

Національний університет кораблебудування
імені адмірала Макарова

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

Допущений до захисту

зав. кафедри ЕІС та РК
(скорочена назва кафедри)


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

Кваліфікаційна робота

на здобуття ступеня вищої освіти
магістр

на тему: Автоматизований електропривод підрулюючого пристрою
нафтоналивного судна

Виконав: студент групи 6363мз

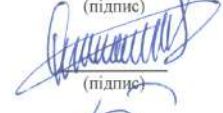
Спеціальності

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

Студент Тофан Ю.Й.
(прізвище та ініціали)

Керівник К.Т.Н., доцент Клочков О. П.
(прізвище та ініціали)

Рецензент К.Т.Н., доцент Ставинський Р.А.
(прізвище та ініціали)


(підпис)

(підпис)

(підпис)

м. Миколаїв
2025 рік

Міністерство освіти і науки України
Національний університет кораблебудування
імені адмірала Макарова

Інститут, факультет	Навчально-науковий інститут автоматики та електротехніки
Кафедра	Електричної інженерії суднових та роботизованих комплексів
Рівень вищої освіти	магістр
Галузь знань	14 «Електрична інженерія»
Спеціальність	141 «Електроенергетика, електротехніка електромеханіка»
Освітня програма	Експлуатація суднових автоматизованих систем

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Гарант освітньої програми


(підпис)

Оксиничов В.М.
(прізвище та ініціали)

" 01 " 10 2025 р.

**ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ
на здобуття ступеня вищої освіти магістр**

Студенту Тофану Юрію Йосиповичу

1. Тема роботи: Автоматизований електропривод підрулюючого пристрою нафтоналивного судна

Керівник роботи: канд. техн. наук, доцент кафедри ЕІС та РК Клочков О. П.

затверджені наказом вищого навчального закладу від « » 20 25 року №

2. Термін подання студентом роботи: грудня 2025 року

3. Вхідні дані до роботи: Нафтоналивне судно, водотонажність $D = 40300$ т.; довжина $L = 173,4$ м; ширина $B = 32,2$ м; Осідання $T = 11,1$ м; діаметр труби підрулюючого пристрою $D_{тр} = 1,05$ м; коефіцієнт упору $a = 1,0$; розвивана лінійна швидкість води при руху гвинта $= 7,8$ м/с

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): 1 Огляд підрулюючих пристроїв, які встановлюють на судах
2 Принципові схеми електроприводів підрулюючих пристроїв, 3 Статичний розрахунок електроприводу підрулюючого пристрою; 4. Дослідження динаміки

процесів системи автоматичного керування; 5. Конвенція МАРПОЛ; 6. Охорона праці

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

1. Титульний аркуш 2. Мета 3. Підрулюючі пристрої тунельного типу 4. Схема асинхронно-вентильного каскаду 5. Функціональна схема електропривода підрулюючого пристрою 6. Статичні та динамічні характеристики 7. Перехідні процеси при пуску двигуна 8. Висновки

6. Консультанти розділів роботи

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

7. Дата видачі завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Огляд підрулюючих пристроїв, які встановлюють на суднах. Короткий опис судна, на якому встановлені підрулюючі пристрої		
2	Принципові схеми електроприводів підрулюючих пристроїв та їх класифікація. Схеми керування приводними електродвигунами підрулюючих пристроїв		
3	Статичний розрахунок електроприводу підрулюючого пристрою		
4	Дослідження динамічних процесів системи автоматичного керування електроприводом		
5	Охорона праці		
6	Оформлення пояснювальної записки та супровідних документів		

Студент

Керівник кваліфікаційної роботи


(підпис)

(підпис)

Тофан Ю.Й.
(прізвище та ініціали)

Клочков О.П.
(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Роботу присвячено темі «Автоматизований електропривод підрулюючого пристрою нафтоналивного судна» . У роботі розглянуті питання, які торкаються енергоощадної системи управління електроприводом підрулюючого пристрою.

Метою розробки є розширення функціональних можливостей електроприводу, підвищення надійності і зниження рівня електроспоживання, а також поліпшення умов експлуатації електроприводу підрулюючого пристрою. Виконаний розрахунок потужності і вибір електроприводу. Побудовані графіки статичних і механічних характеристик. Виконаний динамічний розрахунок САК електроприводу підрулюючого пристрою. Також розглянуті питання охорони праці при експлуатації і ремонту підрулюючих пристроїв.

Також розглянуто розділи конвенції МАРПОЛ.

Ключові слова: підрулюючий пристрій, система керування, електропривод, транспортування нафти, конічна зубчата передача, асинхронно-вентильний каскад, статичні характеристики, динамічні характеристики.

ABSTRACT

The work is devoted to the topic "Automated electric drive of the thruster of an oil tanker". The work considers issues related to the energy-saving control system of the electric drive of the thruster.

The purpose of the development is to expand the functionality of the electric drive, increase reliability and reduce the level of electricity consumption, as well as improve the operating conditions of the electric drive of the thruster. The power calculation and selection of the electric drive are performed. Graphs of static and mechanical characteristics are constructed. The dynamic calculation of the SAK of the electric drive of the thruster is performed. The issues of labor protection during the operation and repair of thrusters are also considered.

The sections of the MARPOL convention are also considered.

Key words: thruster, control system, electric drive, oil transportation, bevel gear, asynchronous valve cascade, static characteristics, dynamic characteristics.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
1. ОГЛЯД ПІДРУЛЮЮЧИХ ПРИСТРОЇВ, ЯКІ ВСТАНОВЛЮЮТЬ НА СУДНАХ	12
1.1 Короткий опис судна, на якому встановлені підрулюючі пристрої	12
1.2 Опис видів підрулюючих пристроїв	14
2. ПРИНЦИПОВІ СХЕМИ ЕЛЕКТРОПРИВОДІВ ПІДРУЛЮЮЧИХ ПРИСТРОЇВ	22
2.1 Класифікація схем підрулюючих пристроїв	22
2.2 Схеми керування приводними електродвигунами підрулюючих пристроїв	23
3 СТАТИЧНИЙ РОЗРАХУНОК ЕЛЕКТРОПРИВОДА ПІДРУЛЮЮЧОГО ПРИСТРОЮ	36
3.1 Розрахунок потужності електродвигуна і статичних механічних характеристик	36
4 ДОСЛІДЖЕННЯ ДИНАМІЧНИХ ПРОЦЕСІВ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ ЕЛЕКТРОПРИВОДОМ.....	50
4.1 Амплітудно-фазова та логарифмічні амплітудно-фазо-частотні характеристики.....	50
4.2 Математичний опис і перехідні процеси електропривода підрулюючого пристрою.....	59
4.3 Розрахунок та побудова перехідного процесу при різних значеннях електромеханічної і електромагнітної постійних часу.....	65
5. ДОДАТОК 1 ДО КОНВЕНЦІЇ МАРПОЛ 73/78. ПРАВИЛА ЗАПОБІГАННЯ ЗАБРУДНЕННЯ НАФТОЮ.....	70
5.1 Правило 1.....	70
5.2 Правило 2.....	75
5.3 Правило 3.....	76
5.4 Правило 4	77

5.5	Правило 5.....	80
5.6	Правило 6.....	80
5.7	Правило 7.....	81
5.8	Правило 8	81
5.5	Правило 8А.....	82
5.10	Правило 9.....	83
5.11	Правило 10.....	85
5.12	Правило 11.....	91
5.13	Правило 12	92
6	ОХОРОНА ПРАЦІ.....	95
6.1	Безпека на танкерах.....	95
6.2	Індивідуальні засоби захисту.....	98
6.2.1	Захисний одяг.....	99
6.2.2	Робоче взуття.....	100
6.2.3	Захисні каски.....	100
6.2.4	Робочі рукавиці.....	101
6.2.5	Захист органів зору.....	102
6.2.6	Захист органів слуху.....	103
6.3	Захист від шуму та вібрації на суднах.....	103
6.4	Нормування шуму і вібрації.....	112
	ВИСНОВКИ.....	116
	СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	117

ВСТУП

Судно являється багатофункціональним об'єктом тому провідка судна з порту відходу в порт призначення відноситься до складних задач керування. Її неординарність порозумівається: складністю судна як об'єкта керування і різноманітним впливом на нього зовнішнього середовища; необхідністю обробки великої кількості даних, як від внутрішніх, так і від зовнішніх джерел інформації; складністю навігаційної апаратури і силових засобів; обмеженим часом для прийняття рішень і поруч інших обставин.

Характеризуючи складність суден як об'єктів керування, необхідно відзначити:

- розходження в керованості через різноманіття рушійно-стернових комплексів, розмірів і форм корпусу судна;

- велику інерційність;

- неповну керованість і можливість втрати керованості;

- вплив на динамічні властивості суден змін завантаження і шляхових умов (мілководдя, канали, ріки);

- залежність ефективності засобів керування від ходу, режиму роботи рушіїв, виду переміщення й інших причин;

- значущість впливу на рух збуджень середовища;

- неоднозначну в ряді випадків реакцію на керуючі впливи.

Умови зовнішнього середовища, у яких приходить вирішувати задачі судноводіння, дуже різноманітні: штормова погода, обмежена видимість, льодова обстановка, мілководдя, приливні явища, стиснуті умови, наявність інших суден і т.д. Численні і види, що зустрічаються при судноводінні, керуванні:

- планування переходів;

ситуаційне керування (визначені послідовності дій при підходах до вузькостям, до районів з обмеженою видимістю й ін.);

вибір стратегій (для розбіжності із суднами, із тропічними циклонами, вибір шляху в льодах і ін.);

керування при розрахунковій швидкості, на маневрених режимах ходу і на гранично малих швидкостях;

взаємодія з іншими суднами (використання буксирів, плавання в караванах, участь у рятувальних операціях);

регулювання (стабілізація на курсі і заданому маршруті);

керування у виняткових умовах (при наявності ушкоджень, при зледенінні й ін.);

керування за допомогою якорів і інших допоміжних засобів;

динамічне позиціонування; і ряд інших видів.

