найближчим часом значного погіршення палива, напевно, не відбудеться. У зв'язку з цим застосування закритих систем паливопідготовки обмежене.

Прагнення отримати економію у використанні палив на судах призвело до розробки концепції про застосування єдиного палива для головних і допоміжних двигунів. З'явився ряд пропозицій про спалювання паливних сумішей мало- і важких сортів, а також мазутів в дизель-

генераторах. Це повинно було привести до зниження витрат на паливо за рахунок великої різниці цін малов'язких і великов'язких палив. Однак перехід дизель-генераторів на роботу з малов'язкими паливами на гірші сорти неминуче призводить до зниження надійності, ресурсу та збільшення витрат на технічне обслуговування і ремонт.

Останнім часом ціни на нафтопродукти на світовому ринку впали в 2-3 рази. Намічається відмова від використання єдиного палива для головних і допоміжних дизелів.

Вітчизняний флот використовує, в основному, високоякісне паливо, наприклад експортний мазут +10, який за вартістю незначно дорожче мазуту М40 (330 мм²/с). Використання надв'язких палив економічно позбавлене сенсу, оскільки його втрати при сепарування (до 3 %) перевищують виграш у вартості (1 %). Висока щільність надвисоков'язких палив, що наближається до щільності води, ускладнює його очищення в відцентрових сепараторах. Отже, для підвищення якості обробки палива необхідно встановлювати спеціальне обладнання для його очищення і обігріву, що призведе до додаткових витрат і збільшення витрати на технічне обслуговування.

Необхідно враховувати, що надв'язке паливо містить більше шкідливих речовин, які сприяють підвищеного зносу деталей ДВЗ і зниженню його ресурсу.

В даний час вважається економічно виправданим використання в судових середньо- і малооборотних двигунах високов'язких мазутів в'язкістю 180-200 мм²/с (наприклад, мазут 12 або експортний +10).

1.3 Суднова паливна система дизельної установки

Суднові паливні системи призначені для прийому, зберігання, перекачування, очищення, підігріву та подачі палива до теплових двигунів і котлів, а також для передачі палива на берег або на інші судна. Оскільки в СЕУ морських судів використовують кілька сортів палива, передбачають самостійні трубопроводи для кожного з них, наприклад, малов'язкого (дизельного), середньов'язкого (газотурбінного, моторного) і високов'язкого (мазутів).

Проектування і конструювання паливних систем здійснюють відповідно до галузевих стандартів і правил Регістру судноплавства України, в яких на підставі досвіду експлуатації даються відповідні рекомендації.

Приймальноперекачувальний трубопровід виконує наступні 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.

Зазначені операції можуть здійснюватися одночасно з подачею палива до двигунів і котлів.

Крім того, приймальноперекачувальний трубопровід має й інше, допоміжне призначення. Його використовують для вирівнювання крену і диференту судна при виконанні вантажних операцій і в аварійних ситуаціях.

Прийом палива на судно здійснюється за допомогою позасуднових засобів з берегових або плавучих бункерувальних баз. Для цього на головній палубі або під нею прокладають постійний трубопровід з прийомними відростками, виведеними до обох бортах у спеціальні станції прийому та видачі палива, відокремлені від інших приміщень.

На суднах валовою місткістю 400 рег. т і більше пристрої для прийому палива і мастила рекомендується розміщувати в спеціальних приміщеннях

(станціях). Допускається розташовувати ці пристрої на відкритих і вільних ділянках палуб в зручних для обслуговування місцях, але в цьому випадку ділянки палуби повинні бути обнесені комінгсами або мати стаціонарні ємності під приймальними пристроями для збирання протікань нафтопродуктів.

На пасажирських суднах наявність станції прийому та видачі палива і мастила обов'язкове.

Як правило, ці станції розміщують в середній частині судна, а на наливних судах (нафтових танкерах, газовозах, хімовозах та ін.) Пристрої прийому і видачі палива і мастила слід розташовувати в районі знаходження приймально-відливних патрубків вантажного трубопроводу. Ці місця повинні захищатися комінгсами або мати стаціонарні ємності під патрубками.

Приймальні станції або обгороджені під приймальними трубами ділянки палуби або стаціонарні ємності обладнають засобами осушення (клапанами, різьбовими пробками і ін.). Висота комінгса входу на станцію або висота огорожі палуби, а також глибина стаціонарної ємності повинна бути не менше 400 мм.

Станції прийому та видачі палива можуть служити одночасно і для прийому інших рідких вантажів на судно, наприклад, прісної і питної води, мастила; видачі льяльних і стічно-фанових вод, брудного мастила. Для цієї мети повинні бути передбачені відповідні трубопроводи. Крім того, до станцій підводиться пожежна магістраль.

У станціях прийому і видачі паливний трубопровід повинен бути піднятий над головною палубою або над фальшбортом. На ряді спеціальних і річкових суден, де немає можливості мати паливоприймальну станцію, в місцях, захищених від попадання морської води, встановлюють палубні втулки, які оснащують сітками і герметичними кришками. Однак на

морських суднах застосування палубних втулок для прийому палива неприпустиме.

Станції прийому та видачі палива обладнають фільтром попереднього очищення (або грязьовою коробкою), вимірювальним пристроєм (нафтоміром), а також термометрами і манометрами. Кінцеві приєднання приймальних трубопроводів повинні відповідати встановленим стандартам, а палубні втулки мають нормалізовані діаметри. В неробочому стані приймальні відростки труб повинні бути надійно перекриті засувками, пробками або глухими фланцями.

Місця розташування приймальних пристроїв повинні мати ефективні засоби зв'язку (радіо, телефон та ін.) з іншими постами, що забезпечують прийом палива і мастила, і базою, яка подає нафтопродукти на судно.

До пристроїв для передачі палива необхідно підводити стиснене повітря для продувки рукавів в паливну ємність перед тим, як виймати їх.

З бункерувальних баз паливо подають закритим способом по гнучким вантажним шлангам, які кріплять до приймальних відростків за допомогою спеціального замка, струбцин або штуцерів (в залежності від розмірів шлангу), забезпечуючи повну герметизацію з'єднання. При прийомі палива через палубні втулки гнучкі шланги кріплять до переносного палубному фільтру, попередньо ввернути в палубну втулку.

Основну магістраль приймального трубопроводу рекомендується проводити прямолінійно.

Якщо на судні використовується кілька сортів палив, то для кожного з них можна передбачати автономні прийомні і перекачують трубопроводи; допускається прийом різних сортів палива по єдиному трубопроводу.

Час прийому повного запасу палива на судно уточнюється замовником. Для орієнтовних розрахунків і попереднього вибору перетину приймального трубопроводу можна виходити з того, що воно не повинно перевищувати 6-10 год при прийомі з будь-якого борту судна. Для судів промислового флоту

цей час розраховують за інтенсивністю прийому палива, яка залежить від водотоннажності судна: 50 т/год – до 1200 т, 70 т/год – при 1200-1900 т і 100 т/год – понад 1900 т.

Прийом палива на судно є однією з відповідальних операцій. Тому станції приймання палива повинні мати надійні засоби зв'язку з іншими постами, що забезпечують його прийом.

Під час прийому палива необхідно стежити за заповненням цистерн запасу, щоб не допустити переливу через головки повітряних труб.

Для запобігання переливу палива через головки повітряних труб при його прийманні та перекачуванні в процесі експлуатації судна паливна система повинна бути оснащена або централізованим переливом (трубою переповнення), або переливними трубами із запасних і видаткових цистерн в переливну цистерну, або іншим надійним засобом, що виключає проливання палива на палубу.

Переливні цистерни повинні бути обладнані світловою та звуковою сигналізацією, що спрацьовує при заповненні понад 75 % їх обсягу.

Контроль прийому палива може здійснюватися одним з трьох способів: по переливним трубам, по повітряно-переливним трубам і по контрольним цистернам.

На рис. 1.4 показана схема прийому і перекачування палива дизельної установки. Прийом палива відбувається через станцію прийому і видачі палива, яка обладнана окремими приймальними патрубками для мало- і високов'язкого палива. На лінії прийому високов'язкого палива (ВВП) встановлені фільтри грубого очищення, манометри і термометри, що знаходяться безпосередньо на станції. Приймальні паливні патрубки забезпечені відростками з незворотно-запірними клапанами для продування трубопроводів повітрям. Приймальна магістраль малов'язкого палива (МВП) має тільки фільтр і манометр. Трубопроводи високов'язкого палива

забезпечені супутниками для обігріву, в них вмонтовані компенсатори температурних розширень.

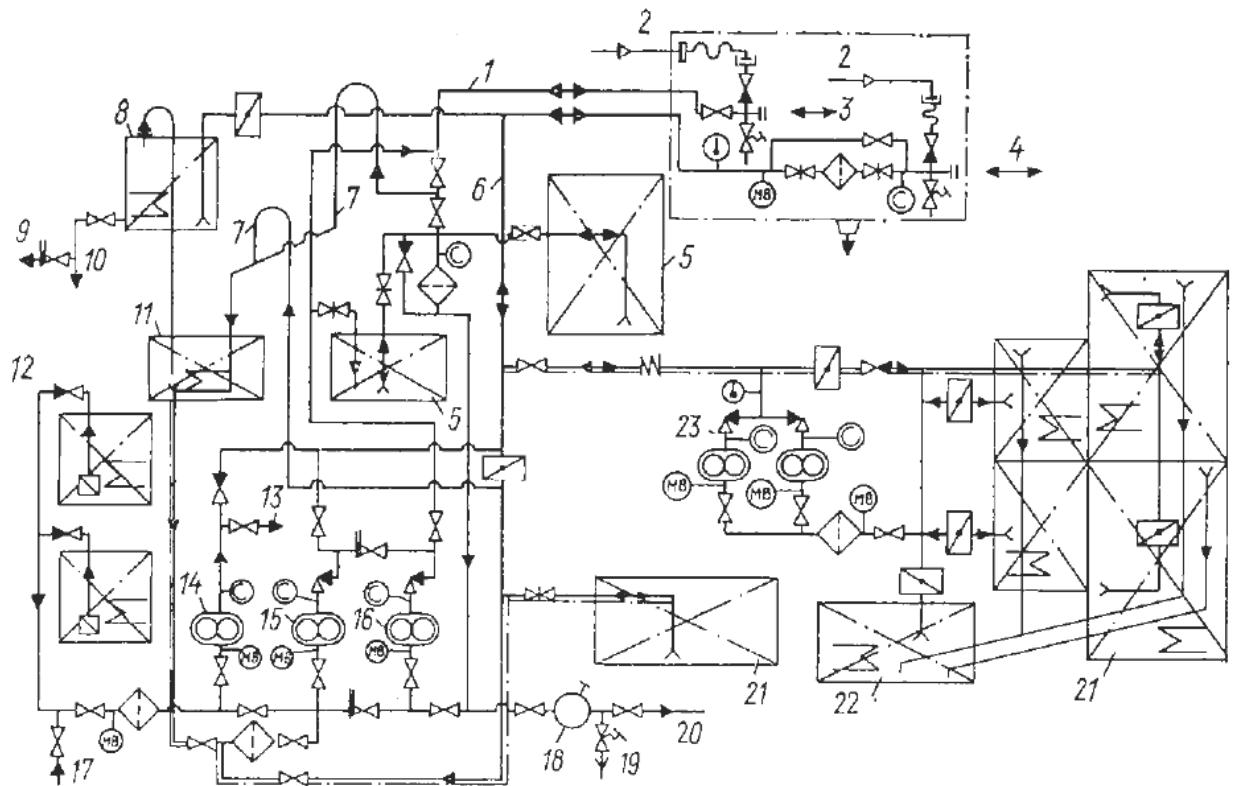


Рисунок 1.4 – Суднова паливна система дизельної установки

На рис. 1.4 використано наступні позначення:

- 1 – приймальний трубопровід малов'язкого палива (57×4 мм);
- 2 – трубопровід продування;
- 3 – приймання та видача малов'язкого палива;
- 4 – приймання та видача високов'язкого палива;
- 5 – цистерна запасу малов'язкого палива;
- 6 – приймальний трубопровід високов'язкого палива (108×4 мм);
- 7 – переливної трубопровід;
- 8 – цистерна відстійна високов'язкого палива;
- 9 – трубопровід до сепараторів;
- 10 – осушення в цистерну запасу високов'язкого палива;
- 11 – цистерна переливна;

- 12 – цистерна нафтовідходів;
- 13 – видача мастила;
- 14 – насос перекачування протікання палива і мастила;
- 15 – насос перекачування високов'язкого палива;
- 16 – насос перекачування малов'язкого палива;
- 17 – трубопровід підведення відпрацьованого мастила;
- 18 – ручний насос;
- 19 – зливний трубопровід в цистерну нафтовмісних вод;
- 20 – трубопровід подачі малов'язкого палива ДГ;
- 21 – цистерна запасу високов'язкого палива;
- 22 – цистерна переливна високов'язкого палива;
- 23 – паливоперекачувальні електронасоси (один резервний).

Основний запас палива зберігається в цистернах запасу високов'язкого палива. Цистерни ВВП забезпечені змійовиками для парового обігріву. Система обладнана переливними цистернами для ВВП і МВП, перекачувальними шестеренними (або гвинтовими) насосами високов'язкого, малов'язкого і протікання палива. Перекачування палива з одних цистерн в інші, заповнення відстійної цистерни і видача палива здійснюється штатними паливоперекачувальними насосами по трубопроводах. Керування перемикаючою арматурою дистанційне (гідро- або пневмоприводом). Групи цистерн основного запасу високов'язкого палива, віддалені від станції прийому, забезпечені окремим агрегатом перекачувальних насосів. На приймальних магістралях насосів високов'язкого палива встановлені фільтри.

Осушення цистерн збору нафтозалишків здійснюється шестеренним або ручним насосом, який також використовується для заповнення видаткової цистерни дизель-генератора малов'язким паливом. Система обладнана трубопроводом для збору протікань палива.

1.4 Насоси суднових паливних систем

Для перекачування високов'язких рідин служать шестеренні і гвинтові насоси. У системах СЕУ вони застосовуються як паливоперекачувальні, паливопідкачувальні, масляні і насоси для гідравлічних систем.

Шестеренні насоси мають різноманітне конструктивне виконання. Найбільш широко поширені насоси горизонтального типу двороторні із зовнішнім евольвентним зачепленням. Вони бувають з прямими і шевронними зубцями. Ці насоси надійні в експлуатації, можуть бути безпосередньо з'єднані з швидкохідними двигунами, прості за конструкцією і мають невеликі масу і габарити.

Шестеренні насоси випускаються подачею: $0,2-200 \text{ м}^3/\text{год}$ при напорі до 350 м вод. ст. з частотою обертання 1500-3000 об/хв; ККД становить 0,5-0,7.

Гвинтові насоси мають більш високий ККД у порівнянні з шестеренними. Вони можуть виконуватися з циклоїдним зачепленням, зі спіральним зачепленням (негерметичні) і героторні (одноговинтові) або насоси «Моно». Гвинтові насоси здатні створювати високі напори (до 2500 м вод. ст.) і забезпечувати подачу до $1000 \text{ м}^3/\text{год}$. Їх ККД доходить до 0,85. Всмоктувальна здатність гвинтових насосів гірша, ніж у поршневих. Кращі шестеренні і гвинтові насоси забезпечують вакууметричну висоту всмоктування до 4-6 м вод. ст.).

Найбільш поширеними на флоті є тригвинтові насоси з циклоїдним і евольвентно-циклоїдним зачепленнями завдяки таким перевагам, як високий ККД, помірні маса і габарити, рівномірна подача, хороша всмоктувальна здатність, відсутність вібрації і шуму. Однак ці насоси чутливі до чистоти палив, що перекачуються. Для палив, що мають високі в'язкість і ступінь забруднення, більш придатні гвинтові спіральні насоси, що відрізняються відсутністю дотику між гвинтами з трапецеїдальною або прямокутною

нарізкою. Вони не можуть розвивати високі тиски, оскільки при нагнітанні до 3,5-4,0 МПа у них різко збільшуються осьові протікання палива і знижується ККД.

Шестеренні насоси за конструктивним виконанням – фланцеві горизонтального типу (ГОСТ 19027-73), а гвинтові (тригвинтові) – вертикальні і горизонтальні (ГОСТ 20883-75). Ці насоси здатні перекачувати малов'язкі палива (ГОСТ-305-82), середньов'язкі – ДТ і ДМ (ГОСТ 1667-68), а також високов'язкі – мазути флотські Ф5, Ф12 і мазути топкові 40, 40М (ГОСТ 10585-75). Кінематична в'язкість мазутів 6,1-22,6 см²/с (80-300° ВУ).

На рис. 1.7 зображено тригвинтовий насос з циклоїдним зачепленням подачею 750 л/хв.

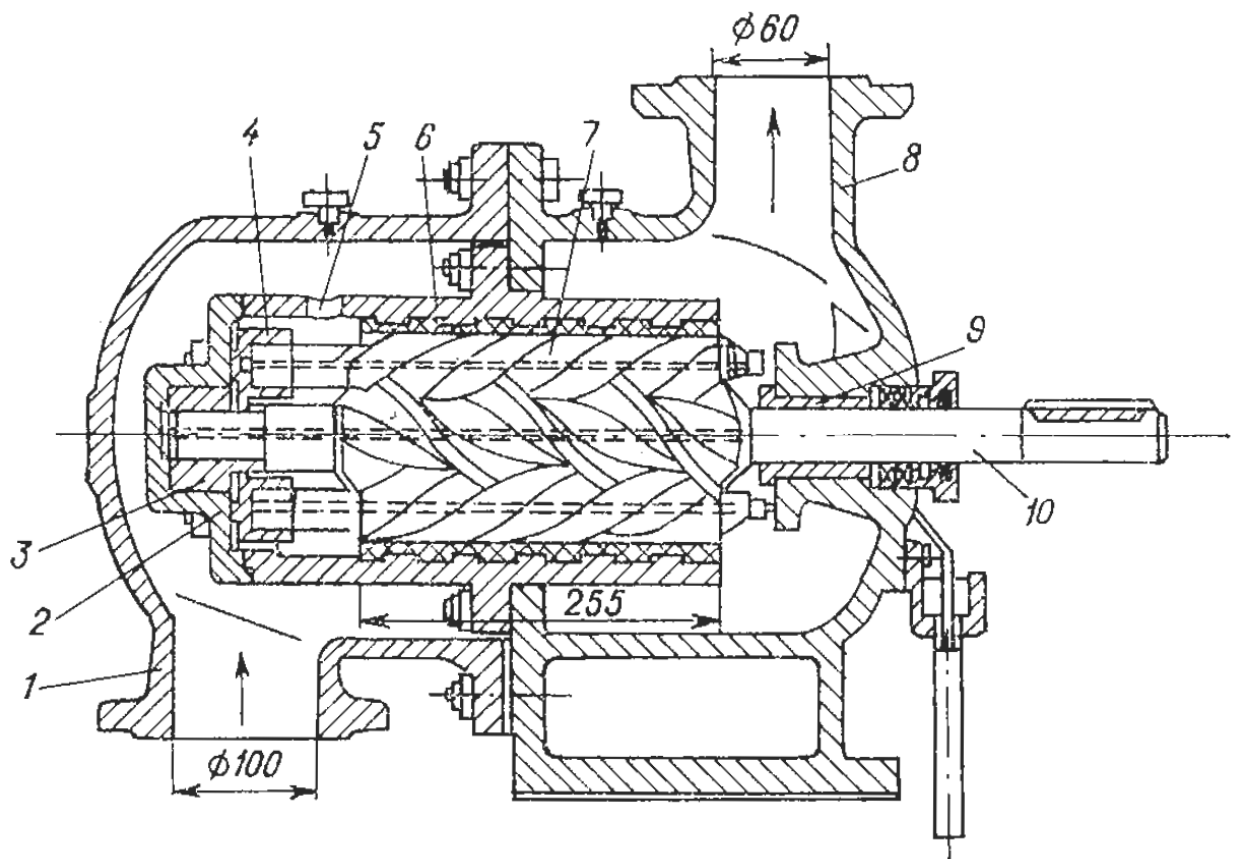


Рисунок 1.7 – Тригвинтовий насос: 1 – кришка корпусу; 2 – кришка рубашки; 3, 4 – опорні стакани; 5 – вікно підведення перекачувальної рідини; 6 – рубашка гвинтів; 7 – ведені гвинти; 8 – корпус насоса; 9 – деталі сальникового ущільнення; 10 – вал з ведучим гвинтом.

