

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

**Енерготехнічний факультет
кафедра автоматики та електроустаткування**

Пояснювальна записка

кваліфікаційної роботи магістра

на тему: **Модернізація електропривода якірно-швартовного
пристрою судна**

Здобувач **6** курсу, групи **6367зм**
спеціальності 141 "Електроенергетика,
електротехніка та електромеханіка"

(шифр і назва напряму підготовки, спеціальності)

Освітньо-професійна програма:
"Експлуатація суднових автоматизованих
систем"

(назва)

Здобувач Фісюк В.М.

(прізвище та ініціали)

Керівник Фролов О.М.

(прізвище та ініціали)

Рецензент Якимчук Г.С.

(прізвище та ініціали)

Міністерство освіти та науки України
Національний університет кораблебудування ім. адмірала Макарова
Херсонська філія
 (повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет, відділення Енерготехнічний
 Кафедра, циклова комісія Автоматики та електроустаткування
 Освітньо-кваліфікаційний рівень другий (магістерський)
 Галузь знань 14 Електрична інженерія
 Спеціальність 141 "Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка"
 (шифр і назва)
 Освітньо-професійна програма "Експлуатація суднових автоматизованих систем "
 (назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри автоматики
та електроустаткування
Михаліченко П.Є.

“ ” 2020 року

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

Фісюку Володимиру Миколайовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) **Модернізація електропривода якірно-швартовного пристрою судна**

керівник проекту (роботи) Фролов Олександр Миколайович, к.т.н., доцент,
 (прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від “ ” 2020 року №

2. Строк подання студентом проекту (роботи) 07 грудня 2020 р.

3. Вихідні дані до проекту (роботи): Електропривод брашпилю для якоря 900 кг.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити):
Аналіз конструкції судна та його устаткування. Розрахунок потужності та вибір типу двигуна. Розрахунок та побудова механічних характеристик електродвигуна. Розробка математичної моделі електропривода. Визначення структурної схеми та імітаційної моделі для керування електроприводом установки. Перехідні характеристики та їх аналіз. Охорона праці та техніка безпеки. Висновки. Список використаних джерел

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

Кінематична схема брашпилю. Навантажувальна діаграма. Механічні характеристики двигунів (трьохшвидкісного та одношвидкісного). Структурна схема автоматизованого керування електропривода. Структурна схема системи ПЧ-АД при керуванні по потокозчепленню. Імітаційна модель схеми для програми «Matlab». Графіки перехідних процесів.

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1. Технічна частина	Фролов О.М.		
2. Охорона праці	Фролов О.М.		

7. Дата видачі завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1.	Аналіз конструкції судна та його устаткування	05.10.2020 р.	
2.	Аналіз якірно-швартовного пристрою судна	10.10.2020 р.	
3.	Розрахунок параметрів електродвигуна	15.10.2020 р.	
4.	Розрахунок механічних характеристик	25.10.2020 р.	
5.	Побудова механічних характеристик	31.10.2020 р.	
6.	Визначення структурної схеми для керування електроприводом установки	05.11.2020 р.	
7.	Визначення імітаційної моделі схеми для програми «Matlab»	10.11.2020 р.	
8.	Побудова та аналіз перехідних характеристик	20.11.2020 р.	
9.	Охорона праці	30.11.2020 р.	
10.	Оформлення ПЗ та графічного матеріалу	05.12.2020 р.	

Студент

_____ Фісюк В.М.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник проекту (роботи)

_____ Фролов О.М.
(підпис) (прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Кваліфікаційна магістерська робота “Модернізація електропривода якорно-швартовного пристрою судна” складається зі 87стор., має 5 розділів та 28 посилань на джерела інформації.

В роботі проведено удосконалення електроприводу за рахунок заміни 3-х швидкісного асинхронного двигуна МАП 621-4/8/16 на одношвидкісній з керуванням від перетворювача частоти. Проведено розрахунки та побудову механічних характеристик для 3-х швидкостей, розрахунок та побудову навантажувальної діаграми для варіанта підйому якоря з ґрунту, з глибини 80 м. Розглянути структурна та функціональна схема автоматичного керування електроприводом. Для аналізу перехідних процесів використано програму «Matlab 7» та показано приклади отриманих перехідних процесів.

Ключові слова: електропривод, якорно-швартовний пристрій, схема керування

ABSTRACT

The qualifying master's work "Modernization of the electric drive of the anchor and mooring device of the ship" consists of 87 pages, has 5 sections and 28 links to information sources.

In this work, the improvement of the operation of the electric drive was carried out by replacing the 3-speed asynchronous motor MAP621-4 / 8/16 with a single-speed one controlled by a frequency converter. Calculations and construction of mechanical characteristics for 3 speeds have been carried out, calculation and construction of a load diagram for the option of lifting the anchor from the ground from a depth of 80 m. The structural and functional diagrams of automatic control of an electric drive are considered. For the analysis of transients, the program "Matlab 7" was used and examples of the received transients are shown.

Key words: electric drive, anchor and mooring device, control scheme

	Зміст	стор.
	ВСТУП	6
1	КОНСТРУКЦІЯ СУДНА ТА ЙОГО УСТАТКУВАННЯ	8
1.1	Призначення та тип судна	8
1.2	Суднові пристрої та устаткування	9
2	АНАЛІЗ ЯКІРНО-ШВАРТОВНОГО ПРИСТРОЮ СУДНА	13
2.1	Призначення якірно-швартовного пристрою	13
2.2	Класифікація та особливості роботи якірно-швартовного пристрою	15
2.3	Схема брашпилью та її робота	16
2.4	Режими підйому якорів та приклад навантажувальних діаграм якірно-швартовного пристрою	18
2.5	Характеристика якірного обладнання судна	21
2.6	Характеристика швартовного обладнання судна	22
2.7	Вимоги до якірних і швартовних електроприводів	23
2.8	Принципи вибору систем електроприводів якірно-швартовних пристроїв	25
2.9	Розрахунок і вибір параметрів якірного обладнання судна	26
2.10	Вибір параметрів характеристики швартовного обладнання судна	27
2.11	Визначення системи управління електроприводом якірно-швартовного пристрою	28
3	МОДЕРНІЗАЦІЯ ЯКІРНО-ШВАРТОВНОГО ПРИСТРОЮ	29
3.1	Аналіз систем керування та схема електроприводу автоматичного якірно-швартовного пристрою	29
3.2	Розрахунок та перевірка вибраного електродвигуна на відповідність нормативам	31
3.3	Визначення електричних параметрів магнітного контролера схеми керування	38

3.4	Основи роботи схеми керування електроприводом якірно-швартовного пристрою	40
4	РОЗРАХУНОК ХАРАКТЕРИСТИК ЕЛЕКТРОПРИВОДА ТА ЕЛЕКТРОДВИГУНА	41
4.1	Навантажувальна діаграма якірно-швартовного пристрою	41
4.2	Розрахунок та побудова механічних характеристик 3-х швидкісного двигуна МАП621-4/8/16	42
4.3	Пропозиції по заміні електродвигуна в електроприводі	47
4.4	Перетворювачі частоти та їх робота	51
4.5	Математична модель електропривода	54
4.6	Розрахунок коефіцієнтів структурної схеми та перехідного процесу по швидкості	60
5	ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНІКА БЕЗПЕКИ ПРИ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	67
5.1	Законодавча база з охорони праці	67
5.2	Аналіз потенційно небезпечних і шкідливих факторів при роботі	70
5.2.1	Електробезпека	71
5.2.2	Шкідливі речовини в повітрі	73
5.2.3	Захист від шуму і вібрації	73
5.2.4	Пожежна безпека	74
5.3	Розробка технічних і організаційних заходів щодо Забезпечення безпечних умов роботи на судні	75
5.4	Експлуатація електроустаткування	
5.5	Заходи щодо запобігання пожежам та розрахунок пожежного устаткування	80
	ВИСНОВКИ	85
	Список використаної літератури	86

ВСТУП

Якірно-швартовий пристрій є одним з найбільш важливих суднових пристроїв, що забезпечують безпеку експлуатації судна. Шпилеві і брашпильні пристрої призначені для вибору і спуску якорів, для виконання швартових та інших операцій. Робота кожного шпилевого та брашпильного електроприводу визначається величиною тягового зусилля, швидкістю вибору якірного ланцюга або швартовного троса, тривалістю робочого періоду.

За допомогою ЯШМ виконуються наступні основні операції:

- віддача якоря (за допомогою електроприводу, вільним травленням та вільним травленням з пригальмовуванням гальмом зірочки);
- стоянка на якорі на гальмі ланцюгової зірочки;
- зйомка з якоря - підтягування судна до якоря, відрив та підйом якорів, втягування якоря в клюз;
- одночасний підйом двох якорів (тільки для брашпиль) з половини розрахункової глибини стоянки при неодноразовому їх відриві від ґрунту;
- забезпечення швартовки судна при віджимному вітрі більш 5 балів.

Необхідність в ЯШП виникла ще в давнину, з появою перших плавучих об'єктів. Разом з удосконаленням суден змінювався і ЯШМ. Приблизно в 11 – 12ст. З'явилися якірні швартові механізми. Протягом 7, 8 століть, вони залишались ручними. В 1830 році був побудований перший паровий брашпиль з барабанами для витягування троса. Починаючи з 40-х років 20 ст. застосування парових механізмів на судах скорочується. Все більше починає використовуватись електропривод.

Вперше судновий електропривод застосував російський академік Б.С. Якобі, який сконструював електродвигун для обертання гребних коліс. У вересні 1838року, встановив його на човні, завдяки чому, він зміг пересуватися по річці проти течії. В 1903 -1904р.р., були побудовані перші

дизель – електроходи. Всі суднові електропристрої того часу працювали на постійному струмі, при напрузі не вище 110 В.

Характерними особливостями електроприводів якірно-швартовних механізмів є:

- короткочасний режим роботи (20 – 40 хв.), стандартна тривалість одного циклу прийнята рівною 30 хв.;
- широка зміна навантаження на валу електродвигуна (30 – 200 % номінальною);
- можливість стояння двигуна під струмом (0,5 - 1 хв.);
- часті пуски електродвигуна (до 120 пусків і гальмувань у продовж години) і можливі реверси;
- сумарна тривалість включення двигуна швартовного механізму за добу 40 – 50 хв.;
- необхідність саморегулювання частоти обертання електродвигуна при зміні моменту опору на його валу.

Загальне число роботи в рік ЯШМ коливається в межах 100 – 200, при цьому здійснюється 12000 – 15000 включень і зупинок електроприводу. У числі цих операцій можливі до 100 відключень граничного струму (струму короткого замикання для двигуна змінного струму або струму уставки вантажного захисту двигуна постійного струму).

Безперервне зростання рівня механізації та автоматизації обладнання суден, збільшення швидкості суден почало призводити до того, що час виконання операції, пов'язаних з утриманням судна при стоянці, стає відповідним до сумарної тривалості морських перевезень.

Економічні розрахунки показували, що скорочення тривалості якірно - швартових операцій сприяло зниженню собівартості експлуатації судна. Тому, ще з 1908 року на судах вітчизняного флоту почалося використання двигунів змінного струму, як найбільш простих та надійних.

1. КОНСТРУКЦІЯ СУДНА ТА ЙОГО УСТАТКУВАННЯ

1.1 Призначення та тип судна

В якості прототипу для удосконалення автоматизованої системи управління брашпилем на судах проекту 1557 вибрано теплохід проекту "ІВАН СЕРГІЄНКО", побудований на заводі "Красное Сормово" у м. Горький в 1985 р. Тип судна – суховантажне судно. Судно призначене для перевезення генеральних вантажів.

Дане судно має сталевий зварений корпус, з поперечною системою набору, однопалубне, з подвійним дном і подвійними бортами, з баком та ютом, з надбудовою та машинним відділенням у кормі. На судні є чотири вантажних трюму, перший 17,6х9,35 м та інші 3 трюми 18,15х9,35 м.

Головні розміри судна:

Довжина найбільша – 114 м.

Ширина максимальна – 13,0 м.

Висота борта – 5,5 м.

На судні встановлено два головних двигуна 6 NVD-48 AU, вертикальні, 4-тактні, безкомпресорні, 6-ти циліндрові, реверсивні, з турбонаддувом. Діаметр поршня 320 мм, хід поршня 480 мм. Загальна потужність $2 \times 428,6$ кВт, передача потужності через валопровід на гребні гвинти із числом лопатей 4. Максимальне число обертів 330 об/хв. Швидкість ходу судна 10,5 вузлів. Керування двигунами дистанційне з ходового містка.

Судно побудоване відповідно до Правил Регістру із присвоєнням символу КМ II СП і відповідає вимогам необхідних Правил і Конвенцій.

Судно змішаного типу «река – море» призначено для плавання по внутрішнім водним шляхам, а також в морських районах при хвилюванні не більше 6-ти балів і висоті хвилі не більш 3,5 м. У морях – Північному, Баренцевому, Середземному, Адріатичному, Егейському, Охотському та Японському – до 50 миль; у закритих морях – Білому, Балтійському,

Азовському, Каспійському та Чорному – до 100 миль; дозволена відстань між місцями схову – не більше 200 миль.

Знак автоматизації судна А2. Обсяг автоматизації механічної установки дозволяє експлуатацію судна без вахти в машинному відділенні, але з вахтою в центральному пості керування.

1.2. Суднові пристрої та устаткування

Навігаційне устаткування. На судні встановлені: радіонавігаційні станції; радіолокаційна станція; гірокомпас; радіопеленгатори середніх, довгих і проміжних хвиль; ехолот; електричний лаг; пристрій автоматичної радіолокаційної прокладки.

Кермовий пристрій. На судні встановлене здвоєне балансірне кермо та дві поворотні насадки з стабілізатором. Поворотні насадки сталеві електрозварювання з литим середнім кільцем і знімними стабілізаторами. Внутрішній діаметр насадок 1620мм. З'єднання насадок з балерами конусне на шпонці. Балери ковані із сталі ст 35. Діаметр середньої частини балеру 240мм. Для перекладки керма в румпельному відділенні встановлена електрогідравлічна кермова машина типу Р-14. Основним механізмом цього пристрою є електрогідравлічна рульова машина з двома електроприводними масляними насосами регульованої продуктивності.

Опорами балеру служать сталеві литі гальмпортів труби з підшипниками ковзання. У верхній частині труби розташований наполегливий кульковий підшипник, що сприймає вагу насадки, балеру і румпеля.

Румпеля сталеві, литі, насаджені на верхні частини балерів.

Поворот насадок виробляється за допомогою тяги і секторної рульової машини з електричним приводом. Рульова машина має запасний електричний привід. Час повороту насадок основним електричним приводом з борту на борт при роботі одного насоса на кут 30° складає не більше 28 с, при роботі двох - не більш 13секунд. Час повороту насадок запасним приводом на кут 20° складає не більше 60 сек. При цьому швидкість ходу судна має бути понижена.

Аварійне управління насадками здійснюється за допомогою ручної шестерінчастої талі в/п 2 т, розташованою в румпельному відділенні.

Керування кермовою машиною дистанційне електричне з кермового містка. Пост у кермовій рубці обладнаний апаратурою автокермача типу АТР2-10.

Якірний пристрій. Якірний пристрій призначений для віддачі якоря і утримання судна далеко від берега. Воно складається з якорів, якір-цепу, шпиль або брашпиль, якірних ключів, ланцюгового ящика і жвакогалсового пристрою.

Судно оснащено двома становими якорями типу Хола масою 900 кг кожний.

Для піднімання та віддачі станових якорів на палубі бака встановлюється брашпиль як якірно-швартовний механізм. Брашпиль обладнаний системою дистанційної віддачі якорів з кермової рубки, лічильниками довжини витравленого ланцюга, показчиками швидкості травлення якірних ланцюгів. Калібр ланцюгів 31мм, довжина - 232м. Підйом носових якорів виробляється брашпилем з електричним приводом. Брашпиль забезпечує підйом одного якоря з глибини 80м із швидкістю 10м/хв.

У кормі судна знаходиться один якір Холу вагою 600кг. Ланцюг кормового якоря - сталеве електрозварювання. Калібр ланцюга 28мм, довжина - 152м. Підйом кормового якоря здійснюється за допомогою шпиль з електричним приводом. Шпиль забезпечує підйом з глибини 40м із швидкістю 10м/хв.

З'єднання змичок ланцюгів виробляється сполучними ланками. Кріплення ланцюгів виробляється гвинтовими фрикційними стопорами. Кріплення ланцюгів по-похідному виробляється ланцюговими стопорами з талрепами для швидкої віддачі (стрічковий стопор). Якірні ланцюги через палубні ключи забираються в ланцюгові ящики. Корінні кінці ланцюгів кріпляться до корпусу судна. Для аварійної віддачі ланцюгів є якірні машинки керовані з палуби.

Швартовні пристрої. Для швартування використовуються шпиль, установлений у кормі судна на палубі юта, і якірно-швартовний брашпиль.

Швартовий пристрій призначений для швартовки судна до причалів або ін. об'єктам і утримання його на місці швартовки.

Швартовий пристрій складається з шпиля або брашпиля, кнехтів, ключів, кіпових планок, в'юшки, швартових кінців і викидань.

На баку встановлені: 2 литі кнехти з діаметром тумб 300мм і 2 литі кнехти з діаметром тумб 200мм. У середній частині на головній палубі встановлено 3 пари литих кнехтів з діаметром тумб 200мм. У кормі на юті розміщено 4 литі кнехти з діаметром тумб 200мм.

Для напряду кінців в носі на фальшборті бака і в кормі у кормових кнехтів встановлені кіпові планки з 4 роликами. У бортових кнехтів, розміщених на баку, встановлені кіпові планки з 2 роликами. Для управління буксирного троса в кормі по ДП встановлена кіпова планка з 4 роликами. У фальшборті після ДП і фальшбортів на головній палубі передбачені литі швартові ключи.

Для швартовки на судні є 4 швартові кінці на баку, 3 швартові кінці на кормі по 80м кожен. Для зберігання кінців передбачені в'юшки.

При швартовці на баку використовується брашпиль Б6, а на кормі шпиль з електричним приводом ЯШЗ.

Шлюпочний пристрій. Шлюпочний пристрій т/х ін. 1557 складається з 4 шлюпбалок і двох лебідок. Усі шлюпбалки гравітаційні. По дві шлюпбалки з кожного борту обслуговують рятувальні шлюпки №1 і №2. На кожен пристрій є шлюпочна лебідка ЛШЗД-ОМ1.

На судні є дві розкриті сталеві рятувальні шлюпки. Шлюпка лівого борту (рятувальна шлюпка №2) має чотирициліндровий дизельний двигун (мотобот), місткість цього мотобота - 20 чоловік. По правому борту (рятувальна шлюпка №1) оснащена шлюпка гребним приводом. Для простоти управління і приведення в дію на шлюпці редуктор і гвинт регульованого кроку. Для спуску рятувальної шлюпки вимагається закрити

зливні пробки, віддати глагольгак (віддати найтови) і розгальмувати стопор лебідки підняттям ручки гальма вгору. Коли шлюпка торкнеться води, шлюпталі ще деякий час потрібне потравлять, щоб віддати кріплення шлюпталів.

Для підйому шлюпки треба закріпити шлюптали на носі і кормі і запустити двигун лебідки. Щоб шлюпка сіла на кільблоки, потрібно щоб люди (якщо вони є) пересіли на борт, який знаходиться з боку моря, потім розвести і закріпити найтови, викрутити пробки.

2. АНАЛІЗ ЯКІРНО-ШВАРТОВНОГО ПРИСТРОЮ СУДНА

2.1. Призначення якірно-швартовного пристрою

Якірний пристрій. Якірний пристрій призначений для віддачі якоря та утримання судна вдалині від берега. Воно складається з якорів, якорів-ланцюгів, шпилю або брашпилю, якірних клюзів, ланцюгового ящика та жвакогалсового пристрою.

У носі судно має 2 якоря Холу вагою по 900кг кожний. Ланцюга носових якорів - сталеві, електрозварні. Калібр ланцюгів 31мм, сумарна довжина двох якірних ланцюгів 360 м. Підйом носових якорів виробляється брашпилем з електричним приводом. Брашпиль забезпечує підйом одного якоря із глибини 80м зі швидкістю 10м/хв.

У кормі судна перебуває один якір Холу вагою 700кг. Ланцюг кормового якоря - сталева електрозварна. Калібр ланцюга 28мм, довжина - 152м. Підйом кормового якоря здійснюється за допомогою шпиля з електричним і ручним приводами. Шпиль забезпечує підйом із глибини 40 м зі швидкістю 10м/хв.