Складністю задач судноводіння порозумівається і той факт, що більшість з них поки не може бути надійно вирішене без участі судноводія. Комплекси, що керують рухом сучасних морських суден, відносяться до людино-машинних систем. Вони містять у собі дві частини: оператора і штучну систему (засоби автоматики). Найбільше застосування в сучасних системах керування дістали комп'ютерні засоби автоматики. Тому штучну частину сучасних судових комплексів називають електронною чи комп'ютерною системою.

Таким чином для надання допомоги керування судном були впроваджені підрулюючі пристрої (ПП).

Вони призначені для керування судном в умовах, при яких ефективність головних засобів керування виявляється недостатньою (при маневруванні на малих швидкостях або при відсутності ходу, при поворотах в умовах вітру і/чи плинну й у ряді інших ситуацій).

ПП - механізми, порівняно недавно з'явилися в суднобудуванні, але швидко одержали визнання і широке застосування як важлива складова

гвинтостернового комплексу суден різних класів і типів, корисні при маневруванні, утриманні курсу і керуванні судном, ці механізми насправді є різновидом активного стерна судна.



Наф



Рисунок В.1 – Нафтоналивні судна, на яких встановлені підрулюючі пристрої

Вибір ПП - відповідальна задача, при рішенні якої варто враховувати безліч факторів від умов експлуатації судна, його розмірів, характеру і потужності джерел енергії, що маються на борті, до габаритів, інтенсивності експлуатації судна й упора, що повинний створювати. Приміром, на приватну яхту, що виходить у море кілька разів за сезон, установлюються ПП, розраховані на менший ресурс, чим на комерційні чи рибальські судна для північних штормових широт, хоча номінальна потужність їх може бути при цьому однаковій.

Простіший 1 НІ конструктивно являє собою горизонтально розташовану нижче ватерлінії трубу з приводом і крильчастим рушієм, напрямок рушійної сили якого перпендикулярно напрямку руху судна.

Як і багато суднових пристроїв, ПП почали застосовуватися спочатку яхтсменами, а потім кораблебудівниками і судновласниками на багатьох видах морського і річкового транспорту у тому числі на нафтоналивних суднах, які приведені на рисунку В. 1.

Залежно від позначених причин, використовуються гідравлічні, електричні і механічні ПП. Не дивлячись на досить розповсюджений світогляд, гідравлічні ПП, навіть у разі потреби установки всієї системи "з нуля", можуть обійтися дешевше електричних ПП, тому що при монтажі останніх часто потрібно: установка зарядного пристрою, силових акумуляторів, врахувати січення і довжину проводки при постійному струмі; установка автономного пристрою для пуску ПП, трансформаторів - при перемінному струмі. Не вважаючи того, електричні ПП залежать від бортової електромережі, і можуть її перевантажувати, у той час як гідравлічні системи, при установці гідронасоса на дизель-генератор, - автономні, і можуть застосовуватися навіть при зупинці головного мотора.

ПП можуть бути встановлені в носовій чи кормовій частинах, вони створюють поперечну силу, що забезпечує швидкий розворот судна. По

конструктивному оформленню ПП можна розділити на три види: напіпні, тунельні і насосні.

1. ОГЛЯД ПІДРУЛЮЮЧИХ ПРИСТРОЇВ, ЯКІ ВСТАНОВЛЮЮТЬ НА СУДНАХ

1.1 Короткий опис судна, на якому встановлені підрулюючи пристрої

Судно призначене для транспортування нафти, нафтопродуктів і безпечних хімічних вантажів одночасно до 6-х сортів щільністю 0,7... 1,03 т/м³, у всіх танках з 2-х клапанною сегрегацією і можливістю вивантаження кожного з цих вантажів у різних портах. Район плавання необмежений.

Тип судна - одногвинтовий, однопалубний дизельний танкер з баком, з кормовим розташуванням машинного відділення і жилою рубкою, з бульбовим носом і транцевою кормою, з носовим розташуванням підрулюючого пристрою, з подвійним дном, подвійними бортами і подовжніми переборками у районі вантажної зони (рисунок 1.1). Вантажна зона розділена гофрованими поперечними і подовжніми переборками на 2 вантажних і 2 слоп-танка - відстійних танка. [Слоп-танк (Slop tank): 1) резервуар для продукції, що не відповідає вимогам транспортування (по трубопроводам); 2) відстійний танк для суміші нафти і води (що утворилася при чищенні танкера); 3) бак для збору забрудненої води чи нафти; 4) резервуар для змішаних партій нафтопродуктів]. Основні характеристики судна приведені у таблиці 1.



Рисунок 1.1 - Загальний вид нафтоналивного судна

Таблиця 1.1 – Основні характеристики судна.

Головні розмірення	
Довжина максимальна, м	182,9
Довжина між $\pm$, м	173,4
Ширина, м	32,2
Висота борта, м	18,0
Осідання по проектну ВЛ, м	11,1
Дедвейт при осіданні $T = 11,1$ м, т	40300
Енергетична установка	
Головний двигун	дизель
5S60MC-C (Брянськ) (потужність)	11275 кВт при 127 об/хв
Сервісна потужність (85% МДМ +15% морський запас)	8140 кВт
Дизель-генератори	3х1315 кВт
Котли	1х16,0 т/год. + 1х5/1,4 т/год.
Місткість	
Вантажні танки, включаючи стіп танки (100%)	54500 м ³
Танки ізолюваного баласту	19000 м ³
Команда	
27 людей	
Пропульсивна установка	
Гвинт регульованого кроку (діаметр)	6,0 м
Підрулюючий пристрій (потужність)	160000 Вт
Швидкість	
Сервісна швидкість при потужності ГД 8140 кВт	15 вузлів
Вантажна система	

Вантажні насоси відцентрові з гідроприводом продуктивністю	550 м³/год. - 12 шт., 200 м³/год. - 2 шт.
Вантажні насоси - заглибні з гідроприводом (потужність)	10/200 м³/ч і 2/75 м³/ч
Баластова система	
Баластові насоси відцентрові з гідроприводом продуктивністю	900 м³/ч - 2 шт
Тоннаж	
Брутто	28000 т

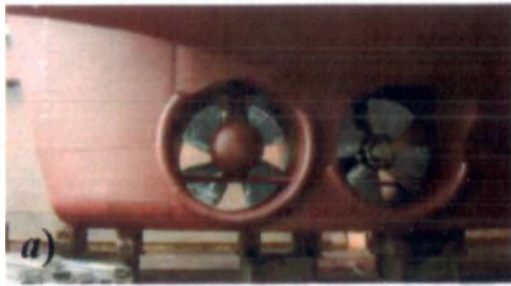
1.2 Опис видів підрулюючих пристроїв.

Підрулюючи пристрої використовують як активне керування судном, коли воно рухається з малою швидкістю або нерухоме. Вони полегшують маневрування судна в стиснутих умовах, зменшують імовірність створення аварійної ситуації.

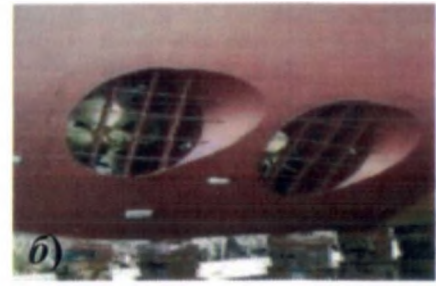
В останні роки ПП набули широкого застосування практично на всіх категоріях суден: пасажирських, наливних, поромах, дослідницьких, промислових, рятувальних, днопоглиблювальних і т.п. Цим пояснюється їхня велика розмаїтість, пов'язана не тільки із широким діапазоном потужностей, але й розходженнями в конструкції механічної частини, режимах роботи, способах керування упором (тягою) і іншими особливостями. Загальний вигляд носових ПП наведено на рисунку 1.2.