Гвинти вмонтовані в рубашку і складають разом з нею блок, розміщений всередині корпусу насоса. Внутрішня поверхня рубашки облицьована бабітом, що забезпечує мінімальні зазори між гвинтами і рубашкою. Центральний гвинт ведучий, бічні – ведені.

Перекачувальна рідина надходить у всмоктувальну камеру і вловлюється впадиною нарізок з боку цієї камери. При повороті гвинтів на деякий кут обсяг рідини герметично відділяється від камери всмоктування і під тиском нарізок буде переміщатися уздовж осі до тих пір, поки не надійде в камеру нагнітання, а звідти в відповідний патрубок.

В енергетичних установках знаходять застосування для перекачування палива героторні (одногвинтові) насоси (рис. 1.8).

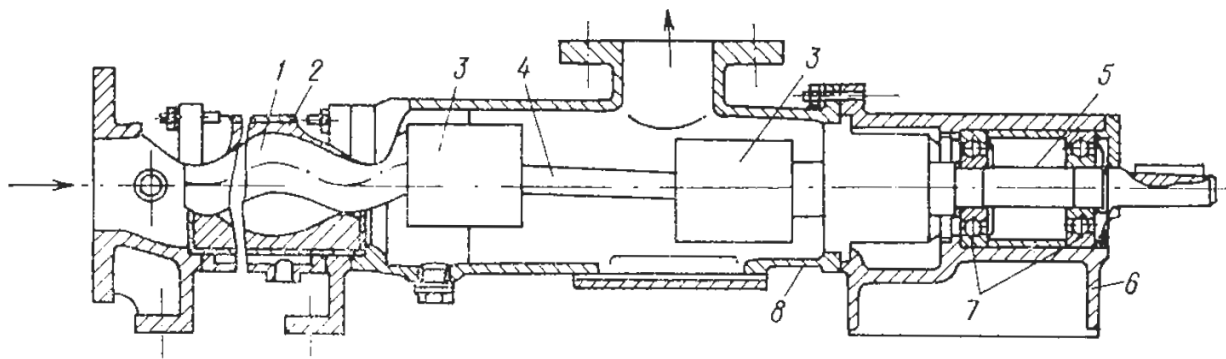


Рисунок 1.8 – Одногвинтовий паливоперекачувальний насос:

- 1 – черв'як; 2 – статор (гумовий); 3 – з'єднувальні вузли; 4 – згинальний стержень; 5 – приводний вал; 6 – корпус підшипника; 7 – підшипниковий вузол; 8 – корпус насоса

РОЗДІЛ 2

ВИКЛАД ЗАГАЛЬНИХ ПІДХОДІВ І ОСНОВНИХ МЕТОДІВ ДОСЛІДЖЕННЯ

2.1 Загальні підходи та структурно-логічна схема дослідження

Наукові дослідження класифікуються за різними ознаками.

Фундаментальні наукові дослідження – це експериментальна або теоретична діяльність, направлена на отримання нових знань про основні закономірності будови, функціонування і розвитку людини, суспільства, навколишнього природного середовища.

Прикладні наукові дослідження – це дослідження, що є націленими переважно на вживання нових знань для досягнення практичних цілей і вирішення конкретних завдань. Іншими словами, вони є спрямованими на рішення проблем використання наукових знань, отриманих в результаті фундаментальних досліджень, в практичній діяльності людей.

Пошуковими називають наукові дослідження, націлені на визначення перспективності роботи над темою, відшукування шляхів рішення наукових завдань.

У теорії пізнання виділяють два рівні дослідження: теоретичний (займається номенклатурою) та емпіричний (експериментальний).

Теоретичний рівень дослідження характеризується перевагою логічних методів. На цьому рівні одержані факти досліджуються, обробляються за допомогою логічних понять, умовиведень, законів і інших форм мислення.

Тут досліджувані об'єкти аналізуються, узагальнюються, розкриваються внутрішні зв'язки, закони розвитку. На цьому рівні пізнання за допомогою органів чуття (емпірія) може бути присутнім, але воно є підлеглим.

Структурними компонентами теоретичного пізнання є проблема, гіпотеза і теорія.

Проблема – це складна теоретична або практична задача, способи рішення якої невідомі або відомі не повністю, як результат глибокого вивчення. Розрізняють проблеми нерозвинені (передпроблеми) і розвинені. Актуальність проблеми, що постає перед дослідником, пов'язана з необхідністю та своєчасністю вивчення та вирішення розбіжностей з метою удосконалення теорії.

Гіпотеза є вимагає перевірки і доведення припущення про причину, яка викликає певний висновок, про структуру досліджуваних об'єктів і характер внутрішніх і зовнішніх зв'язків структурних елементів.

Наукова гіпотеза повинна відповідати наступним вимогам:

- 1) релевантності, тобто співвіднесення з фактами, на які вона спирається;
- 2) можливості бути перевіреною на практиці, співвіднесення з даними спостереження або експерименту (виняток становлять гіпотези, що не перевіряються);
- 3) сумісності з існуючим науковим знанням;
- 4) володіння пояснювальною силою, тобто з гіпотези повинна виводитись деяка кількість підтверджуючих її фактів, наслідків. Більшою пояснювальною силою володітиме та гіпотеза, з якої виводиться найбільша кількість фактів;
- 5) простоти, тобто вона не повинна містити ніяких довільних допущень, суб'єктивістських нашарувань.

Теорія – це логічно організоване знання, концептуальна система знань, яка адекватно і цілісно відображає певну область дійсності. Вона володіє наступними властивостями:

1. Теорія є однією з форм раціональної розумової діяльності.
2. Теорія – це цілісна система достовірних знань.

3. Вона не тільки описує сукупність фактів, але і пояснює їх, тобто виявляє походження і розвиток явищ і процесів, їх внутрішні та зовнішні зв'язки, причинні і інші залежності і т.д.

4. Всі положення і висновки, що містяться в теорії, є обґрунтованими, доведеними.

На рис. 2.1 зображено топологію методів наукових досліджень.

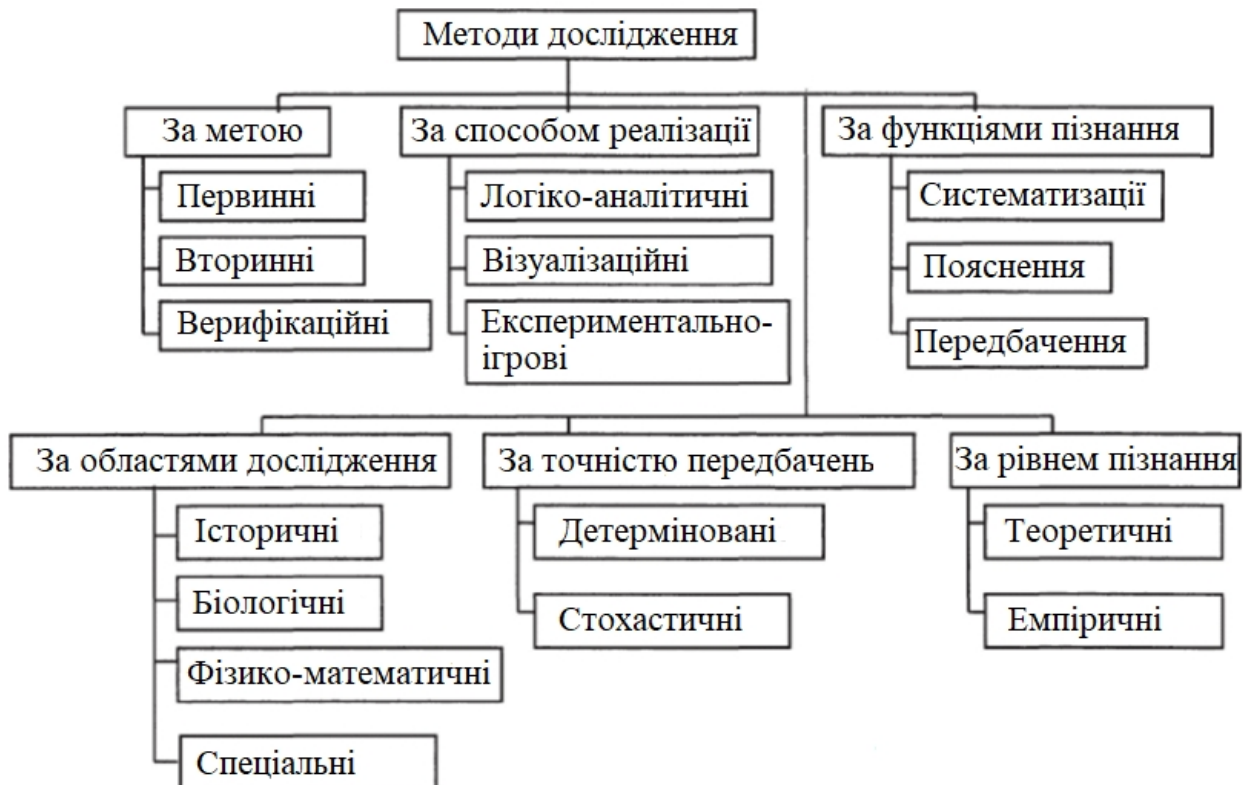


Рисунок 2.1 – Топологія методів наукових досліджень

Структурно-логічну схему дослідження слід розглядати як наглядний алгоритм послідовності проведення дослідження. Нею слід користуватись та, інколи, повертатись до попередніх етапів дослідження. Структурно-логічні схеми вказують на взаємозв'язки окремих частин дослідження. Структурно-логічна схема дослідження з автоматизації електропривода насоса суднової паливної системи показана на рис. 2.2.

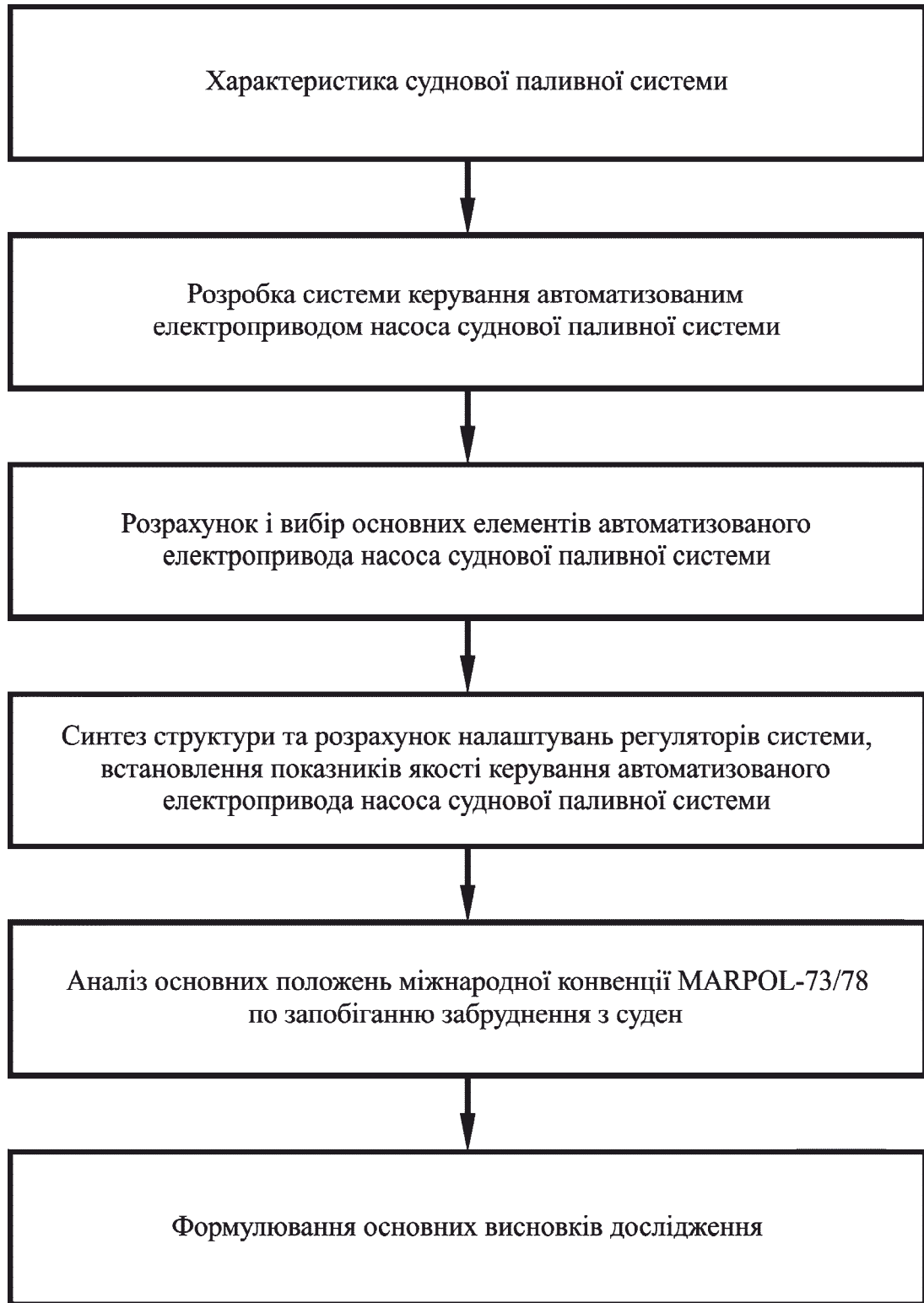


Рисунок 2.2 – Структурно-логічна схема дослідження з автоматизації електропривода насоса суднової паливної системи показана

2.2 Обґрунтування необхідності підтримки постійності швидкості обертання ротора для забезпечення постійності напору насоса суднової паливної системи

Близько 25 % всієї електроенергії, що виробляється, споживається електроприводами турбомеханізмів (насоси, вентилятори тощо), які поки що в своїй більшості є нерегульованими. Традиційні засоби регулювання продуктивності турбомеханізмів 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. Прикладами використання турбомеханізмів є насосні станції і установки водопостачання промислових процесів та житлових будинків, де при змінних витратах води, необхідно підтримувати постійний тиск (напір) на певному, частіше всього, номінальному рівні.

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 насосу (рис. 2.3). У більшості стабілізація напору H при змінних витратах Q відбувається при наявності протитиску H_c в гідравлічній мережі.

Регулювання швидкості насосу для підтримки постійного напору краще всього реалізовувати за рахунок зміни частоти напруги, що живить асинхронний двигун. Але це можна зробити за допомогою різних законів частотного керування, що дають різні техніко-економічні показники.

Широко поширена думка, що статичний момент турбомеханізмів пропорційний квадрату швидкості, справедлива тільки при відсутності протитиску, що є окремим випадком. Більш поширені системи при наявності протитиску, 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 турбомеханізмів при використанні економічного закону регулювання електричних машин та забезпечення оптимального пуску турбомеханізмів, що працюють у режимі стабілізації напору при змінних витратах та даному протитиску.

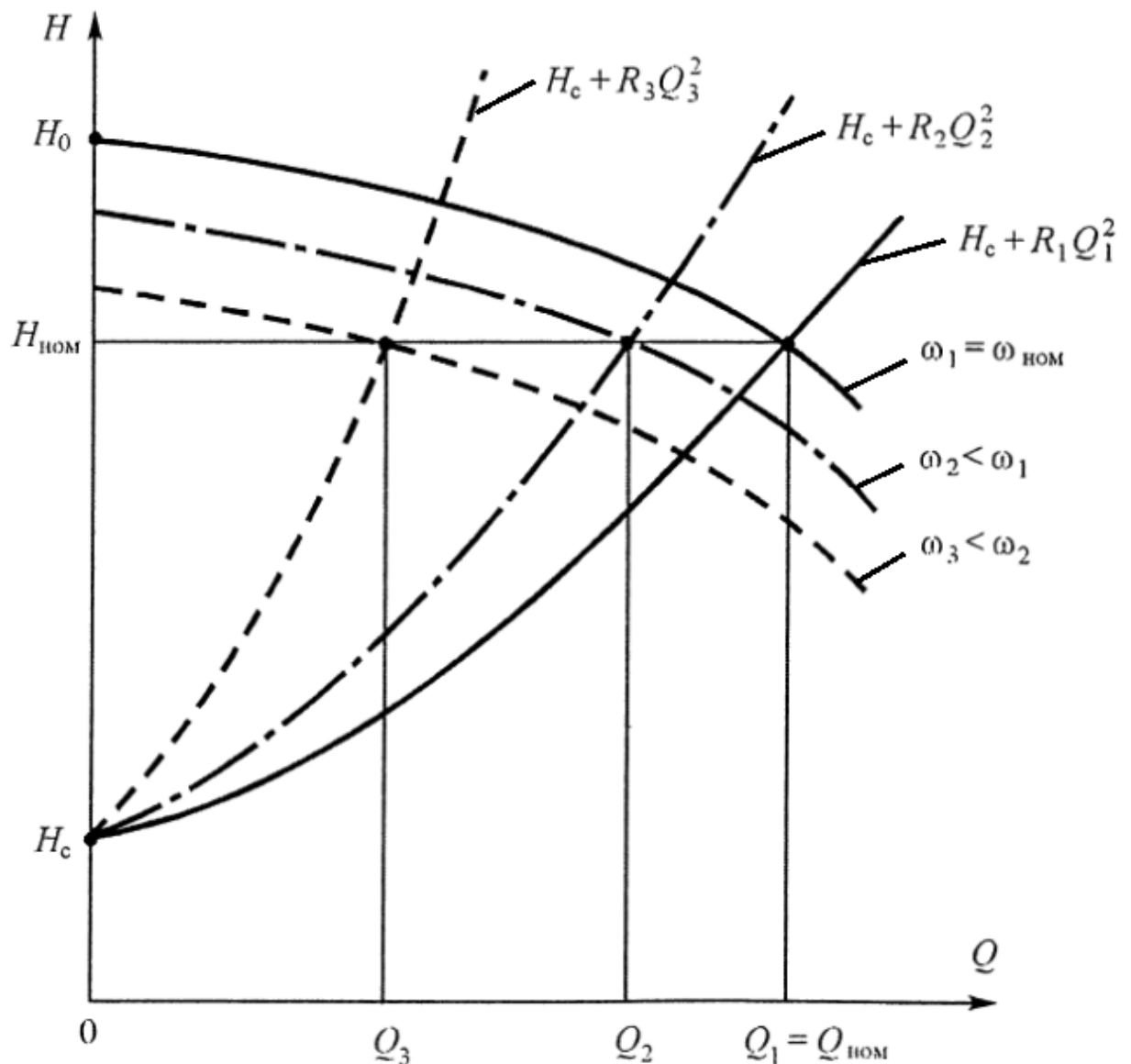


Рисунок 2.3 – Графік стабілізації тиску на рівні $H_{\text{ном}}$ при змінних витратах за рахунок регулювання швидкості турбомеханізму

Для насоса суднової паливної системи необхідно підтримувати постійність швидкості обертання ротора насоса, цим буде забезпечений номінальний напір на виході насосу і постійність об'єму рідини, що перекачується. Типова функціональна схема такої системи керування представляє собою систему скалярного керування зі зворотним зв'язком за швидкістю.