З'єднання змичок ланцюгів виробляється сполучними ланками. Кріплення ланцюгів виробляється гвинтовими фрикційними стопорами. Кріплення ланцюгів по-похідному виробляється ланцюговими стопорами з талрепами для швидкої віддачі (стрічковий стопор). Якірні ланцюги через палубні клюзи вбираються в ланцюгові ящики. Корінні кінці ланцюгів кріпляться до корпусу судна.

Швартовний пристрій. Швартовний пристрій призначений для швартування судна до причалів або інших об'єктів та утримання його на місці швартування.

Швартовний пристрій складається зі шпиля або брашпиля, кнехтів, клюзів, кипових планок, в'юшки, швартових кінців і викидів.

На бакі встановлені: 2 литих кнехта з діаметром тумб 300 мм та 2 литих кнехти з діаметром тумб 200мм. У середній частині на головній палубі встановлені 3 пари литих кнехтів з діаметром тумб 200мм. У кормі на юті розміщені 4 литих кнехта з діаметром тумб 200мм.

Для напрямку кінців у носі на фальшборті бака та у кормі в кормових кнехтів установлені кипові планки з 4 роликами. У бортових кнехтів, розміщених на баці, установлені кипові планки з 2 роликами. Для керування буксирного троса в кормі по ДП установлена кипова планка з 4 роликами. У фальшборті по ДП і фальшбортах на головній палубі передбачені литі швартовні ключи.

Для швартування на судні є по 4 швартовних кінці на баці та на кормі довжиною по 80 м кожний. Для зберігання кінців передбачені в'юшки.

При швартуванні на баці використовують брашпиль Б 6, а на кормі шпиль із електричним приводом ЯШЗ.

Принципи автоматизації буксирних лебідок. При автоматичній роботі буксирна лебідка здійснює підтримку заданого натягу троса за допомогою змін його довжини в обумовлених порівняно невеликих межах. Перший параметр регулювання є чільним, другий - підлеглим.

Якірно-швартовні пристрої (ЯШУ) призначені для виконання наступних операцій:

1. Віддачі якоря 3-мя способами:
 - а) за допомогою електропривода;
 - б) вільним травленням;
 - в) вільним травленням з підгальмування гальмом ланцюгової зірочки;
2. Стоянки на якорі на гальмі ланцюгової зірочки;
3. Почергового відриву 2-х якорів з половини розрахункової глибини стоянки;
4. Одночасного підйому 2-х якорів з половини розрахункової глибини стоянки;

5. Забезпечення швартування судна при віджимному вітрі 5 балів.

Відповідно до Правил Регістра, кожне судно повинне мати якірний пристрій, робочий механізм якого складається з 4-х вузлів:

- редуктора;
- гальмових засобів;
- муфт перемикачів;
- основних і допоміжного вантажного барабанів.

Основний барабан призначений для переміщення якорів, допоміжний - для переміщення швартовних канатів.

Число якорів залежить від водотоннажності судна та становить 2 або 3. При цьому на судах необмеженого району плавання якорів - 3, один із яких - запасний.

Маса якорів залежить від водотоннажності судна: на судах водотоннажністю (250 – 400) т маса одного якоря становить 300 кг, водотоннажністю (70 000 - 100 000) т - 11 000 кг.

Сумарна довжина обох якірних ланцюгів залежить від водотоннажності судна та становить 110...770 м; наприклад, для судна водотоннажністю 2000 т сумарна довжина становить 412,5 м, для судна з водотоннажністю 20 000 т - 550 м. Якірний ланцюг складається з окремих змичок довжиною 25....27,5 м кожна.

2.2. Класифікація та особливості роботи якірно-швартовних пристроїв

Основними особливостями роботи ЯШП є:

1. Короткочасний режим роботи тривалістю 30 хв. із номінальним тяговим зусиллям на ланцюговій зірочці;
2. Зміна навантаження на валу в межах 30...200% номінального тягового зусилля;
3. Можливість стоянки під струмом у загальмованому стані протягом 30 с - для якірних механізмів та 15 с - для швартовних механізмів;

4. Часті пуски та зупинки електропривода (до 60 циклів "включене-відключене" протягом 30 хв.).

Якірно-швартовні пристрої діляться на 3 основні групи:

- якірні шпилі;
- якірно-швартовні шпилі;
- брашпилі.

Якірні і якірно-швартовні шпилі мають вертикальне розташування вала. При цьому на валу якірних шпилів розташована якірна зірочка, якірно-швартовних – якірна зірочка та швартовний барабан Брашпилі мають розташування горизонтальне розташування вала, на якому перебувають 2 швартовних барабани та 2 якірні зірочки.

Брашпилі по швидкості та пристрою діляться на нормальні і полегшені. Перші застосовуються на судах морського флоту, другі - на судах річкового та озерного флоту, де застосовуються короткі якірні ланцюги.

Швартовні пристрої діляться на 2 групи:

- швартовні шпилі;
- швартовні лебідки.

У швартовних шпилів при швартуванні трос вручну накладається на швартовний барабан, а після закінчення швартування також вручну змотується з барабана.

У швартовних лебідок на барабані зберігається весь запас троса.

2.3. Схема брашпилю та її робота

Електродвигун 1 (рис. 2.1) через запобіжну фрикційну муфту 2 з'єднаний із черв'ячним редуктором 11 і проміжним валом 12.

Обертання цього вала через пару шестірнею 13 передається на головний вал 14, на якому перебувають швартовні барабани 9.

З головним валом за допомогою двох однакових пар зубчастих коліс 10 з'єднані два вантажних вали 3. На них можуть вільно обертатися п'ятикутові

якірні зірочки (ланцюгові барабани) 5, виконані заодно з гальмовими колісьми 7.

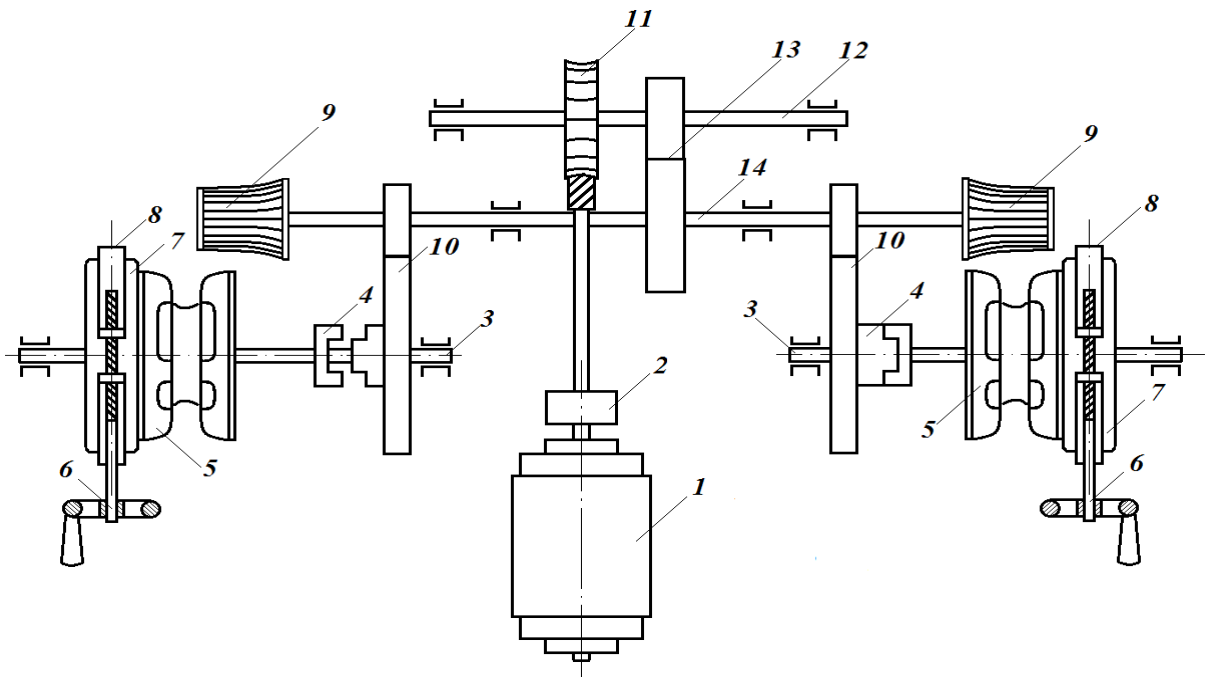


Рис. 2.1 Кінематична схема брашпилью

Ці колеса охоплені стрічками 8 стрічкового гальма з ручним гвинтовим приводом 6. Ланцюгові барабани за допомогою кулачкового пристрою 4 з ручним приводом можуть приєднуватися до вантажних валів 3 та обертатися разом з ними.

На рис. 2.1 правий барабан з'єднаний із зубчастим колесом, а лівий від'єднаний, тому брашпиль може переміщати тільки правий якір. Таким чином, електродвигун брашпиля може переміщати обоє якоря по черзі або одночасно.

Редуктор брашпилью може як самогальмуватися, так і не самогальмуватися. У другому випадку брашпиль повинен мати електромагнітні дискові гальма, що загальмовують привід при знеструмленні судна або спрацьовуванні захистів у схемі електропривода.

Віддача якоря відбувається під дією його власної ваги, швидкість травлення регулюється стрічковим гальмом.

Сучасні судна мають гідравлічні пристрої керування стрічковими гальмами, що дозволяє віддавати якір дистанційно (з кермового рубання). При цьому контролюється довжина витравленого якоря-ланцюга та швидкість її травлення.

Весь механізм брашпилю та виконавчий електродвигун розташовані на відкритій палубі, що ускладнює обслуговування і підвищує уразливість.

Цього недоліку позбавлені шпилі, у яких на відкритій палубі розташовані тільки якірна зірочка та барабан, а електродвигун з редуктором перебувають нижче палуби півбаку в закритому приміщенні.

2.4. Режими підйому якорів та приклад навантажувальних діаграм якірно-швартовних пристроїв

Навантажувальною діаграмою електроприводу називають залежність потужності, струму або моменту електродвигуна від часу. Навантажувальна діаграма електроприводу брашпилю - це залежність моменту на валу електродвигуна від часу (рис. 2.2).

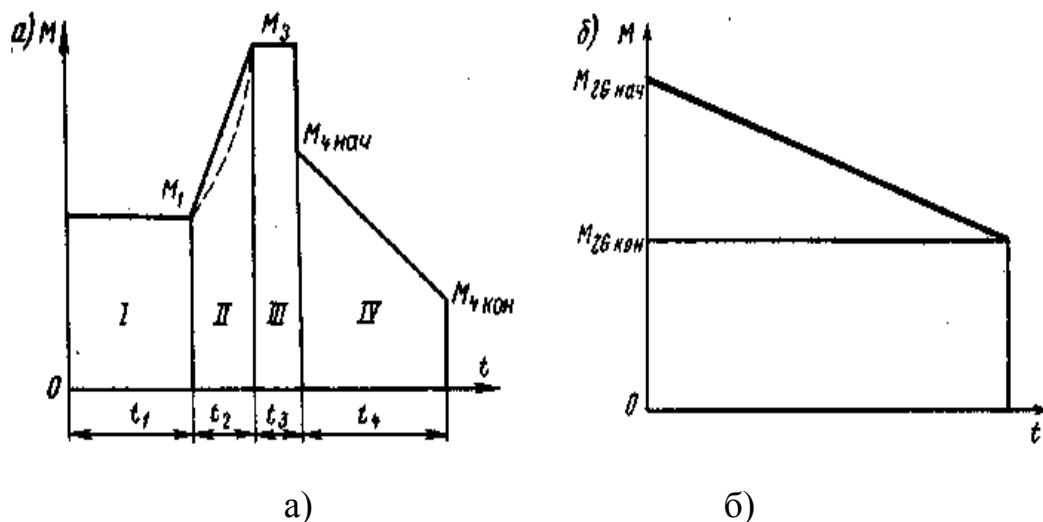


Рис. 2.2 Типовий вид навантажувальних діаграм електропривода брашпилю при підйомі одного (а) і двох (б) якорів

Навантажувальні діаграми електропривода брашпилью можуть бути: для підйому 1-го якоря з повної розрахункової глибини стоянки (рис. 2.2 а) і 2-х якорів з половинної розрахункової глибини (рис. 2.2 б).

Режим підйому одного якоря. При стоянці судна на якорі один кінець якорного ланцюга з якорем лежить на ґрунті, а другий проходить через клюз та якорну зірочку в ланцюговий ящик. Провисаюча у воді частина ланцюга "а" перебуває під дією зовнішніх сил, що діють на судно: сили вітру F_v і сили бігу води F_t . Чим більше ці сили, тим сильніше натягнуто якорний ланцюг.

Збільшення натягу ланцюга викликає підйом частини ланцюга із ґрунту, при цьому збільшується довжина її провисаючої частини.

Процес зняття судна з якоря ділиться на 4 стадії (рис. 2.3).

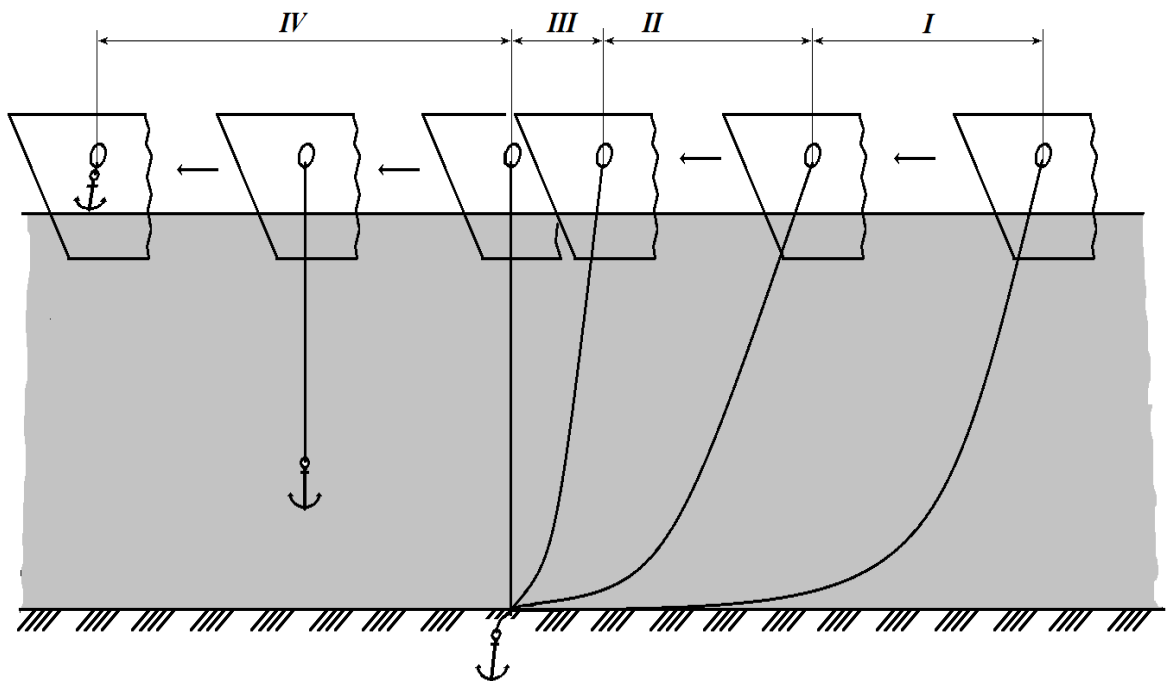


Рис. 2.3. Процес зняття судна з якоря

У стадії 1 брашпиль вибирає ланцюг, втягуючи її ланки в клюз. При цьому судно під дією зусилля ланцюга, створеного роботою електродвигуна брашпиля, рухається з невеликою швидкістю до місця залягання якоря.

Кількість ланок, що втягують у клюз, дорівнює кількості ланок, піднятих із ґрунту, тому форма провисаючої частини ланцюга не змінюється.

Виходить, сила натягу ланцюга у входу в клюз і момент M_1 на валу електродвигуна на цій стадії не змінюються.

Стадія 1 закінчується, коли із ґрунту буде піднята останнє, вільно лежача ланка ланцюга. На цій стадії швидкість вибирання якоря збільшується, як правило, від 9 до 12 м/хв.

Протягом стадії 2 брашпиль продовжує втягувати ланцюг у клюз, а судно продовжує рухатися практично з незмінною швидкістю внаслідок придбаної інерції.

Натяг ланцюга збільшується, і її форма наприкінці стадії провисаючої частини ланцюга наближається до прямої.

Наприкінці стадії 2 двигун може зупинитися, якщо момент на валу електродвигуна недостатній для відриву якоря від ґрунту. Двигун при цьому переходить у режим стоянки під струмом, тривалість якого обмежена Правилами Регістра до 30 с.

На цій стадії момент на валу електродвигуна M_2 (див. рис.2.2а) збільшувався від значення M_1 до значення M_3 .

На стадії 3 двигун вибирає слабіну ланцюга, що утвориться внаслідок руху судна по інерції. Значення моменту на валу електродвигуна практично не змінюється, тобто дорівнює M_3 .

Наприкінці стадії 3 судно проходить над місцем залягання якорю та відриває його від ґрунту. У результаті момент електродвигуна стрибкоподібно зменшується від значення M_3 до значення $M_{4\text{поч}}$.

На стадії 4 двигун вибирає вільно висячий ланцюг, довжина якої, що перебуває у воді, безупинно зменшується. Момент на валу електродвигуна поступово зменшується від значення $M_{4\text{поч}}$ до значення $M_{4\text{кін}}$, при якому ланцюг повністю утягнений у клюз.

Двигун при цьому треба відключити від мережі.

На цій стадії швидкість вибирання якоря зменшується, як правило, від 12 м/хв. до 3 м/хв.

Режим підйому 2-х якорів. У цьому режимі якоря попередньо відірвані від ґрунту, а довжина ланцюга у воді дорівнює половині розрахункової глибини стоянки.

Початковий момент на валу електродвигуна, обумовлений сумарною вагою якоря та ланцюги, становить $M_{2\text{поч}}$ (рис.2.2, б).

Після включення електродвигуна відбувається плавний підйом якоря, момент електродвигуна зменшується від значення $M_{2\text{поч}}$ до значення $M_{2\text{кін}}$.

Швартовний режим. У цьому режимі зусилля на тросі може змінюватися від нуля (слабина троса) до номінального значення.

Крім того, при ривках тягове зусилля в тросі може досягати значень, коли відбувається зупинка механізму. Однак тривалість перевантаження звичайно не перевищує 4 - 7 с.

Робота у швартовному режимі контролюється членами екіпажа, і швидкість на барабані може змінюватися в межах 7,2 - 18 м/хв.

2.5. Характеристика якорного обладнання судна

Характеристика якорного обладнання судна являє собою безрозмірне число N_c , на підставі якого з таблиць визначаються основні параметри якорної частини якорно-швартовного пристрою: калібр ланцюга, число якорів, швартовних канатів, довжина якорів-ланцюгів та інші.

Характеристика якорного обладнання:

$$N_c = \Delta^{2/3} + 2B \cdot H + 0,1 \cdot A; \quad (2.1)$$

де: Δ – водотоннажність судна, Т;

B – ширина судна, м;

H – умовна висота від ватерлінії до верхньої крайки настилу палуби в борта найвищого рубання, що має ширину не менш $0,25B$, м;

A – площа парусності в межах довжини судна по ватерлінії без обліку парусності щогл, стріл, огороження, м².

1. Маса якоря Холу для судів необмеженого району плавання (кг):

$$Q = 3 \cdot N_c \quad (2.2)$$

2. Сумарна довжина 2-х якірних ланцюгів (м):

$$\sum L = 87 \cdot (N_c)^{0,25} \quad (2.3)$$

3. Калібр ланцюгів для станових якорів (мм) знаходять по формулі:

$$d = R \cdot N_c^{0,5} \quad (2.4)$$

де: R – коефіцієнт, рівний для ланцюгів звичайної міцності 1,75, підвищеної міцності – 1,55, особливої міцності – 1,35.

2.6. Характеристика швартовного обладнання судів

Під характеристикою швартовного обладнання судна розуміють сукупність таких параметрів швартовних канатів: кількості, довжини та діаметра. При цьому кількість і довжина визначаються Правилами Регістра, а діаметр розраховується по формулі (див. нижче).