По місцеві розташування на судні ПП поділяються на носові і кормові. Як носові, так і кормові ПП встановлюють на можливо більшому видаленні від мідель-шпангоута з метою збільшення діючого на судно моменту. Найчастіше судно має тільки носовий ПП. Це порозумівається тим, що розміщення кормових ПП звичайно супроводжується значними труднощами, зв'язаними з розташуванням у кормовій частині судна валопроводів гребних

гвинтів. Крім того, в одногвинтового судна носовий край менш керований, чим кормовий.



a)



б)

Рисунок 1.2- Загальний вигляд носових підрулюючих пристроїв

а) без запобіжних ґратниць; б) з запобіжними ґратницями

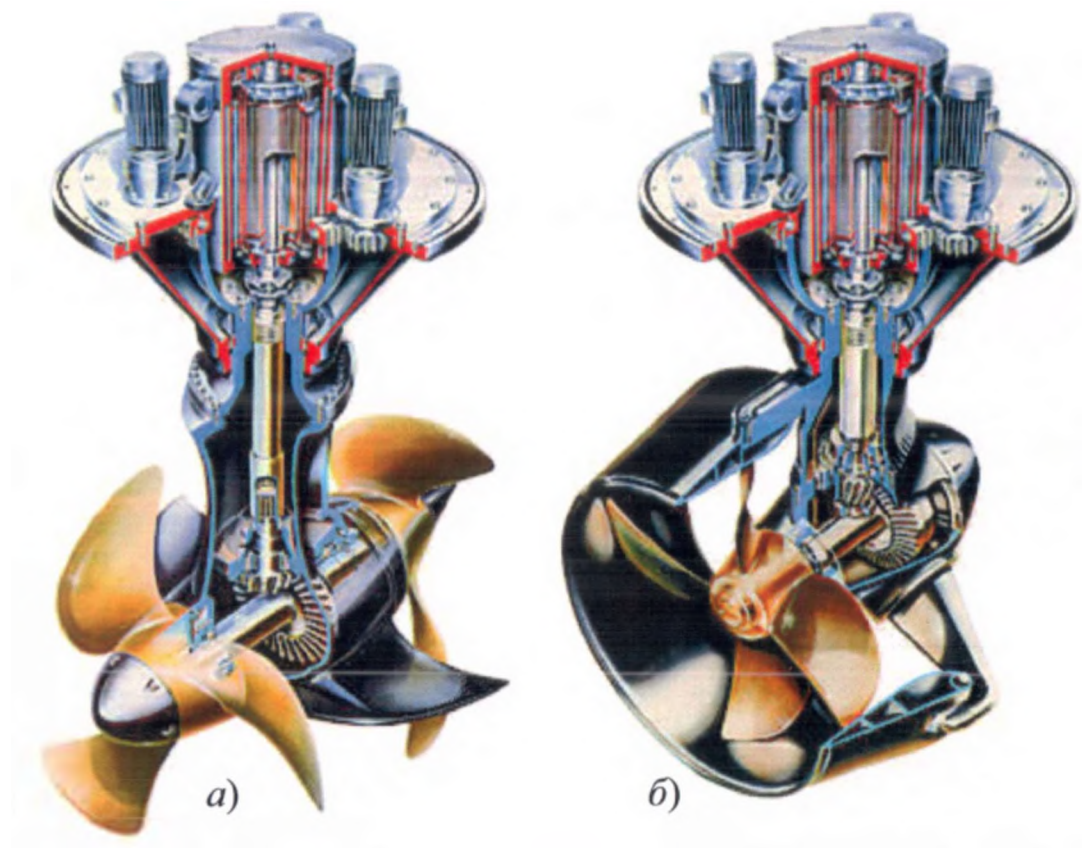


Рисунок 1.3 - Підрулюючий пристрій з конічною зубчастою передачею

а) двогвинтовий; б) одногвинтовий

У залежності від напрямків упора розрізняють поперечні і азимутальні ПП. Перші створюють вектор сили упора, перпендикулярний до діаметральної

площини (ДП) судна. Другі (поворотні гвинтові колонки) забезпечують вибір напрямку вектора упора в діапазоні курсових кутів від 00 до 3600 .

Класифікацію ПП виконують по декількох основних ознаках, кожна з яких впливає на електричну частину привода:

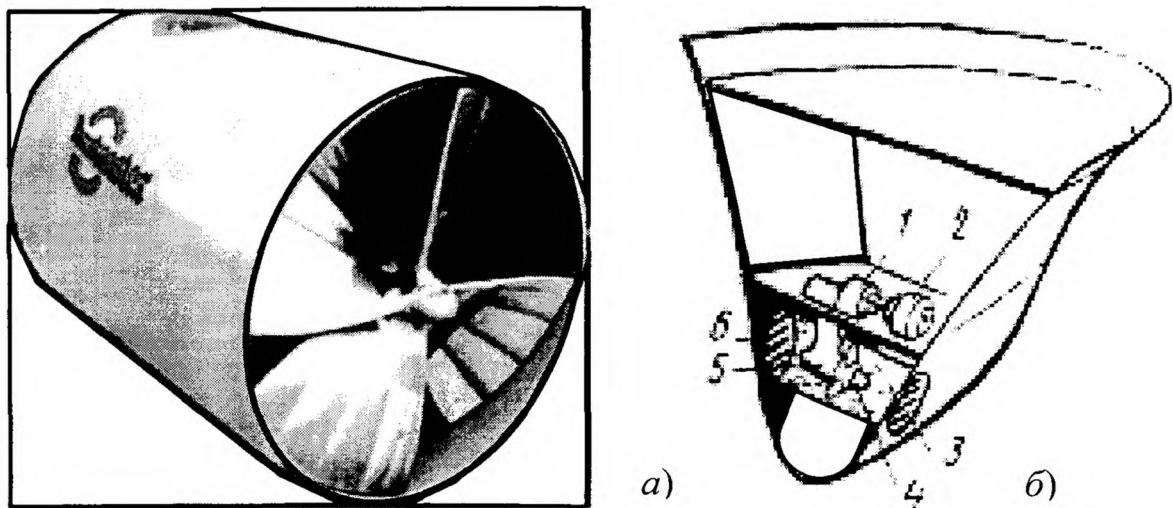
по виду робочого органа - із гребними гвинтами: гвинтом фіксованого кроку (ГФК) і гвинтом регульованого кроку (ГРК), з насосами, із крильчатими рушійми;

по виду передачі - з конічною зубчастою (рисунок 1.3), з гідравлічною (за допомогою об'ємної гідромумфти) передачею, з роликовим ланцюгом;

по виду каналу - з прямим, з S - образним, з Z - образним, з U - образним каналом (рисунок 1.5), а також без каналу - з відкритим рушієм;

по виду приводного двигуна - з електричним двигуном, з гідромотором, з дизельним приводом, з дизель-електричним приводом;

по місцю установки двигуна - у каналі, поза каналом.



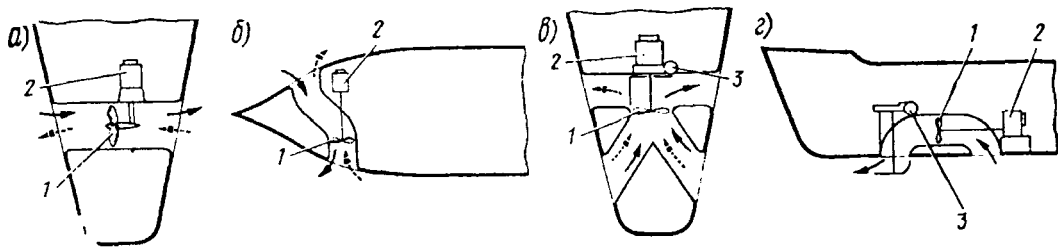
а) загальний вид гвинта в тунелі; б) розташування носового підрулюючого пристрою: 1) редуктор; 2) електродвигун; 3) тунель; 4) гвинт; 5) кронштейн гвинта; 6) забортні отвори з ґратами

Рисунок 1.4 - Поперечний підрулюючий пристрій тунельного типу

На цивільних морських судах застосовуються головним чином поперечні ПП тунельного типу (рисунок 1.4). Вони звичайно містять у собі

пульт керування, наскрізний поперечний канал (тунель) у корпусі судна, розташований

у цьому каналі рушій, а також двигун, що забезпечує рушій необхідною енергією. Канал ПП найчастіше має циліндричну форму і знаходиться нижче ватерлінії. Вхідні отвори каналу (забірні сопла) забезпечуються захисними ґратами для запобігання ПП (як показано на рисунку 1.2) від засмічення сторонніми предметами і від можливих поломок при таких засміченні. Упор тунельного ПП створюється за рахунок реакції потоку, що відкидається рушієм убік одного з бортів судна. Цей упор має напрямок протилежний напрямку потоку, що відкидається.



a - прямим; *б* - S-образним; *в* - Z-образним; *г* - U-образним;

1 - гвинт; 2 - приводний електродвигун гвинта; 3 - привод поворотного дефлектора;

Рисунок 1.5 - Схеми підрулюючих пристроїв з каналом

Навісний ПП (рисунок 1.6) являє собою гвинт, установлений на спеціальному кронштейні в носовій частині судна. Разом із кронштейном гвинт може повертатися в горизонтальній площині, забезпечуючи упор у будь-якому бажаному напрямку. Наявність рухливого кронштейна в цього типу пристрою не дозволяє використовувати великі потужності, тому цей вид пристрою знайшов застосування на порівняно невеликих допоміжних судах.

До ПП варто також віднести активне стерно (рисунок 1.7). Його особливість - наявність допоміжного гвинта, установленного на пері стерна.

Гвинт приводиться в дію електродвигуном, вмонтованим у перо стерна і закритим обтічним кожухом.