Для турбомеханізмів (насоси, вентилятори, компресори) закони частотного керування можна описати наступними математичними виразами:

$$M_c \approx c\omega^2 = c \frac{4\pi^2}{p^2} f_1^2;$$

$$\frac{M_k}{M_c} = \frac{3p^3 U_1^2}{8\pi^3 L_k f_1^2 4\pi^2 c f_1^2} = \frac{3p^3 U_1^2}{32\pi^4 L_k c f_1^4} = \text{const для } \frac{U_1}{f_1^2} = \text{const}.$$

Графічне представлення останніх виразів можна побачити на рис. 2.4.

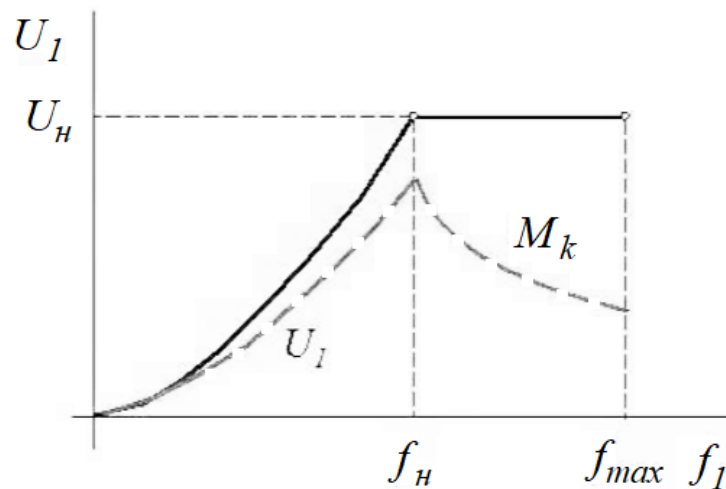


Рисунок 2.4 – Закони частотного керування для турбомеханізмів

Наведені математичні вирази стосуються турбомеханізмів, насамперед насосів, вентиляторів і компресорів.

2.3 Метод скалярного керування електропривода насоса суднової паливної системи

Враховуючи рекомендації для автоматизованих електроприводів турбомеханізмів (насоси, вентилятори тощо) обираємо систему скалярного керування електропривода насоса суднової паливної системи.

Принцип скалярного керування частотно-регульованого асинхронного електропривода насоса суднової паливної системи 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_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.

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

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.

2.4 Розімкнуті системи скалярного керування електроприводами насосів суднових паливних систем

При невисокій точності і обмеженому діапазоні регулювання швидкості АД найбільш доцільним є його частотне керування в розімкнутій системі електроприводу (рис. 2.5). У подібних системах частота f_1 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} (рис. 2.4). 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 статора на рівні: $(0,7 \dots 0,8) I_{1ном}$.

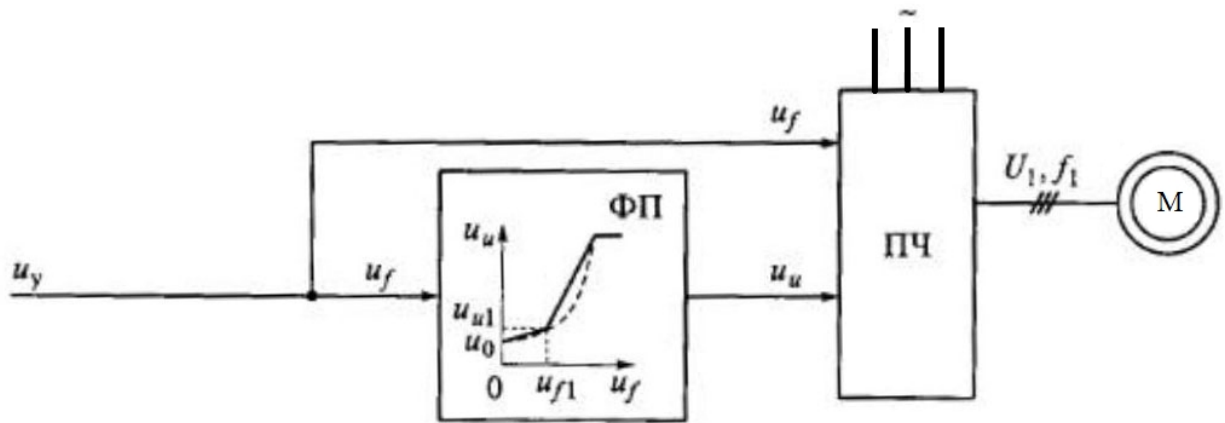


Рисунок 2.5 – Функціональна схема розімкнутої системи «перетворювач частоти – асинхронний двигун»

Це відповідає встановленню вихідної напруги перетворювача частоти при $u_{f1} = 0$ на рівні $U_1 \cong (0,7 \dots 0,8) I_{1ном} R_1$, де R_1 – активний опір обмотки статора АД.

Реальне найменше значення вихідної частоти перетворювача і відповідне йому значення u_{f1} корисно вибирати з умови $f_{1min} \cong \omega_{0ном} p_n s_c / 2\pi$, 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 U_1/f_1^2 . На рис. 2.5 це співвідношення відбите у ФП штриховою лінією. Початкові значення частоти і напруги на виході ПЧ, які вибираються з тих же міркувань, що і при $M_c = \text{const}$, 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_u за рахунок включення в коло керування задатчика інтенсивності.

У статичному режимі розімкнена система частотного керування (рис. 2.5) 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 пе-

ревантаженнях з боку робочого механізму або відхиленнях напруги живлячої мережі.

2.5 Замкнуті системи скалярного керування електроприводами насосів суднових паливних систем

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 рис. 2.6.

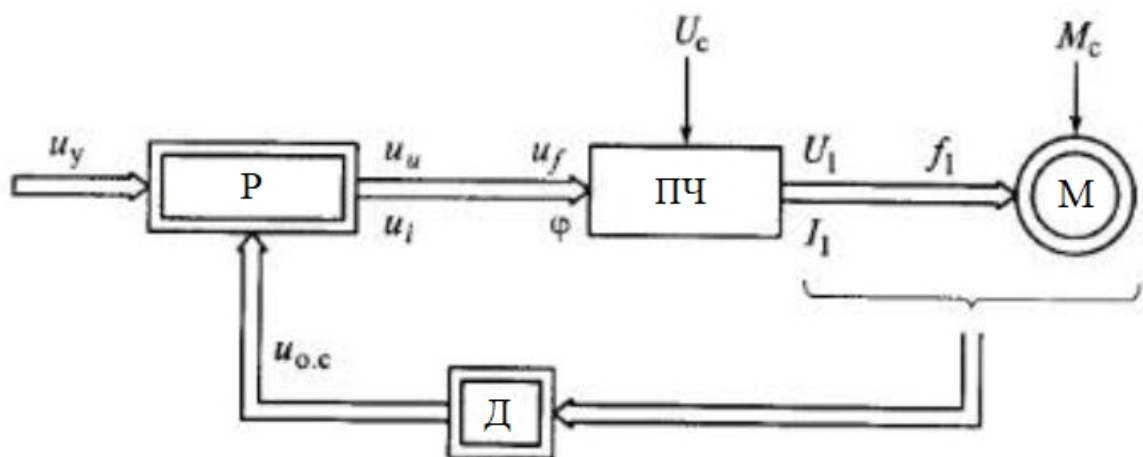


Рисунок 2.6 – Функціональна схема замкненої системи

ПЧ-АД при частотному керуванні скалярного типу

З функціональної схеми видно, що окрім АД і керованого перетворювача частоти (ПЧ) містить регулятори P 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 u_i перетворювача частоти.

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

Варіант функціональної схеми системи частотного керування АД із зворотним зв'язком за струмом статора, представлений на рис. 2.7. 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 сигналу I_{1max} , що пропорційний діючому значенню максимально допустимого струму статора АД.

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_u . 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 намагнічування 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_1 визначається умовами стійкості замкнутої системи керування і допустимими значеннями потоку намагнічування і напруги живлення АД.

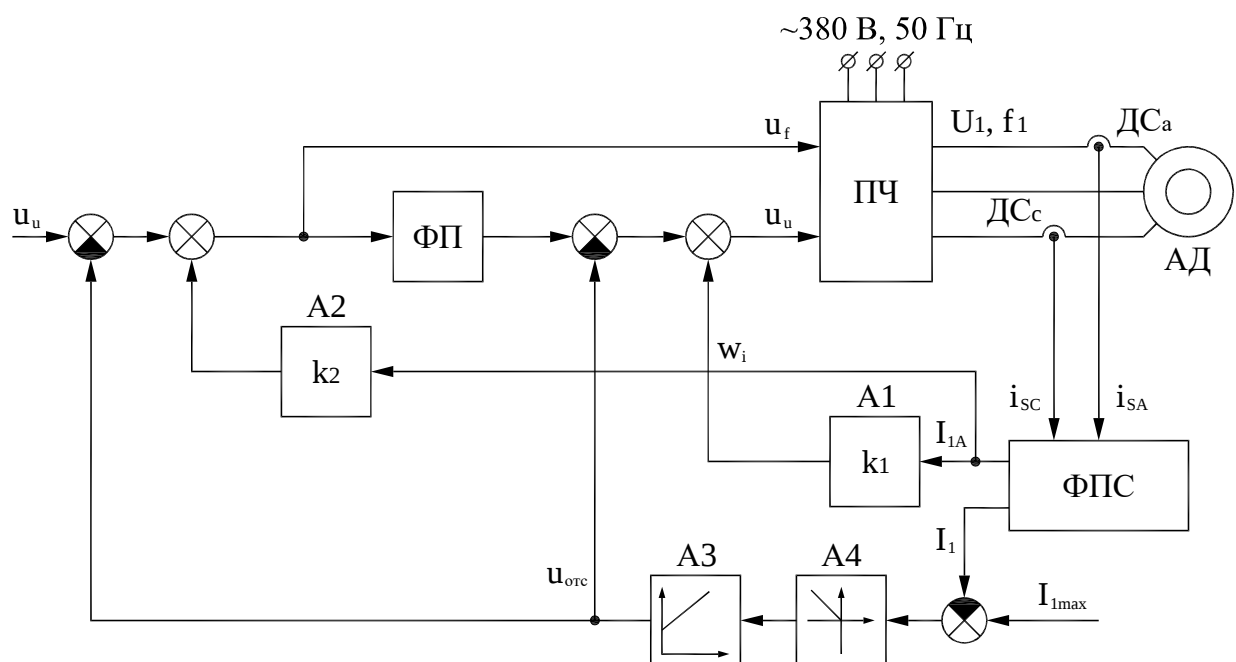


Рисунок 2.7 – Функціональна схема системи керування типу
«перетворювач частоти – асинхронний двигун»
зі зворотним зв'язком за струмом статора

По мірі зниження частоти живлення повний опір кола намагнічення і, отже, падіння напруги в статорі АД зменшуються. Тому для стабілізації і обмеження потоку намагнічення в замкнутій по повному струму системі ступінь компенсації падіння напруги, тобто коефіцієнт k_1 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 рис. 2.7, то постійність потокозчеплення статора зберігатиметься при незмінному коефіцієнті k_1 .

При частотному керуванні АД з подібним зворотним зв'язком по струму можлива реалізація механічних характеристик електропривода з підвищеною перевантажувальною 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 перевантажувальної здатності АД по моменту. Збільшення коефіцієнта посилення k_2 пристрою А2, що сприяє підвищенню жорсткості механічної характеристики АД, обмежене умовами стійкості замкнутої 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 (рис. 2.7). При $I_1 > I_{1\max}$ на вхід ПІ-регулятор струму відсічення А3 поступає сигнал перевищення струму статора вище

допустимого. Вихідний сигнал АЗ u_{omc} може впливати як на зменшення вихідної напруги ПЧ (вузол $\sum_2$), так і одночасно на зменшення частоти живлення АД (вузол $\sum_1$).

При дії тільки на вихідну напругу перетворювача, за умови, що регулятор АЗ 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 АЗ (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 $\sum_1$, (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 подібної системи при живленні від ПЧ як джерела напруги приведена на рис. 2.8.

Тут канал від'ємного зворотного зв'язку за швидкістю включає тахогенератор ТГ як датчик зворотного зв'язку, вузол $\sum_5$ підсумовування напруги керування швидкістю АД u_y і зворотного від'ємного зв'язку за швидкістю u_{oc} , регулятор абсолютного ковзання А5, блок БО обмеження

його вихідної напруги u_{pc} , а також вузол Σ_4 сумування напруги u_{pc} і результуючої напруги u_{y1} з виходу суматора Σ_1 .

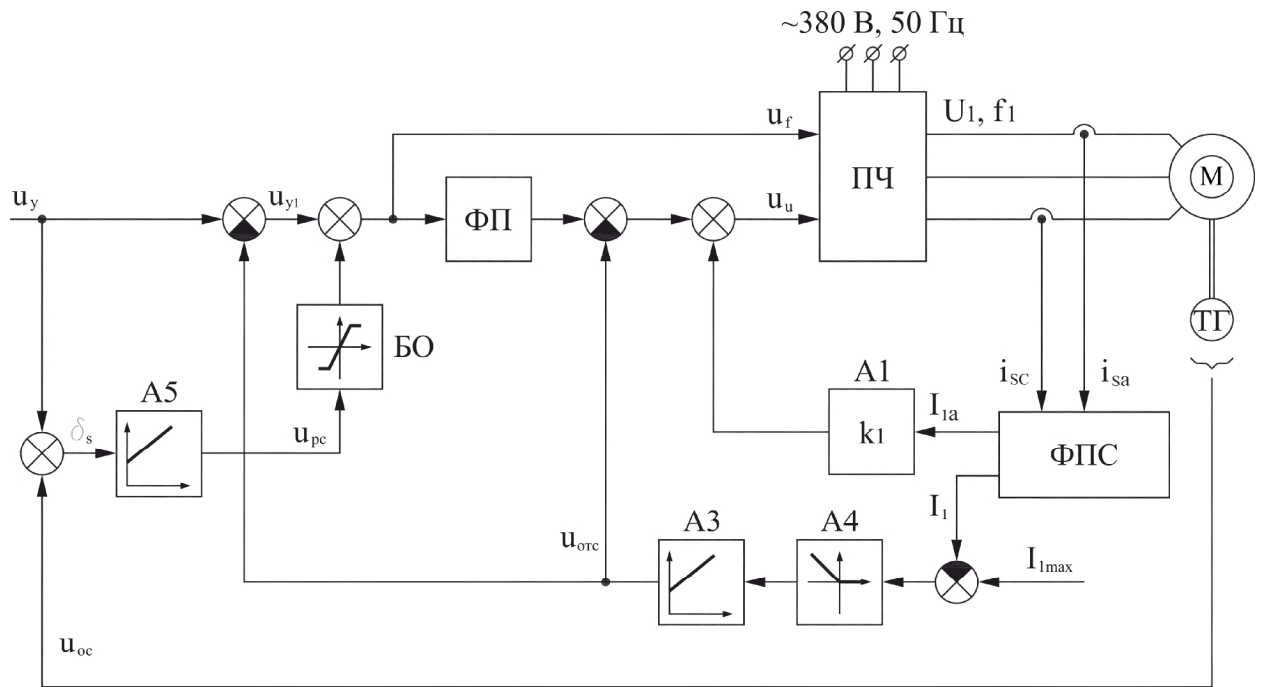


Рисунок 2.8 – Функціональна схема системи керування типу
«перетворювач частоти – асинхронний двигун»
зі зворотним зв'язком за швидкістю

По мірі збільшення навантаження на валу АД (від моменту M_1 до моменту M_2 на рис. 2.9) за рахунок зменшення швидкості АД і, як наслідок, сигналу $u_{o.c}$ збільшується сигнал розузгодження $\delta_s = u_y - u_{o.c} \equiv \omega_{00} - \omega \equiv s_a$, пропорційний абсолютному ковзанню двигуна. Тут ω_{00} – задана швидкість ідеального холостого ходу АД, що відповідає початковому сигналу керування u_y ; 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 $u_{y1} = u_y$ (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 (рис. 2.9, б). При цьому швидкість двигуна відновлюється до заданого значення ω_{00} , тобто забезпечується абсолютна жорсткість механічної характеристики АД (лінія 1 на рис. 2.8, а).

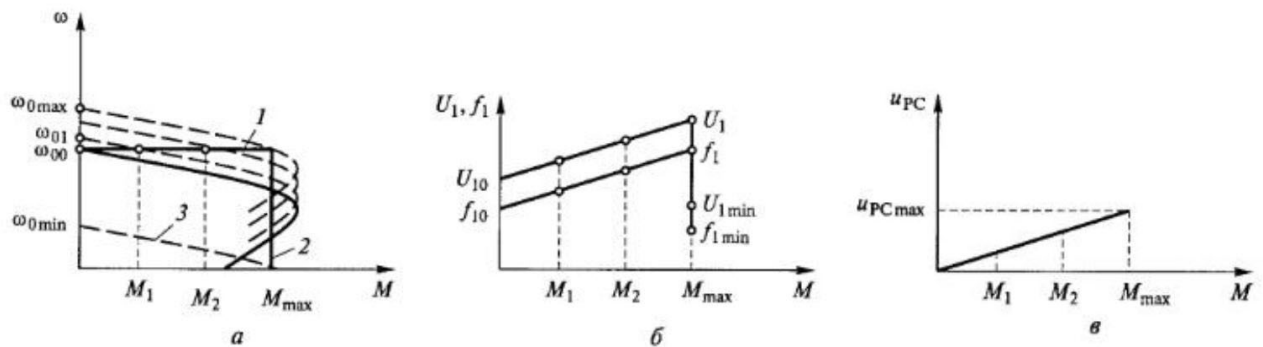


Рисунок 2.9 – Механічні характеристики (а), залежності вихідних напруг і частот перетворювача частоти (б), а також напруги регулятора швидкості (в) від моменту в системі керування типу «перетворювач частоти – асинхронний двигун» зі зворотним зв'язком за швидкістю

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_{pc} на рівні $u_{pc\max}$ (рис. 2.9, 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 рис. 2.9, а). Мінімальна синхронна швидкість двигуна $\omega_{0\min}$ буде відповідати значенням $f_{1\min}$ і $U_{1\min}$, а механічна характеристика – лінії 3 (рис. 2.9, а).