1. Кількість швартовних канатів (тросів) на судні залежить від основної характеристики обладнання N_c і становить 3 – 20 шт.;

2. Довжина швартовних канатів також залежить від N_c і становить величину 130 – 200 м кожен;

3. Діаметри канатів визначають виходячи з нормованого розривного зусилля:

$$F \geq a_2 (N_2 - \epsilon_2)^{0,5} ; \quad (2.5)$$

причому коефіцієнти a_2 і ϵ_2 мають значення, які оцінюють за даними таблиці 2.1.

Таблиця 2.1

Значення коефіцієнтів a_2 і b_2

$N_c, \text{т}$	a_2	b_2
До 1000	500	0
1000...5000	630	375
Понад 5000	825	2300

Однак максимальне значення розривного зусилля каната не слід вибирати більше 50 000 кН.

4. Номінальне тягове зусилля швартовних механізмів не повинне бути більше 1/3 розривного зусилля швартовних канатів.

2.7. Вимоги до якірних і швартовних електроприводів

1. Потужність електропривода якірного механізму повинна забезпечувати номінальне тягове зусилля на зірочці (Н):

$$F_{к.н} = 11 \cdot (p \cdot h + Q); \quad (2.6)$$

- де:
- p – маса одного метра цепи, кг;
 - h – глибина стоянки на якорі, м;
 - Q – маса одного якоря, кг.

2. Зазначену потужність електродвигун якірного механізму повинен розвивати протягом 30 хв. безперервної роботи з наступною стоянкою під струмом протягом 30 с;

3. Швидкість вибирання якірного ланцюга при номінальному тяговому зусиллі на зірочці $F_{к.н}$ повинна бути не менш 0,17 м/с (10,2 м/хв.);

4. Пусковий момент електродвигуна повинен забезпечити подвійне значення номінального тягового зусилля на зірочці $2 F_{к.н}$;

5. Якщо пусковий момент електродвигуна створює зусилля, що перевищує номінальне тягове зусилля в 4 рази, між електродвигуном і механізмом повинна встановлюватися запобіжна фрикційна муфта;

6. Гальмо механізму повинен розвивати момент, що перешкоджає розвороту механізму при тяговому зусиллі на зірочці не менш $1,3 \cdot F_{к.н}$;

7. Електропривод якірно-швартовного механізму повинен забезпечувати одночасне вибирання двох вільно висячих якорів з половини номінальної глибини стоянки;

8. При підході якоря до клюза електропривод повинен розвивати швидкість не більше 0,17 м/с (10,2 м/хв.), кращої є швидкість 0,12 м/с (7,2 м/хв.);

9. На щаблях швидкостей, призначених тільки для швартовних операцій, повинний бути передбачений захист від перевантаження, при спрацьовуванні якої електродвигун переходить на щабель, призначений для підйому якоря;

10. Привід якірного пристрою повинен забезпечувати безперервну роботу з номінальним тяговим зусиллям протягом 30 хв., а потім, без перерви, стоянку під струмом у загальмованому стані протягом 30 с – для якірних механізмів та 15 с – для швартовних механізмів;

11. При цьому допускається перевищення температури на 30% стосовно граничної температури обмоток, певних класом ізоляції обмоток (електричні машини морського виконання випускають із ізоляцією обмоток класів В - 130°C, F - 155°C и Н - 180°C);

12. При стоянці під струмом асинхронні двигуни з фазним ротором і двигуни постійного струму повинні розвивати момент стоянки не менш подвійного номінального моменту;

13. Живлення електроприводів якірно-швартовних механізмів повинне вироблятися безпосередньо від ГРЩ.

2.8. Принципи вибору систем електроприводів якірно-швартовних пристроїв

Процес зйомки з якоря містить у собі:

- допоміжні операції, пов'язані зі звільненням ланцюгових стопорів і підготовкою механізму;
- вибирання ланцюга;
- уведення якоря в клюз і кріплення його в похідному положенні, і ін.

Незважаючи на численні спроби автоматизувати весь процес роботи якірно-швартовних пристроїв, багато операцій залишаються ручними та не піддаються автоматизації.

У цей час автоматизована віддача якоря за допомогою керування стрічковим гальмом з містка (рубки). Довжина витравленого якоря-ланцюга контролюється за допомогою лічильника в 2-х місцях, на містку та безпосередньо в приводу якірно-швартовного пристрою на півбаку.

Процес вибирання ланцюга також може бути автоматизований, однак перед уведенням якоря в клюз рекомендується перейти на місцеве керування для візуального контролю за рухом ланцюга і якоря.

Швартовні операції в силу специфіки повинні перебувати під безперервним візуальним контролем (крім операцій по контролі натягу троса, що може бути автоматизований за допомогою автоматичних швартовних лебідок - АШЛ).

Для всіх типів шпилів і брашпилів морського та річкового флоту в межах калібрів ланцюгів 100 мм (водотоннажність судів до 100 000 т включно) доцільно застосування асинхронних короткозамкнених полюсно перемикаємих електродвигунів серії МАП з 2-ма та 3-ма обмотками на статорі. Ступінь захисту – IP56.

Системи генератор - двигун застосовують у випадку, якщо потужність електропривода більше 20% потужності суднової електростанції.

2.9. Розрахунок і вибір параметрів якірного обладнання судна

1. Характеристика якірного обладнання судна (за формулою 2.1):

$$N_c = 4840^{2/3} + 2 \cdot 13 \cdot 3 + 0,1 \cdot 120 = 310$$

де: $\Delta = 4840$ Т – водотоннажність судна;

$B = 13$ м – ширина судна;

$H = 3$ м – умовна висота от ватерлінії до верхньої кромки настилу палуби;

$A = 120$ м² – площа парусності;

2. Маса одного якоря Холу за формулою (2.2):

$$Q = 3 \cdot N_c = 3 \cdot 310 \approx 900 \text{ кг.}$$

3. Сумарна довжина 2-х якірних ланцюгів за формулою (2.3):

$$\sum L = 87 \cdot (N_c)^{0,25} = 87 \cdot (310)^{0,25} \approx 360 \text{ м.}$$

4. Калібр ланцюга для станових якорів по (2.4):

$$d = R \cdot N_c^{0,5} = 1,75 \cdot (310)^{0,5} = 31 \text{ мм,}$$

де: $R = 1,75$ – коефіцієнт для ланцюгів звичайної міцності.

5. Приймаємо такі характеристики якірного пристрою:

калібр звичайного ланцюга $d = 31$ мм;

число якорів $n = 3$;

середня маса одного якоря $Q = 900$ кг;

найменша довжина 2-х ланцюгів $\sum L = 360$ м;

розрахункова глибина стоянки $h = 100$ м;

6. Діаметр ланцюгової зірочки:

$$D_{зв} = 13,7 \cdot d = 13,7 \cdot 31 = 726 \text{ мм} = 0,43 \text{ м.}$$

7. Оскільки один механізм якірно-швартовного пристрою застосовується для 2 - 3 калібрів ланцюгів і відповідних цих калібрів ланцюгових зірочок, у розрахунках величину діаметра зірочки $D_{зв}$ приймають мінімальною.

2.10. Вибір параметрів характеристики швартовного обладнання судна

1. Згідно рекомендацій при $N_c = 310$ приймаємо кількість швартових канатів:

$$n_2 = 4.$$

2. Довжина кожного каната

$$L_k = 80 \text{ м.}$$

3. Розривне зусилля каната

$$500 \cdot (310 - 0)^{0,5} = 85000 \text{ Н} = 85 \text{ кН,}$$

де: $a_2 = 500$; $v_2 = 0$.

4. Значення розривного зусилля в канаті згідно рекомендацій приймаємо як найближче $F'_p = 85 \text{ кН}$ (при розрахунковій межі міцності дротів на розтягування $H = 1400 \text{ Н/мм}^2$). Цьому зусиллю відповідає діаметр каната $d_k = 15,0 \text{ мм}$; розрахункова маса 100 м каната $m_{100} = 74 \text{ кг}$;

5. Номінальне тягове зусилля швартовного каната:

$$85/3 = 28 \text{ кН.}$$

2.11. Визначення системи управління електроприводом якірно-швартового пристрою

Для якірно-швартових пристроїв з калібром ланцюга $d = 24 - 80$ мм (у нашому випадку $d = 31$ мм) застосовується система управління за допомогою магнітного контролера 3-швидкісним асинхронним короткозамкнутим електродвигуном з такими початковими даними: номінальна синхронна частота обертання $n_n = 750$ об/хв; число швидкостей – 3.

Таким чином, подальший розрахунок, вибір і перевірка двигуна будуть виконуватися, виходячи з того, що номінальна частота обертання двигуна складає величину $n_n = 750$ об/хв.

Висновки

Встановлений брашпиль є спеціалізованим пристроєм з автоматизованим електроприводом, який вимагає безпосередньої участі людини в усіх режимах роботи. А автоматичний якірно-швартовий пристрій в режимах вантаження і вивантаження теплохода виключає необхідність обслуговування екіпажем. Це дозволяє скоротити його чисельність.

3. МОДЕРНІЗАЦІЯ ЯКІРНО-ШВАРТОВОГО ПРИСТРОЮ

3.1. Аналіз схем керування та схема електроприводу автоматичного якірно-швартовного пристрою

Автоматичні якірно-швартовні пристрої (АЯШП) призначені для виконання швартовних операцій при постановці судна на швартови та підтримки постійного натягу в канаті при його стоянці. АЯШП забезпечують також операції по підйому та опусканню якорів. Використання АЯШП дозволяє стабілізувати навантаження на швартовні канати, збільшити їхню довговічність, полегшити праця екіпажа. У процесі експлуатації лебідки працюють у ручному та автоматичному режимах. Всі суднові АЯШП по способі оцінки натягу швартовного каната при роботі в автоматичному режимі можна розділити на лебідки без пристрою, що зважає, та обладнані ним.

Автоматичні швартовні лебідки із зважувальним пристроєм. Електродвигуни таких АЯШП управляються через магнітну станцію МС: при неавтоматичному режимі за допомогою контролера ЯУ, а при автоматичному режимі командоапаратом АК, механічний вплив на який передається динамометричним датчиком Д. Датчик має механічне з'єднання з однієї із щаблів редуктора Р та фіксує натяг троса на барабані Б.

Принцип дії системи в автоматичному режимі полягає в наступному. При нормальному натягу в тросі двигун ИД виключений та загальмований. Якщо ж зусилля в тросі досягає значення уставки, на яку система настроєна, то спрацьовує датчик і, впливаючи на командоапарат, включає ИД у напрямку "Травити". Завдяки цьому із троса знімається навантаження і при зменшенні натягу до необхідного значення електродвигун відключається та система знову стопориться.

Принципи дії автоматичних швартовних пристроїв. На сучасних морських судах велике поширення одержали автоматичні швартовні лебідки

(рис. 3.1) з регульованим тяговим зусиллям до 78 кН фірми "Эльмор" (ПНР) які призначені для проведення швартовних операцій та операцій по підйому та опусканню якорів.

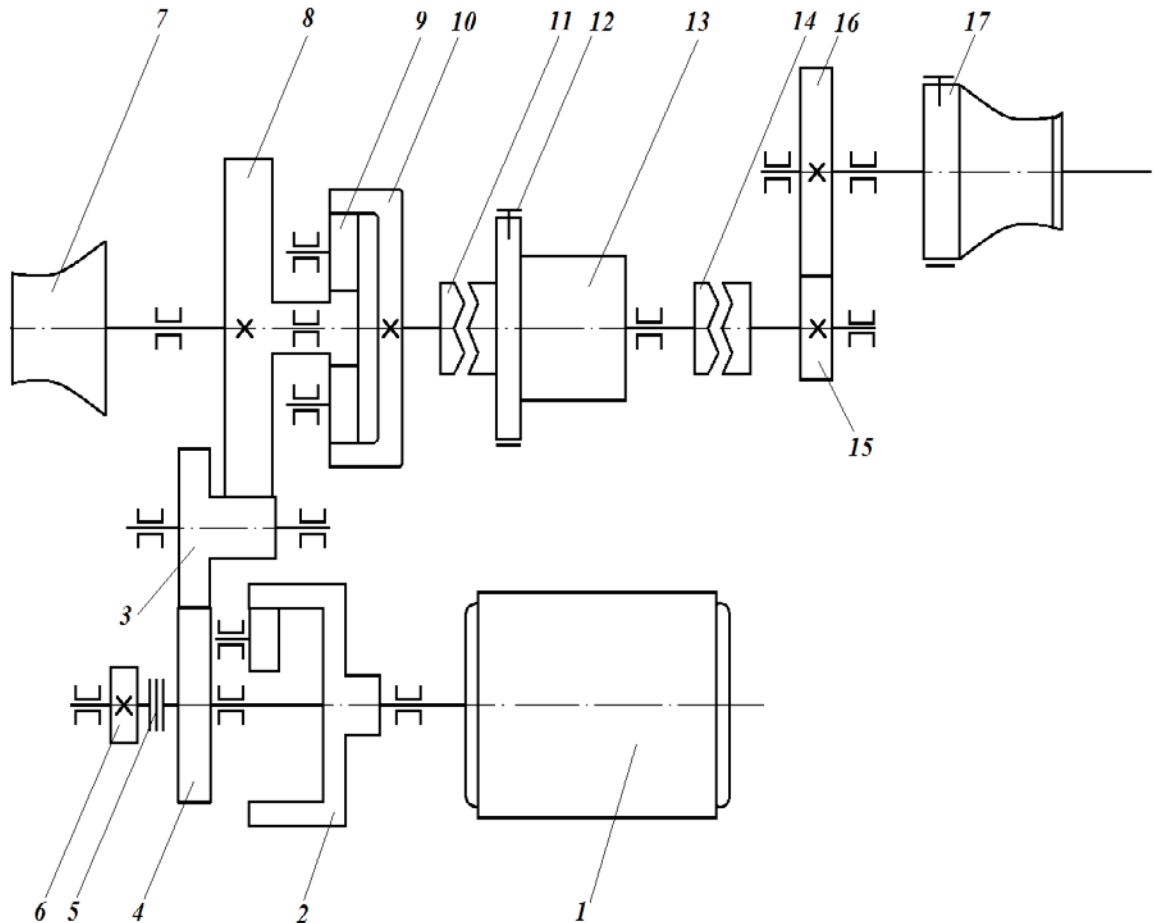


Рис. 3.1. Кінематична схема автоматичного якірно-швартовного пристрою

Механізм швартовної лебідки являє собою 4-східчасту 2-ходову передачу в закритому литому корпусі. Обертання від електродвигуна 1 передається до першого щабля, що складає із планетарної передачі 2, з якої з'єднуються електромагнітне гальмо 5 та електромагнітна муфта 6. При роботі АЯШП з навантаженим тросом гальмо та муфта перебувають у знеструмленому стані, а тому перший щабель передачі включений та обертання від нього передається на наступні щаблі. При роботі зі

слабонагруженим тросом кутова швидкість барабана 13 і турачки 7 може бути збільшена приблизно в 5 разів. Це досягається подачею напруги на електромагнітну муфту 6 і гальмо 5. У результаті цього відбувається зачеплення муфти та розгальмовування гальма, завдяки чому забезпечується передача обертаючого моменту на другу ступень. Другий і третій щаблі передачі забезпечуються циліндричними шестірнями 4, 3 й 3, 8. Від третьої ступені одержує обертання вал з турачкою 7. Четвертий щабель являє собою циліндричну передачу внутрішнього зачеплення із шестірнями 9, 10. На валу четвертої ступені встановлюють зубчасту муфту 11, що передає обертання на барабан. Барабан забезпечується ручним стрічковим гальмом 12, що втримує його від повороту при тяговому зусиллі на тросі, рівному 0,8 його розривного зусилля.

Лебідка має якірну приставку, що з'єднується з вантажним валом за допомогою зубчастої муфти 14. Наступна передача руху зірочці 17 передається через циліндричну пару 15 і 16 і кулачкову муфту (остання на схемі не показана). За допомогою кулачкової муфти включається та відключається якірна приставка. Через проміжні зубчасті колеса із четвертим щаблем має механічний зв'язок датчик тягового зусилля, що впливає на замикання та розмикання контактів автоматичного контролера.

Приводний електродвигун лебідки – 3-швидкісний з трьома окремими обмотками, що мають 28; 8; 4 полюси (потужності при відповідних швидкостях 4,5; 22; 45 кВт). Номінальна напруга двигуна – 380 В. Усередині двигуна є вбудоване електромагнітне гальмо. Електродвигун має зовнішнє охолодження за допомогою вентилятора, який приводиться до обертання окремим двигуном.

3.2. Розрахунок та перевірка вибраного електродвигуна на відповідність нормативам

Якірна частина пристрою:

Необхідна потужність електродвигуна розраховується за формулою:

$$P = \kappa \cdot L \cdot d^2 \cdot v_{\text{я}} / 3850 \cdot \eta \cdot \lg (d + 70) \quad (3.1)$$

$$1 \cdot 300 \cdot 53^2 \cdot 0,17 / 3850 \cdot 0,75 \cdot \lg (53 + 70) = 23,7 \text{ кВт},$$

де: $\kappa = 1$ – коефіцієнт навантаження для морських якорних механізмів;

$L = 3 \cdot h = 3 \cdot 100 = 300 \text{ м}$ – повна довжина цепу;

$d = 53 \text{ мм}$ – калібр цепу;

$v_{\text{я}} = 0,17 \text{ м/с}$ – швидкість підйому якоря;

$\eta = 0,75$ – коефіцієнт корисної дії механізму.

Вибираємо електродвигун по двох параметрах:

- Розрахунковій потужності $P = 23,7 \text{ кВт}$;
- Номінальній синхронній частоті обертання $n_{\text{н}} = 750 \text{ об/хв}$;

Для електроприводів якорно-швартових пристроїв застосовують асинхронні полюсозмінні двигуни серії МАП (морський асинхронний зі зміною числа полюсів. Технічні характеристики цих двигунів приведені в довідниках.

Як впливає з довідників, у усіх без виключення типів двигунів синхронна частота обертання обмотки третьої швидкості $n_{\text{с3}} = 1500 \text{ об/хв.}$, другій швидкості $n_{\text{с2}} = 750 \text{ об/хв.}$

Тому вибирати двигун з таблиці довідників потрібно з горизонтальної строчки, відповідній другій швидкості $n_{\text{с2}} = 750 \text{ об/хв.}$, тобто із строчки з числом полюсів $2p = 8$ і значенням потужності, рівної або більш розрахункової потужності $P = 23,7 \text{ кВт}$;

Таким параметрам відповідає двигун серії МАП 621-4/8/16 з даними, приведеними в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1

Номінальні дані двигуна типу МАП 621-4/8/16

1	Число полюсів 2р	4	4	8	16
2	Режим роботи, хв.	30	15	30	30
3	Потужність $P_{2н}$, кВт	25	22	22	7
4	Частота обертання n , об/хв.	1440	1445	685	330
5	Час стоянки під струмом після режиму, с	15	15	50	30
6	Номінальний струм при напрузі 380 В	58	56,5	62,5	40
7	Максимальний момент M , кН	60	60	80	55
8	Пусковий момент M , кН	45	45	75	55
9	Пусковий струм I , А	390	390	240	90
10	Коефіцієнт потужності $\cos \varphi$	0,87	0,87	0,73	0,52

У цього двигуна частота обертання другої швидкості $n_n = 675$ об/хв., чому відповідає синхронна частота обертання $n_n = 750$ об/хв., а потужність $P_{2н} = 25$ кВт $> P = 23,7$ кВт. Таким чином, обидві умови вибору двигуна, вказані в п. 2, дотримано.

Передавальне число механізму визначають за формулою:

$$l \leq \pi \cdot D'_{зв} \cdot n / 60 \cdot v_{ц} \quad (3.2)$$

$$3,14 \cdot 0,57 \cdot 675 / 60 \cdot 0,17 = 118,44,$$

де: $n = 675$ об/хв. - номінальна частота обертання двигуна на 2-ій швидкості.

Тому приймаємо $l = 120$.

Перевіряємо електродвигун на достатність пускового моменту за умові:

$$M_n \geq M'_{\text{мех}} = \kappa \cdot L \cdot d^2 \cdot D_{\text{зв}} / 39 \cdot l \cdot \eta \cdot \lg(d + 70) \quad (3.3)$$

$$75 \geq 1 \cdot 300 \cdot 53^2 \cdot 0,73 / 39 \cdot 120 \cdot 0,75 \cdot \lg(53 + 70) = 62,9 \text{ кНм},$$

(у праву частину підставляємо калібр ланцюга $d = 53$ мм і відповідний йому діаметр зірочки $D_{\text{зв}} = 0,73$ м).