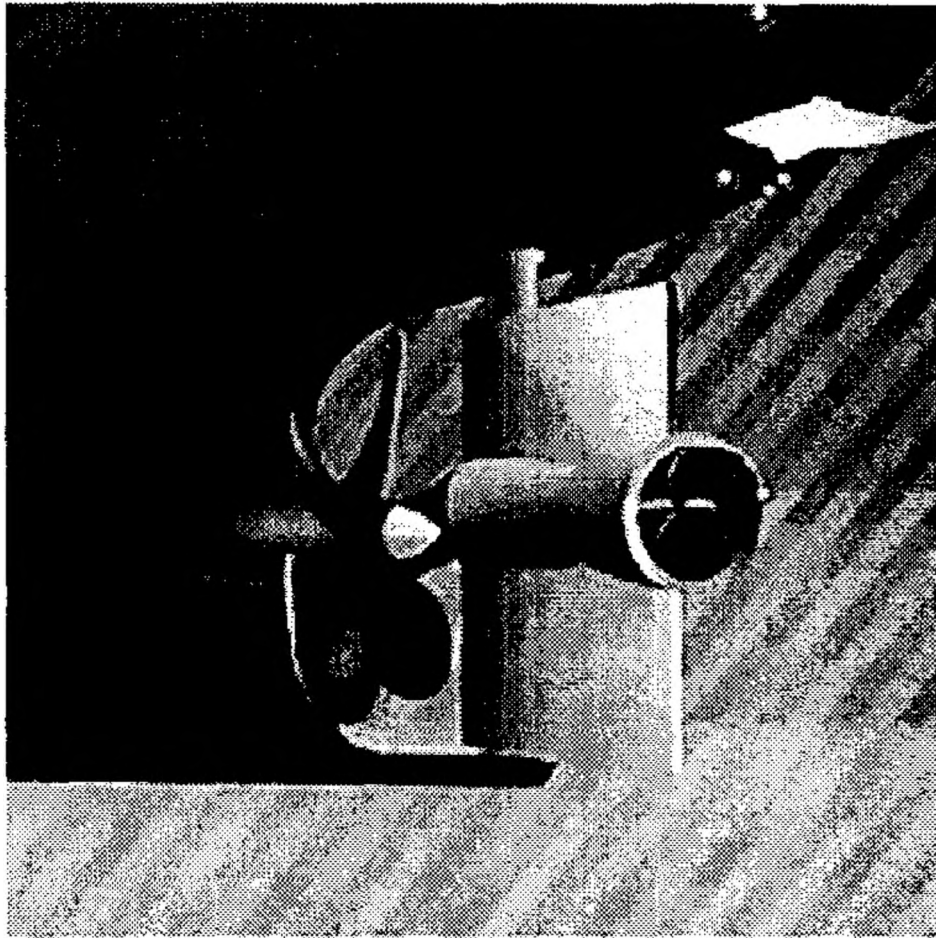


Рисунок 1.7 - Активне стерно

При роботі цього гвинта створюється сила - упор гвинта, що передається на корпус судна під деяким кутом до діаметральної площини, у результаті чого створюється момент, що повертає судно. Величина моменту залежить від кута перекидки стерна. Максимальний момент буде при куті перекидки, рівному 90° , тому кут перекидки активного стерна не обмежується.

Силу, спрямовану під деяким кутом до діаметральної площини, можна одержати також за допомогою поворотної насадки (рисунок 1.8), яка являє собою кільце спеціального профілю, що охоплює гребний гвинт.

Насадка укріплена на балері, за допомогою якого її можна повертати навколо вертикальної осі. При повороті насадки струмінь, який відкидається

гребним гвинтом, відхиляється, що і викликає поворот судна. Судна з поворотними насадками можуть не мати звичайних стернів. Цей пристрій знайшов застосування на річковому флоті і на портових буксирах.

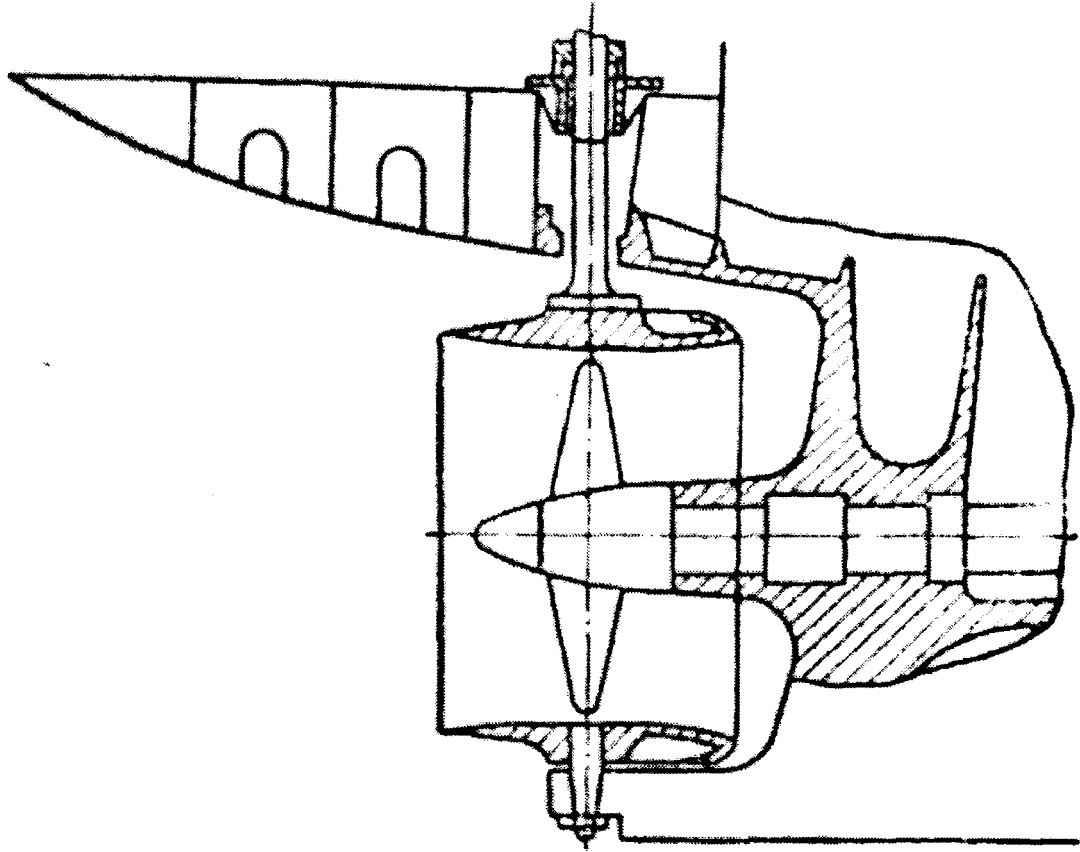


Рисунок 1.8 - Поворотна насадка

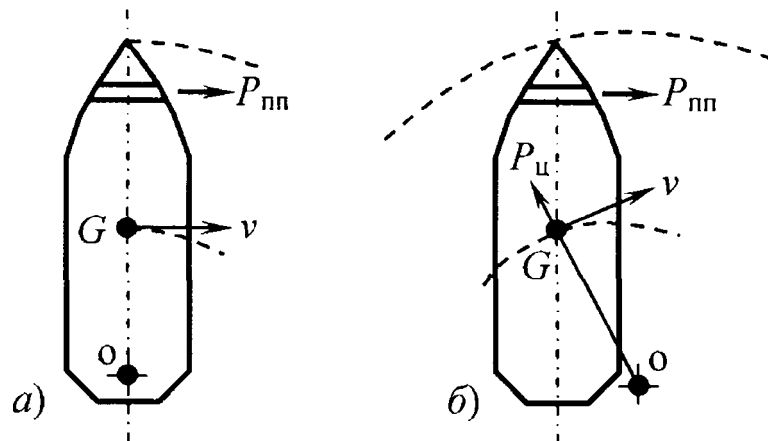
Спочатку ПП встановлювалися на судах спеціального призначення (пороми, буксири тощо), але останнім часом ними стали обладнати пасажирські і вантажні судна (наприклад, ролкери, багатотоннажні танкери й інші).

Розглянемо рух судна від нерухомого стану при використанні носового ПП.

На початку роботи під дією сили $R_{ПП}$ корпус судна починає поворот щодо центра O , що знаходиться в кормовій частині ДП судна чи на її продовженні (рисунок 1.9,а). Зі збільшенням швидкості повороту ростуть кутова швидкість центра маси судна і відцентрова сила $R_{Ц}$. У результаті судно

одержує подовжній рух, а центр циркуляції судна відходить від ДП у напрямку борта повороту (рис. 1.9,б). Цю особливість варто враховувати при експлуатації судна. Для ПП, застосовуються електродвигуни змінного струму асинхронні з короткозамкненим і фазним ротором, двигуни постійного струму (система Г-Д, або напівпровідниковий перетворювач - двигун постійного


Теми_магистри
6371mx.doc
струму).



$P_{пп}$ - сила, яка рухає судно; $P_{ц}$ - відцентрова сила; v - швидкість руху судна

Рисунок 1.9 - Рух судна під дією носових підрулюючих пристроїв

Потужність електродвигуна ПП залежить від необхідної сили тяги F , що визначається на підставі досвіду експлуатації побудованих суден:

$$F = f \cdot L \cdot T$$

де f - відносний упор, кН/м^2 ;

L - довжина судна між перпендикулярами, м;

T - осідання, м.

Відносний упор для суден з помірною маневреністю можна прийняти $f = 0,05 \div 0,1 \text{ кН/м}^2$, для суден з підвищеною маневреністю $f = 0,1 \div 0,17 \text{ кН/м}^2$.

Якщо швидкість витікання води дорівнює v , то потужність, що розвивається ПП

$$P_{\text{ПП}} = F \cdot v,$$

а потужність електродвигуна:

$$P_{\text{ДВ}} = \frac{F \cdot v}{\eta_{\text{Г}} \cdot \eta_{\text{М}}},$$

де $\eta_{\text{Г}}$ - гідравлічний к.к.д. рушія;

$\eta_{\text{М}}$ - к.к.д. механічної передачі.

Номінальна потужність електродвигуна ПП навіть при малих значеннях відносного упору складає $5 \div 10\%$ потужності суднової енергетичної установки, тому він є найбільш потужним приймачем електроенергії.

Висновки:

Підрулюючи пристрої здобули широке застосування більш ніж на 70% різних типів суден, що в процесі експлуатації схильні до збурювальних діянь, які можуть привести до аварійних ситуацій. Тому їх використання є актуальною проблемою.