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

2.6 Перетворювач частоти SINUS PENTA

Сьогодні у багатьох сферах промисловості широко застосовуються трифазні асинхронні двигуни різної потужності, перетворюючи електричну енергію в механічну. Навантаження, до якого підключений двигун, може бути, наприклад, насосом суднової паливної системи, транспортером на машинобудівному заводі, що постачає деталі на участі обробки, або баштовим краном на будівництві, що піднімає різної величини маси. У залежності від характеристик навантаження, їх зміни (наприклад, невисока маса навантаження може змінюватись в широких межах, виникає небезпека критичного перевантаження) та особливості робочих середовищ, а також поєднуються з умовами надійної та безпечної експлуатації двигуна, вибираючи відповідний режим керування ним. Для реалізації цього режиму до двигун підключається частотно-регульований привод (ЧРП) та, інколи, окремий пристрій плавного пуску (ППП). ЧРП – пристрій для керування асинхронним двигуном, що складається з двох основних функціональних модулів: випрямляча (моста постійного струму), який перетворює змінний струм промислової частоти та амплітуди у постійний струм та інвертора, який здійснює перетворення постійного току в змінний струм потрібної частоти та амплітуди. PPP – пристрій, що використовується для плавного пуску (зупинки) електродвигунів з невисоким початковим моментом та подання на них при цьому змінного струму з регульованою амплітудою, але не частотою. Розглянемо основні функції ЧРП та області його застосування

на прикладі промислового частотно-регульованого привода SINUS PENTA компанії італійської компанії Santerno.

Сучасна перетворювальна техніка дозволяє отримувати економію електроенергії не тільки від оптимізації керування електродвигунами, а й має можливість давати додаткову економію за рахунок рекуперації електроенергії.

Разом з перетворювачами частоти інколи можуть бути застосовані модулі рекуперації. Вони застосовуються при керуванні кінематичними системами, що накопичують при розгоні й гальмуванні велику кількість енергії. Застосування модулів рекуперації дозволяє в процесі гальмування повернути в мережу механічну енергію з валу двигуна.

Модуль рекуперації підключається входом до ланки постійного струму, а виходом безпосередньо до живильної частотний перетворювач мережі. Якщо до ланки постійного струму підключено кілька перетворювачів, то достатньо одного модуля рекуперації.

Існують перетворювачі частоти, які представляють собою інвертор з вбудованою функцією повернення запасеної енергії від двигуна в мережу.

Ідея повернення енергії в мережу дозволяє відмовитися від громіздких гальмівних резисторів і значно збільшити швидкість гальмування двигуна.

При цьому перетворювач частоти забезпечує роботу в режимах керування двигуном або рекуперації енергії без застосування додаткового обладнання, що в свою чергу забезпечує:

1. Збереження робочого простору – не потрібне додаткове обладнання (гальмівний модуль, гальмівні резистори) для ефективного гальмування двигуна
2. Збереження енергії і витрат – енергія, що рекуперується перетворювачем частоти повертається назад в живлячу мережу.
3. Немає виділення тепла, оскільки гальмівні резистори не застосовуються.

Перетворювачі частоти з рекуперацією електроенергії в мережу найчастіше використовують для вирішення завдань, які пов'язані з процесами прискорення та уповільнення, що чергуються.

Основні області застосування таких перетворювачів:

- машини з виробництва паперу;
- лінії металообробки;
- конвеєри;
- ескалатори (наприклад, у великих торгових центрах або ж метро, один ескалатор працює на підйом інший на спуск при цьому другий працює в генераторному режимі (гальмування), всю цю енергію гальмування можна рекуперувати в мережу (використати для живлення першого двигуна));
- розмотувачі;
- електрошпінделі;
- канатні дороги;
- підйомні крани та підйомники, ліфти;
- центрифуги;
- устаткування для різання скла, картону та металу;
- гірничодобувна промисловість;
- відновлювані джерела енергії (вітряні електростанції, гідроелектростанції, сонячні електростанції).

Використання рекуперативних перетворювачів набуває особливого економічного значення в період постійного зростання вартості електроенергії та значно скорочує терміни окупності перетворювача частоти.

Перетворювачі SINUS PENTA можуть використовуватися в якості рекуперативного джерела живлення. SINUS PENTA стає джерелом живлення, що споживає з мережі або віддає їй синусоїдальний струм з одиничним коефіцієнтом потужності; таке джерело називається рекуперативним, оскільки може забезпечувати передачу енергії в двох напрямках. Рекуперативне джерело живлення має вихід постійного струму,

який використовується для живлення одного або декількох перетворювачів частоти через клеми шини постійного струму.

При такому використанні можна отримати наступні переваги:

- Споживання від мережі силового струму з мінімальним коефіцієнтом гармонік і одиничним коефіцієнта потужності;
- Рекуперація кінетичної енергії двигуна та механізму в процесі гальмування (що дозволяє уникнути використання гальмівних резисторів і відповідно теплових втрат);
- Керування двигуном, що має більшу номінальну напругу, ніж напруга живлячої мережі;
- Використання SINUS PENTA в якості гальмівного модуля.

На рис. 2.10 показана блок-схема з'єднань перетворювача SINUS PENTA, що використовується в якості рекуперативного джерела живлення і приводного перетворювача SINUS PENTA, який керує двигуном.

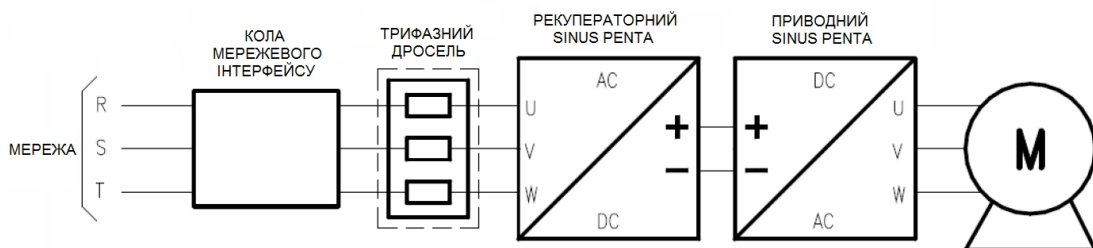


Рисунок 2.10 – Блок-схема з'єднань рекуперативного перетворювача SINUS PENTA

Між рекуперативним перетворювачем і мережею необхідно встановити індуктивність, яка фільтрує напругу ШІМ і перетворює вихідний струм в синусоїдальний.

При використанні перетворювача як рекуперативного джерела живлення, що підключене до приводного перетворювача, двигун часто працює в генераторному режимі. При цьому енергія передається в мережу струмом синусоїдальної форми при одиничному коефіцієнті потужності, що

забезпечує економічність та усуває необхідність використання гальмівного резистора.

Рекуперативне джерело живлення на базі SINUS PENTA може використовуватися для живлення одного або декількох перетворювачів SINUS PENTA. Будь-які інші застосування необхідно погоджувати з компанією Elettronica Santerno.

Перетворювач SINUS PENTA в рекуперативному застосуванні забезпечує передачу вхідної і вихідної потужності за допомогою синусоїдальних струмів (з мінімальними гармонійними спотвореннями) і з одиничним коефіцієнтом потужності. Рекуперативне застосування дозволяє налаштувати напругу кола постійного струму: якщо Penta використовується для живлення одного або декількох перетворювачів, що керують двигунами, то можливо перетворення кінетичної енергії гальмування двигуна в електричну та повернення її в живлячу мережу (що дозволяє уникнути використання гальмівних резисторів і відповідно теплових втрат). Якщо перетворювач, що керує двигуном, живиться по колу постійного струму за допомогою функції рекуперативного застосування, то можливе керування двигуном, що має більшу номінальну напругу, ніж напруга живлячої мережі.

Перетворювач з функцією рекуперативного застосування може бути використаний в якості гальмівного модуля (рис. 2.11).

Рекуперативний перетворювач при живленні приводного перетворювача забезпечує передачу енергії в двох напрямках.

В деяких випадках потужність гальмування менше потужності приводного перетворювача. Якщо не потрібним є споживання синусоїдального струму, то рекуперативний перетворювач може використовуватися в якості гальмівного модуля, що дозволяє уникнути розсіювання потужності гальмування на резисторах. Рекуперативних перетворювач необхідно використовувати в якості гальмівного модуля при потужності гальмування в діапазоні від 65 до 25% від потужності двигуна.

При великих потужностях рекомендується система з двонаправленим потоком енергії, при менших – використання гальмівних резисторів.

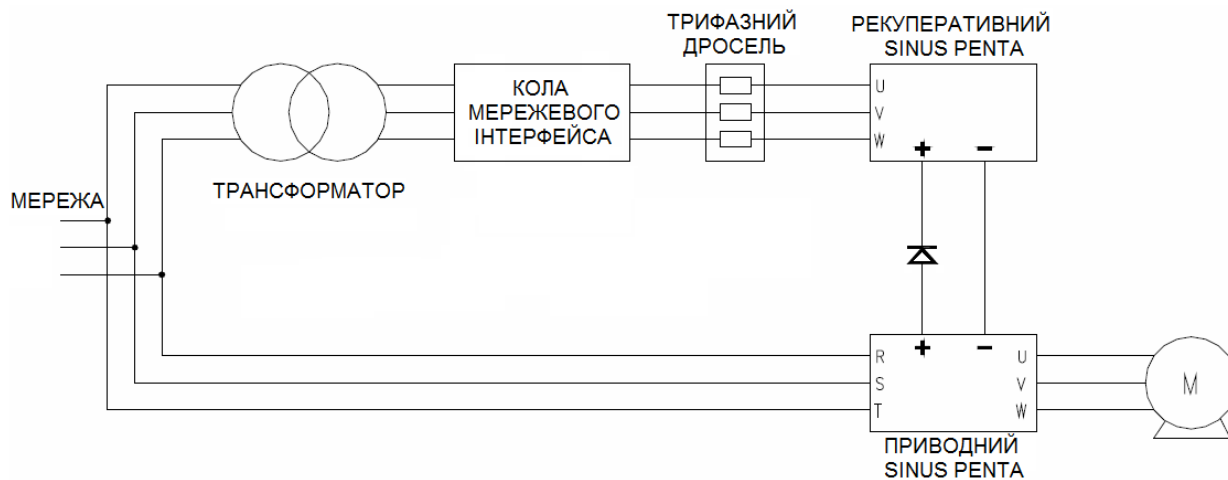


Рисунок 2.11 – Підключення рекуперативного перетворювача в якості блоку гальмування

Зовнішній вигляд перетворювача показаний на рис. 2.12.



Рисунок 2.12 – Перетворювач частоти SINUS PENTA

Схема підключення перетворювача частоти SINUS PENTA приведена на рис. 2.13.

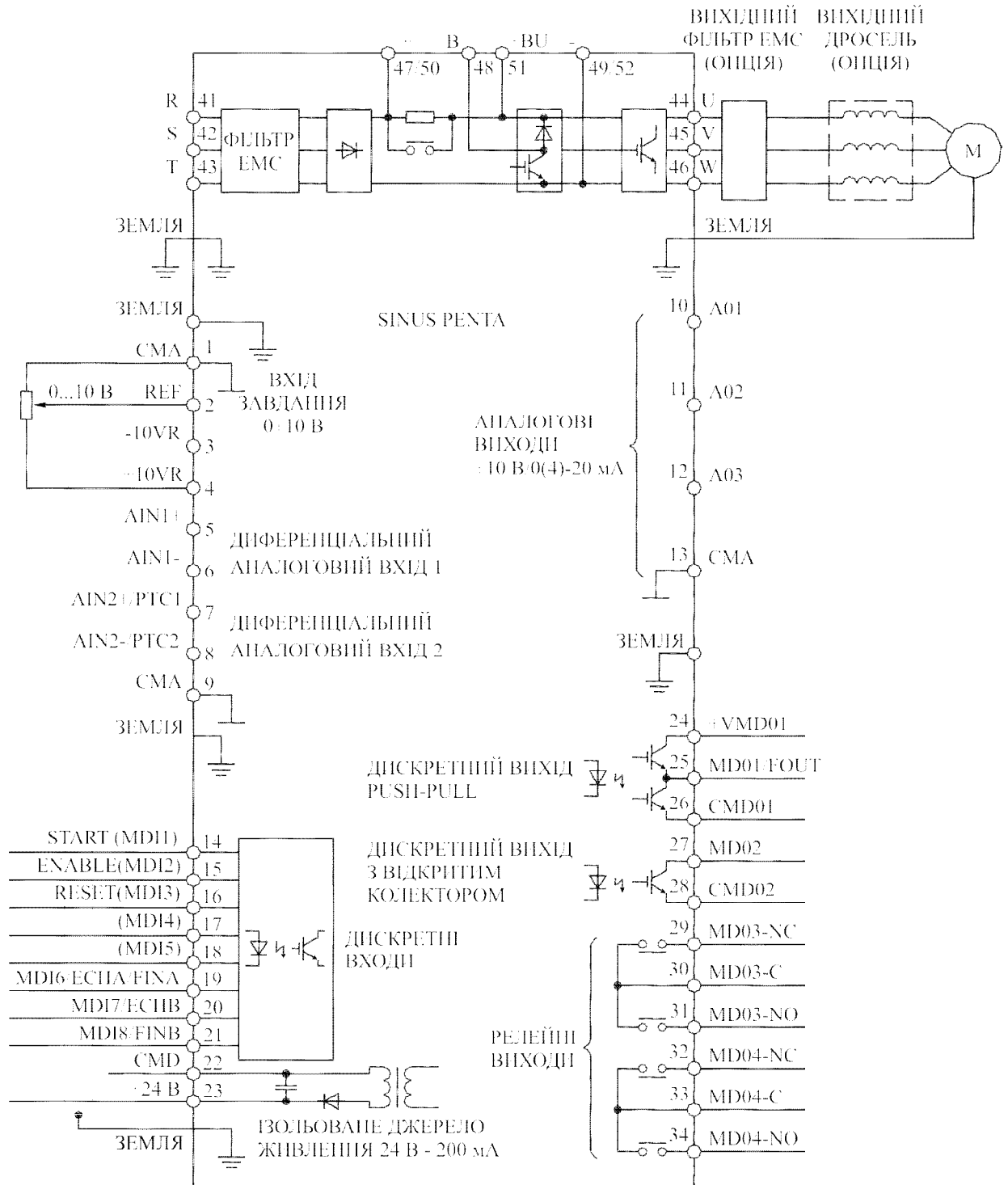


Рисунок 2.13 – Схема підключення перетворювача SINUS PENTA

Оскільки для потужностей гальмування понад $\frac{2}{3}$ від потужності двигуна потрібен розділовий трансформатор, то в цьому випадку рекомендується застосування системи з двонаправленим потоком енергії. При менших потужностях рекуперативний перетворювач може використовуватися в якості модуля гальмування. Вибір потужності рекуперативного перетворювача ґрунтується на максимальній механічній потужності гальмування; необхідно використовувати перетворювач, потужність якого дорівнює або перевищує необхідну потужність гальмування.

На рис. 2.14 наведений рекуперативний інтерфейс перетворювача SINUS PENTA.

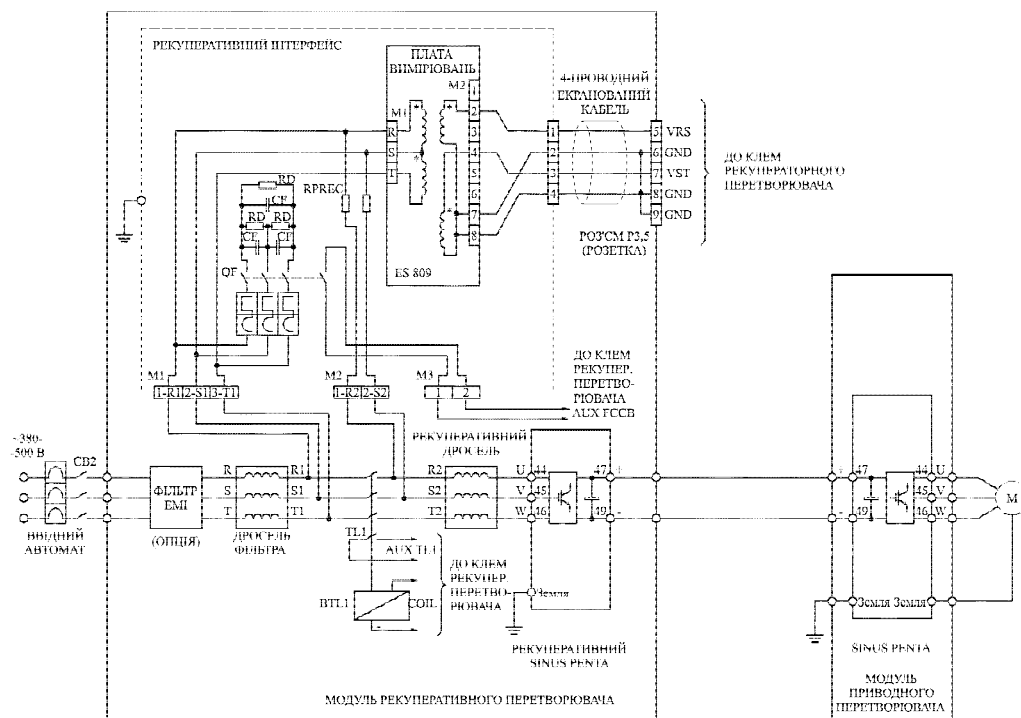


Рисунок 2.14 – Рекуперативний інтерфейс перетворювача SINUS PENTA

Існує два способи відображення параметрів перетворювача:

– на дисплеї пульта керування. На дисплеї ПЧ SINUS PENTA можна вивести до чотирьох параметрів одночасно і налаштувати систему так, щоб ці параметри відображалися після включення харчування без будь-яких дій на стороні оператора.

– за допомогою аналогових виходів. Як вже було сказано, ПЧ SINUS PENTA має три аналогових виходи, які можна вивести практично будь-який внутрішній параметр. Вихідний сигнал може бути токовим (4-20 мА) або сигналом напруги (0-10 В). Ці сигнали можуть бути виведені на пошукові збори або введені на аналогові входи іншого обладнання, наприклад, контролер або інший ПЧ.

Схема кіл керування показана перетворювача SINUS PENTA на рис. 2.15.