Як впливає з отриманої нерівності, пусковий момент двигуна $M_n = 75$ кНм більше необхідного розрахункового $M'_{\text{мех}} = 62,9$ кНм, тобто достатній для підйому якоря з номінальної глибини стоянки.

При невиконання нерівності потрібно збільшити потужність електродвигуна, для чого вибрати з довідника найближчий більший по потужності двигун і повторити розрахунок.

8. Перевіряємо двигун на можливість ушкодження механічної частини електроприводу пусковим моментом двигуна по умові

$$M_n < M''_{\text{мех}} = 6 \cdot d^2 \cdot D_{\text{зв}} / l \cdot \eta \quad (3.4)$$

$$75 > 6 \cdot 42^2 \cdot 0,57 / 120 \cdot 0,75 = 67 \text{ кНм}$$

(у праву частину підставляємо можливий мінімальний діаметр калібру $d = 42$ мм і відповідний йому діаметр зірочки $D'_{\text{зв}} = 0,57$ м).

Як впливає з отриманої нерівності, пусковий момент електродвигуна більше допустимого, тому між електродвигуном і редуктором потрібно встановити запобіжну фрикційну муфту.

9. Допустимий час стоянки під струмом після 30 хв. роботи в номінальному режимі:

$$t_{\text{ст}} = (v_y d^2) / (\Delta^{1/3}) [0,11 \cdot M_n \cdot n \cdot \eta \cdot (32 + 0,14L) / (v_y \cdot d^2 L) - 1]^{0,5} \quad (3.5)$$

$$(0,17 \cdot 53^2) / (10\,000)^{1/3} [0,11 \cdot 75 \cdot 675 \cdot 0,75 (32 + 0,14 \cdot 300) / (0,17 \cdot 53^2 \cdot 300) - 1]^{0,5} = 21,4 \text{ с.}$$

Це час менше приведенного в довідниках для двигуна типу МАП621-621-4/8/16 часу стоянки під струмом, що допускається рівним 50 секундам.

Таким чином, результат перевірки на нагрів задовільний.

Швартова частина пристрою.

Діаметр швартового барабана визначається за виразом:

$$D_{\delta} = 1,1 \cdot D_{3\delta} \quad (3.6)$$
$$1,1 \cdot 0,73 = 0,803 \approx 0,8 \text{ м}$$

Номінальний момент механізму при швартовці:

$$M_{ш} = F_{ш} (D_{\delta} + d_k) / 2l \cdot \eta \quad (3.7)$$
$$70 \cdot 10^3 (0,8 + 0,0225) / 2 \cdot 120 \cdot 0,75 = 320 \text{ Нм}$$

Номінальний момент електродвигуна при швартовці на номінальній 2-й швидкості:

$$M_{2н} = (9550 \cdot P_{2н}) / n_{2н} \quad (3.8)$$
$$(9550 \cdot 25) / 675 = 353 \text{ Нм.}$$

Таким чином, номінальний момент електродвигуна має запас відносно необхідного номінального моменту механізму.

Номінальний момент механізму при швартуванні (в % від номінального моменту двигуна на 2-й швидкості):

$$M'_{2ш} = (M_{ш} / M_{2н}) 100 \quad (3.9)$$
$$(320/353) \cdot 100 = 90,65 \% \approx 90 \%$$

Частота обертання електродвигуна при номінальному моменті механізму на 2-й швидкості визначається по графіках механічних характеристик двигунів із числом полюсів $2p = 4, 8, 16$ для характеристики 2-й швидкості з $2p = 8$ при $M\% = 90\%$

$$n_2 = 744 \text{ об/хв.}$$

Швидкість швартовного троса при номінальному моменті механізму на 2-й швидкості:

$$v_{ш} = \pi (D_{\delta} + d_k) n_2 / 60l \quad (3.10)$$

$$3,14 \cdot (0,8 + 0,0225) \cdot 744 / 60 \cdot 120 = 0,27 \text{ м/с,}$$

що відповідає рекомендованому значенню цієї швидкості - не більше 0,30 м/с.

Номінальний момент електродвигуна при швартуванні на 3-й швидкості:

$$M_{3н} = (9550 \cdot P_{3н}) / n_{3н} \quad (3.11)$$

$$(9550 \cdot 30) / 1430 = 200 \text{ Нм.}$$

Номінальний момент механізму при швартуванні (в % від номінального моменту двигуна на 3-й швидкості):

$$M_{3ш} = (M_{ш} / M_{3н}) \cdot 100 \quad (3.12)$$

$$(320 / 200) \cdot 100 = 160 \%$$

частота обертання електродвигуна при номінальному моменті механізму на 3-й швидкості визначається по графіках механічних характеристик двигунів

із числом полюсів $2p = 4, 8, 16$ для характеристики 3-й швидкості з $2p = 4$ при $M\% = 160 \%$.

$$n_3 = 1170 \text{ об/хв.}$$

Максимальна швидкість швартовного троса (на 3-й швидкості):

$$v_{ш \cdot \max} = \pi (D_6 + d_k) n_3 / 60l \quad (3.13)$$
$$3,14 \cdot (0,8 + 0,0225) \cdot 1170 / 60 \cdot 120 = 0,33 \text{ м/с,}$$

що практично відповідає рекомендованому діапазону найбільших значень цієї швидкості - $0,4 \dots 0,67 \text{ м/с}$.

По довідникам установлюють найбільші (граничні) значення швидкості вибирання швартовного каната, які не слід перевищувати, тому що члени палубної команди на півбаку не будуть устигати укласти обираний канат на швартовний барабан.

Перевірка обраного електродвигуна по розривному зусиллю троса.

Перевірка на розрив складається в порівнянні пускового моменту електродвигуна M_n з розривним моментом троса $M_{\text{розр}}$. Щоб трос при пуску не розірвався, пусковий момент двигуна на 2-й швидкості повинен бути менше розривного моменту троса $M_{\text{розр}}$:

$$M_n < M_{\text{розр}} = 40 \cdot F_p (D_6 + d_k) / l \cdot \eta \quad (3.14)$$
$$75 < 40 \cdot 216 \cdot (0,8 + 0,0225) / 120 \cdot 0,75 = 79 \text{ кНм}$$

Таким чином, прийняте нерівність виконується, трос при пуску не обірветься.

3.3. Визначення електричних параметрів магнітного контролера схеми керування

Найбільший (по швидкостях) номінальний струм має обмотка 2-й швидкості.

Для струму, що дорівнює величині $I_{2н} = 62,5$ А зі довідників по магнітним контролерам для електродвигуна типу МАП 621-4/8/16 вибираємо магнітний контролер типу БТ73 з такими даними :

1. Командоконтроллер типу КВ 0745;
2. Номінальний струм контакторів контролера $I_n = 100$ А;
3. Номінальний струм теплових реле обмотки 2-й швидкості $I_{н.тр} = 90$ А;
4. Захисне виконання корпусу магнітного контролера IP44.

Максимальне тягове зусилля на зірочці:

$$F_{\max} = 35d^2 \quad (3.15)$$
$$35 \cdot 53^2 = 98315 \text{ Н.}$$

Момент електродвигуна, що розвиває при максимальному тяговому зусиллі на зірочці:

$$M_{\max} = F_{\max} (D_6 + d_k) / 2 \cdot l \cdot \eta \quad (3.16)$$
$$98315(0,8 + 0,0225) / 2 \cdot 120 \cdot 0,75 = 450 \text{ Нм.}$$

Номінальний момент електродвигуна при роботі на 2-й швидкості:

$$M_{2н} = (9550 \cdot P_{2н}) / n_{2н} \quad (3.17)$$
$$(9550 \cdot 25) / 675 = 353 \text{ Нм.}$$

Струм при роботі електродвигуна на 2-й швидкості при максимальному тяговому зусиллі на зірочці:

$$I_{\max} = I_{2н} (M_{\max} / M_{2н}) \quad (3.18)$$

$$62,5 \cdot (450 / 353) = 79,7 \text{ А.}$$

Гранично припустимий струм контактів контактора 2-й швидкості:

$$I_{\text{пред}} = 1,3 I_{2н} \quad (3.19)$$

$$1,3 \cdot 62,5 = 81,25 \text{ А.}$$

Номінальний струм контакторів обраного магнітного контролера БТ73 $I_{н.к} = 100 \text{ А}$ більше струму електродвигуна при роботі з максимальним тяговим зусиллям $I_{\max} = 79,7 \text{ А}$. За даними розрахунку, контакти контакторів магнітного контролера не будуть перегріватися і приварюватися.

Припустимий час протікання струму через контакти магнітного контролера в найбільш важкому режимі стоянки під струмом на 2-й швидкості (с):

$$t_{\text{доп}} = 3600 (I_{н.60} / I_{ст2})^3 \quad (3.20)$$

$$3600 (100 / 240)^3 = 260 \text{ с}$$

де: $I_{н.60} = 100 \text{ А}$ – номінальний струм контактора в режимі роботи до 60 хв.;

$I_{ст2} = 240 \text{ А}$ – струм стоянки електродвигуна на 2-й швидкості, дорівнює пусковому струму обмотки 2-й швидкості.

Оскільки припустимий час стоянки під струмом після 30 хв. роботи $t_{ст} = 21,4 \text{ с}$ менше припустимого часу протікання струму через контакти магнітного контролера $t_{\text{доп}} = 878 \text{ с}$, тобто $t_{ст} = 21,4 < t_{\text{доп}} = 878 \text{ с}$, умова термічної стійкості виконується.

Таким чином, обраний магнітний контролер має необхідну комутаційну здатність і термічну стійкість.

3.4. Основи роботи схеми керування електроприводом якірно-швартовного пристрою

Для керування електроприводом у схемі використаний програмний апарат ручної дії - командоконтроллер. Його рукоятка має по трьох робітників положення в напрямках "Вибирати" та "Травити" і одне неробоче (середнє) "Стоп".

Виконавчий двигун - асинхронний з короткозамкненим ротором і трьома обмотками на статорі з різним числом пар полюсів.

Перша та друга швидкості призначені для роботи як з якірним, так і зі швартовними канатами. Третя швидкість для роботи - тільки зі швартовним канатом, тому що номінальний обертаючий момент обмотки 3-й швидкості $M_{3н} = 200$ Нм майже в 2 рази менше номінального обертаючого моменту обмотки 2-й швидкості $M_{2н} = 353$ Нм.

Спосіб регулювання швидкості - зміною числа пар полюсів.

У схемі керування використані електромагнітні контактори та реле, а також теплові реле.

4. РОЗРАХУНКИ ХАРАКТЕРИСТИК ЕЛЕКТРОПРИВОДА ТА ЕЛЕКТРОДВИГУНА

4.1. Навантажувальна діаграма якірно-швартовного пристрою

Для побудови навантажувальної діаграми використовують раніше отримані дані:

- Маса якоря – 900 кг;
- Маса 1м якірного ланцюга – 100 кг;
- Глибина якоря – 80 м;
- Довжина якірного ланцюга – 150 м;
- Максимальний момент – 67 кН·м;
- Час I стадії – 6 хв.;
- Час II стадії – 9 хв.;
- Час III стадії – 3 хв.;
- Час IV стадії - 7 хв.;
- Передатне число – 182;

За результатами розрахунку побудована навантажувальна діаграма, яка приведена на рис.4.1.

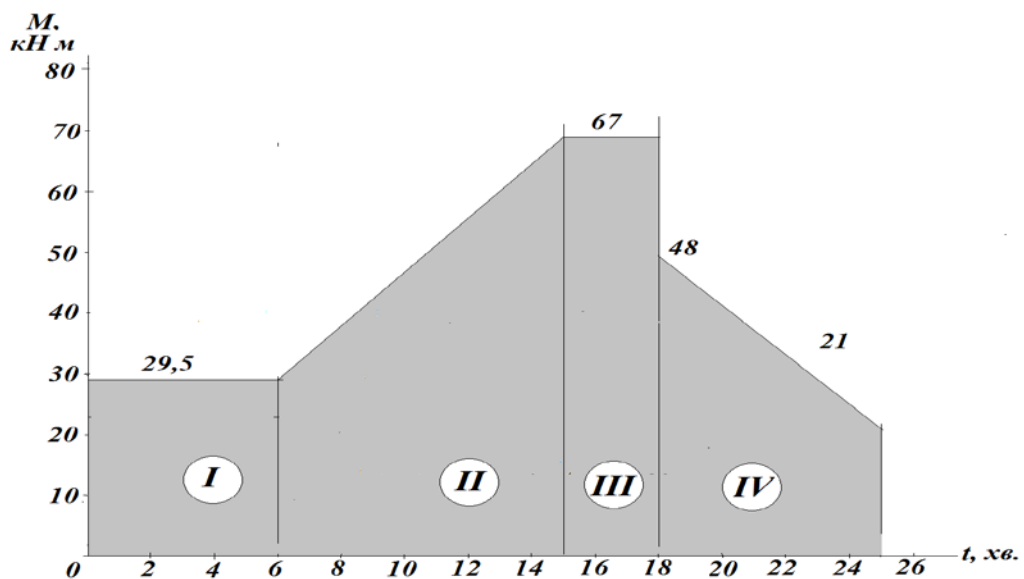


Рис.4.1. Навантажувальна діаграма електроприводу брашпилю при підйомі одного якоря з ґрунту.

4.2. Розрахунок та побудова механічних характеристик 3-х швидкісного двигуна МАП621-4/8/16

Приклад розрахунку проведемо для одного виду – при величині $2p=4$. Дані двигуна приведено в табл.3.1. Визначимо кутову швидкість двигуна по формулі:

$$\omega_{\text{дв}} = \frac{\pi \cdot n_H}{30}; \quad (4.1)$$

$$\omega_{\text{дв}} = \frac{3,14 \cdot 1435}{30} = 150,2 \text{ рад/с};$$

Швидкість всіх електродвигунів, є функцією електромагнітного моменту та, отже, моменту навантаження на валу, що у сталому режимі роботи привода, урівноважують один одного. Тому задана швидкість робочого органу електрифікованого механізму використовується лише на перших етапах проектування, для попереднього вибору двигуна.

Таким чином, слідом за вибором двигуна необхідно розрахувати та побудувати природну механічну характеристику цього двигуна, тобто зняту при нормальних умовах роботи двигуна.

В асинхронних машинах швидкість ω однозначно зв'язана з ковзанням S :

$$\omega = \frac{2\pi f}{p}(1-S) = \omega_c(1-S) \quad (4.2)$$

де ω_c - синхронна кутова швидкість поля статора;

f – частота струму живильної мережі;

p – число пар полюсів двигуна.

Тому механічну характеристику асинхронних двигунів часто виражають у вигляді залежності між моментом і ковзанням, тобто $M=f(S)$, що є більш зручною при виконанні багатьох розрахунків.

Природну механічну характеристику будують по формулі Клосса:

$$M = \frac{2M_{кр} (1 + aS_{кр})}{\frac{S}{S_{кр}} + \frac{S_{кр}}{S} + 2aS_{кр}}, \quad (4.3)$$

де M та S – поточні значення моменту та ковзання;

$S_{кр}$ – критичне ковзання, що відповідає значенню критичного моменту $M_{кр}$;

$a = \frac{r_1}{r_2}$ – коефіцієнт, що виражає відношення активного опору фази –

статора r_1 до наведеного значення активного опору фази ротора r_2 .

У багатьох інженерних розрахунках, до результатів яких не пред'являють підвищених вимог відносно точності зневажають значенням активного опору обмотки статора ($r_1 \approx 0$), і одержують спрощену формулу Клосса:

$$M = \frac{2M_{кр}}{\frac{S}{S_{кр}} + \frac{S_{кр}}{S}}, \quad (4.4)$$

Критичне ковзання знаходимо по формулі:

$$S_{кр} = S_H \cdot (k_m + \sqrt{k_m^2 - 1}), \quad (4.5)$$

де S_H – номінальне ковзання двигуна, визначають по формулі:

$$S_H = \frac{\omega_c - \omega_n}{\omega_c} = \frac{n_1 - n_2}{n_1}, \quad (4.6)$$

де ω_c визначається з формули (4.2);

n_1 – швидкість обертання магнітного поля статора;

n_2 – номінальна швидкість обертання ротора;

k_m - перевантажувальна здатність двигуна, визначається по формулі:

$$k_m = \lambda = \frac{M_{kp}}{M_H}, \quad (4.7)$$

де M_H - номінальний момент двигуна,:

$$M_H = \frac{P_H}{2p \cdot \omega_H} \cdot 10^3 = \frac{P_H \cdot 60}{2\pi \cdot n_2}, \quad (4.8)$$

Використовуючи формули (4.3)-(4.8), визначимо необхідні для побудови механічної характеристики параметри:

- номінальний момент двигуна:

$$M_H = \frac{25,0}{2 \cdot 151,24} \cdot 10^3 = 41,6 \text{ кН} \cdot \text{м};$$

- перевантажувальна здатність двигуна:

$$k_m = \frac{60}{41,6} = 1,44;$$

- синхронна кутова швидкість поля статора, по формулі (4.2):

$$\omega_c = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 50}{2} = 157 \text{ рад/с};$$

- номінальне ковзання двигуна:

$$S_H = \frac{157 - 150,2}{157} = 0,0433;$$

- критичне ковзання двигуна:

$$S_{кр} = \frac{0,0433(1,44 + \sqrt{1,44^2 + 2 \cdot 0,0433(1,44 - 1) - 1})}{1 - 2 \cdot 0,0433(1,44 - 1)} = 0,112.$$

Формула Клосса дозволяє з достатньою точністю побудувати механічну характеристику асинхронного двигуна в межах ковзання від 0 до $S_{кр}$ (робітнича ділянка характеристики), а при ковзаннях $S_{кр} < S < 1$ формула дає неприпустимі похибки.

Для розрахунку та побудови пускової ділянки механічної характеристики асинхронного двигуна використаємо формулу (4.9) [6]:

$$M = \sqrt{M_n^2 + \frac{0,93M_{кр}^2 - M_n^2}{(1 - 1,3S_{кр})^2}(1 - S)^2} \quad (4.9)$$

де M_n - пусковий момент двигуна.

У таблиці 4.1 наведені результати розрахунку від 0 до $S_{кр}$, а в таблиці 4.2 – результати розрахунку від $S_{кр}$ до 1. Розрахунок кутової швидкості двигуна виконується по формулі (4.2).

Таблиця 4.1. Дані механічної характеристики асинхронного двигуна в межах від 0 до $S_{кр}$

S	0,02	0,04	0,06	0,08	0,1	0,112
ω , рад/с	147,2	144,2	141,2	138,2	135,2	133,4
M, кН·м	21,8	38,2	49,9	57,4	59,2	60,0

Таблиця 4.2. Дані механічної характеристики асинхронного двигуна в межах $S_{кр} < S < 1$ для першої швидкості

S	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
ω , рад/с			94,2	78,5	62,8	47,1	31,4	15,7
M, Н·м	51	36,2	25,6	20,5	15,7	13,2	13,2	13,9

Побудована за результатами розрахунку механічна характеристика двигуна для усіх 3 швидкостей представлена на рис.4.2.