2 ПРИНЦИПОВІ СХЕМИ ЕЛЕКТРОПРИВОДІВ ПІДРУЛЮЮЧИХ ПРИСТРОЇВ

2.1 Класифікація схем підрулюючих пристроїв

Принципові схеми можуть бути класифіковані за ознаками: роду струму, автономності живлення (від шин суднової електростанції або автономного генератора), відносної потужності (потужність ПП віднесена до потужності працюючих генераторів), системі електропривода, розрахунковому режиму роботи (короткочасний, тривалий). З погляду електричної частини привода найбільш істотним є розподіл їх на дві основні групи:

регульовані - керування тягою здійснюється шляхом зміни частоти обертання електродвигуна;

нерегульовані - керування тягою виконується на механічній стороні, наприклад поворотом лопат гвинта регулюючого кроку ГРК, поворотним дефлектором, гідравлічною передачею й т.п.

У першому випадку система керування електроприводом забезпечує пуск і регулювання частоти обертання, зупинку й реверс електродвигуна, у другому - тільки пуск і зупинку.

На судах транспортного флоту найпоширеніші ПП із прямим каналом, із двигуном поза каналом і конічною зубчастою передачею, хоча є приклади використання й інших рішень: з ланцюговою передачею, із двигуном усередині каналу (водопогрузного виконання або в герметичній гондолі) і ін.

Електропривод підрулюючого пристрою ПП-85. Схема керування ПП-85 відрізняється від узагальненої відсутністю центрального електронного блоку автоматизованого керування [13]. Основні технічні характеристики електродвигунів ГРК і гідронасоса наведені в таблиці 2.1.

Живлення електропривода здійснюється від суднової мережі змінного трифазного струму напругою 380 В, частотою 50 Гц.

Пуск приводного електродвигуна ГРК виконується перемиканням обмотки статора з "зірки" на "трикутник". Час розгону ротора електродвигуна

не перевищує 5 с. Електродвигун витримує чотири пуски в годину з рівними інтервалами.

Приводний електродвигун гідронасоса пускається прямим включенням у мережу.

2.2 Схеми керування приводними електродвигунами підрулюючих пристроїв

Принципова схема керування електроприводом підрулюючого пристрою типу ПП-85 наведена на рисунку 2.1. Вона забезпечує:

- місцевий і дистанційний пуск і зупинку електродвигуна;
- обмеження пускового струму
- блокування, що дозволяє пуск тільки при нульовому кроці лопат ГРК;
- захист тепловий й мінімальний

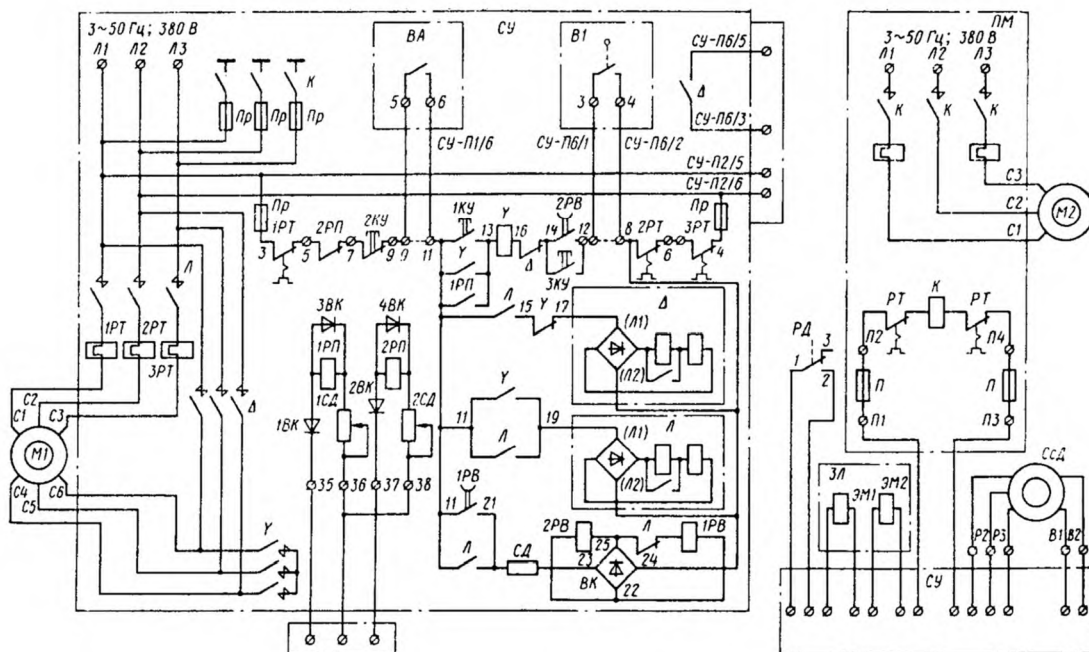


Рисунок 2.1 - Схема електропривода підрулюючого пристрою ПП-85

При подачі живильної напруги в станцію керування СУ через випрямний міст ВК одержують живлення реле часу 1РВ й 2РВ, які замикаючими контактами допоміжного ланцюга (11-21) і (14-12) підготовлюють ланцюг керування до пуску електродвигуна М1.

Для здійснення пуску необхідно, щоб був замкнутий аварійний вимикач ВА (5-6) і лопати ГРК мали нульовий крок. При цьому буде замкнутий контакт В1 (3-4). Місцевий пуск електродвигуна здійснюється натисканням кнопки 1КУ, у результаті чого одержує живлення котушка контактора У, що своїми головними контактами включає обмотку статора в "зірку". Через контакт контактора У (11-19) допоміжного ланцюга одержує живлення котушка лінійного контактора Л, що підключає головними контактами електродвигун М1 до мережі. У результаті розмикання контакту Л (25-27) допоміжного ланцюга втрачає живлення реле часу 1РВ. Якір реле відпадає з витримкою часу й контактом (11-21) допоміжного ланцюга розриває ланцюг живлення котушки реле часу 2РВ. Якір 2РВ відпадає також з витримкою часу і контактом (14-12) допоміжного ланцюга розірве ланцюг котушки контактора У, що головними контактами розірве ланцюга між С4, С5, С6. У результаті включення контактора Л і відключення контактора одержує живлення котушка контактора Л і електродвигун переходить на номінальний режим роботи.

Таблиця 2.1 - Основні технічні характеристики приводних електродвигунів ГРК і гідронасоса, застосовуваних у підрулюючих пристроях

Тип підрулюючого пристрою	Електродвигун	Тип	Номінальна напруга, В	Потужність, кВт	Номінальний струм, А	Номінальна частота обертання, об/хв.

ПП-85	ГРК	АН102-40М	380	121	618	1470
ПП-500	Гідронасо са	АОМ41-4Т	380	2	-	1420
	ГРК	АКМ-500-4КОМ4	380	680	1250	1500
	Гідронасо са	АО2-42-4М	380	5,5	-	1450
KaMeWa	ГРК	НТВ Т/Е 809НЗВ 3	380	590	1050	985
	Гідронасо са	231 TC	380	4,5	-	1500
AN654	ГРК	AN654-2z	380	590	1100	985
	Гідронасо са	mSSJLe 44a	380	5,5	-	1440

У випадку виходу з ладу випрямного моста ВК або реле часу 1РВ, 2РВ перемикання обмоток статора електродвигуна під час пуску може бути зроблене вручну. Для цієї мети одночасно натискають кнопки 1КУ і 3КУ. Після включення контактора кнопка 1КУ може бути відпущена, а 3КУ - після досягнення електродвигуном номінальної частоти обертання.

Для дистанційного пуску електродвигуна імпульсом подається живлення котушці реле 1РП, що замикає контакт, який шунтує кнопку 1КУ, і далі схема працює, як описано вище.

Для місцевої зупинки електродвигуна необхідно натиснути кнопку 2КУ, при цьому гублять живлення контакти Л і Δ, двигун зупиняється. Для

дистанційної зупинки електродвигуна треба імпульсом подати живлення на котушку реле 2РП, що викликає аналогічну дію, як при натисканні кнопки 2КУ.

Захист електродвигуна від перевантаження здійснюється тепловими реле 1РТ-3РТ. Мінімальний захист забезпечується контактом Л, якір якого відпадає при зникненні напруги або зниженні його нижче припустимого рівня.

Підготовка ПП-85 до роботи. Зовнішнім оглядом необхідно переконатися, чи немає сторонніх предметів поблизу обертових частин електродвигунів, в станції керування, магнітному пускачі й інших елементах електропривода; перевірити надійність затискачів у місцях приєднання кабелів і проводів; перевірити включення аварійного вимикача ВА в системі керування; подати живлення на фідери, які живлять електродвигун; зробити перевірочний дистанційний пуск електродвигуна гідронасоса; якщо є необхідність, розвернути лопати ГРК у нульове положення; при високій температурі повітря забезпечити гарну вентиляцію приміщення підрулюючого пристрою.

Порядок введення ПП-85 у дію й спостереження за роботою. Необхідно зробити пуск електродвигуна ГРК натисканням кнопки 1КУ на станції керування. Під час роботи електропривода спостерігати, чи немає ненормального шуму електродвигунів; стежити за нагріванням підшипників й обмоток електродвигунів.

Електродвигун, що відключився внаслідок спрацьовування теплового захисту, ГРК або гідронасоса може бути запущений після закінчення 2-3 хв, необхідних для охолодження нагрівальних елементів теплових реле. Повернення реле у вихідне положення може бути зроблено примусово натисканням кнопки на самому реле.

Ручний пуск електродвигуна гідронасоса виконується дистанційно з поста керування подачею живлення на котушку контактора К, що, замкнувши свої головні контакти, підключить електродвигун М2 до мережі. Після пуску

гідронасос підвищить тиск масла, про що дасть сигнал реле РД своїм замикаючим контактом (1-2), на посту керування загориться сигнальна лампа.