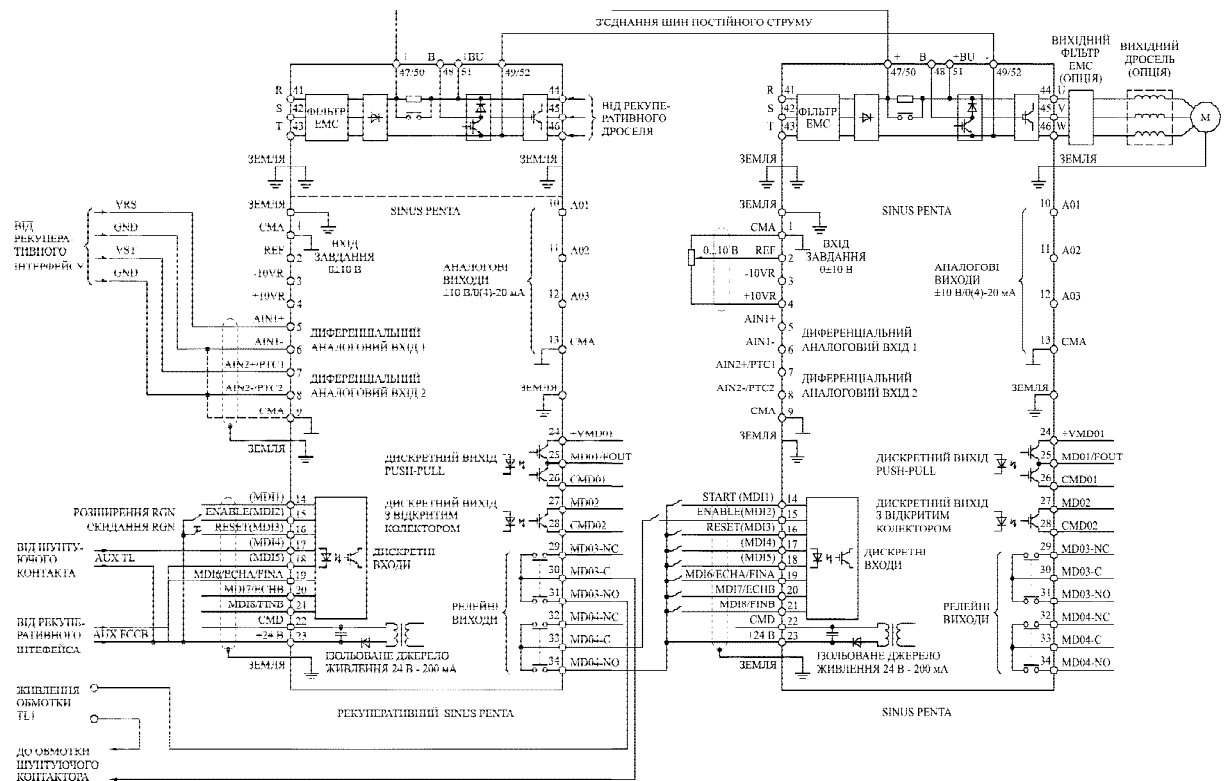


Рисунок 2.15 – Схема кіл керування перетворювача SINUS PENTA

Перетворювач частоти SINUS PENTA може бути налаштований за допомогою вбудованого спеціалізованого програмного забезпечення, що дозволяє реалізувати базу перетворення системи керування насосною станцією з декількома насосами. При цьому керуванні насосами, не пов'язаними безпосередньо з перетворювачем SINUS PENTA, може бути

реалізовано як за допомогою пристроїв плавного пуску (рис. 2), так і за допомогою перетворювачів частот інших моделей.

Монтаж систем і введення її в експлуатацію при використанні такого програмного забезпечення суттєво спрощується.

Вбудований в перетворювач частоти SINUS PENTA логічний контролер дозволяє реалізувати різну систему логіки роботи. Можливості контролера:

- порівняння аналогових параметрів з пороговими значеннями та видача результатів у дискретному вигляді;
- реалізація типових елементів логічного плану;
- обробка дискових та аналогових сигналів, видача результатів на виходи збірки або його подальша обробка;
- використання в логічній схемі сигналів стану внутрішніх кіл перетворювачів.

Залежно від потужності, а також типу захисту та додаткових опцій, існують три типи виконання, що розглядуваного перетворювача частоти:

- SINUS (рис. 2.12) – моделі для автономної установки зі ступенем захисту IP20/IP54 (моделі підвищеної потужності для автономної установки мають виконання IP00);
- SINUS BOX (рис. 2.16) – моделі в настінній шафі із ступенем захисту IP54;



Рисунок 2.16 – Перетворювач частоти SINUS PENTA
у виконанні SINUS BOX

– SINUS CABINET (рис. 2.17) – моделі в напідлоговій шафі зі ступенем захисту IP42 / IP54.



Рисунок 2.17 – Перетворювач частоти SINUS PENTA
у виконанні SINUS CABINET

Розглянуті перетворювачі частоти SINUS PENTA знаходять широке застосування в таких сферах, як енергетика, ЖКХ, водопостачання, постачання палив і мастил, вентиляція та кондиціонування, кранові та ліфтові рішення, а також у нафтогазовій, атомній та інших галузях промисловості.

РОЗДІЛ 3

РОЗРАХУНКОВА ЧАСТИНА, АНАЛІЗ І УЗАГАЛЬНЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕННЯ

3.1 Вибір приводного електродвигуна насоса суднової паливної системи

В табл. 3.1 наведено характеристики тригвинтового насоса типу А1 ЗВ 63/25-45/6,3Б.

Таблиця 3.1 – Технічні характеристики насоса А1 ЗВ 63/25-45/6,3Б

Модель агрегату	Подача насоса, м ³ /год	Тиск насоса, кгс/см ²	Вакууметрична висота всмоктування, м	Частота обертання, об/хв	Рід рідини, в'язкість сСт (оВУ), температура	Потужність двигуна, кВт
А1 ЗВ 63/25-45/6,3Б	47	6,3	5	1450	мінеральні мастила, дизпаливо, 3...190 (1,25...25), 80 °С	22

Зовнішній вигляд тригвинтового насоса А1 ЗВ 63/25-45/6,3Б показано на рис. 3.1.



Рисунок 3.1 – Тригвинтовий насос А1 ЗВ 63/25-45/6,3Б суднової паливної системи

В якості приводного двигуна тригвинтового насоса А1 3В 63/25-45/6,3Б з використанням довідників обираємо асинхронний двигун серії 5А модель АНР180S4 потужністю 22 кВт з числом полюсів $2p=4$ (число пар полюсів $p_n=2$) і синхронною швидкістю 1500 об/хв, Основні технічні характеристики даного асинхронного двигуна приведено в табл. 3.2

Таблиця 3.2 – Технічні характеристики асинхронного двигуна АНР180S4

Тип двигуна	P_n , кВт	Маса, кг	n_n , об/хв	η	$\cos \varphi$	I_n , А	$\frac{I_k}{I_n}$	$\frac{M_n}{M_n}$	$\frac{M_{\max}}{M_n}$	$J_{\text{дв}}$, кг×м ²
АНР180S4	22	170	1460	0,91	0,86	42,8	6,9	1,7	2,6	0,16

Визначимо параметри схеми заміщення асинхронної машини за паспортними даними двигуна.

Номінальне ковзання:

$$s_n = \frac{n_s - n_n}{n_s} = \frac{1500 - 1460}{1500} = 0,027,$$

де n_s – синхронна швидкість (швидкість обертання магнітного поля);

n_n – номінальна швидкість обертання двигуна.

Критичне ковзання:

$$s_k = (m_k + \sqrt{m_k^2 - 1}) s_n = (2,6 + \sqrt{2,6^2 - 1}) 0,027 = 0,133,$$

де $m_k = \frac{M_k}{M_n} = 2,6$ – відношення моменту критичного моменту до номінального моменту.

Визначимо номінальну кутову швидкість:

$$\omega_{\text{ном}} = \frac{2\pi n_{\text{ном}}}{60} = \frac{2 \cdot 3,142 \cdot 1460}{60} = 152,891 \text{ рад/с.}$$

Визначимо швидкість холостого ходу, номінальне ковзання і момент:

$$\omega_0 = \frac{2\pi f}{p} = \frac{2 \cdot 3,142 \cdot 50}{2} = 157,08 \text{ рад/с.}$$

Номінальний момент:

$$M_{\text{ном}} = \frac{P_{\text{н}}}{\omega_{\text{ном}}} = \frac{22 \cdot 10^3}{152,891} = 143,894 \approx 144 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Критичний момент:

$$M_{\text{к}} = m_{\text{к}} M_{\text{ном}} = 2,6 \cdot 143,894 = 374,123 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Конструктивний коефіцієнт

$$c_1 = 1 + \frac{L_{\text{лс}}}{L_{\text{м}}}.$$

Попередньо конструктивний коефіцієнт задається в діапазоні $c = 1,02 - 1,05$ 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 $c_1 = 1,02$.

Механічні втрати:

$$\Delta P_{\text{м}} = \sqrt{3} I_{\text{н}} U_{\text{н}} \cos \varphi_{\eta} - P_{\text{н}} = \sqrt{3} \cdot 42,8 \cdot 380 \cdot 0,86 \cdot 0,91 - 22 \cdot 10^3 = 45,9 \text{ Вт}.$$

Коефіцієнт в'язкого тертя:

$$B_{\text{м}} = \frac{\Delta P_{\text{м}}}{(2\pi n_{\text{н}}/60)^2} = \frac{45,9}{(2 \cdot 3,142 \cdot 1460/60)^2} = 1,964 \cdot 10^{-3}.$$

Опір статора знаходиться з виразу:

$$\begin{aligned} R_{\text{с}} &= \frac{3}{2} \frac{(U_{\text{н}}/\sqrt{3})^2 (1 - s_{\text{н}})}{c_1 (1 + c_1/s_{\text{к}}) m_{\text{к}} (P_{\text{н}} + \Delta P_{\text{м}})} = \\ &= \frac{3}{2} \cdot \frac{(380/\sqrt{3})^2 (1 - 0,027)}{1,02 \cdot (1 + 1,02/0,133) \cdot 2,6 \cdot (22 \cdot 10^3 + 45,9)} = 0,139 \text{ Ом}. \end{aligned}$$

Опір ротора:

$$R_r = \frac{1}{3} \frac{(P_H + \Delta P_m)}{(1 - s_{\text{НОМ}}) \left(\frac{I_K}{I_H} \right)^2 I_H^2} = \frac{1}{3} \cdot \frac{(22 \cdot 10^3 + 45,9)}{(1 - 0,027) \cdot 6,9^2 \cdot 42,8^2} = 0,087 \text{ Ом.}$$

Індуктивність статора і ротора:

$$\begin{aligned} L_s \equiv L_r &= \frac{1}{2\pi f_H I_H} \frac{(U_H / \sqrt{3})}{\left(\sqrt{1 - (\cos \varphi)^2} - \cos \varphi s_H / s_K \right)} = \\ &= \frac{1}{2 \cdot 3,142 \cdot 50} \cdot \frac{(380 / \sqrt{3})}{42,8 \left(\sqrt{1 - 0,86^2} - 0,86 \cdot 0,027 / 0,133 \right)} = 0,048 \text{ Гн.} \end{aligned}$$

Індуктивність розсіювання статора і ротора:

$$\begin{aligned} L_{1s} \equiv L_{1r} &= \frac{1}{4\pi f_H} \sqrt{\left[(U_H / \sqrt{3}) / (i_K I_H) \right]^2 - (R_s + R_r)^2} = \\ &= \frac{1}{4 \cdot 3,142 \cdot 50} \sqrt{\left[(380 / \sqrt{3}) / (6,9 \cdot 42,8) \right]^2 - (0,139 + 0,087)^2} = 1,127 \cdot 10^{-3} \text{ Гн,} \end{aligned}$$

де $i_K = \frac{I_K}{I_H} = 6,9$.

Взаємоіндукція:

$$L_m = L_s - L_{1s} = 0,048 - 1,127 \cdot 10^{-3} = 0,047 \text{ Гн.}$$

Перераховуємо конструктивний коефіцієнт:

$$c_1 = 1 + \frac{L_{1s}}{L_m} = 1 + \frac{0,048}{1,127 \cdot 10^{-3}} = 1,024 \approx 1,02.$$

Збіг прийнятого і розрахункового конструктивного коефіцієнта досягнуто. Отже, розрахунок можна вважати прийнятним.

Для побудови механічної характеристики електродвигуна скористаємося спрощеною формулою залежності моменту від ковзання:

$$M = \frac{2M_K}{\frac{s}{s_K} + \frac{s_K}{s}}.$$

В пакеті програм MathCAD можна записати наступні програмні операції:

$$s := 0.0001, 0.00015 \dots 1 \quad M(s) := \frac{2 \cdot M_k}{\frac{s}{s_k} + \frac{s_k}{s}}$$

В результаті отримаємо графік механічної характеристики для електродвигуна АНР180S4 (рис. 3.2).

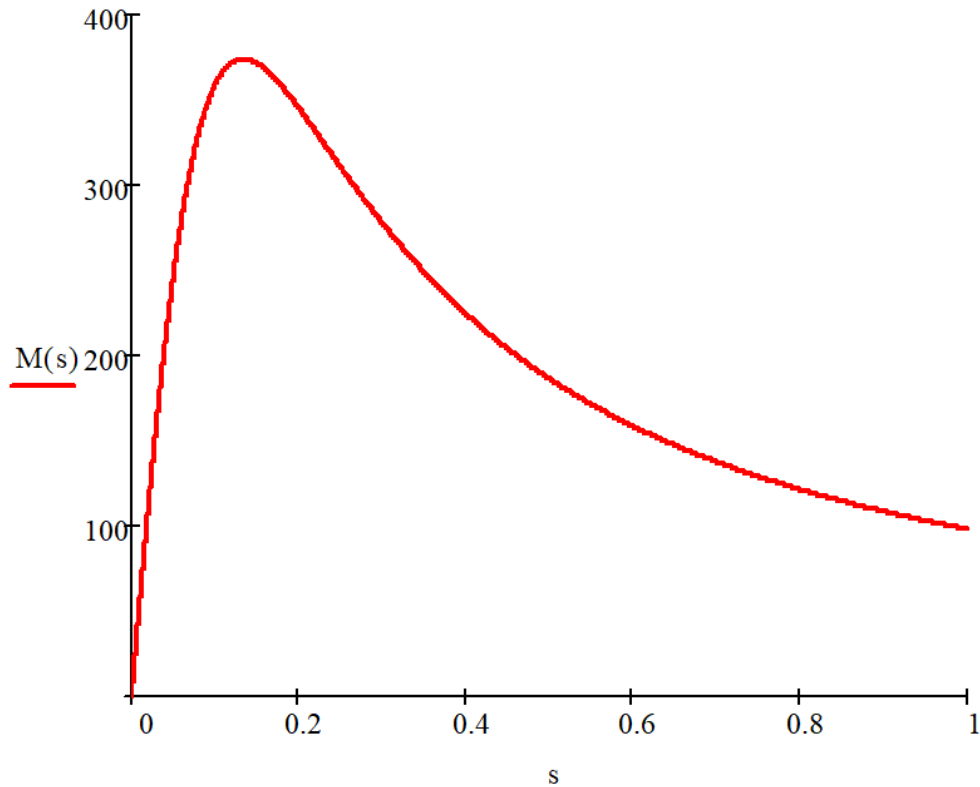


Рисунок 3.2 – Механічна характеристика приводного асинхронного двигуна АНР180S4 насоса суднової паливної системи

3.3 Вибір перетворювача частоти

Враховуючи потужність приводного асинхронного двигуна АНР180S4 (22 кВт) тригвинтового насоса А1 3В 63/25-45/6,3Б обираємо перетворювач частоти SINUS PENTA. При виборі перетворювача частоти для насосів суднових паливних систем рекомендуються врахувати можливість

перевантаження до 175 %. Конкретну модель перетворювача частоти SINUS PENTA необхідно обрати за допомогою табл. 3.3.

Таблиця 3.3 – Застосування перетворювачів SINUS PENTA в режимі Heavy (перевантаження до 175 %), напруга мережі 380-500 В

Номинальна напруга двигуна: 380-415 В				Номинальна напруга двигуна: 440-460 В			Номинальна напруга двигуна: 480-500 В		
ПЧ двигуна		Рекупера- тивний ПЧ		ПЧ двигуна		Рекупера- тивний ПЧ	ПЧ двигуна		Рекупера- тивний ПЧ
Макс. потуж. двигуна, кВт	Модель ПЧ	Модель ПЧ при живленні:		Макс. потуж. двигуна, кВт	Модель ПЧ	Модель ПЧ при живленні 440 ±10%	Макс. потуж. двигуна, кВт	Модель ПЧ	Модель ПЧ при живленні 480 ±10%
		380 ±10%	400 ±10%						
3	0005	0005	0005	3,7	0005	0005	4,5	0005	0005
4	0007	0007	0007	4,5	0007	0009	5,5	0007	0007
4,5	0009	0009	0009	5,5	0009	0009	7,3	0009	0009
5,5	0011	0011	0011	7,5	0011	0011	8,8	0011	0011
7,5	0014	0014	0014	9,2	0014	0014	10,8	0014	0016
9,2	0016	0016	0016	11	0016	0016	13,1	0016	0016
9,2	0017	0017	0017	11	0017	0025	13,9	0017	0017
11	0020	0020	0020	15	0020	0020	15,8	0020	0020
15	0025	0025	0025	18,5	0025	0025	21	0025	0025
18,5	0030	0030	0030	22	0030	0030	24	0030	0030
22	0035	0035	0035	25	0035	0035	28	0035	0035
25	0038	0038	0038	30	0038	0038	34	0038	0038
25	0040	0040	0040	30	0040	0040	34	0040	0040
30	0049	0049	0049	37	0049	0049	43	0049	0049
30	0060	0060	0060	49	0060	0060	43	0060	0060
37	0067	0067	0067	65	0067	0067	51	0067	0067
45	0074	0074	0074	50	0074	0074	56	0074	0074
48	0086	0086	0086	55	0086	0086	69	0086	0086
55	0113	0113	0113	65	0113	0113	74	0113	0113
75	0129	0129	0129	75	0129	0129	93	0129	0129
80	0150	0150	0150	90	0150	0150	100	0150	0150
90	0162	0162	0162	110	0162	0162	124	0162	0162
110	0179	0179	0179	132	0179	0179	137	0179	0179
120	0200	0200	0200	150	0200	0200	160	0200	0200
132	0216	0216	0250	160	0216	0216	175	0216	0216
150	0250	0250	0250	185	0250	0250	204	0250	0250
185	0312	0312	0312	220	0312	0312	231	0312	0312
220	0366	0366	0366	260	0366	0366	289	0366	0366
250	0399	0399	0399	300	0399	0399	326	0399	0399
280	0457	0457	0457	330	0457	0457	348	0457	0457
315	0524	0524	0524	370	0524	0524	438	0524	0524
355	0598	0598	0598	450	0598	0598	483	0598	0598
400	0748	0748	0748	500	0748	0748	534	0748	0748
500	0831	0831	0831	560	0831	0831	638	0831	0831

Обираємо перетворювач SINUS PENTA 0038 потужністю 25 кВт.