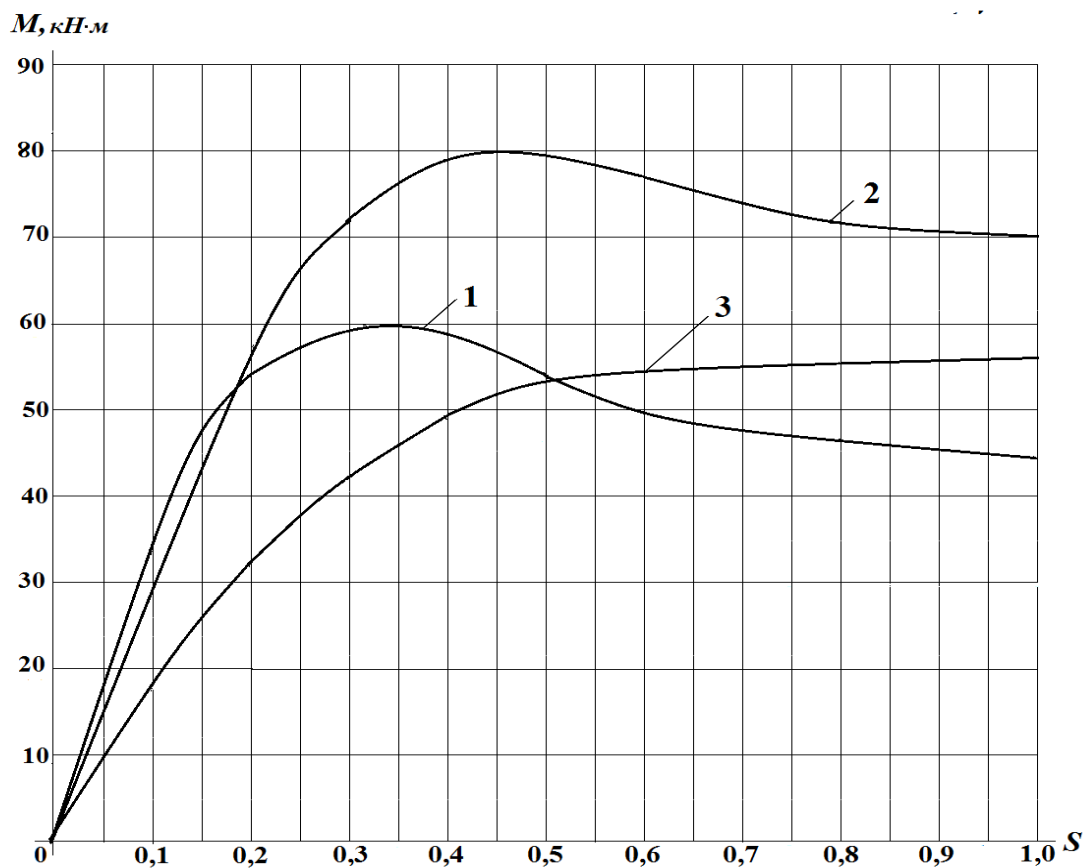


Рис 4.2. Механічна характеристика асинхронного двигуна МАП621-4/8/16.

1 – для P=25 кВт; $n=1435$ об/хв.; $M_{\max}=60$ кНм; $2p=4$;

2 – для P=25 кВт; $n=675$ об/хв.; $M_{\max}=80$ кНм; $2p=8$;

3 – для P= 8 кВт; $n=320$ об/хв.; $M_{\max}=55$ кНм; $2p=16$

Приведена механічна характеристика для усіх 3 швидкостей представлена на рис.4.3.

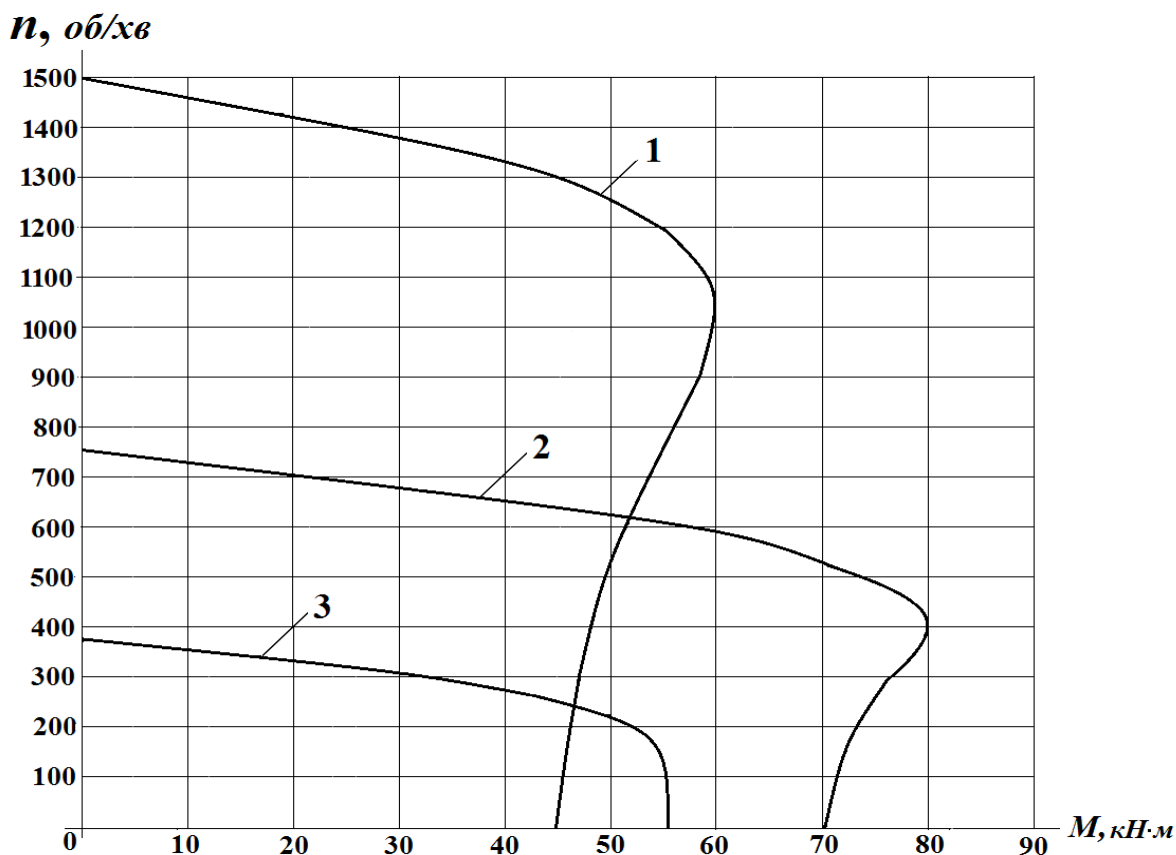


Рис. 4.3. Механічна характеристика асинхронного двигуна МАП621-4/8/16, приведена до моментів.

- 1 – для $P=25$ кВт; $n=1435$ об/хв.; $M_{max}=60$ кНм; $2p=4$;
- 2 – для $P=25$ кВт; $n=675$ об/хв.; $M_{max}=80$ кНм; $2p=8$;
- 3 – для $P=8$ кВт; $n=320$ об/хв.; $M_{max}=55$ кНм; $2p=16$

4.3. Пропозиції по заміні електродвигуна в електроприводі

При перевантаженні електродвигуна потрібно підвищити його момент, для чого можна змінити частоту електромагнітного поля або змінити (підвищувати) напругу на статорі асинхронного двигуна. В сучасних електроприводах це треба виконувати автоматично.

Характерною тенденцією автоматизованого ЕП є все більше широке застосування асинхронних двигунів (АД). Ці двигуни технічно більш прості і надійні в експлуатації, можуть довго працювати при високих швидкостях та температурах, для їх виготовлення треба менше кольорових металів, вони мають менші розміри і вартість. Розширюються можливості і систем керування асинхронних ЕП за рахунок створення керуючих перетворювачів напруги і частоти, а для електроприводів з високими параметрами також за рахунок використання мікропроцесорних пристроїв з високою швидкодією.

Асинхронні двигуни з короткозамкненим ротором – найбільш надійні та довговічні, а одношвидкісні асинхронні двигуни більш надійні та довговічні ніж багато швидкісні асинхронні двигуни. Крім того, одношвидкісні двигуни мають менші масо-габаритні показники, що є необхідним фактором для будь-якого судна.

Недоліком одношвидкісних двигунів є малий діапазон регулювання частоти обертання та моменту на валу. Однак й багато швидкісні двигуни не дозволяють плавно регулювати частоту обертання ротора, вона змінюється зворотно – пропорційно кількості підключених к електромережі полюсів ротора. Крім того при перемиканні кількості полюсів змінюється потужність або момент на валу двигуна.

Сучасні перетворювачі частоти дозволяють плавно регулювати частоту обертання ротора одношвидкісних двигунів. Тому при модернізації електропривода якірно-швартовного пристрою запропоновано замінити 3-х швидкісний асинхронний двигун МАП621-4/8/16 на більш дешевий та довговічний одношвидкісний асинхронний двигун з короткозамкненим ротором марки МАП521-4 з керуванням швидкостями від перетворювача частоти. Параметри електродвигуна приведено в таблиці 4.3.

Для живлення двигуна обирають перетворювачі, що забезпечують частотне регулювання електродвигуна. Потужність перетворювача частоти вибирають на 10-20% вище потужності двигуна.

Таблиця 4.3. Параметри одношвидкісного двигуна марки МАП521-4

Параметри	Значення
Число полюсів	4
Потужність, кВт	25,0
Частота обертання, об/хв.	1440
Номінальний струм, А (при 380В)	63
Пусковий струм, А (при 380В)	220
Максимальний момент, $H \cdot m$	90
Пусковий момент, $H \cdot m$	55
Коефіцієнт потужності, $\cos \varphi$	0,74
Маховий момент, $kg \cdot m^2$	0,58
Напруга, В	380
Маса двигуна, кг	435

При використанні сучасних перетворювачів частоти (ПЧ) можливі наступні основні режими роботи електропривода:

- при постійному моменті, тобто при $M = \text{const}$;
- при постійній потужності, тобто при $P_2 = \text{const}$.

Швидкість всіх електродвигунів, є функцією електромагнітного моменту та, отже, моменту навантаження на валу, що у сталому режимі роботи привода, урівноважують один одного. Тому задана швидкість робочого органу електрифікованого механізму використовується лише на перших етапах проектування, для попереднього вибору двигуна.

Надалі для кожного режиму швидкість електропривода повинна бути взята з механічної характеристики обраного двигуна. Механічною характеристикою двигуна називають залежність швидкості двигуна від створюваного їм моменту: $\omega = f(M)$.

Дані розрахунку механічних характеристик двигуна МАП521-4, проведеного згідно формул (4.2)-(4.9) приведені в таблиці 4.4 та показані на рисунку 4.4.

Таблиця 4.4. Дані по розрахунку механічної характеристики дигуна

S	0,02	0,05	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,8	1,0
$1-S$	0,98	0,95	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4	0,2	0
$S_{кр}/S$	21,5	8,6	4,3	2,15	1,43	1,08	0,86	0,72	0,54	0,43
$S/S_{кр}$	0,047	0,12	0,23	0,465	0,7	0,93	1,16	1,40	1,86	2,33
$M, \text{кН}\cdot\text{м}$	8,3	20,6	39,7	68,8	84,5	89,5	89	84	66	55
$n (2p=4), \text{об/хв.}$	1470	1425	1350	1200	1050	900	750	600	300	0
$n (2p=8) \text{об/хв.}$	735	712,5	675	600	525	450	375	300	150	0
$n (2p=16) \text{об/хв.}$	367,5	356,3	337,5	300	262,5	225	187,5	150	75	0

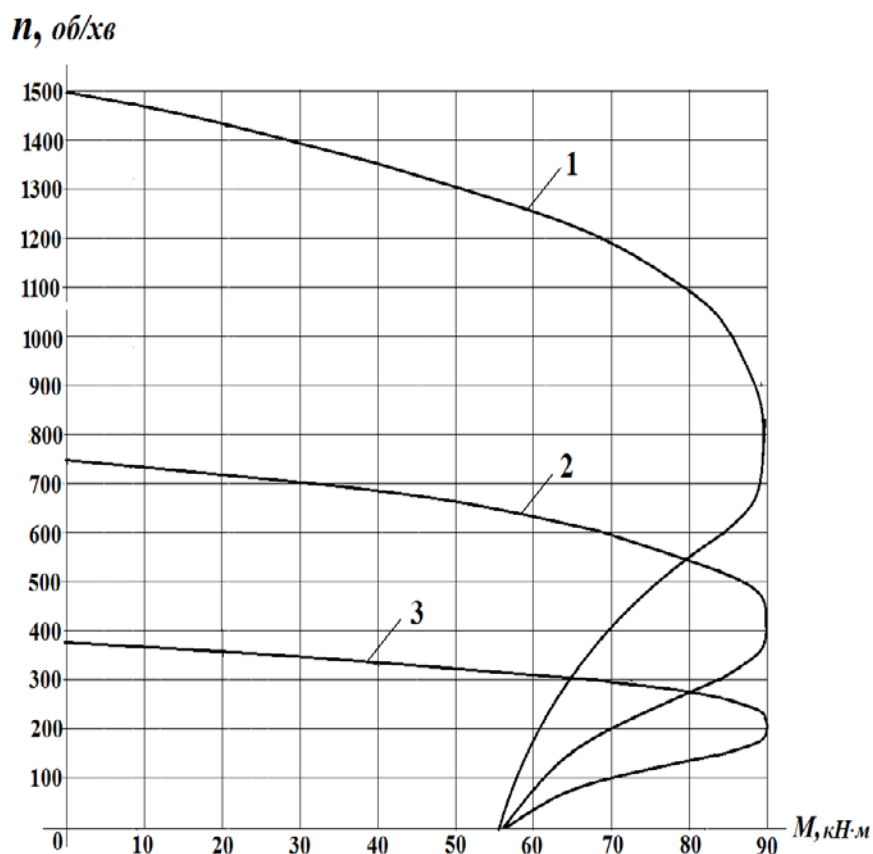


Рис.4.4. Механічні характеристики приведені до моменту для асинхронного двигуна МАП521-4 при керуванні від перетворювача частоти:

1 – для частоти 50 Гц; 2- для частоти 25 Гц; 3- для частоти 12,5 Гц.

4.4. Перетворювачі частоти та їх робота

Частотний перетворювач служить для плавного регулювання швидкості асинхронного електродвигуна або синхронного двигуна за рахунок створення на виході перетворювача електричної напруги заданої частоти. У найпростіших випадках регулювання частоти та напруги відбувається відповідно до заданої характеристики V/f , у найбільш звисних перетворювачах реалізоване так зване векторне керування. Частотний перетворювач — це пристрій, що складається з випрямляча (моста постійного струму), що перетворить змінний струм промислової частоти в постійний, і інвертора (перетворювача), що перетворить (іноді із ШІМ) постійний струм, у змінний необхідних частоти та амплітуди. Вихідні тиристори (GTO) або транзистори (IGBT) забезпечують необхідний струм для живлення електродвигуна.

Для поліпшення форми вихідної напруги між перетворювачем і двигуном іноді ставлять дросель, а для зменшення електромагнітних перешкод — ЕМС-Фільтр.

Перетворювач частоти складається з електричного привода і керуючої частини. Електричний привод частотного перетворювача складається зі схем, до складу яких входить тиристор і або транзистори, які працюють у режимі електронних ключів. В основі керуючої частини перебуває мікропроцесор, який забезпечує керування силовими електронними ключами, а також розв'язок великої кількості допоміжних завдань (контроль, діагностика, захист).

Поеднання надійного та економічного перетворювача частоти на напівпровідникових приладах з асинхронним короткозамкненим двигуном відкриває великі перспективи для електроприводів судових вантажопідійомних механізмів.

Структурну схему силової частини статичного перетворювача частоти приведено на рисунку 4.5.

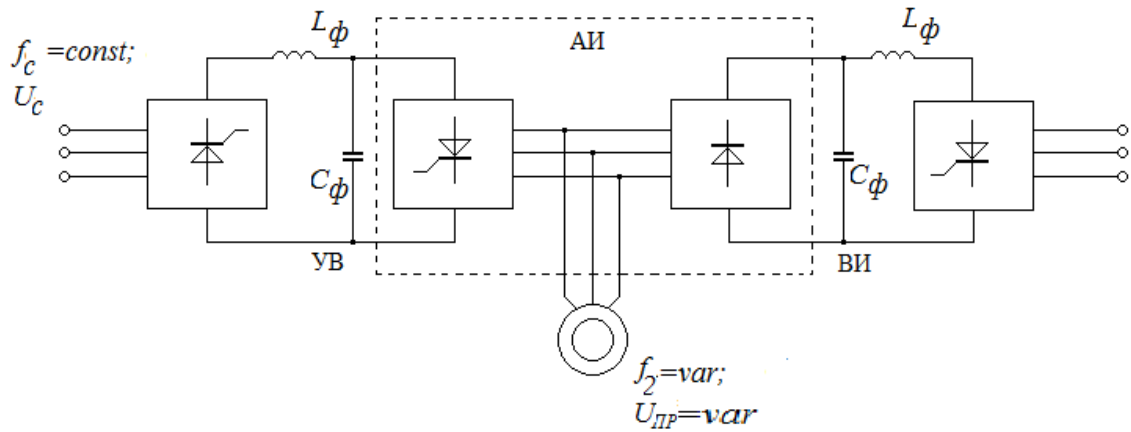


Рис. 4.5. Структурна схема силової частини статичного перетворювача частоти

- УВ – керуємий вентиль;
- АИ – автономний інвертор;
- ВИ – відомий інвертор;
- L_{ϕ} – індуктивність фільтру;
- C_{ϕ} – ємність фільтру.

На відміну від системи з багато швидкісним електродвигуном частотно – регулюємий електропривод дозволяє на 20-25% збільшити продуктивність вантажного механізму за рахунок вибору оптимального діапазону регулювання швидкості та підвищення швидкості переміщення порожнього крюка. При цьому зменшуються втрати при статичних та перехідних режимах, маса двигуна зменшується в 1,5 разу, а момент зменшується в 2 рази. Струм при перехідних режимах складає 2-2,5 номінального струму, а зменшення махового моменту скорочує втрати енергії на розганяння махових мас. Тому для плавного регулювання швидкості з забезпеченням режиму генераторного гальмування в діапазоні робочих швидкостей вибрано систему частотного регулювання з проміжною ланкою постійного струму та зворотним інвертором.

Типова схема призначення виводів перетворювача частоти приведена на рисунку 4.6.

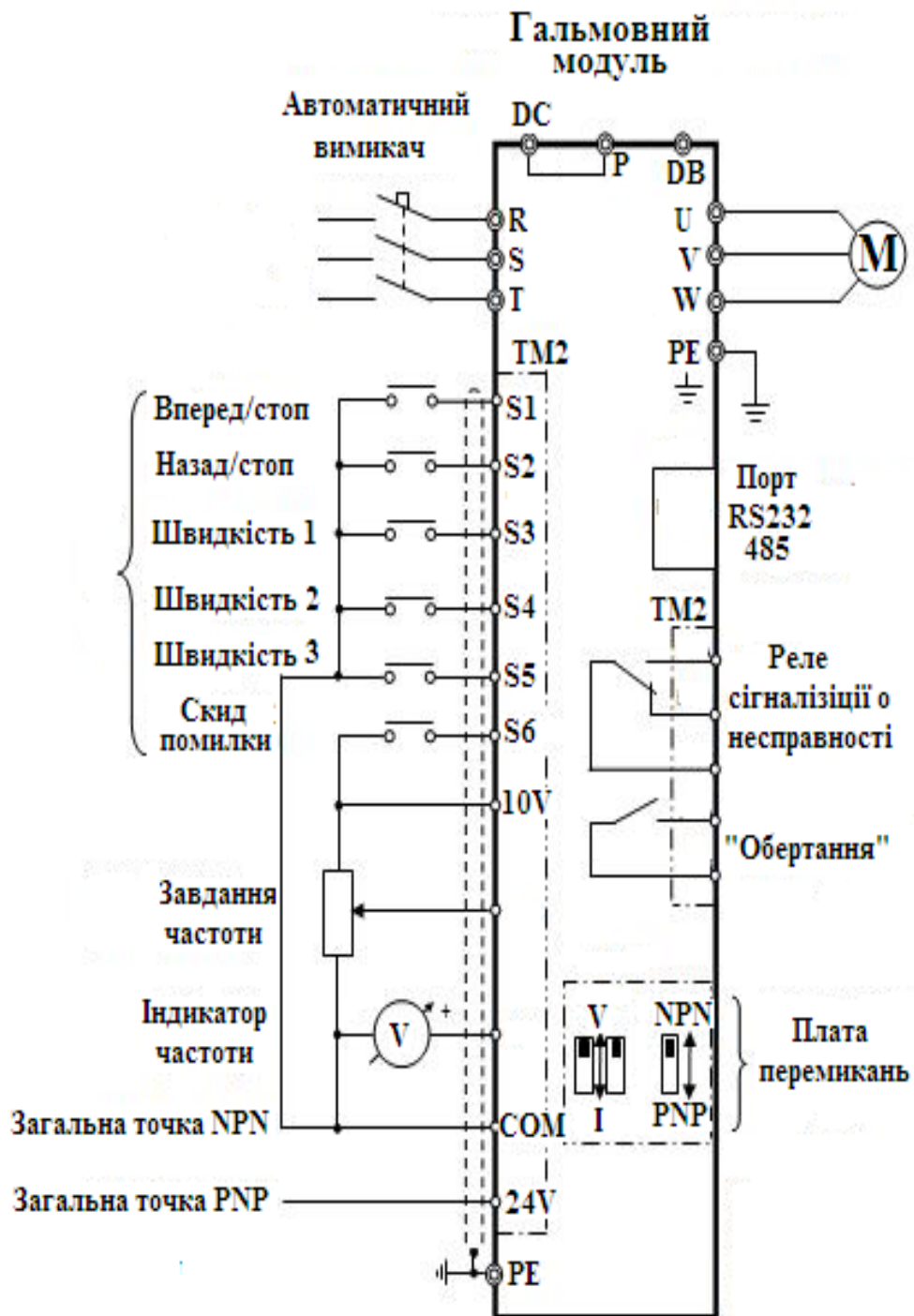


Рис. 4.6. Призначення виводів перетворювача частоти

4.5. Математична модель електропривода

У найбільш зв'язних перетворювачах частоти реалізоване так зване векторне керування. Момент асинхронного двигуна появляється за рахунок впливу векторів потокозчеплення ротора ψ_2 , потокозчеплення статора ψ_1 , потокозчеплення між ротором та статором ψ_m , фазових зсувів між струмами ротора I_2 та статора I_1 .