Електродвигун М2 зупиняють дистанційно з поста керування шляхом зняття напруги з котушки контактора К.

Підрулюючий пристрій ПП-500 є найбільш сучасним з вітчизняних, експлуатованих на судах. Характерною його особливістю є можливість плавного регулювання частоти обертання приводного електродвигуна ГРК за схемою асинхронного вентильного каскаду в діапазоні від 720 до 1420 об/хв. Дані електропривода ПП-500 наведені в таблиці 2.1.

Пристрій дистанційного автоматизованого керування ПП-500 забезпечує: світлову сигналізацію про подачу живлення, пуск і зупинку електродвигунів ГРК і гідронасоса, керування поворотом лопат ГРК, контроль кута повороту лопат, перемикання на ручне (аварійне) керування ГРК, плавне регулювання частоти обертання електродвигуна ГРК.

Крім того, пуск електродвигуна ГРК можливий тільки при нульовому куті повороту лопат, діапазон кута повороту лопат гвинта обмежений кінцевими вимикачами, керування підрулюючим пристроєм можна здійснювати тільки з одного з обраних постів.

На рисунку 2.2 наведена принципова схема керування гідросистемою повороту лопат ГРК ПП-500.

Перемикачами ППУ1 і ППУ2 виконується відповідно вибір виду й поста керування. При установці ППУ1 у положення «0» ланцюга керування електродвигунів ГРК і гідронасоса перемикаються на місцеве керування, а ланцюга живлення соленоїдів керуючого клапана відключаються. При цьому керування ГРК здійснюється ручним впливом на клапан.

Живлення на ланцюзі керування подається при установці ключа 1-В1 у положення "Підготовка" і спрацюванні реле 2Р1, що виключає виконання випадкових команд після знеструмлення системи й наступного відновлення живлення, а також перемикання керування з одного поста на інший.

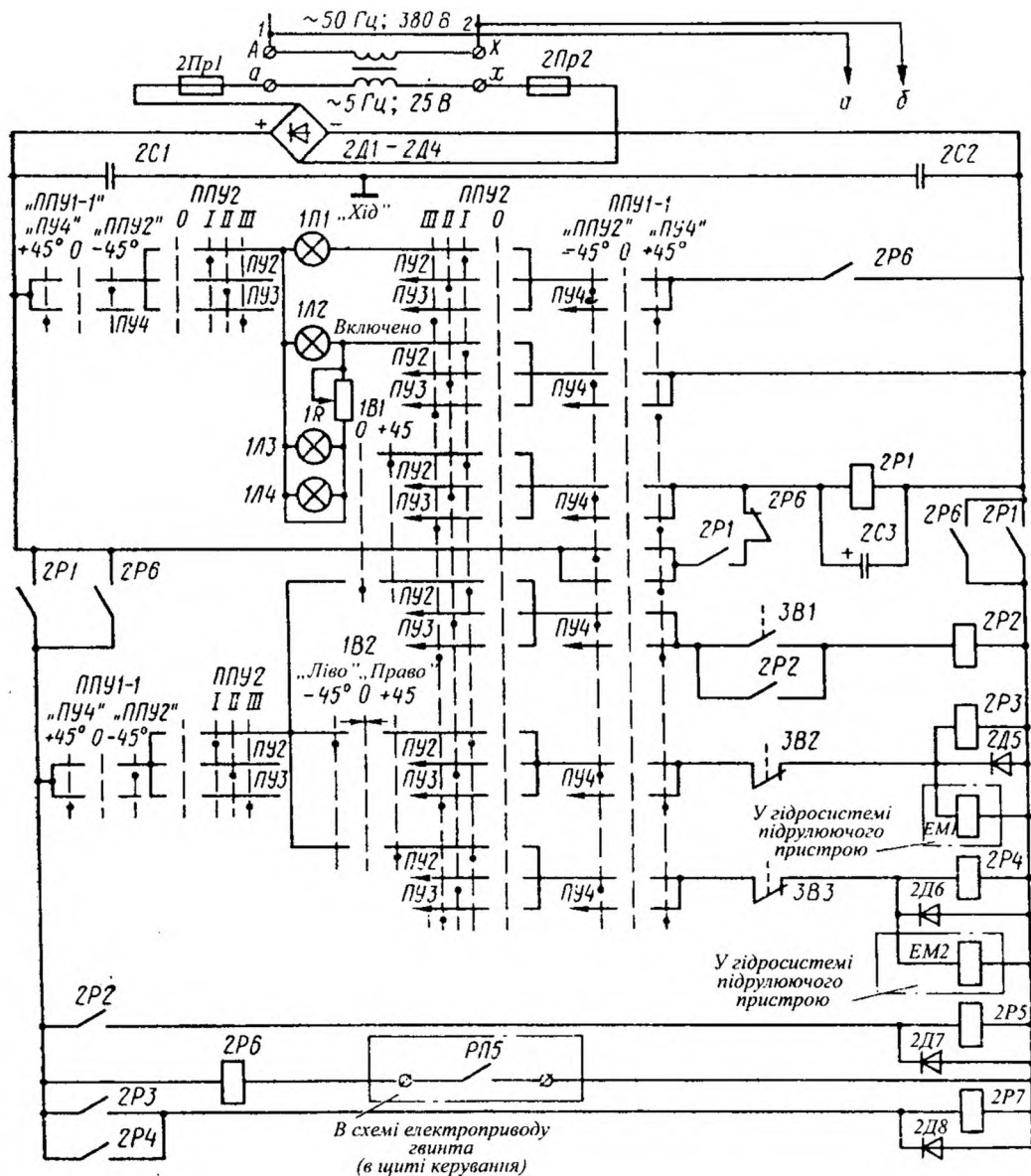


Рисунок 2.2 - Принципова схема керування гідросистемою повороту лопат ГРК підрулюючого пристрою ПП-500

Керування поворотом лопат ГРК виробляється ключем 1-В2, при повороті

якого в положення "Ліво" включається електромагніт ЕМ1 і керуючий клапан забезпечує подачу масла в серводвигун для повороту лопат уліво по шкалі показчика кута повороту лопат. Одночасно спрацьовують реле 2-Р3 й 2-Р7, внаслідок чого запускається приводний електродвигун гідронасоса. Тиск масла піднімається й лопати ГРК повертаються в заданому напрямку. При

досягненні лопатами ГРК заданого кута повороту ключ керування 1-B2 самоповерненням переводиться в нульове положення, електромагніт ЕМ 1 втрачає живлення, ротор приводного електродвигуна гідронасоса зупиняється, тиск у гідросистемі знижується. Аналогічно відбувається поворот лопат в іншу сторону. Поворот лопат ГРК обмежується вимикачами 3-B2 (при повороті вліво) і 3-B3 (при повороті вправо). Контроль кута повороту лопат ГРК здійснюється системою синхронної передачі кута.

Пуск електродвигуна ГРК виконується переключенням ключа керування 1 - В1 з положення "Підготовка" у положення "Хід". Пуск приводного електродвигуна ГРК можливий тільки при нульовому положенні лопат ГРК, коли контакт вимикача 3-В1 замкнений і підготовлений ланцюг живлення реле Р-Р2. При його спрацьовуванні подається живлення на реле 2-Р5, що замикає свої контакти, даючи сигнал на пуск приводного двигуна ГРК у щит ЩМЛ-6701, що забезпечує необхідну послідовність операцій при пуску. Принципова схема керування гідросистемою повороту лопаток ГРК ПП-500 наведена на рисунку 2.2.

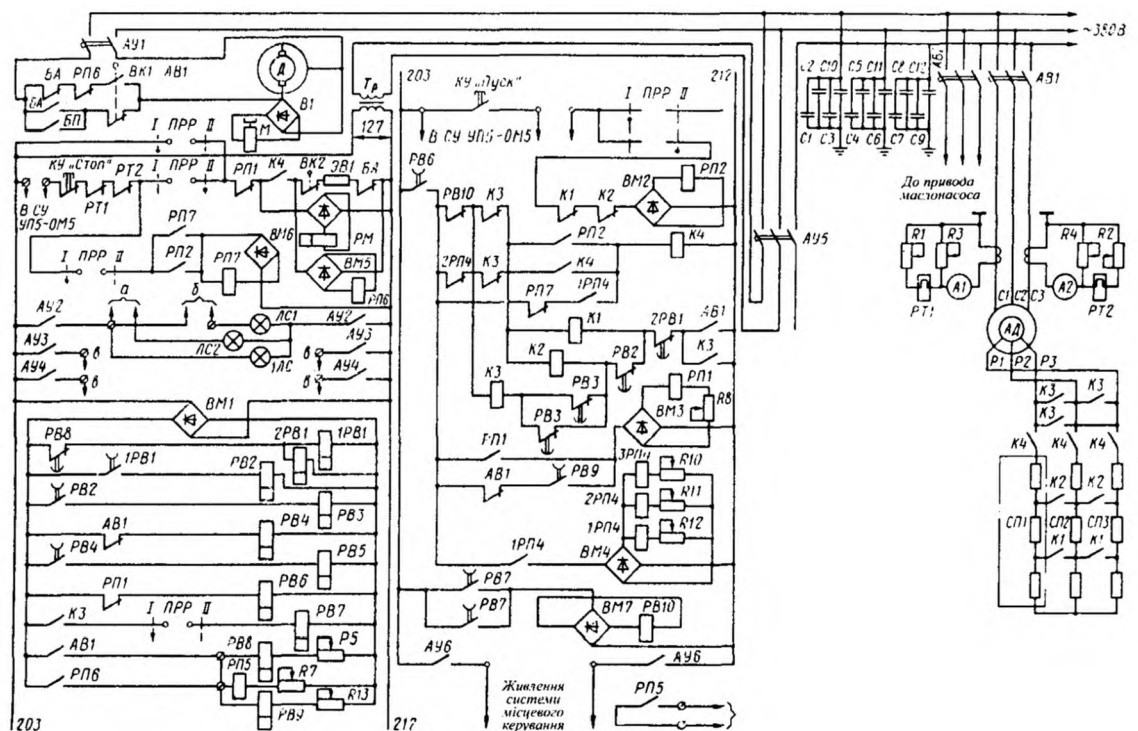


Рисунок 2.3. Принципова схема пуску електродвигуна ГРК підрулюючого пристрою ПП-500

Черговість спрацьовування елементів схеми автоматичного управління пуском електродвигуна полягає в наступному (рисунк 2.3).