Повний діапазон високоякісних перетворювачів для асинхронних та синхронних двигунів змінного струму, які здатні реалізувати 5 варіантів керування: U/f (скалярне керування, в тому числі U/f^2), бездатчикове VTC, FOC, SYN, AFE. Поставляється у виконанні IP00, IP20, IP54.

Кожен перетворювач частоти має широкий діапазон дроселів, фільтрів, тормозних модулів і резисторів. А також, широкий діапазон необов'язкових модулів: підключення датчиків швидкості, засобів зв'язку, розширення входів/виходів, модулі послідовної зв'язку, реєстратори.

3.4 Синтез структури і розрахунок регуляторів системи керування електропривода насоса суднової паливної системи

Скалярний принцип частотного керування є найпоширенішим в асинхронному електроприводі. Йому властива технічна простота виміру й регулювання змінних асинхронного двигуна, а також можливість побудови розімкнутих систем керування швидкістю.

Формування необхідних статичних і динамічних властивостей асинхронного частотно-регульованого електропривода можливо лише в замкнутій системі регулювання його координат. Узагальнена функціональна схема подібної системи (рис. 3.3) крім асинхронного двигуна й керованого перетворювача частоти (ПЧ) містить регулятори Р и датчики Д змінних електропривода.

Система частотно-керованого електропривода нелінійна, тому аналітичний розрахунок регуляторів може бути виконаний досить наближено.

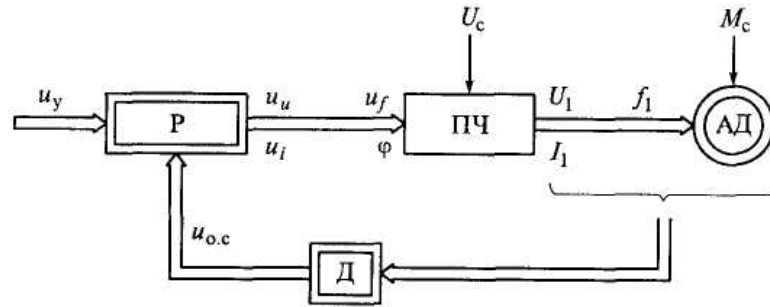


Рисунок 3.3 – Функціональна схема замкнутої системи керування типу ПЧ-АД зі скалярним керуванням

На рис. 3.4 зображено структурну схему лінеаризованої системи, функціональна схема якої приведена на рис. 2.8, при роботі асинхронного двигуна на ділянці механічної характеристики в межах значень абсолютного ковзання $s_a \leq s_k$. На схемі прийняті наступні позначення:

β – модуль жорсткості лінеаризованої механічної характеристики АД :

$$\beta = \frac{2M_k}{\omega_{0ннo} s_k};$$

$$\beta = \frac{2 \cdot 374,123}{314,159 \cdot 0,133} = 36,705.$$

T_e – еквівалентна електромагнітна постійна часу електрокіл статора та ротора АД, визначена по формулі:

$$T_e = \frac{1}{\omega_{0eел.но} s_k},$$

де $\omega_{0eел.но}$ – кутова швидкість електромагнітного поля асинхронного двигуна при його номінальній частоті живлення $f_{1ннo} = 50 \text{ Гц}$ ($\omega_{0eел.но} = 2\pi f_{1ннo} = 2 \cdot 3,142 \cdot 50 = 314,159 \text{ c}^{-1}$).

$$T_e = \frac{1}{314,159 \cdot 0,133} = 0,024 \text{ с.}$$

Для асинхронних двигунів загальнопромислового виконання $s=0,05\dots0,5$ (менші значення характерні для потужних двигунів), $T_e=(0,006\dots0,06)$ с;

T_m – електромеханічна постійна часу двигуна

$$T_m = \frac{J}{k_\omega} = \frac{J}{\beta},$$

де J – зведений момент інерції двигуна.

$$T_m = \frac{0,16}{36,705} = 4,359 \cdot 10^{-3} \text{ с.}$$

Передавальний коефіцієнт перетворювача частоти (ПЧ) $k_{пч}$:

$$k_{пч} = \frac{\Delta\omega_0}{\Delta u_{рш}} = \frac{2\pi\Delta f_1}{p_n \Delta u_{рш}},$$

де $p_n=2$ – кількість пар полюсів двигуна (синхронна частота ротора 1500 об/хв).

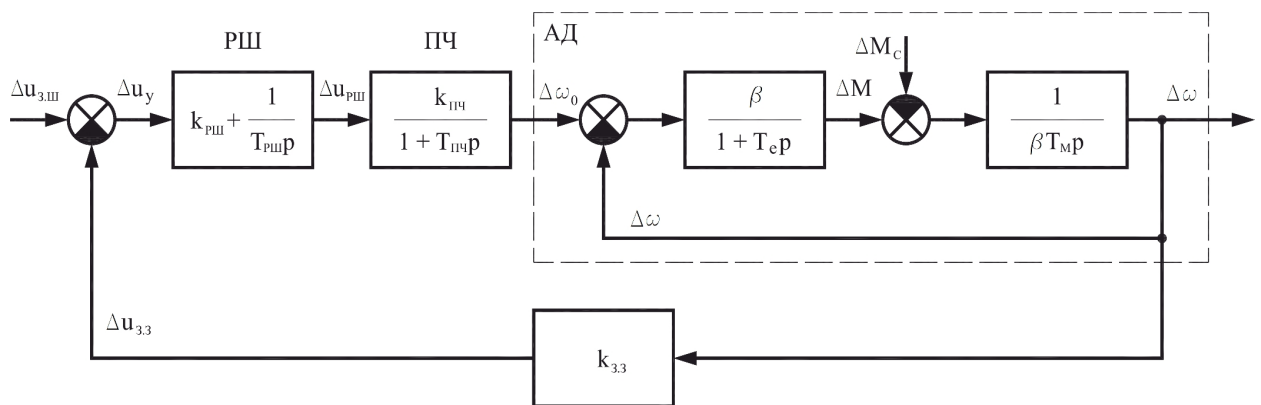


Рисунок 3.4 – Спрощена структурна схема системи ПЧ – АД зі зворотним зв'язком по швидкості

При роботі асинхронного двигуна в зоні частот $f_1 \leq f_{\text{інно}} = 50 \text{ Гц}$ і номінальному сигналі керування перетворювачем $u_{у.ПЧном}$ співвідношення

$$\frac{\Delta f_1}{\Delta u_{рш}} = \frac{f_1}{u_{у.ПЧном}};$$

$$k_{\text{пч}} = \frac{2 \cdot 3,142 \cdot 50}{2 \cdot 10} = 15,708 \approx 16.$$

$T_{\text{пч}}$ – постійна часу ланцюга керування ПЧ, що при високих частотах модуляції вихідної напруги промислових ПЧ (2...50 кГц) не перевищує 0,001 с.

Передавальна функція ПІ-регулятора швидкості

$$W_{\text{рш}}(p) = \frac{\Delta u_{\text{рш}}}{\Delta u_{\text{у}}} = k_{\text{рш}} + \frac{1}{T_{\text{рш}} p} = \frac{k_{\text{рш}} T_{\text{рш}} p + 1}{T_{\text{рш}} p}.$$

Передавальна функція ланцюга зворотного зв'язка за швидкістю двигуна:

$$W_{3.3}(p) = \frac{\Delta u_{3.3}}{\Delta \omega} = k_{3.3}.$$

При номінальному сигналі керування електроприводом, рівному $u_{3.\text{ном}}$, і відповідній йому номінальній швидкості асинхронного двигуна:

$$k_{3.3} = \frac{u_{3.\text{ном}}}{\omega_{\text{ном}}}.$$

$$k_{3.3} = \frac{1}{152,891} = 6,541 \cdot 10^{-3}.$$

У відповідності зі структурною схемою асинхронного двигуна його результуюча передавальна функція стосовно відхилення $\Delta \omega_0$:

$$W_{\text{д}}(p) = \frac{\Delta \omega}{\Delta \omega_0} = \frac{1}{T_{\text{е}} T_{\text{м}} p^2 + T_{\text{м}} p + 1}.$$

При $T_{\text{м}} \geq 4T_{\text{е}}$ передавальна функція асинхронного двигуна (коливальна ланка) може бути представлена у вигляді двох аперіодичних ланок:

$$W_{\text{д}}(p) = \frac{1}{(T_{01} p + 1)(T_{02} p + 1)},$$

де

$$\frac{1}{T_{01}} = \frac{1}{2T_{\text{е}}} \left(1 + \sqrt{1 - \frac{4T_{\text{е}}}{T_{\text{м}}}} \right); \quad \frac{1}{T_{02}} = \frac{1}{2T_{\text{е}}} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{4T_{\text{е}}}{T_{\text{м}}}} \right).$$

Приймаємо $T_m = 4T_e = 4 \cdot 0,024 = 0,095$, тоді

$$T_{01} = \frac{1}{\frac{1}{2T_e} \left(1 + \sqrt{1 - \frac{4T_e}{T_m}} \right)} = \frac{1}{\frac{1}{2 \cdot 0,024} \left(1 + \sqrt{1 - \frac{4 \cdot 0,024}{0,095}} \right)} = 0,048 \text{ с};$$

$$T_{02} = \frac{1}{\frac{1}{2T_e} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{4T_e}{T_m}} \right)} = \frac{1}{\frac{1}{2 \cdot 0,024} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{4 \cdot 0,024}{0,095}} \right)} = 0,048 \text{ с}.$$

Якщо віднести постійні T_{02} і $T_{пч}$ до малих постійних, що не компенсуються і в якості оцінки їхнього впливу прийняти

$$T_\mu = T_{02} + T_{пч} = 0,048 + 0,001 = 0,049 \text{ с},$$

то при настроюванні електропривода на модульний оптимум постійна інтегрування й коефіцієнт передачі пропорційної частини регулятора РС визначаються наступним чином:

$$T_{рш} = k_{3,3} k_{пч} a_\mu T_\mu;$$

$$T_{рш} = 6,541 \cdot 10^{-3} \cdot 15,708 \cdot 1 \cdot 0,049 = 5,008 \cdot 10^{-3} \text{ с};$$

$$k_{рш} = \frac{T_{01}}{T_{рш}}.$$

$$k_{рш} = \frac{0,048}{5,008 \cdot 10^{-3}} = 9,534.$$

3.5 Побудова перехідних процесів за швидкістю

Вивчення електромагнітних перехідних процесів в асинхронному двигуні має теоретичне і практичне значення, оскільки виключення з розгляду їх впливу змінює дійсне представлення про характер перехідних процесів в асинхронному електроприводі. Дослідження показують, що максимальні значення перехідного моменту можуть суттєво перевищувати

номінальний момент двигуна при пуску в 2-4 рази, при реверсуванні в 8-15 разів, що слід враховувати при аналізі властивостей конкретного електроприводу.

MATLAB – це високопродуктивна мова для технічних розрахунків. Вона містить у собі обчислення, візуалізацію і програмування у зручному вигляді, де задачі й розв’язки виражаються у формі, близькій до математичної. Типовим використанням MATLAB є математичні обчислення; створення алгоритмів; моделювання; аналіз даних, дослідження і візуалізація; наукова й інженерна графіка; розробка додатків, зокрема створення графічного інтерфейсу.

Simulink – це інтерактивна система для моделювання динамічних систем. Вона являє собою середовище, що дозволяє моделювати процес з переміщенням блоків та їх маніпуляцією для побудови перехідних процесів за структурною схемою. Simulink працює з лінійними, нелінійними, безперервними, дискретними, багатомірними системами.

На рис. 3.5 представлено схему для моделювання у програмі Simulink, за якою побудовано графік перехідного процесу на рис. 3.6. Цей перехідний процес побудований за допомогою розрахованих постійних часу та коефіцієнтів.

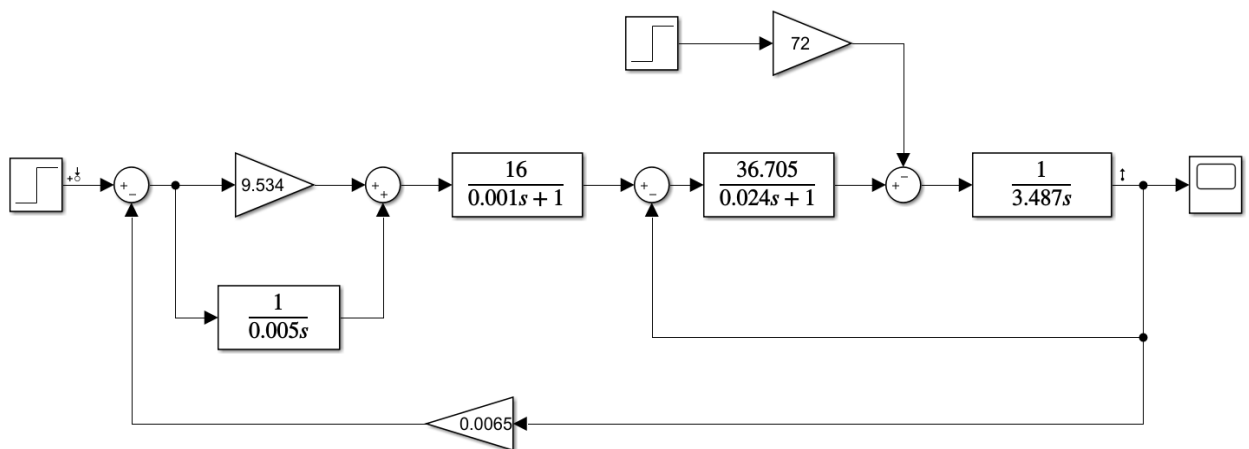


Рисунок 3.5 – Схема моделювання у програмі Simulink

при $k_{рш}=9,534$; $T_{рш}=0,005$ с

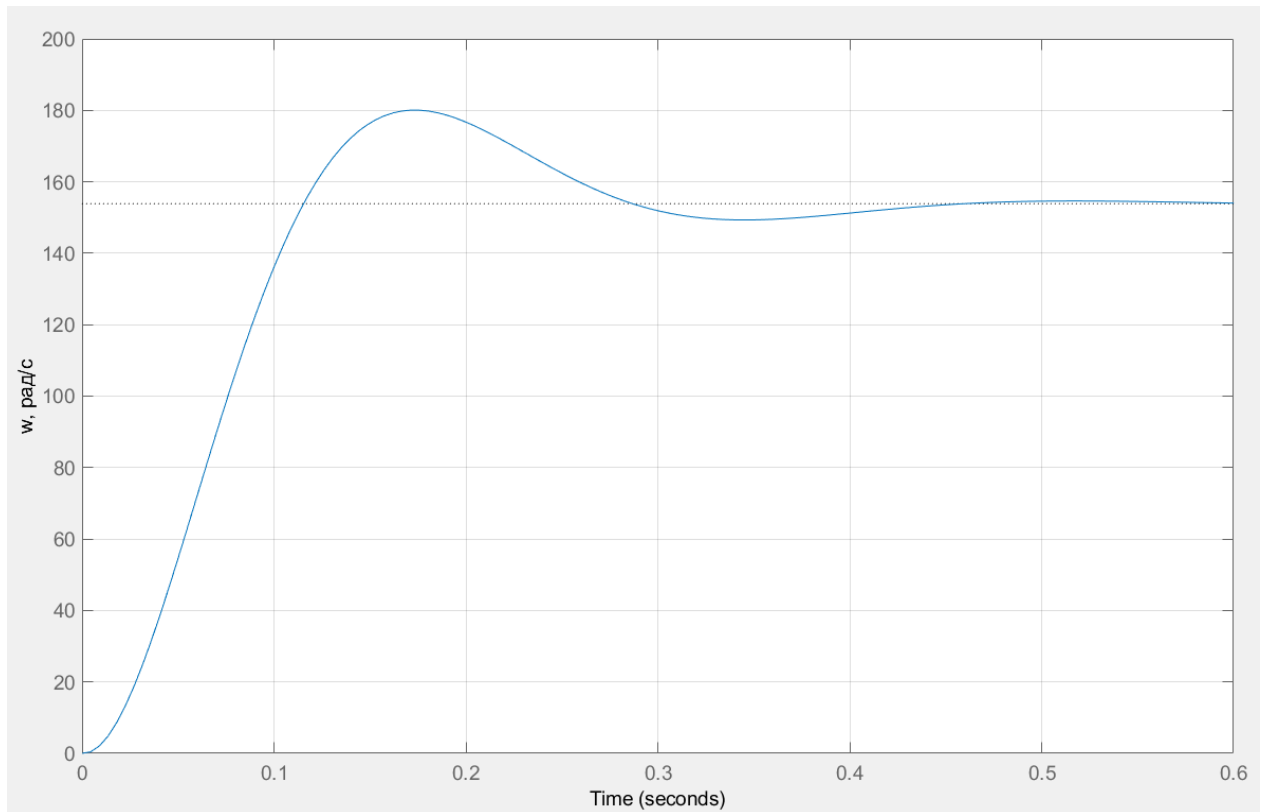


Рисунок 3.6 – Графік перехідного процесу за швидкістю
при $k_{рш}=9,534$; $T_{рш}=0,005$ с

Перехідний процес (рис. 3.6) побудовано при наступних параметрах регулятора швидкості: при $k_{рш}=9,534$; $T_{рш}=0,005$ с. З даного графіка видно, що час перехідного процесу становить $t_{пш}=0,6$ с, а перерегулювання $\sigma=17$ %.

Побудуємо ще один графік перехідного процесу при іншому значенні коефіцієнта передачі пропорційної частини ПІ-регулятора швидкості $k_{рш}$.

На рис. 3.7 представлено схему для моделювання у програмі Simulink і на рис. 3.8 відповідний їй графік перехідного процесу при $k_{рш}=95,34$; $T_{рш}=0,005$ с.