Динамічні властивості коротко замкнутого асинхронного двигуна при керуванні по вектору потокозчеплення ротора в системі координат X та Y при орієнтації вектора потокозчеплення по осі X визначають по формулам:

$$U_{1X} = \frac{d\psi_{1X}}{dt} + I_{1X} \cdot R_1 - \omega_{0el} \cdot \psi_{1Y}; \quad (4.10)$$

$$U_{1Y} = \frac{d\psi_{1Y}}{dt} + I_{1Y} \cdot R_1 - \omega_{0el} \cdot \psi_{1X}; \quad (4.11)$$

для електричного кола статора та електричного кола ротора асинхронного двигуна:

$$0 = \frac{d\psi_{2X}}{dt} + I'_{1X} \cdot R'_1; \quad (4.12)$$

$$0 = I'_{2Y} \cdot R' + s_a \omega_{0el} \cdot \psi_{2X}; \quad (4.13)$$

де U_{1X} та U_{1Y} проекції векторів напруги живлення статора відповідно.

Для кола статора асинхронного двигуна визначаємо:

$$U_{1X} = k_2 \frac{d\psi_{2X}}{dt} + \sigma \cdot L_1 \cdot \frac{dI_{1X}}{dt} + I_{1X} \cdot R_1 - \sigma \cdot L_1 \cdot I_{1Y} \cdot \omega_{0el}; \quad (4.14)$$

$$U_{1Y} = \sigma \cdot L_1 \cdot \frac{dI_{1Y}}{dt} + I_{1X} \cdot R_1 + (\sigma \cdot L_1 \cdot I_{1X} + k_2 \cdot \psi_{2X}) \cdot \omega_{0el}; \quad (4.15)$$

де k_2 - коефіцієнт електромагнітного зв'язку ротора;

σ - коефіцієнт розсіяння магнітного поля двигуна.

Коефіцієнт електромагнітного зв'язку ротора визначається за вираженням:

$$k_2 = \frac{L_{12}}{L_2'}; \quad (4.16)$$

Коефіцієнт розсіяння магнітного поля двигуна визначається за вираженням:

$$\sigma = \frac{(L_{12})^2}{L_1 \cdot L_2'}; \quad (4.17)$$

Е.Р.С., що наводяться в статорі по осям Х та У визначаються за формулами:

$$E_{1X} = k_2 \frac{R_2'}{L_2'} \cdot \psi_{2X} + \sigma \cdot L_1 \cdot I_{1Y} \cdot \omega_{0el}; \quad (4.18)$$

$$E_{1Y} = k_2 \cdot \psi_{2X} \cdot \omega p_{II} + \sigma \cdot L_1 \cdot I_{1X} \cdot \omega_{0el}; \quad (4.19)$$

При використанні значень Е,Р.С. та операторної форми розрахунків формули (4.14) и (4.15) приймають вид:

$$U_{1X}(p) + E_{1X}(p) = R_{1e} \cdot (1 + T_{1e} \cdot p) \cdot I_{1X}(p); \quad (4.20)$$

$$U_{1Y}(p) - E_{1Y}(p) = R_{1e} \cdot (1 + T_{1e} \cdot p) \cdot I_{1Y}(p); \quad (4.21)$$

де R_{1e} - еквівалентний активний опір кола статора:

$$R_{1e} = R_1 + k_2^2 \cdot R_2; \quad (4.22)$$

T_{1e} – постійна часу електромагнітного кола статора:

$$T_{1e} = \sigma \cdot \frac{L_1}{R_{1e}}; \quad (4.22)$$

При компенсації складових E_{1X} та E_{1Y} за рахунок блока компенсації рівняння (4.20) та (4.21) будуть мати вигляд:

$$U_{1X}(p) = R_{1e} \cdot (1 + T_{1e} \cdot p) \cdot I_{1X}(p); \quad (4.23)$$

$$U_{1Y}(p) = R_{1e} \cdot (1 + T_{1e} \cdot p) \cdot I_{1Y}(p); \quad (4.24)$$

Передаточна функція перетворювача частоти при використанні блоку координатних перетворень буде мати вигляд:

$$W_{\Pi\chi}(p) = \frac{U_{1X}(p)}{U_{1X3}(p)} = \frac{U_{1Y}(p)}{U_{1Y3}(p)} = \frac{k_{\Pi}}{T_{\Pi}}; \quad (4.25)$$

- Де - k_{Π} - коефіцієнт передачі між напругами по завданню режимів роботи електропривода (U_{1X3} і U_{1Y3}) та вихідними напругами перетворювача (U_{1X} і U_{1Y});
- T_{Π} – постійна часу ланки керування перетворювачем.

З врахуванням (4.25) визначаємо передаточні функції між напругами (U_{1X} і U_{1Y}) та струмами (I_{1X} і I_{1Y}) статора:

$$W_{\Pi X}(p) = \frac{I_{1X}(p)}{U_{1X3}(p)} = \frac{k_{\Pi}}{(T_{\Pi}p + 1)} \cdot \frac{1}{(T_{1e}p + 1)}; \quad (4.26)$$

$$W_{\Pi Y}(p) = \frac{I_{1Y}(p)}{U_{1Y3}(p)} = \frac{k_{\Pi}}{(T_{\Pi}p + 1)} \cdot \frac{1}{(T_{1e}p + 1)}; \quad (4.27)$$

Таким вираженням відповідає структурна схема електропривода, яку приведено на рисунку 4.7.

Ця схема має два внутрішніх контури для регулювання складових струму статора по осям, зовнішній контур регулювання потокозчеплення ротора та зовнішній контур регулювання швидкості асинхронного двигуна. . Внутрішні контури на схемі практично однакові. Крім того, в схемі використано:

- коефіцієнт зворотного зв'язку за струмом – k_{3C} ;
- коефіцієнт зворотного зв'язку по потокозчепленню - $k_{3\Pi}$;
- коефіцієнт зворотного зв'язку за швидкістю – $k_{3\omega}$;

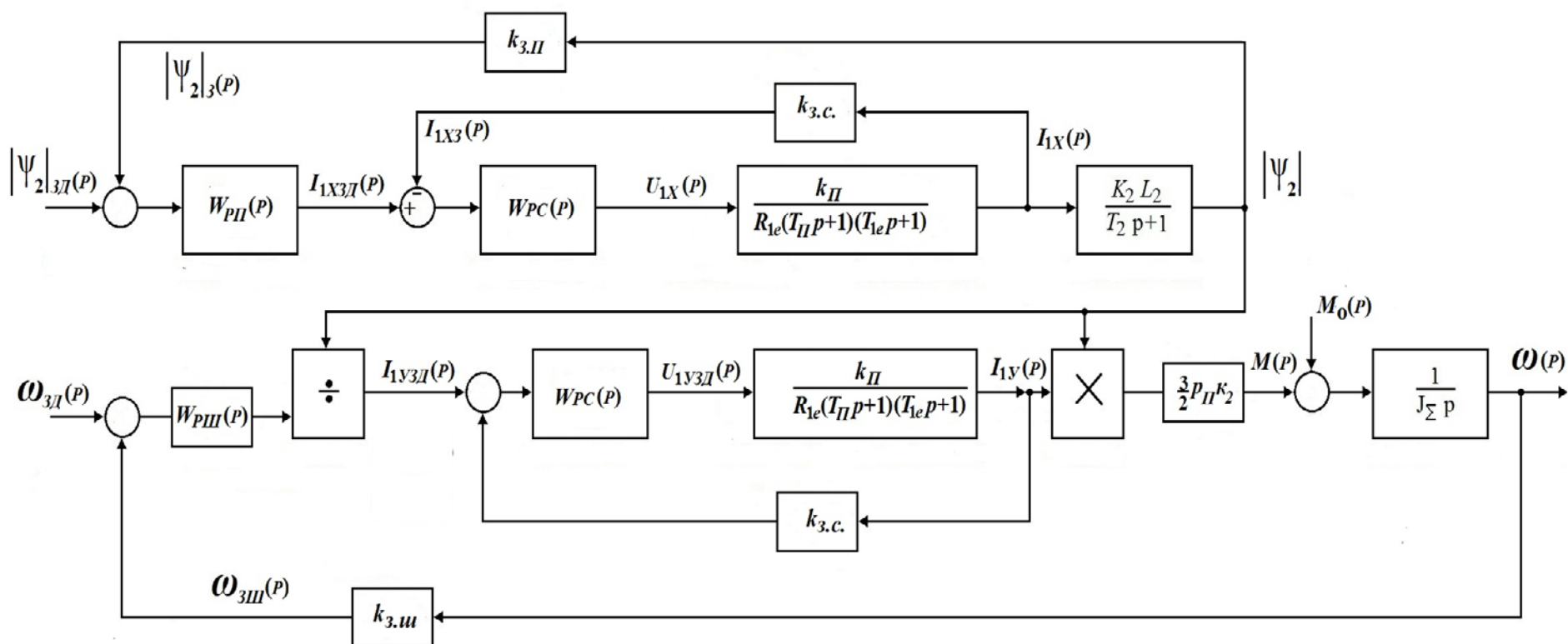


Рис.4.7. Структурна схема системи ПЧ- асинхронний двигун при керуванні по потокозчепленню ротора при орієнтації по координатам X та Y

В даній структурній схемі при настройці параметрів контурів регулювання на модульний оптимум параметри передаточних функцій виконуються аналогічно для:

- регуляторів струму:

$$W_{PC}(p) = k_{PC} + \frac{1}{T_{iI} p}; \quad (4.28)$$

- регуляторів потокозчеплення :

$$W_{PI}(p) = k_{PI} + \frac{1}{T_{iII} p}; \quad (4.29)$$

- регуляторів швидкості:

$$W_{PII}(p) = k_{PII}; \quad (4.30)$$

де - k_{PII} – коефіцієнт передачі ІІ - регулятора швидкості

Коефіцієнт K_{PC} визначається за формулою:

$$K_{PC} = \frac{T_{1e}}{T_{iI}}; \quad (4.31)$$

Коефіцієнт K_{PI} визначається за формулою:

$$K_{PI} = \frac{T_2}{T_{iII}}; \quad (4.32)$$

Коефіцієнт K_{PII} визначається за формулою:

$$K_{PII} = \frac{J \cdot k_{3C2} \cdot k_{3II}}{3p_{II} \cdot k_r \cdot k_{3III} \cdot a_\omega \cdot a_1 \cdot T_{II}}; \quad (4.33)$$

Запропоновано, що для регулювання струму та для регулювання потокозчеплення ротора використовувати ІІ – регулятори, а для регулювання швидкості треба використати ІІ – регулятор.

Для цих ІІ – регуляторів визначаємо постійні часу інтегрування:

- для ПІ - регулятора струму:

$$T_{II} = \frac{k_{3C} \cdot k_{II}}{R_{1e}} \cdot a_I \cdot T_{II}; \quad (4.34)$$

- для ПІ - регулятора потокозчеплення ротора:

$$T_{II} = \frac{k_{3C} \cdot L_{12}}{k_{3II}} \cdot a_{II} \cdot a_I \cdot T_{II}; \quad (4.35)$$

В формулах (4.33-4.35) значення величин a_1 , a_{II} , a_{ω} – прийнято в діапазоні від 2 до 4.

Структурна схема автоматизованого електропривода з векторною системою керування складається з двох основних каналів. - каналу регулювання швидкості обертання та каналу регулювання потокозчеплення. В каналі регулювання потокозчеплення для функції контуру струму маємо:

$$W(p) = \frac{\left(\frac{1}{R_{1e}} \right)}{T_{1e} \cdot p + 1}; \quad (4.36)$$

а для функції контуру потокозчеплення:

$$W(p) = \frac{k_r \cdot L_r}{T_2 \cdot p + 1}; \quad (4.37)$$

В каналі регулювання швидкості для функції контуру струму маємо:

$$W(p) = \frac{\left(\frac{1}{R_{1e}} \right)}{T_{1e} \cdot p + 1}; \quad (4.38)$$

а для контуру швидкості:

- коефіцієнт конструкції двигуна:

$$W(p) = \frac{3}{2} \cdot p_{\Pi} \cdot k_r; \quad (4.39)$$

- інтегральна ланка:

$$W(p) = \frac{1}{J \cdot p}; \quad (4.40)$$

4.6. Розрахунок коефіцієнтів структурної схеми та перехідного процесу по швидкості

В електроприводі механізму підйому якоря запропоновано використати асинхронний двигун з короткозамкненим ротором марки МАП521-4, параметри якого наведено в таблиці 4.

Таблиця 4.3. Параметри одношвидкісного двигуна марки МАП521-4

Параметри	Значення
Число полюсів, $2p$	4
Потужність, S	25,0 кВт
Частота обертання, n	1440 об/хв.
Номінальна частота обертання,	96 рад/с
Номінальний струм, I_n (при 380В)	63А
Коефіцієнт потужності, $\cos \varphi$	0,74
Активний опір статора, R_s	0,16 Ом
Реактивний опір статора, X_s	0,06 Ом
Активний опір ротора, R_r	0,12 Ом
Реактивний опір ротора, X_r	0,09 Ом
Опір взаємоіндукції, X_m	15,1 Ом
Повна індуктивність статора, L_s	0,013 Гн
Повна індуктивність ротора, L_r	0,015 Гн
Ковзання, s	4%
Взаємна індуктивність статора та ротора, L_m	0,014 Гн
Коефіцієнт магнітного зв'язку статора, k_s	0,981
Коефіцієнт магнітного зв'язку ротора, k_r	0,9672
Коефіцієнт розсіювання машини, σ	0,0442
Приведений до валу ротора момент інерції, J	$2,5 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$

Розрахунок коефіцієнтів проводиться для типової постійної часу перетворювача напруги $T_H=0,001\text{с}$.

Базові значення параметрів електропривода:

$$U_{\phi} = \sqrt{2} \cdot U_{\phi.\text{ном}} = \sqrt{2} \cdot 380 = 537\text{В}; \quad (4.41)$$

$$I_{\phi} = \sqrt{2} \cdot I_{\text{ном}} = \sqrt{2} \cdot 63 = 89\text{А}; \quad (4.42)$$

Проекції струмів:

$$\begin{aligned} I_{1\alpha} &= I_{\phi} \cdot \sqrt{\left(\frac{R_s \cdot \sin \phi + X_s \cdot \cos \phi}{X_m} \right)^2 + \left(\frac{X_s \cdot \sin \phi + R_s \cdot \cos \phi - \frac{U_{\phi}}{I_{\phi}}}{X_m} \right)^2} = \\ &= 89 \cdot \sqrt{\left(\frac{0,16 \cdot 0,67 + 0,06 \cdot 0,74}{15,1} \right)^2 + \left(\frac{0,06 \cdot 0,67 + 0,16 \cdot 0,74 - \frac{537}{89}}{15,1} \right)^2} = 47\text{А} \\ I_{1\beta} &= I_{\phi} \cdot \sqrt{\left(\cos \phi - \frac{R_s \cdot \sin \phi + X_s \cdot \cos \phi}{X_m} \right)^2 + \left(-\sin \phi - \frac{X_s \cdot \sin \phi + R_s \cdot \cos \phi - \frac{U_{\phi}}{I_{\phi}}}{X_m} \right)^2} = \\ &= 89 \cdot \sqrt{\left(0,74 - \frac{-0,16 \cdot 0,67 + 0,06 \cdot 0,74}{15,1} \right)^2 + \left(-0,67 - \frac{0,06 \cdot 0,67 + 0,16 \cdot 0,74 - \frac{537}{89}}{15,1} \right)^2} = 76\text{А} \end{aligned}$$

Струм в каналі керування потокозчепленням:

$$I_{1x} = I_{1\alpha} = 47\text{А}; \quad (4.43)$$

Струм в каналі керування швидкості:

$$I_{1y} = k_{kp} \cdot I_{1\beta} = 2,2 \cdot 76 = 167,2 A; \quad (4.44)$$

Номінальна кутова частота:

$$\omega = 2\pi \cdot f_{1,ном.} = 2 \cdot 3,14 \cdot 50 = 314 \text{ рад} / \text{с};$$

Активний опір одної фази:

$$R_{1e} = R_s + k_r^2 \cdot R_r = 0,16 + (0,96)^2 \cdot 0,11 = 0,263 \text{ Ом}; \quad (4.45)$$

Потокозчеплення ротора

$$\psi_{2\delta} = \psi_2 = L_m \cdot I_{1\alpha} = 0,015 \cdot 47 = 0,705 \text{ Вб}; \quad (4.46)$$

Коефіцієнт зворотного зв'язку по потоку:

$$k_{3\pi} = \frac{U_3}{\psi_2} = \frac{10}{0,705} = 14,1 \text{ В} / \text{Вб};$$

де – U_3 - напруга, що задається на вході.

Коефіцієнт зворотного зв'язку по струму в контурі керування потокозчепленням:

$$k_{3C1} = \frac{U_3}{I_{1x}} = \frac{10}{47} = 0,21 \text{ В} / \text{А};$$

Коефіцієнт зворотного зв'язку по струму в контурі керування швидкістю:

$$k_{3C2} = \frac{U_3}{I_{1y}} = \frac{10}{76} = 0,13B / A ;$$

Коефіцієнт зворотного зв'язку по швидкості:

$$k_{3u} = \frac{U_3}{\omega} = \frac{10}{314} = 0,032B \cdot c ;$$

Коефіцієнт перетворювача напруги:

$$k_{II} = \frac{U_{\delta}}{U_3} = \frac{537}{10} = 53,7$$

Постійна часу статорного кола:

$$T_{1e} = \sigma \cdot \frac{L_s}{R_{1e}} = 0,441 \cdot \frac{0,13}{0,263} \approx 0,002c ; \quad (4.47)$$

Постійна часу роторного кола:

$$T_2 = \frac{L_r}{R_r} = \frac{0,015}{0,12} \approx 0,125c ; \quad (4.48)$$

Постійна часу ПІ регулятора струму в контурі потоку:

$$T_{i11} = \frac{k_{3C1} \cdot k_{II}}{R_{1e}} \cdot a_I \cdot T_{II} = \frac{0,21 \cdot 53,7}{0,263} \cdot 2 \cdot 0,001 = 0,086c ;$$

Постійна часу ПІ регулятора струму в контурі швидкості:

$$T_{i12} = \frac{k_{3C2} \cdot k_{II}}{R_{1e}} \cdot a_I \cdot T_{II} = \frac{0,13 \cdot 53,7}{0,263} \cdot 2 \cdot 0,001 = 0,053c ;$$

Постійна часу ПІ регулятора потокозчеплення ротора:

$$T_{i\Pi} = \frac{k_{3\Pi} \cdot L_m}{k_{3C1}} \cdot a_1 \cdot a_2 \cdot T_{\Pi} = \frac{14,1 \cdot 0,014}{0,21} \cdot 2 \cdot 2 \cdot 0,001 = 0,0037 \text{ c};$$

Передаточна функція ПІ – регулятора струму в контурі потоку:

$$W_{PC1}(p) = \frac{T_{1e} \cdot p + 1}{T_{i1} \cdot p} = \frac{0,002p + 1}{0,086p}; \quad (4.49)$$

Передаточна функція ПІ – регулятора струму в контурі швидкості:

$$W_{PC2}(p) = \frac{T_{1e} \cdot p + 1}{T_{i2} \cdot p} = \frac{0,002p + 1}{0,053p}; \quad (4.50)$$

Передаточна функція регулятора потоку:

$$W_{PI}(p) = \frac{T_2 \cdot p + 1}{T_{i\Pi} \cdot p} = \frac{0,125p + 1}{0,0037p}; \quad (4.51)$$

Передаточний коефіцієнт ПІ – регулятора швидкості визначається за формулою (4.33):

$$K_{PI\Pi} = \frac{J \cdot k_{3C2} \cdot k_{3\Pi}}{3p_{\Pi} \cdot k_r \cdot k_{3\Pi} \cdot a_{\omega} \cdot a_1 \cdot T_{\Pi}} = \frac{2,5 \cdot 0,13 \cdot 14,1}{3 \cdot 2 \cdot 0,96 \cdot 0,032 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 0,001} = 6215;$$

На основі структурної схеми була створена імітаційна модель для аналізу перехідних процесів. Ця модель показана на рисунку 4.8. А результат розрахунку по програмі пакета «Matlab 7» показаний на рисунку 4.9.