Перемикач ПРР повинен бути встановлений у положення 1. При подачі напруги на схему керування одержують живлення котушки реле 1РВ1, 2РВ1, РВ4, РВ6. Замикаючий контакт 1РВ1 включає ланцюг котушки РВ2, що подає живлення на реле РВ3. Одночасно замикаючий контакт РВ4 замикає ланцюг котушки РВ5, а розмикальний контакт РВ5 розриває ланцюг котушки РП1. Після спрацьовування перерахованих елементів схема керування готова до пуску приводного електродвигуна ГРК.

Після подачі сигналу на пуск двигуна замикається ланцюг котушки контактора К6, що подає живлення на систему імпульсно-фазового управління інвертора, що приводить до замикання контакту реле РП3 у ланцюзі котушки РП2.

Останнє замикає ланцюг котушок контактора К4 і реле Р7. Головні контакти К4 підключають обмотку ротора електродвигуна ГРК до пускових опорів.

Замикаючий контакт К4 допоміжного ланцюга замикає ланцюг вмикаючого електромагніта привода автоматичного вимикача АВ1 і котушки РП6. Головні контакти АВ1 підключають обмотку статора електродвигуна до мережі. Починається розгін двигуна при повністю уведеному в ланцюг ротора пусковому резисторі. При спрацьовуванні АВ1 його замикаючий контакт допоміжного ланцюга замикає ланцюг котушки РВ8, розмикаючий контакт якої перериває ланцюг живлення котушок 1РВ1, 2РВ1. Реле часу 2РВ1 забезпечує витримку часу, по закінченні якої воно своїм контактом замикає ланцюг живлення котушки контактора К1. Головні контакти його шунтують перший щабель пускового реостата. Другу витримку часу забезпечує реле РВ2, ланцюг живлення якого перервана контактом реле 1РВ1. Реле часу замикає ланцюг живлення котушки К2, головні контакти якого шунтують другий щабель пускового реостата. При спрацьовуванні РВ2 його замикаючий контакт розриває ланцюг живлення котушки РВ3, що з витримкою часу подає

живлення котушці контактора КЗ, і він своїми контактами шунтує третій щабель пускового реостата. Розмикальний контакт допоміжного ланцюга знеструмлює котушки К1, К2, К4, внаслідок чого обмотка ротора двигуна виявляється відключеною від пускових резисторів, що замикає контакт КЗ створює ланцюг живлення котушки РВ7, а його контакт замикає ланцюг котушок К5, РВ10, замикаючий контакт РВ10 розриває ланцюг котушки КЗ, головні контакти К5 підключають обмотку ротора електродвигуна до випрямляча для роботи в схемі. Замикаючий контакт К5 допоміжного ланцюга включає реле 1РП4, 2РП4, 3РП4, які залишаються включеними протягом усього часу роботи електродвигуна за схемою асинхронно-вентильного каскаду (АВК).

Улаштування і робота електропривода ГРК. Регулювання частоти обертання електропривода ГРК здійснюється за схемою АВК, спрощена схема якого наведена на рисунок 2.4.

Регулювання частоти обертання відбувається таким чином. При роботі інвертора на його виході є напруга U_{di} , що залежить від кута керування тиристорів. На виході некерованого випрямляча також є напруга U_{dp} , яка пропорційна ковзанню двигуна. Струм між інвертором І і ВН протікає тільки тоді, коли напруга ВН більше напруги інвертора. У зворотну сторону струм протікати не може через наявність у ланцюзі вентилів.

Обертаючий момент

$$M = k\Phi \cdot I_{dp}$$

де I_{dp} - струм у роторному ланцюзі.

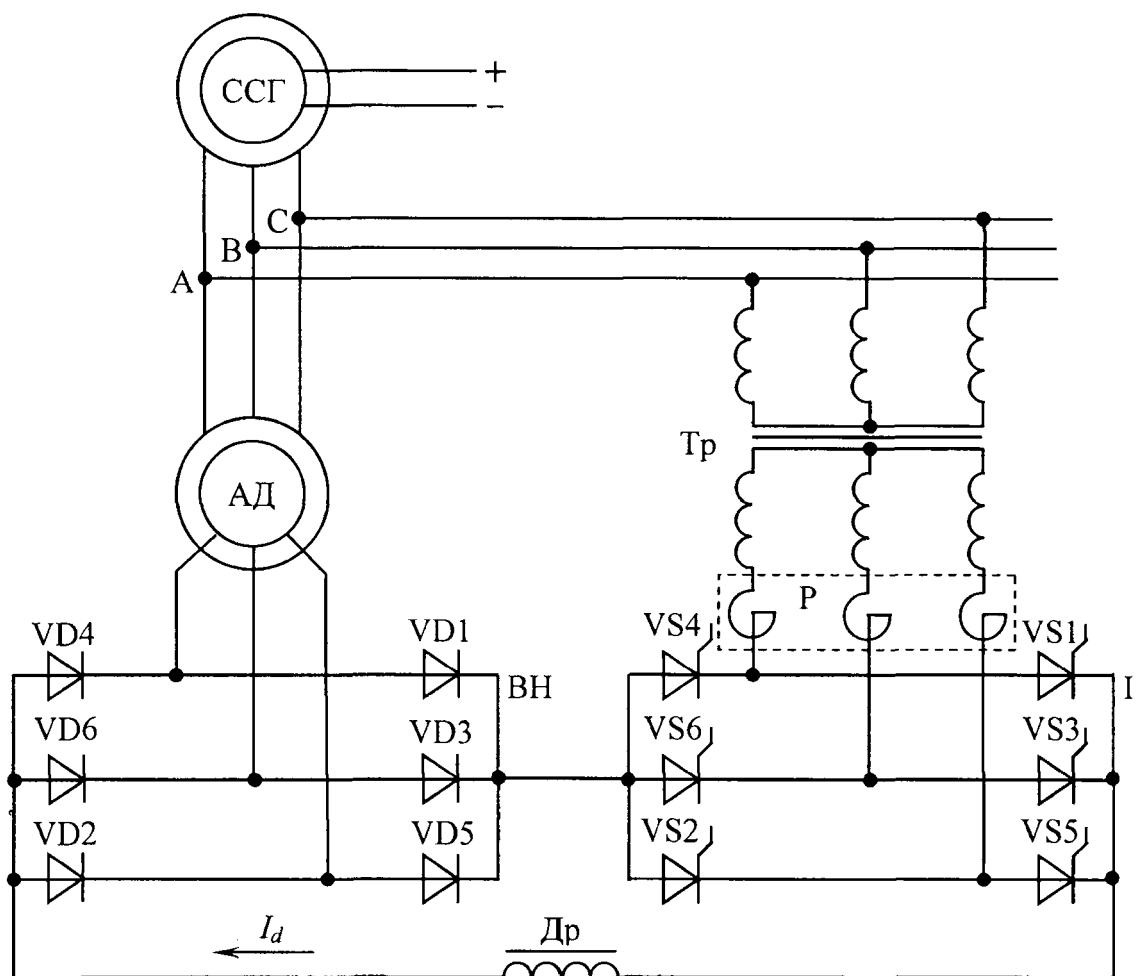
При протіканні струму між ВН й інвертором вірна рівність

$$U_{dp} = U_{di} + I_d \cdot R_{екв}$$

де $I_d \cdot R_{екв}$ - спадання напруги на елементах силового ланцюга.

Ця величина в сталих режимах постійна й дорівнює $20-30 \text{ В}$. Так як $I_d \cdot R_{\text{екв}}$ постійно, то з останньої рівності витікає, що зміні випрямленої напруги інвертора повинна відповідати зміна випрямленої напруги ротора на те ж значення. Випрямлена напруга ротора залежить від ковзання. Тому для виконання рівності необхідно, щоб змінилося ковзання двигуна, тобто його швидкість.

Наприклад, напруга інвертора збільшилася, при цьому зменшиться струм I_d й обертаючий момент, збільшується ковзання й випрямлена напруга ротора.