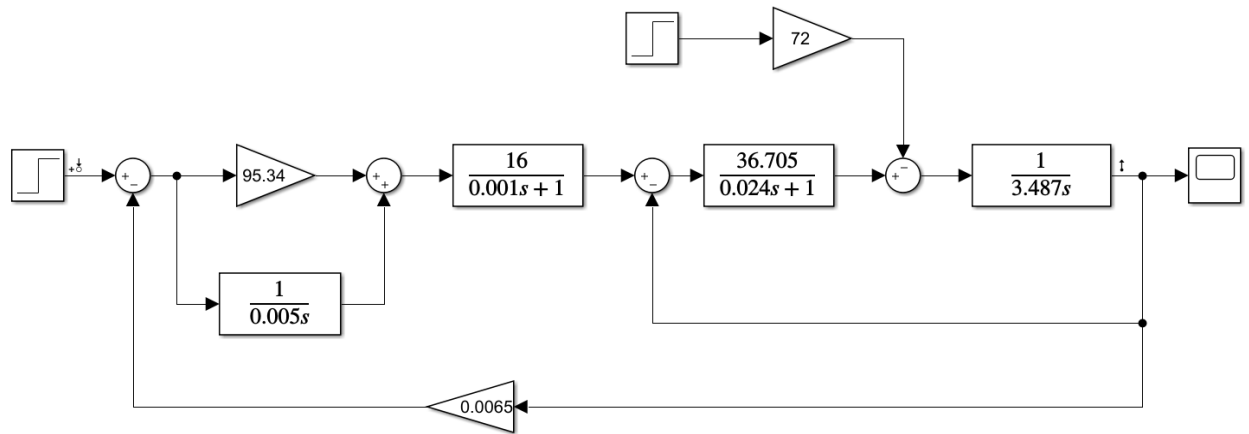


Рисунок 3.7 – Схема моделювання у програмі Simulink
при $k_{рш}=95,34$; $T_{рш}=0,005$ с

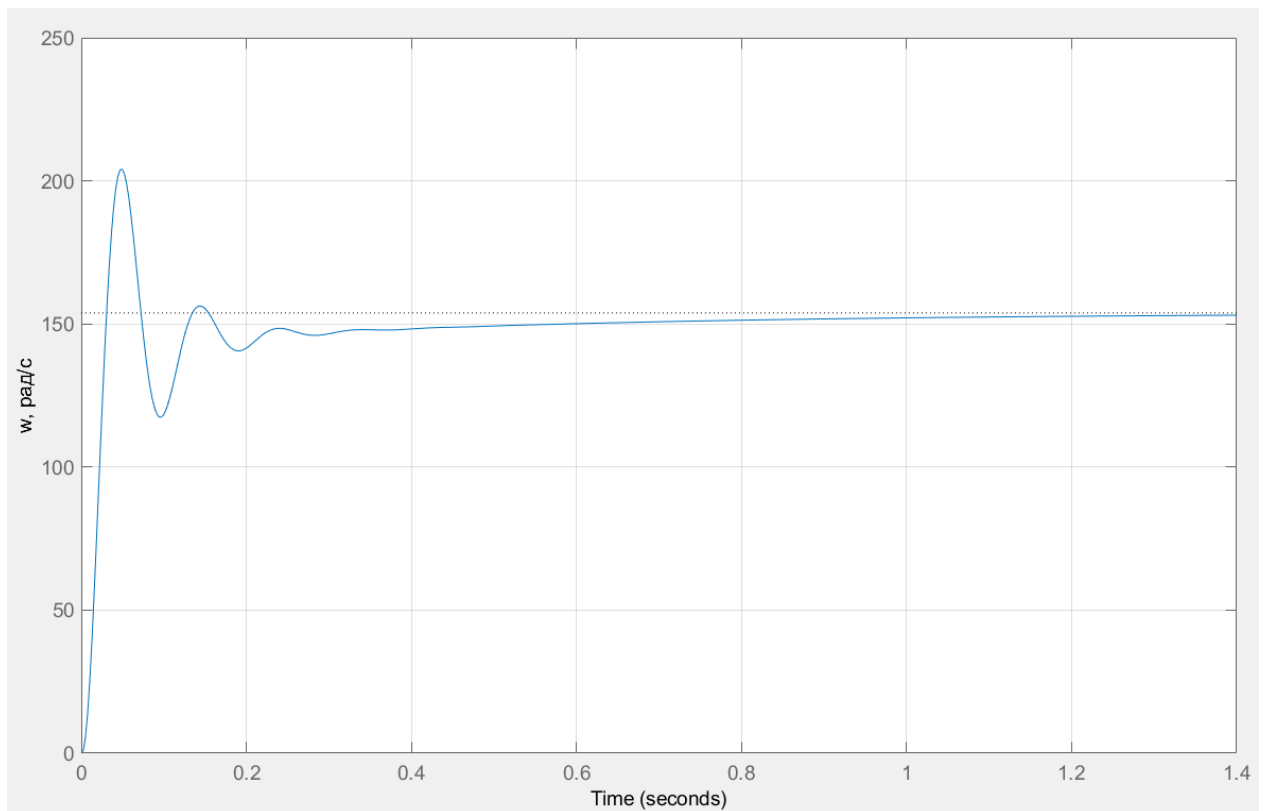


Рисунок 3.8 – Графік перехідного процесу за швидкістю
при $k_{рш}=95,34$; $T_{рш}=0,005$ с

Перехідний процес (рис. 3.8) побудовано при наступних параметрах регулятора швидкості: при $k_{рш}=95,34$; $T_{рш}=0,005$ с. З даного графіка видно, що час перехідного процесу збільшився і становить $t_{пш}=1,4$ с,

перерегулювання перевищило допустиме значення 30 % і становить $\sigma=32,7$ %.

Слід зазначити, що лише графік перехідного процесу за швидкістю на рис. 3.6 відповідає вимогам щодо показників якості керування, тому обираємо його та відповідні налаштування регулятора швидкості.

РОЗДІЛ 4

АНАЛІЗ ПОЛОЖЕНЬ МІЖНАРОДНОЇ КОНВЕНЦІЇ MARPOL-73/78

4.1 Особливості експлуатації насосів, трубопроводів і пристроїв скидання на вантажних суднах

Розглянемо основні правила щодо експлуатації насосів, трубопроводів і пристроїв скидання на вантажних суднах на прикладі нафтового танкеру. На кожному нафтовому танкері на відкритій палубі по обох бортах судна розташовується зливний патрубок з клапаном для приєднання до прийомних споруд і скидання брудної водяного баласту або забрудненої нафтою води.

На кожному нафтовому танкері трубопроводи для скидання в море водяного баласту або забрудненої нафтою води з району вантажних танків виводяться на відкриту палубу або до борту судна вище ватерлінії, що відповідає найбільшій осадці судна в баласті. Для можливості здійснення операцій таким чином може бути допущено іншу структуру трубопроводів.

На нових нафтових танкерах передбачаються кошти для припинення скидання в море водяного баласту або забрудненої нафтою води з району вантажних танків, відмінного від тих скидів нижче ватерлінії, з місця, розташованого на верхній палубі або вище таким чином, що з нього може проглядатися використовуваний патрубок, і скидання в море з трубопроводів. Встановлювати на місці спостереження пристрої для припинення скидання немає необхідності, якщо передбачена ефективна система зв'язку, така, як телефон або радіо, між місцем спостереження і місцем керування скиданням.

Кожен новий нафтовий танкер, на якому повинні бути передбачені танки ізолюваного баласту або який повинен бути обладнаний системою миття сировою нафтою, підпорядковується наступним вимогам:

- він обладнується нафтовими трубопроводами, спроектованими і

встановленими таким чином, щоб залишок нафти в трубопроводах був мінімальним;

- передбачаються дренажні засоби для осушення всіх вантажних насосів і всіх нафтових трубопроводів після закінчення вивантаження, при необхідності – шляхом їх приєднання до зачисні пристрою;

- забезпечується можливість скидання стоків з дренажних трубопроводів і насосів як на берег, так і в вантажний або відстійний танк;

- для скидання на берег передбачається спеціальний трубопровід невеликого діаметра, який приєднується з забортної боку клапанів на суднових приймально-відливних патрубках;

Кожен існуючий танкер для сирової нафти, на якому повинні бути передбачені танки ізолюваного баласту або який повинен бути обладнаний системою мийки танків сировою нафтою або експлуатуватися з виділеними для чистого баласту танками.

На кожному нафтовому танкері скидання водяного баласту або забрудненої нафтою води з району вантажних танків повинен проводитися вище ватерлінії за винятком наступного:

- ізолюваний баласт і чистий баласт можна скидати нижче ватерлінії: в портах і у віддалених від берега терміналів або в море самопливом, за умови, що поверхня водяного баласту перевірена безпосередньо перед скиданням, щоб упевнитися, що не відбулося забруднення нафтою;

- існуючі нафтові танкери, які без переобладнання не здатні скидати ізолюваний баласт в море вище ватерлінії можуть скидати ізолюваний баласт нижче ватерлінії за умови, що поверхня водяного баласту перевірена безпосередньо перед скиданням, щоб упевнитися, що забруднення нафтою не відбулося;

- існуючі нафтові танкери, експлуатовані з виділеними для чистого баласту танками, які без переобладнання не здатні скидати водяний баласт з виділених для чистого баласту танків вище ватерлінії, можуть скидати такий

баласт нижче ватерлінії за умови, що скидання цього водяного баласту контролюється;

– на кожному нафтовому танкері брудний водяний баласт або забруднена нафтою вода з вантажних танків, які не є відстійними танками, можуть бути скинуті в море самопливом нижче ватерлінії за умови, що надано достатньо часу для того, щоб дати можливість відбутися поділу нафти і води, і що безпосередньо перед скиданням водяний баласт проконтрольована за допомогою індикатора поверхні розділу нафта – вода, щоб упевнитися, що висота положення поверхні розділу така, що скидання не сполучений з будь-якої підвищеною небезпекою для морського середовища;

– на існуючих нафтових танкерах скидання брудного водяного баласту і забрудненої нафтою води з району вантажних танків може бути проведений в море нижче ватерлінії слідом за скиданням, або замість нього за умови, що: частина потоку такої води відводиться через стаціонарний трубопровід в легкодоступний місце на верхній палубі або вище, де за ним можна вести візуальне спостереження під час операції скидання; такий пристрій для спостереження за частковим потоком задовольняє вимогам, встановленим адміністрацією, які повинні містити щонайменше всі положення технічних вимог до конструкції, установці і експлуатації системи часткового відводу для контролю за скиданням за борт, схвалених організацією.

4.2 Основні положення міжнародної конвенції MARPOL-73/78

До Міжнародної конвенції по запобіганню забруднення з суден 1973 року (зі змінами 17.02.1978 р.) Україна приєдналась 21.09.1993 р., датою набуття чинності для України є 25.01.1994 р.

Всі сторони-підписанти-підписанти даної Конвенції, усвідомлюючи

необхідність охорони навколишнього середовища взагалі і морського середовища, зокрема, визнаючи, що навмисне, випадкове скидання або скидання по недбалості з суден нафти та інших шкідливих речовин є серйозним джерелом забруднення, визнаючи також значення Міжнародної конвенції по запобіганню забруднення моря нафтою 1954 р. як першого багатостороннього акту, укладеного з першочерговою метою захисту навколишнього середовища, та високо оцінюючи значний внесок, який ця Конвенція зробила у справу охорони морів і узбережжя від забруднення, бажаючи досягти повного припинення навмисного забруднення морського середовища нафтою та іншими шкідливими речовинами і звести до мінімуму випадкові скидання таких речовин, вважаючи, що кращим способом досягнення цієї мети є встановлення правил, що не обмежуються запобіганням забруднення тільки нафтою, а мають всеосяжний характер погодили цілий ряд правил.

Сторони-підписанти Конвенції зобов'язуються здійснювати положення цієї Конвенції і тих додатків до неї, якими вони зв'язані, з метою запобігання забруднення морського середовища шкідливими речовинами або стоками, що містять такі речовини, шляхом їх скидання з порушенням положень Конвенції.

Слід зазначити, що будь-яке посилання на цю Конвенцію, якщо спеціально не передбачено інше, означає одночасно посилання на її протоколи і додатки.

Для цілей цієї Конвенції, якщо спеціально не передбачено інше є основні визначення:

– "Правила" означають правила, що містяться в додатках до цієї Конвенції.

– "Шкідлива речовина" означає будь-яку речовину, яка при попаданні в море здатна створити небезпеку для здоров'я людей, завдати шкоди живим ресурсам, морській флорі і фауні, погіршити умови

відпочинку або перешкодити іншим видам правомірного використання моря, і включає будь-яку речовину, що підлягає контролю відповідно до цієї Конвенції.

– "Скидання" стосовно шкідливих речовин або стоків, що містять такі речовини, означає будь-яке скидання з судна, якими б причинами воно не викликалося, і включає будь-який витік, видалення, розлив, протікання, відкачку, виділення або спорожнювання.

"Скидання" не включає:

– скидання в значенні, передбаченому Конвенцією по запобіганню забруднення моря викидами відходів та інших матеріалів, укладеною в Лондоні 13.11.1972 р.;

– викиду шкідливих речовин, що відбувається безпосередньо внаслідок розвідки, розробки і пов'язаних з ними процесів обробки в морі мінеральних ресурсів морського дна;

– скидання шкідливих речовин для проведення правомірних наукових досліджень з метою боротьби з забрудненням або контролю над ним.

– "Судно" означає експлуатоване в морському середовищі судно будь-якого типу і включає судна на підводних крилах, судна на повітряній подушці, підводні судна, плавучі засоби, а також стаціонарні або плавучі платформи.

– "Адміністрація" означає уряд держави, за уповноваженням якого експлуатується судно. Відносно судна, що має право плавання під прапором будь-якої держави, адміністрацією є уряд такої держави.

Щодо стаціонарних або плавучих платформ, зайнятих розвідкою і розробкою поверхні і надр морського дна, що прилягає до берега, над яким прибережна держава здійснює суверенні права в цілях розвідки і розробки їхніх природних багатств, адміністрацією є уряд відповідної прибережної держави.

– "Інцидент" означає подію, що спричинила або може спричинити скидання в море шкідливої речовини або стоків, що містять таку речовину.

– "Організація" означає міжурядову морську консультативну організацію.

Ця Конвенція застосовується до суден, що мають право плавання під прапором сторони-підписанта Конвенції і до суден, що не мають права плавання під прапором сторони-підписанта Конвенції, але експлуатованих під керуванням такої сторони-підписанта. Ніщо в статті «застосування» Конвенції не повинне тлумачитися як обмеження або розширення суверенних прав сторін-підписантів на поверхню і надра морського дна, що прилягає до їхніх берегів, здійснюваних з метою розвідки і розробки їхніх природних багатств згідно з міжнародним правом. Ця Конвенція не застосовується до будь-яких військових кораблів, військово-допоміжних суден або інших суден, що належать державі або експлуатуються нею і використовуються нині винятково для урядової некомерційної служби. Однак кожна сторона-підписант шляхом вживання відповідних заходів, що не завдають збитку експлуатації або експлуатаційним можливостям таких кораблів і суден, що належать їй або експлуатуються нею, повинна забезпечити, щоб ці кораблі і судна діяли, наскільки це доцільно і практично можливо, таким чином, який відповідає цій Конвенції.

Будь-яке порушення положень цієї Конвенції, незалежно від місця його здійснення, забороняється, і санкції за таке порушення встановлюються законодавством адміністрації відповідного судна. Якщо адміністрація одержить інформацію про таке порушення і переконається в наявності достатніх доказів, що дозволяють порушити переслідування відносно передбачуваного порушення, вона дає розпорядження про порушення такого переслідування якнайшвидше згідно зі своїм законодавством.

Будь-яке порушення положень цієї Конвенції, вчинене у межах

юрисдикції сторони-підписанта Конвенції, забороняється, і санкції за таке порушення встановлюються законодавством цієї сторони-підписанта. У випадку здійснення такого порушення ця сторона-підписант на вибір:

- дає розпорядження про порушення переслідування відповідно до свого законодавства;
- надсилає адміністрації судна таку інформацію і такі докази на підтвердження факту порушення, які є в її розпорядженні.

У випадку, коли інформація або докази відносно порушення судом цієї Конвенції надсилаються адміністрації такого судна, ця адміністрація без зволікання інформує про вжиті нею заходи сторону, що надіслала їй інформацію або докази, і організацію.

Санкції, передбачені законодавством сторін, повинні бути достатньо суворими для припинення порушень цієї Конвенції та однаково суворими незалежно від місця їхнього здійснення.

Статтею 4 Конвенції визначаються свідоцтва і спеціальні правила інспектування суден:

1. З урахуванням положень пункту 2 цієї статті свідоцтво, видане за уповноваженням сторони Конвенції відповідно до положень правил, приймається іншими сторонами-підписантами і розглядається для будь-яких передбачених цією Конвенцією цілей як таке, яке має таку ж силу, як і видане ними свідоцтво.

2. Судно, яке зобов'язане мати свідоцтво згідно з положеннями правил, під час перебування в портах або віддалених від берега терміналах, що знаходяться під юрисдикцією якої-небудь сторони-підписанта, підлягає інспектуванню, яке здійснюється посадовими особами, належним чином уповноваженими цією стороною. Будь-яке таке інспектування обмежується лише перевіркою наявності на судні дійсного свідоцтва, якщо в цієї сторони-підписанта не буде очевидних підстав думати, що стан судна або його устаткування значною мірою не відповідає зазначеним у свідоцтві даним. У

цьому випадку або у випадку, якщо судно не має дійсного свідоцтва, сторона-підписант, що здійснює інспектування, вживає заходів, що забезпечують невихід у море такого судна доти, поки воно не зможе вийти в море, не представляючи надмірної загрози для морського середовища. Однак така сторона-підписант може дозволити судну залишити порт або віддалений від берега термінал для прямування на найближчу підходящу судноремонтну верф.

3. Якщо сторона-підписант відмовляє іноземному судну в заходженні в порти або віддалені від берега термінали, що знаходяться під її юрисдикцією, або вживає які-небудь заходи проти такого судна на підставі того, що це судно не відповідає положенням цієї Конвенції, така сторона-підписант негайно інформує консула або дипломатичного представника сторони-підписанти, під прапором якої судно має право плавання, або, якщо це не можливо, – адміністрацію такого судна. Перш ніж відмовити судну в заходженні або вжити такі заходи, сторона-підписант може провести консультації з адміністрацією цього судна. Інформація направляється адміністрації також у випадку, коли судно не має дійсного свідоцтва відповідно до положень правил.

Сторони застосовують вимоги цієї Конвенції до суден держави, що не є сторонами-підписантами Конвенції, оскільки це необхідно, щоб для таких суден не створювалися більш сприятливі умови.

Статтею 6 Конвенції визначаються виявлення порушень і забезпечення виконання Конвенції:

1. Сторони Конвенції співпрацюють у виявленні порушень і забезпеченні виконання положень цієї Конвенції, використовуючи усі відповідні і практично доступні засоби виявлення і постійного спостереження за навколишнім середовищем, а також відповідні способи передачі повідомлень і збору доказів.

2. Судно, до якого застосовується ця Конвенція, у будь-якому порту

або віддаленому від берега терміналі сторони-підписанта може бути піддано інспектуванню посадовими особами, призначеними або уповноваженими такою стороною-підписантом, щоб перевірити, чи не зробило таке судно скидання шкідливих речовин на порушення положень правил. Якщо в результаті інспектування буде виявлене порушення положення Конвенції, то адміністрації надсилається про це повідомлення для вжиття відповідних заходів.

3. Кожна сторона-підписант надає адміністрації докази, якщо такі є, того, що судно на порушення положень правил зробило скидання шкідливих речовин або стоків, що містять такі речовини. Якщо це практично можливо, компетентна влада цієї сторони-підписанта повідомляє капітана судна про передбачуване порушення.