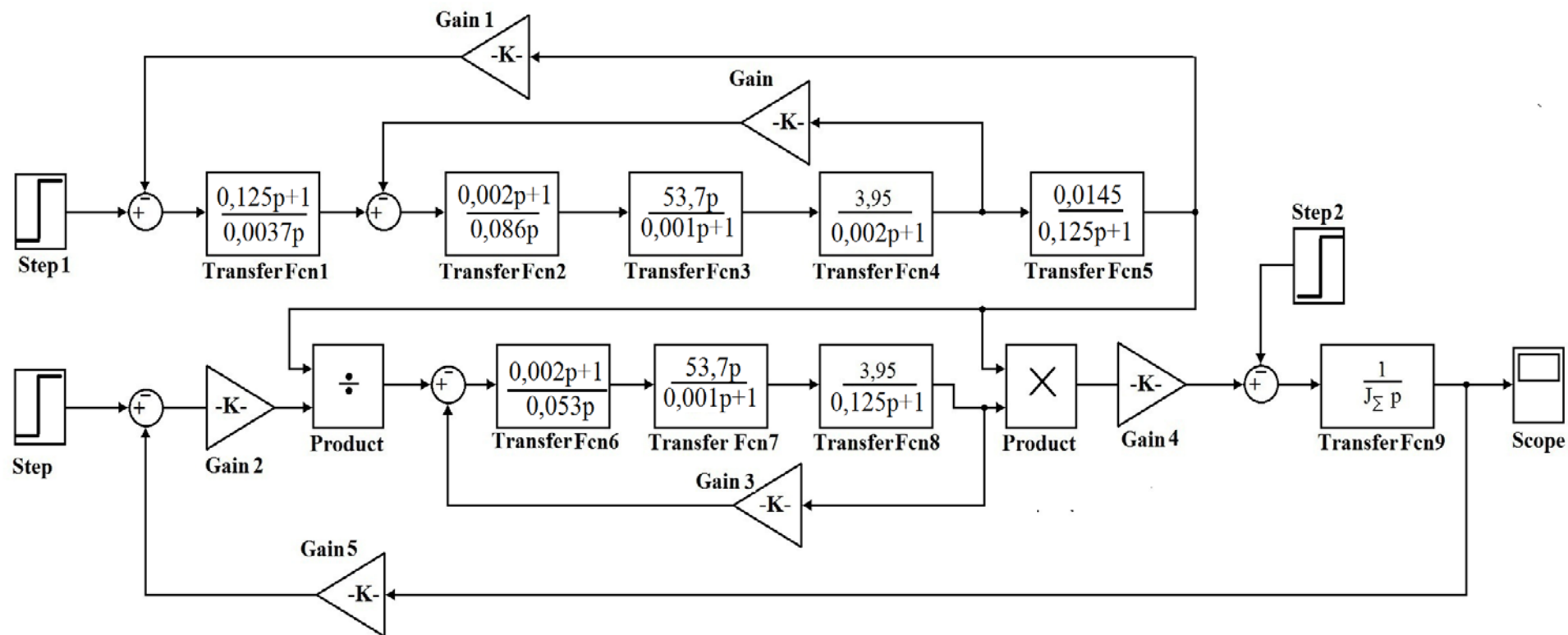


Рисунок 4.8. Імітаційна модель для аналізу динамічних характеристик електропривода

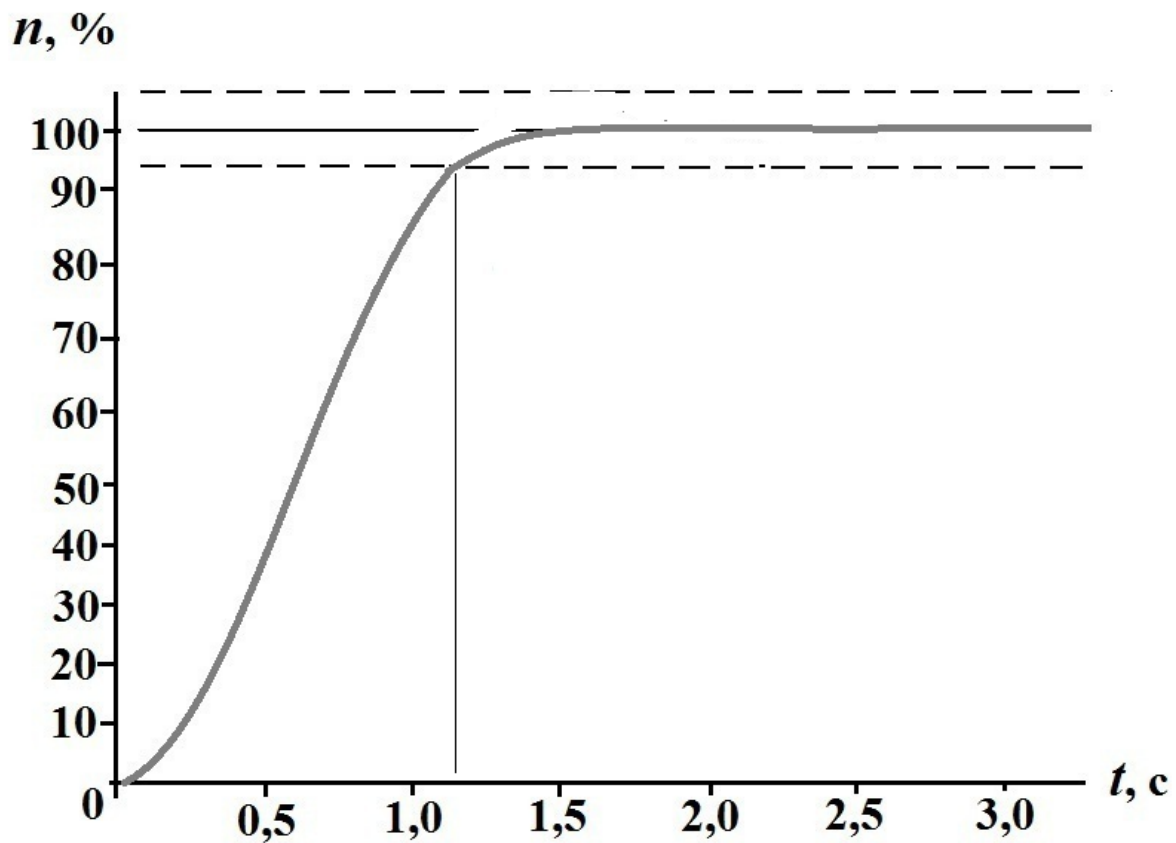


Рис.4.9. Перехідна характеристика системи керування по швидкості

Аналіз отриманого перехідного процесу показує:

- час перехідного процесу при пуску асинхронного двигуна складає приблизно 1,2 с;
- перерегулювання при перехідному процесі практично немає.

РОЗДІЛ 5

ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА ПРИ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

5.1 Законодавча база з охорони праці

На Україні правовою основою законодавства з охорони праці є Конституція України, Закони України: "Про охорону праці", "Про охорону здоров'я", "Про пожежну безпеку", "Про використання ядерної енергії і радіаційного захисту", "Про забезпечення санітарного й епідеміологічного благополуччя населення", а також Кодекс законів України.

З метою підвищення безпеки судноплавства Міжнародна Морська Організація (ІМО), Міжнародна організація праці (МОТ) та інші організації на своїх сесіях прийняли низку важливих міжнародних конвенцій, резолюцій, кодексів і рекомендацій, до основних з яких можна віднести Міжнародну Конвенцію з охорони людського життя на морі (SOLAS-74) із протоколом 1978 р. і виправленнями 1981, 1983, 1989, 1990, 1993 р.р. Вона була прийнята 01 листопада 1974 р. і набрала сили 25 травня 1980 р.

Конвенція SOLAS у своїх послідовних модифікаціях зазвичай розглядається як найважливіший з усіх міжнародних договорів, які стосуються безпеки торгових суден. Перший варіант був прийнятий у 1914 р., другий – у 1929 р., третій – у 1948 р. Прийняття конвенції 1960 р. було першою головною задачею для ІМО після її створення. У 1974 р. була прийнята зовсім нова конвенція, що складається з восьми глав. Основна мета конвенцій SOLAS – визначення мінімальних стандартів щодо конструкції, устаткування і планування суден, що відповідають вимогам безпеки.

У статті 43 Конституції України записано: "Кожний має право на працю, що включає можливість заробляти собі на життя працею, що він вільно вибирає, чи на яку він вільно погоджується"; "Кожний має право на відповідні безпечні та здорові умови праці, на заробітну плату, не нижче встановленої законом";

"Використання праці жінок і неповнолітніх на небезпечних для їхнього здоров'я роботах забороняється".

У Законі України "Про охорону праці" (стаття 4) задекларовані основні принципи державної політики в галузі охорони праці:

- пріоритет життя і здоров'я працівників стосовно результатів виробничої діяльності підприємств;
- повна відповідальність роботодавця за створення безпечних і нешкідливих умов праці;
- обов'язковий соціальний захист працівника, повне відшкодування збитку працівникам, що постраждали в результаті нещасних випадків на виробництві, й при професійних захворюваннях;
- використання економічних методів керування охороною праці, проведення політики пільгового оподаткування, що сприяє створенню безпечних і нешкідливих умов праці;
- комплексне рішення завдань охорони праці на основі національних програм з цих питань і з урахуванням інших напрямків економічної та соціальної політики, досягнень у галузі науки і техніки й охорони навколишнього середовища;
- установлення єдиних нормативів з охорони праці для всіх підприємств, незалежно від форм власності та видів їхньої діяльності;
- виконання навчання населення, професійної підготовки і підвищення кваліфікації працівників з охорони праці;
- спільна робота і проведення консультацій між роботодавцями і профкомами при прийнятті рішень з охорони праці;
- міжнародна спільна робота в галузі охорони праці, використання світового досвіду організації роботи з поліпшення умов і підвищення безпеки праці.

В умовах приватизації, створення великої кількості суб'єктів підприємницької діяльності з різними формами недержавної форми власності роль держави в рішенні завдань охорони праці значно зростає. Держава виступає

гарантом створення безпечних і нешкідливих умов праці для працівників підприємств і організацій усіх форм власності.

Одним з найважливіших факторів забезпечення безпеки мореплавства є компетентність суднових екіпажів, у складі яких знаходиться електромашинна команда, яка обслуговує СЕЕС. Складність устаткування і серйозність наслідків його некомпетентної експлуатації визначають високі вимоги до кваліфікації навіть рядових членів цієї команди. Відповідно до Положень Міжнародної Конвенції про дипломування моряків і несення ваhti (ПДНВ 78/95) вони повинні виконувати всі необхідні умови для запобігання будь-якого роду аварійних ситуацій, а у випадку виникнення останніх вчасно і правильно вживати відповідних заходів з їх ліквідації.

Технічний прогрес у суднобудуванні, як і в інших областях науки і техніки, за останні роки забезпечив можливість значного змінення морських суден і збільшеної небезпеки. Силу частину обслуговують у відповідності з Правилами технічної експлуатації й інструкціями з обслуговування кожного механізму. Працівники, що обслуговують силу частину, повинні ретельно вивчити документацію з обслуговування конкретного механізму.

Безпека мореплавства в процесі експлуатації судна забезпечується також регулярними перевітками стану суднових технічних засобів та їхнім повторним оглядом, проведеними представниками класифікаційних товариств і компетентних берегових служб.

Огляди і ремонти рухомо-керуючого комплексу виконуються під керівництвом старшого механіка. Забороняється робити внутрішній огляд, ремонт устаткування й апаратури, що знаходиться під напругою. Знеструмлення апаратури виконується за допомогою автоматичного вимикача і на його рукоятку вивішується плакат "Не включати! Працюють люди".

Провертання механізму може проводитися тільки за вказівкою старшого механіка. Суднові електроустановки обслуговуються працівниками, що мають диплом електромеханіка, механіка першого, другого, третього, чи четвертого розряду, рядовим складом, що мають посвідчення електриків чи старших електриків. Технічне обслуговування електроустаткування, що забезпечує його справний технічний стан, здійснюється відповідно до положення про технічну

експлуатацію морського флоту в обсязі й у терміни, передбаченні графіком-планом технічного обслуговування.

Загальна відповідальність за проведення інструктажу й електробезпеки покладається на старшого механіка судна. За організацією охорони праці на судні може вести контроль всесвітня профспілка моряків.

Виникає необхідність перерозподілу обов'язків таким чином, щоб всі роботи організовувались і виконувались під наглядом і керівництвом командного складу. Дійсно, в наш час рівень техніки такий, що з кожним днем збільшується значення керівництва роботами. У промисловості більше значення придається збільшенню ролі майстра, ролі керівника робіт. На флоті ж значною часткою робіт з обслуговування палубного обладнання і іншими ремонтними роботами, особливо з фарбування судна, керують боцмани. Частина їх не має спеціального технічного навчання і нерідко при роботах на сучасному обладнанні використовують старі методи.

Необхідно якомога швидше забезпечити інженерно-технічний нагляд за виконанням робіт на судні. Також треба мати на увазі, що технологія обумовлена вибором і розміщенням відповідного обладнання, все ж у повній мірі можливе і необхідне її подальше вдосконалення, раціоналізація виконання низки операцій, використання для їх виконання засобів малої механізації, різних пристроїв, що збільшують виробництво і полегшення умов праці. Потрібно перейти до розподілення екіпажів суден за функціональною ознакою на: вахтовий склад, службу технічного обслуговування і повсякденну службу.

5.2 Аналіз потенційно небезпечних і шкідливих факторів при роботі

До основних небезпечних і шкідливих виробничих факторів при роботі СЕЕС відносяться: підвищена напруга електричного струму; напруженість електричних і магнітних полів; забруднене повітряне середовище, шум і вібрація.

5.2.1 Електробезпека

При використанні електричного струму на судні екіпаж повинен знати як його можливо застосувати та яку необхідно надати допомогу при ураженні ним.

Згідно правил Регістру всі електротехнічні установки повинні мати захист від випадкового доторкання до частин під струмом, забезпечувати безпечний дотик до їх корпусу, бути вибухо- і пожежобезпечними. Крім того вони повинні бути доступними для огляду і ремонту.

У СЕЕС живлення різних електрифікованих систем, механізмів і пристроїв здійснюється, як правило, від ізольованих від корпусу судна мереж.

Умови електробезпеки визначаються загалом величиною і часом протікання струму, родом струму (постійний, перемінний, різної частоти), шляхами протікання струму через тіло людини.

У випадку дотику людини до однієї фази через тіло людини тече струм, величина якого залежить від опору ізоляції та кількості фаз мережі щодо корпусу судна.

Допустимим для людини у випадку одного дотику можна вважати струм, що не перевищує наступні значення: 3 мА при постійному струмі; 6 мА при перемінному струмі частотою 50 Гц; 8 мА при перемінному струмі частотою 400 Гц. Таким чином, дотик до струмоведучих частин може виявитися безпечним при гарному опорі ізоляції, от чому питанню опору ізоляції в СЕЕС приділяється велика увага.

Необхідно швидко виявляти ушкоджене електроустаткування і відключати його від мережі. Контроль над станом опору ізоляції в суднових умовах стає одним з основних засобів забезпечення електробезпеки.

У проєктованій електростанції контроль опору ізоляції здійснюється автоматично за допомогою пристрою ПКІ, що здійснює контроль опору ізоляції одночасно в двох незв'язаних електричних мережах напругою 380 В й 220 В з видачею звукового і світлового сигналів у випадку зниження опору ізоляції нижче норми.

Основними заходами, що знижують небезпеку ураження електричним струмом є електробезпечність. Загальні вимоги і номенклатура видів захисту (ГОСТ 12.1.019-79):

- технічний контроль над станом ізоляції струмоведучих частин електроустаткування і забезпечення їхньої неприступності для випадкового дотику;
- використання малих напруг (12 В, 24 В, 36 В) для живлення переносного електроустаткування і використання діелектричних матеріалів для їхніх корпусів;
- захисне заземлення електроустаткування;
- застосування блокувань, що знімають напругу при проникненні людини в небезпечну зону;
- застосування індивідуальних засобів захисту (гумові килимки, рукавички, калоші тощо);
- організація безпечної експлуатації електричних частин.

Усі перераховані заходи застосовані в СЕЕС, що проектується у даному дипломному проекті. Для розподілу електроенергії на судні застосована система з ізолюваною нейтраллю, у якій при випадковому однофазному дотику сила струму, що проходить через людину, менше, ніж у системі з заземленою нейтраллю.

Останнім часом одержало широке поширення захисне відключення – обмеження часу протікання струму через тіло людини. Пристрій захисного відключення безупинно фіксує, чи не відбувається витік струму в електроустановці, у тому числі при однополюсному дотику людини. З появою витоку пристрій захисного відключення відключає несправну ділянку від мережі. Швидкість пристрою складає 0,1 чи 0,2 с у залежності від величини вхідного сигналу. Пристрій відключення стабільний і надійний в роботі.

5.2.2 Шкідливі речовини в повітрі

Шкідливі речовини за ступенем впливу на організм людини підрозділяють на чотири класи безпеки.

Клас безпеки шкідливої речовини встановлений, як правило, у залежності від гранично припустимої концентрації (ГПК) шкідливої речовини в повітрі робочої зони, мг/м³.

Вміст шкідливих речовин у повітрі робочої зони не повинен перевищувати ГПК.

Вплив на працюючих шкідливих речовин у повітрі можна знизити, вживаючи наступні заходи:

- замінюють шкідливі речовини менш шкідливими;
- замінюють сухі способи використання матеріалів, що утворюють порошок, мокрими;
- замінюють тверде і рідке паливо газоподібним;
- замінюють полум'яне нагрівання електричним;
- застосовують технологічні процеси, що виключають контакт працюючих зі шкідливими речовинами (автоматизація, дистанційне керування, автоматичний контроль);
- застосовуються засоби індивідуального захисту працюючих;
- усі працюючі зі шкідливими речовинами проходять попередній і періодичні медичні огляди.

5.2.3 Захист від шуму і вібрації

Насичення сучасних суден електричним устаткуванням і системами приводить до підвищення шуму і вібрації. Шум є найбільш розповсюдженим і шкідливим фактором, що усувається важко. Ступінь шкідливості визначається інтенсивністю впливу шуму на людину. Інтенсивний шум знижує працездатність персоналу, що може служити причиною аварій і нещасних випадків. Припустимі шумові характеристики робочих місць установлює ГОСТ 12.1.003.-83. ГОСТ 12.1.012-78 установлює класифікацію і гігієнічні норми вібрації, а також вимоги до вібраційних характеристик виробничого устаткування. Загальна вібрація розділяється на ряд категорій:

3. категорія – транспортна вібрація;
4. категорія – транспортно-технологічна вібрація;
5. категорія – технологічна вібрація.

Виміри і контроль вібрації проводять відповідно до ГОСТ 12.4.012-83. Зменшенням шкідливого впливу шуму і вібрації здійснюють за наступними напрямками:

- зменшення шуму і вібрації в джерелах виникнення;
- екранування та ізоляція шуму;
- поглинання вібрації.

До числа найбільш ефективних мір зменшення шуму і вібрації в джерелах виникнення можна віднести наступні:

- поліпшення вібромеханічних властивостей машин і механізмів при проектуванні;
- ретельне центрування при зчленуванні обертових валів машин;
- застосування амортизаторів тощо.

Заходи щодо зменшення вібрації зменшують не тільки останню, але й шум.

5.2.4 Пожежна безпека

Основними причинами виникнення пожежі є незадовільний стан електротехнічних пристроїв і порушення правил їхнього монтажу й експлуатації (виникнення коротких замикань (КЗ), перевантаження електродвигунів, освітлювальних і силових мереж).

Для запобігання виникнення пожежі необхідно вчасно робити профілактичний огляд і ремонт електроустаткування. У СЕЕС передбачено електричний захист трансформаторів, двигунів, генераторів, споживачів і живильних кабелів від струмів КЗ і перевантаження. Цей захист виконується автоматичними вимикачами, запобіжниками і діє на відключення ушкодженої ділянки й у такий спосіб виключає можливість виникнення пожежі в місцях можливого перегріву кабелів, контактів електроустаткування.

Оскільки мастило є легко займистою речовиною, на суднах застосовуються тільки сухі трансформатори і повітряні автоматичні вимикачі. В автоматичних вимикачах застосовуються дугогасильні камери, що значно скорочують час горіння дуги, у комутаційних апаратах замикання і розмикання контактів

відбуваються практично миттєво під дією пружин і не залежать від швидкості повороту рукоятки. У приміщенні акумуляторних батарей, що є вибухонебезпечним, встановлене електроустаткування захисного виконання. Оболонки суднових кабелів виконуються з негорючих матеріалів. Також на судні передбачені автоматичні системи виявлення і гасіння пожежі. Загальні вимоги до виконання цих систем сформульовані в ГОСТ 12.1.004-91.

Ефективним заходом щодо усунення можливості ураження електричним струмом і впливу інших шкідливих речовин і небезпечних виробничих факторів є скорочення часу перебування в машинному відділенні обслуговуючого персоналу під час роботи СЕЕС. Це стає можливим зі збільшенням надійності судового устаткування, а також при високому ступені автоматизації керування судном.

5.3 Розробка технічних і організаційних заходів щодо забезпечення безпечних умов роботи на судні

При проектуванні СЕЕС необхідно належну увагу приділяти питанням забезпечення безпечної експлуатації електроустаткування. Усе електроустаткування, установлене на спроектованому судні, має суднове виконання, схвалено Регістром і має захисний корпус. Головний розподільчий щит представляє каркасну конструкцію, що з передньої та бічної сторін захищена змінними панелями. Обслуговування щита буде здійснюватися з передньої та задньої сторін щита, тому з задньої сторони щита передбачається прохід, а сам ГРЩ із задньої сторони має двері, які закриваються на спеціальні замки, що виключають доступ за горизонтальний поручень. Прохід за щитом із двох сторін закритий дверима, що виключають доступ за щит сторонньої людини. З передньої сторони щита ГРЩ має вертикальний поручень. За ГРЩ і перед ГРЩ, а також перед усіма розподільчими щитами будуть знаходитися діелектричні килимки. Передня панель усіх щитів має надпис, у якому зазначена величина напруги, поданої на щит, і сигнальну лампу, що сигналізує про наявність напруги на щиті.

Зниження опору ізоляції може призвести до ураження електричним струмом людини, тому в системі передбачений безупинний контроль опору ізоляції за

допомогою приладу ПКІ при живленні судна від основних генераторів, а при живленні від берегового джерела контроль опору ізоляції здійснюється візуально за допомогою мегомметра.

Металеві корпуси електроустаткування будуть надійно заземлені на корпус судна, а при електропостачанні судна від берегового джерела корпус судна – за допомогою четвертої жили гнучкого кабелю електропостачання з берега.

На проектуваному судні постійна вахта несеться в приміщенні ЦПК, тому в ЦПК будуть створені комфортні умови. Кабіна ЦПК буде мати обшивку з перфорованого металу і звукобирного матеріалу. Повітря в ЦПК буде подаватися від системи кондиціонування повітря, що забезпечує нормальні кліматичні умови.

Устаткування, що є джерелом шуму, буде встановлено на амортизаторах.

5.4 Експлуатація електроустаткування

Загальні вимоги. На електро- і радіоустаткуванні не повинно бути відкритих струмопровідних частин і стикань з горючими матеріалами, джерелами виділення теплоти і вологи.

Кабельні траси не повинні мати ознак висихання і обвуглювання, тріщин ізоляції, а контактні з'єднання – наплавлень, нагару, кіптяви, слідів зносу контактних поверхонь, з'єднань кабелів, що виконані методом "скручування".

Слід вжити організаційних і технічних заходів, що виключають використання екіпажем і пасажирями нештатних електроприладів.

Електричні машини. Під час роботи електродвигунів слід стежити за їхнім нагрівом, а також за нагрівом підшипників і контактних з'єднань.

Трансформатори, генератори, електродвигуни і перетворювачі, що обертаються, повинні мати надійне кріплення до суднових конструкцій і заземлення, а кабелі до них – справний стан захисту від КЗ і перевантажень.

Знеструмлення споживачів при необхідності (поява диму, вогню на електроустаткуванні) здійснюють з урахуванням вимог правил технічної експлуатації.

Запобіжники. У кожного запобіжника на щиті повинні бути вказані призначення і розрахункові параметри плавкої вставки.

Слід мати необхідний запас запобіжників і пакетників, однотипних з експлуатованими. Заміна запобіжників, що спрацювали, саморобними вставками і перемичками не допускається.

Освітлення. Використовування світильників без ковпаків, а де це передбачено й захисних сіток не допускається. У світильниках не повинно бути ізоляції, що пересохла і обсіпалася, від кінців, що підключаються, кабелів і дротів.

Забороняється застосування електричних ламп потужністю більшою, ніж допускається Правилами Регістра.

Стан ізоляції переносних світильників слід перевіряти не рідше одного разу на місяць.

Переносне освітлення в суднових приміщеннях, в яких можуть бути присутніми горючі пари, гази або пил, повинне здійснюватися тільки акумуляторними низьковольтними світильниками вибухобезпечного виконання і схваленого Регістром типу.

Кабельні мережі. Захисне металеве обплетення і труби, в яких прокладені кабелі, повинні бути заземлені.

Кабелі та їхні захисні оболонки не повинні мати тріщин, пропалів і вм'ятин.

Тимчасові мережі слід монтувати кабелем, який має надійну захисну оболонку або огороження, що виключають небезпеку механічних пошкоджень.

При заміні та новому монтуванні кабельних мереж укладання їх в жолобах і під захисними кожухами повинне бути вільним з тим, щоб виключалося їхнє натягнення при вібрації корпусу судна.

Якщо при вимірюваннях опір ізоляції нижче встановленої норми, необхідно вжити заходів щодо підвищення його на цій ділянці.

Електронагрівальні прилади. Штатні суднові електронагрівальні прилади, що працюють у автоматичному режимі, слід періодично перевіряти відповідно з інструкціями з їх експлуатації. Непрацюючі в автоматичному режимі

електроприлади (включаючи: праски, плитки, кип'ятильники тощо) повинні знаходитися під постійним наглядом та бути обладнаними сигнальною лампою, встановленою біля входу в приміщення.

Установка на судні додаткових стаціонарних електрогрілок допускається тільки з дозволу технічних служб судновласника після узгодження з Регістром при дотриманні наступних вимог:

- перевірки, на яких встановлюються грілки, повинні бути ізольовані від кожуха грілки негорючим матеріалом або повітряний зазор між ними повинен бути не менше 150 мм;
- на верхній частині грілки повинен бути встановлений похилий металевий перфорований кожух, що не допускає укладання на грілку сторонніх предметів;
- навколо грілки повинне бути встановлене огороження;
- в рідко відвідуваних приміщеннях установка грілок допускається тільки при включенні в електросхему грілки терморегулятора, що відключає її при температурі повітря в приміщенні більш 30 °С.

Користування побутовими електронагрівальними приладами допускається в спеціально обладнаних і призначених для цього на судні місцях.

Перед включенням електронагрівального приладу в мережу необхідно переконатися у відсутності поблизу приладу горючих предметів (паперу, тканини, дерева) і предметів, що утруднюють циркуляцію охолоджуючого повітря.

Електронагрівальні прилади, що працюють в автоматичному режимі, повинні мати захист по струму і температурі, що розрахований на робочі параметри приладу.

Усі прилади повинні бути надійно закріплені для виключення можливості їх зсуву при хитах судна.

Установка у житлових та службових приміщеннях позаштатних холодильників, телевізорів, вентиляторів та інших побутових електроприладів може бути допущена з дозволу капітана судна при умові, що їх включення в судову мережу не призведе до перевантажень кабелю та штепсельної розетки.

Холодильники і телевізори слід встановлювати так, щоб між їх задніми стінками і судновою конструкцією залишався простір для циркуляції повітря.

Електричні каютні вентилятори повинні встановлюватися так, щоб повітряним потоком або лопатями при поворотах не могли бути втягнуті шторки, завіски та інші предмети.

Усі побутові електроприлади, окрім холодильників, при залишенні людьми приміщення слід вимикати.

Постачання судна від берегових мереж. Підключення судна до берегової електричної енергосистеми допускається тільки з дозволу адміністрації порту або судоремонтного заводу.

Кабелі для прийому судном електропостачання від берегових мереж повинні підключатися відповідно до діючих нормативних документів.

Допустиме навантаження на систему електропостачання "берег-судно", як правило, повинне забезпечувати можливість використання її для запуску судових пожежних насосів. При відсутності такої можливості необхідно, щоб була забезпечена негайна подача електроенергії на пожежні насоси від судового джерела.

5.5 Заходи щодо запобігання пожежам та розрахунок пожежного устаткування

Забезпечення пожежної безпеки виробничих об'єктів здійснюється за допомогою системи запобігання пожежі, системи протипожежного захисту та організаційно-технічних заходів. Система запобігання пожежі – комплекс організаційних заходів і технічних засобів, спрямованих на виключення умов виникнення пожежі. У нашому випадку для запобігання умов виникнення пожежі застосовуються негорючі і важкогорючі речовини та матеріали, забезпечується молнезахіта судна, застосовується електрообладнання, відповідає умовам його експлуатації за групами, і зон пожежо та вибухонебезпечності. Також використовуються вимикаючі автомати і вставки.

Система протипожежного захисту – сукупність організаційних і технічних засобів, на запобігання впливу на людей небезпечних факторів пожежі та обмеження матеріальних збитків від неї. На виконання вимог побудови системи протипожежного захисту застосовуються засоби пожежогасіння, як переносні (вогнегасники), так і стаціонарні (пожежні крани). Є система сигналізації, передбачається забезпечення своєчасної евакуації людей, а також застосування засобів індивідуального захисту.

Організаційні заходи з пожежної безпеки здійснюються керівниками. Вони проводять інструктажі з пожежної безпеки, організовують пропаганду і агітацію з питань пожежної безпеки, розробляють плани евакуації людей.

У приміщенні, де знаходяться пристрої дизель-генераторні установки, при виникненні пожежі, якщо не спрацювала автоматика, необхідно знеструмити все обладнання і якщо це, можливо, загасити пожежу вогнегасником. Для виключення ймовірності ураження електричним струмом слід використовувати вогнегасники зі струмонепровідними засобами гасіння.

Залежно від ступеня пожежної небезпеки всі судові приміщення поділяються на три категорії, з яких перша є найбільш небезпечною, Детальний поділ приміщень різного призначення за категоріями пожежної небезпеки для судів усіх призначень і окремо наливних міститься в Правилах Регістру. Розрахунок протипожежного постачання для суднового машинного відділення виконується відповідно до норм забезпечення предметами протипожежного постачання, зазначеними в Правилах Регістру. У цих нормах перераховується що в машинних відділеннях суден з механізмами, що працюють на рідкому паливі, повинен передбачатися 1 пінний вогнегасник (ВП) на кожні повні та неповні 1000 к.с. (736 кВт). У нашому випадку використовується дизель-генераторна установка потужністю 2400 кВт, отже, потрібно 4 вогнегасників ВП. Далі в нормах зазначається, що в приміщеннях, де є електричні машини, передбачатися також вуглекислотні вогнегасники (ОУ) – в розглянутому прикладі їх має бути 4.

У розглянутому машинно-котельному приміщенні необхідно передбачити один металевий ящик з піском або просоченими содою тирсою, Так як валова

місткість судна не перевищує 50 рег.т, то його ємність повинна бути 50 л. Крім того, за нормами для гасіння полум'я потрібно також і покривало розмірами близько 1.5×2.0 м, виготовлене з азбестової тканини товщиною не 3,5 мм або з чистого щільного повсті без начосом. Покривало зберігатися в спеціальному футлярі або шафці. Таким чином, в машинно-котельному відділенні потрібно передбачити наступні первинні засоби вогнегасіння: вогнегасники ВП - 4 од. Вогнегасники ОУ - 4.

Розрахунок вуглекислотних вогнегасників. Розрахуємо запас вуглекислоти, кількість балонів, системи вуглекислотного гасіння, призначеної для захисту машинного відділення. Для зберігання вуглекислоти використовуються стандартні балони ємністю 40 л.

Відповідно до Правил Регістру кількість вуглекислоти (кг) визначається за формулою:

$$m = 1,79 \cdot V \cdot \varphi \quad (6.1)$$

де: m – необхідна кількість вуглекислоти, кг;

V – розрахунковий обсяг захищуваного приміщення, у розглянутому випадку $V = 420 \text{ м}^3$;

φ – коефіцієнт, що відповідає рекомендаціям Правил Регістру. Для розглянутого прикладу $\varphi = 0,35$. Таким чином, маємо:

$$m = 1,79 \cdot 420 \cdot 0,35 = 260 \text{ кг} \quad (6.2)$$

При розрахунку кількості балонів для зберігання вуглекислоти треба врахувати рекомендації Регістру за ступенем заповнення балонів. Приймаються робочий тиск у балоні, рівним 125 кгс / см, коефіцієнт заповнення балонів – 0,675 кг / л. Так як обсяг одного балону дорівнює 40 л, то в ньому можна зберігати $40 \cdot 0.675 = 27$ кг вуглекислоти. Загальне число балонів:

$$n = 260 / 27 = 10$$

Розрахунок пожежних насосів. Сумарну подачу стаціонарних пожежних насосів можна визначити по наступній формулі Регістру України:

$$Q = k \cdot m^2; \quad (6.3)$$

- де - Q - сумарна подача стаціонарних насосів,
 - k - коефіцієнт, що дорівнює 0,008-0,012 та залежить від призначення та строку служби судна.

$$m = 1,68 \cdot \sqrt{L \cdot (B + H) + 25}; \quad (6.4)$$

де L, B, H - основні розміри судна, м.

Розрахуємо по формулі Реєстру сумарну подачу стаціонарних пожежних насосів для науково-дослідного судна, що має наступні основні розміри:

- довжина судна $L = 114$ м,
- ширина судна $B = 13$ м,
- висота судна до борта верхньої палуби $H = 8$ м.

На основі цих даних розраховуємо значення m :

$$m = 1,68 \cdot \sqrt{114 \cdot (13 + 8) + 25} = 82,6$$

- коефіцієнт k для дорівнює 0,008;
- визначимо Q :

$$Q = 0,008 \cdot (82,6)^2 = 54,6 \quad (\text{м}^3/\text{хв.})$$

Необхідно додати, що використання систем пожежогасіння для осушення відсіків, у яких зберігаються нафтопродукти або залишки будь-яких палих рідин, заборонено.

Пожежним насосом можна подавати забортну воду для зрошення трапів та виходів, заповнення та осушення баластних цистерн і кофердамів, для миття суднових надбудов та палуб, якірних ланцюгів та клюзів.

Висновки

В розділі охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях розглянуто та проаналізовано заходи забезпечення електробезпеки, що включають в себе основні заходи щодо попередження та профілактики електротравматизму на суднах, заходи щодо захисту персоналу від впливів електромагнітних випромінювань, крім того, був зроблений розрахунок протипожежного устаткування.

ВИСНОВКИ

1. В роботі проведено удосконалення електроприводу брашпиля суховантажного судна за рахунок використання одношвидкісного асинхронного двигуна МАП 521-4 ОМ1 з керуванням від перетворювача частоти замість 3-х швидкісного асинхронного двигуна МАП 621-4/8/16.
2. Для обраного одношвидкісного двигуна проведено розрахунок потужностей, проведено розрахунки механічних характеристик для 3-х швидкостей.
3. Проведено розрахунок та побудована навантажувальна діаграма для варіанта підйому якоря з ґрунту, з глибини 80 м.
4. Розглянути структурна та функціональна схема автоматичного керування електродвигуна для автоматичного керування електроприводом.
5. Для аналізу перехідних процесів використано програму «Matlab 7» та показано приклад отриманого перехідного процесу по швидкості.

Список використаних джерел

1. Онищенко Г.Б. Автоматизированный электропривод промышленных установок.-М.:РАСХН-2001.-520 с.
2. Ключев В.И. Электропривод и автоматизация общепромышленных механизмов - М.: Энергия, 1980.- 360с., ил.
3. Иванченко Ф.К. Конструкция и расчет подъемно-транспортных машин. – 2-е изд., перераб. И доп. – К.: Выща шк. Головное изд-во, 1988. – 424 с.
4. Белов М.П. Автоматизований ЕП типових промислових механізмів і технологічних комплексів.: підручник для студ. вищих навч. закладів-3-тє видавн. – К.: Выща шк. Головное изд-во, 1998 - 576 с.
7. Каган Б. М., Сташин В. В. Основы проектирования микропроцессорных устройств автоматики. - М: Энергоатомиздат, 1987. - 304 с: ил.
8. ДСГУ 3571-97 (ТОСТ 19542-93). Сумісність засобів обчислювальної техніки електромагнітна. Терміни та визначення.
9. Чилкин М. Г., Сандлор А. С. Общий курс электропривода: Учебник для вузов. - 6-е изд., доп. и перераб. - М.: Энергоатомиздат, 1981.
10. ДСГУ 2818-94 (ГОСТ 30149-95). Машини електричні обертові. Позначення літерні і одиниці вимірювання.
11. Міжнародна Конвенція з охорони життя людини на морі (501.А5-74) з поправленнями, 1993 -110 с.
12. Правила техніки безпеки на судах морського і річкового флоту України КНЛЗ 31.2.002.07, 2002 - 87 с.
13. Правила технічної експлуатації морських і річкових суден України. Розділ «Електрообладнання». КНЛЗ 31.2.002.07 -96 с.
14. Жидецький В.Ц. та ін. Основи охорони праці. Підручник. — Вид. 5-те, доповнене. - Львів: Афіша, 2000. - 350 с.
15. Терехов В.М., Системи керування електроприводів: підручник для студ. вищих навчальних закладів / В.М. Терехов, О.И. Осипов; під ред. В.М.. Терехора. – 2-е видання, стер. – М.: Видавничий центр "Академия", 2006. – 304с.
16. Копылов И.П. Электрические машины. – М.: Высш.школа, "Логос", 2000. – 607с.

17. Електромеханічні системи автоматичного керування та електроприводи: Навч. посібник / М.Г. Попович, О.Ю. Лозовський, В.Б. Клепиков та ін.; За ред.. М.Г. Поповича, О.Ю. Лозовського – К.: Либідь, 2005. – 680с.
18. Силові напівпровідникові прилади. Довідник. Замятин В.А., Кондратьев Б.В. і ін. -М.: Радио и связь, 1987
19. Башарин А.В., Новиков В.А., Соколовский Г.Г. Управление электроприводами: Учебное пособие для вузов. – Л.: Энергоиздат, 1982 - 392 с.
20. Копылов И.П., Справочник по электрическим машинам: В 2 т. / Под общ. Редакцией И.П. Копылова и Б.К. Клокова. Т. 1.-М.: Энергоатомиздат, 1988 – 456 с.
21. Эксплуатация судового электрооборудования. Под редакцией А.А. Власенко. – М.: Энергия, 1991. – 247 с.
22. А.Н. Пипченко . Расчет судовых электроэнергетических систем. - М.: Транспорт, 1981. – 212 с.
23. www.morelectro.ru/eletktrodvigateli –map.
24. www.Privod.su/Prostar PR6000.
25. Терехов В. М., Элементы автоматизированного электропривода : учебник для студ. вузов / В. М. Терехов, Осипов О. И. — М.: Энергоатомиздат, 1987. — 296 с.
26. Закон України «Про охорону праці» від 14.10.92 №2694-ХІІ.
27. Винокурова Л.Е., Васильчук М.В., Гаман М.В. Основи охорони праці. Підручник. – К.: Вища школа, 2001. – 187 с.
28. Білявський Г. О., Падун М. М., Фурдуй Р. С. Основи загальної екології. — К.: Либідь. 1995 — 368 с.