4. Після отримання таких доказів адміністрація проводить розслідування справи і може просити іншу сторону-підписант надати додаткові або більш переконливі докази передбачуваного порушення. Якщо адміністрація переконується в наявності достатніх доказів, що дозволяють порушити переслідування відносно передбачуваного порушення, вона дає розпорядження про порушення такого переслідування відповідно до свого законодавства якомога швидше. Адміністрація без зволікання інформує про вжиті нею заходи стороною-підписанта, що повідомила про передбачуване порушення, а також організацію.

Сторона може піддати інспектуванню судно, до якого застосовується Конвенція, коли воно заходить у порти або віддалені від берега термінали, що знаходяться під її юрисдикцією, якщо від іншої сторони-підписанта отримано прохання про таке інспектування разом з достатніми доказами того, що це судно зробило в якому-небудь місці скидання шкідливих речовин або стоків, що містять такі речовини. Доповідь про таке інспектування надсилається стороні-підписанту, що просила про інспектування, і адміністрації для того, щоб можна було вжити відповідні заходи відповідно

до положень цієї Конвенції.

Питанням необґрунтовані затримки суден присвячена стаття 7 Конвенції:

– при застосуванні статей 4, 5 і 6 цієї Конвенції вживаються всі можливі заходи для того, щоб уникнути необґрунтованої затримки судна або необґрунтованої відстрочки його відходу.

– будь-яке судно, що було необґрунтовано затримане або відхід якого був необґрунтовано відстрочений на підставі статей 4, 5, 16 цієї Конвенції, має право на відшкодування будь-яких понесених у зв'язку з цим збитків або шкоди.

Повідомлення про інциденти, пов'язані з скиданням шкідливих речовин:

– повідомлення про інцидент передається без затримки й якомога більш повному обсязі відповідно до положень протоколу I цієї Конвенції.

– кожна сторона-підписант Конвенції:

а) вживає всіх необхідних заходів, щоб відповідна посадова особа або організація одержували й аналізували всі повідомлення про інциденти;

б) повідомляє організації повні дані про вжиття таких заходів для надсилання іншим сторонам і державам – членам організації.

Коли сторона-підписант одержує повідомлення то, така сторона без затримки передає його адміністрації судна, з яким відбувся інцидент і будь-якій іншій державі, яку може це торкатися.

Кожна сторона Конвенції зобов'язується дати інструкції своїм суднам і літакам морської інспекції та іншим відповідним службам повідомляти своїм владам про будь-який інцидент, згаданий в протоколі I цієї Конвенції. Така сторона, якщо вона вважатиме за потрібне, повідомляє про це також організацію і будь-яку іншу зацікавлену сторону.

Будь-який спір між двома або декількома сторонами Конвенції щодо тлумачення або застосування цієї Конвенції, якщо врегулювання його

шляхом переговорів між такими сторонами виявилось неможливим і, якщо тільки ці сторони не домовляться про інше, передається на прохання кожної з них на розгляд арбітражу, як це передбачено в протоколі II цієї Конвенції.

Сторони Конвенції зобов'язуються надсилати організації:

а) тексти законів, наказів, декретів, правил та інших актів, виданих ними з різних питань щодо застосування цієї Конвенції;

б) список неурядових організацій, уповноважених від їхнього імені займатися питаннями проектування, конструкції й устаткування суден, що перевозять шкідливі речовини відповідно до положень правил;

в) достатня кількість зразків свідоцтв, виданих ними відповідно до положень правил;

г) перелік прийомних пристроїв із вказівкою їх місцезнаходження, пропускної здатності, наявних пристосувань та інших характеристик;

д) офіційні доповіді або огляди офіційних доповідей, що відображають результати застосування цієї Конвенції;

е) щорічна статистична доповідь про фактично накладені за порушення цієї Конвенції санкції, складена за розробленою організацією єдиною формою.

Організація повідомляє сторони про одержання нею будь-якої інформації відповідно до цієї статті і направляє всім сторонам будь-яку інформацію.

Під час аварії із суднами:

– Кожна адміністрація зобов'язується проводити розслідування будь-якої аварії, що трапилася з будь-яким з її суден, які підпадають під положення правил, якщо такою аварією морському середовищу заподіяна значна шкода.

– Кожна сторона Конвенції зобов'язується передавати організації інформацію про результати такого розслідування, якщо вона вважає, що така інформація може сприяти визначенню того, які зміни було б бажано внести в

цю Конвенцію.

Підписання, ратифікація, прийняття, схвалення і приєднання відбувається згідно наступних пунктів:

– ця Конвенція відкрита для підписання в штаб-квартирі організації з 15 січня 1974 р. по 31 грудня 1974 р. і потім буде відкрита для приєднання до неї. Держави можуть стати сторонами цієї Конвенції шляхом вибору одного з наступних варіантів:

а) підписання без застереження про ратифікацію, прийняття або схвалення;

б) підписання з застереженням про ратифікацію, прийняття або схвалення з наступною ратифікацією, прийняттям або схваленням;

в) приєднання.

Ратифікація, прийняття, схвалення або приєднання здійснюються шляхом здачі на зберігання відповідного документа генеральному секретарю організації.

Генеральний секретар організації інформує всі держави, що підписали цю Конвенцію або приєдналися до неї, про будь-яке підписання або про здачу на зберігання будь-якого нового документа про ратифікацію, прийняття, схвалення або приєднання і про дату його здачі на зберігання.

Ця Конвенція набуває чинності після закінчення дванадцяти місяців з дати, на яку її сторонами згідно зі статтею 13 стануть не менше 15 держав, загальна валова місткість торговельних суден яких становить не менше п'ятдесяти відсотків валової місткості суден світового торговельного флоту.

Сторони Конвенції після консультації з організацією та іншими міжнародними організаціями, а також за сприяння і координації з боку виконавчого директора програми захисту навколишнього середовища Організації Об'єднаних Націй надають підтримку тим з сторін, що звертаються з проханням про надання технічної допомоги в частині:

– навчання наукового і технічного персоналу;

- поставки устаткування і пристроїв, необхідних для прийому шкідливих речовин, а також засобів виявлення забруднення;
- розробки інших заходів, спрямованих на запобігання або зменшення забруднення морського середовища із суден; і
- заохочення досліджень;
- здійснюючи таку допомогу переважно на території зацікавлених країн для подальшого сприяння виконанню цілей і завдань цієї Конвенції.

Ця Конвенція або будь-який факультативний додаток можуть бути денонсовані будь-якою стороною Конвенції в будь-який час після закінчення п'яти років з дати набуття чинності для цієї сторони Конвенції або такого додатка.

Денонсація здійснюється шляхом надсилання відповідного письмового повідомлення генеральному секретарю організації, що інформує всі інші сторони про зміст і дату одержання такого повідомлення, а також про дату набуття чинності такої денонсації.

Денонсація набуває чинності після закінчення дванадцяти місяців з дати одержання генеральним секретарем організації повідомлення про денонсацію або після закінчення більшого терміну, що може бути зазначений у цьому повідомленні.

Ця Конвенція здається на зберігання генеральному секретарю організації, що надсилає її завірені копії всім державам, що підписали її або приєдналися до неї.

Як тільки ця Конвенція набуде чинності, генеральний секретар організації передає її текст генеральному секретарю Організації Об'єднаних Націй для реєстрації й опублікування згідно зі статтею 102 Статуту Організації Об'єднаних Націй.

Розглядувана Конвенція була складена в одному примірнику англійською, іспанською, російською і французькою мовами, причому всі тексти є автентичними. Офіційні переклади на арабську, італійську, німецьку

і японську мови будуть підготовлені і здані на зберігання разом з підписаним оригіналом.

4.3 Методи запобігання нафтового забруднення з суден при плаванні в особливих районах

Особливими районами є район Середземного моря, район Балтійського моря, район Чорного моря, район Червоного моря, "Район заток", Аденська затока і район Антарктики, які визначені в такий спосіб:

- район Середземного моря означає власне Середземне море з розташованими в ньому затоками і морями, обмежений з боку Чорного моря паралеллю 41° з північної широти, а на заході – меридіаном $5^{\circ}36'$ західної довготи, які перетинають Гібралтарську протоку;

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

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

- район Червоного моря означає власне Червоне море з Суецькою і Акабською затоками, обмежений з півдня прямою 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);

- "Район заток" означає морський район, розташований на 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, $61^{\circ}25'$ східної довготи);

- Аденська затока означає частину Аденської затоки між Червоним

морем і Аравійським морем, обмежену із заходу прямою 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 ($11^{\circ}50'$ північної широти, $51^{\circ}16,9'$ східної довготи) і Рас-Фартак ($15^{\circ}35'$ північної широти, $52^{\circ}13,8'$ східної довготи);

– "район Антарктики" означає морський район на південь від 60° південної широти.

З урахуванням положень правила 11 додатка конвенції:

– в особливому районі забороняється будь-яке скидання в море нафти або містить нафту суміші з будь-якого нафтового танкера і судна валовою місткістю 400 рег. т і більш, яка не є нафтовим танкером. Відносно району Антарктики будь-яке скидання в море нафти або містить нафту суміші з будь-якого судна забороняється;

– в особливому районі забороняється будь-яке скидання в море нафти або нафтовмісної суміші з судна валовою місткістю менше 400 рег. т, яка не є нафтовим танкером, крім випадків, коли зміст нафти в стоці без його розведення не перевищує 15 мільйонних часток;

Положення пункту 2 цього правила не застосовуються до скидання чистого і ізольованого баласту;

Положення підпункту 2(а) цього правила не застосовуються до скидання оброблених льяльних вод з машинних приміщень за умови, що одночасно дотримуються всі наступні умови:

- джерелом льяльних вод не є льяла відділення вантажних насосів;
- льяльні води не змішані з залишками нафтового вантажу;
- судно знаходиться в русі;
- вміст нафти в стоці без розведення не перевищує 15 мільйонних часток;
- на судні знаходиться в дії устаткування для фільтрації нафти, яке

задовольняє пункту 5 правила 16 додатка конвенції;

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

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 з метою обійти умови скидання, встановлені в цьому правилі.

Нафтові залишки, які не можуть бути скинуті в море, зберігаються на борту або скидаються на приймальні споруди.

Ніщо не забороняє судну, лише частина шляху якого проходить по особливому району, проводити за межами особливого району скидання.

У всіх випадках, коли в безпосередній близькості від судна або його кільватерного струменя на поверхні води або під нею виявлені видимі сліди нафти, уряду сторін конвенції в межах своїх можливостей невідкладно розслідують факти, що відносяться до даного випадку, для встановлення, чи мало місце порушення положень правил. 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.

Приймальні споруди в межах особливих районів:

1. Райони Середземного, Чорного і Балтійського морів:

– уряд кожної сторони Конвенції, берегова лінія якої прилягає до одного з цих районів, зобов'язується забезпечити, щоб не пізніше 1 січня 1977 року в усіх нафтоналивних терміналах і ремонтних портах, що знаходяться в межах особливого району, були передбачені споруди, достатні для прийому від нафтових танкерів і обробки всього брудного баласту і промивної води з танків. 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;

- уряд кожної сторони Конвенції, яка має юрисдикцією над входами в морські шляхи з невеликими глибинами, які можуть зажадати зменшення осадки судна шляхом зливу баласту, зобов'язуються передбачити споруди, із застереженням, що судна, яким необхідно здати нафтові залишки або брудний баласт, можуть зазнати деяку затримку;

- в період між вступом в силу цієї Конвенції (якщо це станеться раніше 1 січня 1977 року) та 1 січня 1977 року судна при плаванні в особливих районах виконують вимоги правила 9 додатка Конвенції. Однак уряди сторін Конвенції, берегова лінія яких прилягає до якого-небудь особливого району, згаданого в цьому підпункті, можуть встановити дату, що передує 1 січня 1977, але наступну за датою вступу в силу цієї Конвенції, починаючи з якої вимоги цього правила щодо згаданих районів будуть передбачені всі необхідні приймальні споруди;

- зацікавлені сторони повідомлять організацію про встановлену дату не менше ніж за шість місяців до її настання для сповіщення інших сторін;

- починаючи з 1 січня 1977 року або попередньої 1 січня 1977 року дати, кожна сторона повідомляє організацію для сповіщення зацікавлених договорами урядів про всі передбачувані випадки невідповідності споруд встановленим вимогам;

2. Район Червоного моря, "Район заток" та район Аденської затоки:

- уряд кожної сторони, берегова лінія якої прилягає до цих особливих районів, зобов'язується забезпечити, щоб у всіх нафтоналивних терміналах і портах ремонту суден, розташованих в цих особливих районах, як можна швидше були передбачені споруди, достатні для прийому від танкерів і обробки всього брудного баласту і промивної води з танків. 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 не приводить до їх надмірного простою;

– уряд кожної сторони Конвенції, яка має юрисдикцією над входами в морські шляхи з невеликими глибинами, які можуть зажадати зменшення осадки судна шляхом зливу баласту, зобов'язується забезпечити спорудження, із застереженням, що суду, яким необхідно здати нафтові залишки або брудний баласт, можуть зазнати деяку затримку;

– кожна зацікавлена сторона повідомляє організацію про вжиті заходи. Після отримання достатньої кількості повідомлень організація встановлює дату, починаючи з якої вимоги цього правила вступають в дію по відношенню до даного особливого району. Організація повідомляє всі сторони про таку дату не менше ніж за дванадцять місяців до її настання;

– в період між вступом в силу цієї Конвенції і такою датою суду, перебуваючи в особливих районах, виконують вимоги правила 9 додатка Конвенції;

– 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, що заходять в такі особливі райони з метою завантаження, повинні зробити все можливе, щоб входити в район, маючи на борту тільки чистий баласт;

– 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;

– щонайменше ті приймальні споруди, які передбачені правилом 12 додатка Конвенції, 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.

До району Антарктики застосовуються такі особливі правила:

– 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, промивальної води з танків, а також інших нафтовмісних залишків і сумішей для задоволення потреб, якими користуються судна, і які не призводять до їх надмірного простоїв;

– 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.

Правила 9 та 10 додатка конвенції не застосовуються:

– до скидання в море нафти або містить нафту суміші з метою забезпечення безпеки судна або порятунку людського життя на морі;

– до скидання в море нафти або нафтовмісної суміші в результаті пошкодження судна або його обладнання;

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

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

– 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 шкоди від забруднення.

Будь-подібний скидання підлягає схваленню всяким урядом, в чийй юрисдикції знаходиться район, в якому передбачається здійснити таке скидання.

На підставі існуючих правил, уряд кожної сторони зобов'язується передбачити в нафтоналивних терміналах, портах ремонту суден та інших портах, в яких судна повинні здавати нафтові залишки, споруди для прийому таких залишків і нафтовмісних сумішей, що залишаються на нафтових танкерах і інших судах, достатні для задоволення потреб, якими користуються судна, не призводячи до надмірного простою цих суден.

ВИСНОВКИ

В кваліфікаційній роботі магістра розроблено автоматизований електропривод тригвинтового паливоперекачувального насоса А1 ЗВ 63/25-45/6,3Б суднової паливної системи для суднової дизельної установки. Розглянуто класифікацію систем суднових енергетичних установок і загальні вимоги до них, суднову паливну систему дизельної установки. Проаналізовано основні типи насосів суднових паливних систем, встановлено, що найбільше застосовуються знаходять паливоперекачувальні насоси шестеренного та гвинтового типів.

Застосовано систему скалярного керування, наведено її функціональну та структурну схеми. В автоматизованому електроприводі насоса суднової паливної системи використано асинхронний двигун АНР180S4 потужністю 22 кВт з частотою обертів 1460 об/хв та перетворювач частоти SINUS PENTA 0038 потужністю 25 кВт.

В роботі виконано синтез структури і розрахунок налаштувань регуляторів системи скалярного керування, побудовано графіки перехідних процесів автоматизованого електропривода суднової паливної системи. Отримано основні показники якості керування: перерегулювання – 17 %, час перехідного процесу 0,6 с.

Також, в роботі проаналізовано основні положення міжнародної конвенції MARPOL-73/78 по запобіганню забруднення з суден.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Овчинников И.Н. Судовые системы и трубопроводы / И.Н. Овчинников, Е.И. Овчинников. – Л.: Судостроение, 1988. – 312 с.
2. Системы судовых энергетических установок / Г.А. Артемов, В.П. Волошин, А.Я. Шквар, В.П. Шостак. – Л.: Судостроение, 1990. – 376 с.
3. Корнилов Э.В. Судовые главные двигатели с электронным управлением / Э.В. Корнилов, А.А. Фока, П.В. Бойко, Э.И. Голофастов. – Одесса: Экспрес-Реклама, 2010. – 224 с.
4. Кравцов А.И. Пособие по эксплуатации двигателей внутреннего сгорания рыбопромысловых судов / А.И. Кравцов. – М.: Пищевая промышленность, 1972. – 360 с.
5. Трифонов Л.К. Судовой моторист / Л.К. Трифонов, В.И. Макаренко. – М.: Транспорт, 1975. – 296 с.
6. Возницкий И.В. Практика использования морских топлив на судах / И.В. Возницкий. – СПб: КСИ, 2005. – 124 с.
7. Пахомов Ю.А. Топливо и топливные системы судовых дизелей / Ю.А. Пахомов, Ю.П. Коробков, Дмитриевский Е.В., Г.Л. Васильев. – М.: Рконсульт, 2004. – 496 с.
8. Белов М.П. Автоматизированный электропривод типовых производственных механизмов и технологических комплексов. – М.: «Академия», 2007. – 576 с.
9. Соколовский Г.Г. Электроприводы переменного тока с частотным регулированием. – М.: «Академия», 2006. – 265 с.
10. Драчев Г.И. Теория электропривода. – Челябинск: Изд. ЮУрГУ, 2002. – 137 с.
11. Ключев В.И. Электропривод и автоматизация общепромышленных механизмов / В.И. Ключев, В.М. Терехов. – М.: Энергия, 1980. – 360 с.

12. Терехов В.М. Системы управления электроприводов. – М.: Академия, 2004. – 296 с.
13. Москаленко В.В. Электрический привод. – Москва: Академия, 2007. – 368 с.
14. Солодовников В.В. Теория сложности и проектирование систем управления / В.В. Солодовников, В.И. Тумаркин. – М.: Наука, 1990. – 168 с.
15. Фираго Б.И., Павлячик Л.Б. Регулируемые электроприводы переменного тока. – Мн.: Техноперспектива, 2006. – 363 с.
16. Усольцев А.А. Частотное управление асинхронными двигателями / А.А. Усольцев. – СПб: СПбГУ ИТМО, 2006. – 94 с.
17. Алиев И.И. Асинхронные двигатели в трехфазном и однофазном режимах. – М.: ИП РадиоСофт, 2004. – 128 с.
18. Шаруда В.Г. Практикум з теорії автоматичного управління. – Дніпропетровськ: Національна гірничча академія України, 2002. – 414 с.
19. Винокурова Л.Е. Основи охорони праці / Л.Е. Винокурова, М.В. Васильчук, М.В. Гаман. – К.: Вікторія, 2001. – 192 с.
20. Сибикин Ю.Д. Электробезопасность при эксплуатации электроустановок промышленных предприятий / Ю.Д. Сибикин, М.Ю. Сибикин. – М.: Академия, 2004. – 240 с.