ССГ - судновий синхронний генератор; АД - асинхронний двигун; Тр - трансформатор; VD1-VD6 - діоди; ВН - випрямляч некерований; VS1-VS6 - тиристори; І - інвертор; Др - згладжувальний дросель; Р - струмообмежувальний реактор;

Рисунок 2.4 - Схема асинхронно-вентильного каскаду

Гальмування відбувається доти, поки напруга ротора не стане рівною напрузі інвертора, з урахуванням падіння напруги в силовому ланцюзі. При великому скачці напруги інвертора убік збільшення струм у випрямленому ланцюзі може стати рівним нулю, і ротор двигуна буде гальмуватися моментом навантаження на валу доти, поки напруга інвертора U_{dI} не стане рівною напрузі ротора U_{dr} . Зниження напруги інвертора приводить до збільшення струму роторного ланцюга, тобто до збільшення моменту двигуна. Ротор двигуна розганяється, зменшується ковзання й випрямлена напруга ротора. Розгін триває доти, поки напруга ротора не стане рівною напрузі інвертора з урахуванням падіння напруги в силовому ланцюзі. У схемі АВК передбачений режим к.з. У цьому режимі І працює в режимі випрямляча, покриваючи втрати $I_d R_{екв}$. У випрямному ланцюзі й забезпечуючи відкриття додаткових вентилів у ВН. Ротор АД виявляється закорочений через вентиля ВН. Е.р.с. фаз АД врівноважуються спаданням напруги на опорі фаз двигуна. АД працює з ковзанням, близьким до номінального.

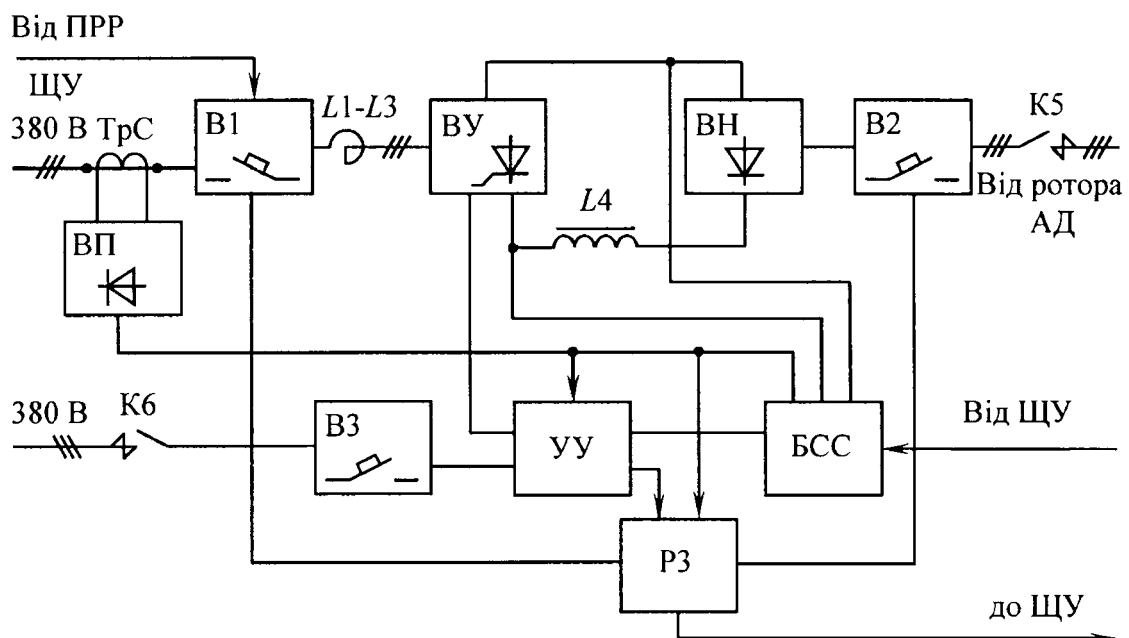


Рисунок 2.5 - Функціональна схема випрямно-інверторного перетворювача

Регулювання середнього значення випрямленої напруги здійснюється зміною кута керування тиристорів.

Інвертор І, побудований за принципом несиметричного керування для поліпшення енергетичних показників привода. При зміні кута відкриття вентилів керованої групи поста від 40 до 140° І працює в режимі інвертора, веденого мережею, при 180° - у режимі випрямляча.

У схемі електропривода передбачена стабілізація частоти обертання АД на рівні, що відповідає задавальному сигналу. Вимір частоти обертання АД здійснюється непрямим методом - виміром середнього значення напруги інвертора І й струму роторного ланцюга.

Глибокий негативний зворотний зв'язок по напрузі інвертора забезпечує стабілізацію напруги ВУ на рівні, що відповідає задавальному сигналу, а гнучкий негативний зв'язок по струму - стійкість характеристик інвертора. У цих умовах напруга інвертора пропорційна ковзанню АД і стабілізація напруги інвертора відповідає стабілізації частоти обертання АД.

Для забезпечення необхідної потужності випрямно-інверторного перетворювача, виходячи з параметрів вентилів, необхідне включення трьох паралельних вентилів у плече мостової схеми ВУ і ВН. Особливістю схеми АВК є пропорційність частоти струму ротора АД ковзанню ($f_2 = sf_1$). Внаслідок цього напруга на вході некерованого випрямляча ВН має частоту 2-25 Гц. У цих умовах вирівнювання навантаження паралельно працюючих ВН не може здійснюватися за допомогою індуктивних подільників через низьку частоту струму.

У зв'язку із цим застосовується наступна схема силового ланцюга АВК: випрямляч і інвертор складаються із двох мостів, що містять по одному вентилю в плечі; міст випрямляча з'єднаний з мостом інвертора через згладжуючий дросель; міст інвертора підключений до мережі через трансформатор Тр і свій струмообмежувальний реактор Р (рисунок 2.4).

Таким чином, випрямно-інверторний перетворювач складається - із трьох галузей, розділених по постійному струмі. Функціональна схема ВПІ наведена на рисунку 2.5.

Дроселі, включені в мережу частотою 50 Гц, яка живить І, забезпечують вирівнювання завантаження окремих галузей випрямно-інверторного перетворювача, а також обмеження: швидкості наростання струму в режимі комутації клапанів І; сили струму двофазного к. з. в аварійних режимах; миттєвих провалів напруги на шинах генератора ССГ, який живить електропривод, при комутації клапанів І; коефіцієнта нелінійних спотворень напруги на шинах генератора, що живить електропривод. Згладжуючий дросель включений на стороні постійного струму ВН, зменшує пульсації випрямленого струму ротора з метою зниження втрат АВК від вищих гармонік струму силового ланцюга й зменшення паразитних моментів асинхронного двигуна.

Висновки:

Розглянувши деякі принципові схеми керування підрулюючих пристроїв, бачимо що актуальним є встановлення на судно носового підрулюючого пристрою тунельного типу, схема керування електропривода якого є асинхронно- клапанний каскад.

3 СТАТИЧНИЙ РОЗРАХУНОК ЕЛЕКТРОПРИВОДА ПІДРУЛЮЮЧОГО ПРИСТРОЮ

3.1 Розрахунок потужності електродвигуна і статичних механічних характеристик

Для визначення потужності приймаємо, що діаметр труби підрулюючого пристрою $D_{\text{гр}} = 1,05$ м; коефіцієнт упору дорівнює $a = 1,0$; розвивана лінійна швидкість при руху гвинта $v = 7,8$ м/с, тоді

$$P_{\text{дв}} = v_{\text{гв}}^2 \frac{a}{k^2} D_{\text{гр}}^2 = 7,8^2 \frac{1,0}{0,021^2} 1,05^2 \cong 150 \text{ кВт}$$

де k - конструктивний коефіцієнт.

Знаючи значення швидкості, що розвивається гвинтом, визначимо упор створений їм $T_{\text{уп}}$ кН,

$$T_{\text{уп}} = a \cdot \left(\frac{v_{\text{гв}} \cdot D_{\text{гр}}}{\lambda} \right)^2 = 1,0 \cdot \left(\frac{7,8 \cdot 1,05}{0,035} \right)^2 = 54756 \cong 55 \text{ кН},$$

де λ - поправковий коефіцієнт.

Отже при потужності двигуна в 150 кВт можна досягти упора в 55 кН.

Вибираємо двигун з основними технічними даними серії 4А [8]:

Типорозмір двигуна 4АНК280М4; Номінальна потужність $P_{\text{ном}} = 160,0$ кВт;

Таблиця 3.1 – Параметри двигуна.

Номінальна напруга	$U_{1\text{ном}} = 220/380 \text{ В};$
Синхронна швидкість	$n_c = 1500 \text{ об/хв};$
Номінальний коефіцієнт корисної дії	$\eta = 92,5\%;$
Коефіцієнт потужності	$\cos \varphi = 0,88;$

Номінальний струм ротора	$I_{\text{ном.р}} = 330 \text{ A};$
Номінальний момент	$M_{\text{ном}} = 1020 \text{ Нм};$
Електрорушійна сила ротора	$E_{p0} = 300 \text{ В};$
Номінальне ковзання	$s_{\text{ном}} = 2,6\%;$
Критичне ковзання	$s_{\text{кр}} = 10,7\%$
Перевантажувальна здатність	$M_{\text{к}}/M_{\text{ном}} = 2,0;$
Коефіцієнт приведення опорів	$k_c^2 = 1,2;$
Активний опір обмотки статора	$R'_1 = 0,024 \text{ в. о.};$
Індуктивний опір обмотки статора	$X'_1 = 0,12 \text{ в. о.};$
Активний опір обмотки ротора, наведений до обмотки статора	$R''_2 = 0,028 \text{ в. о.};$
Індуктивний опір обмотки ротора, наведений до обмотки статора	$X''_2 = 0,014 \text{ в. о.};$
Момент інерції двигуна	$J_{\text{дв}} = 2,11 \text{ кг} \cdot \text{м}^2;$
Потужність приводу механізму зміни кроку	$P_{\text{МЗК}} \cong 0,5\% P_{\text{ном}}.$

Для перерахунку опорів використовуємося наступною методикою.

Номінальний фазний струм статора визначається за формулою $I_{1\text{ном}}, \text{ A},$

$$I_{1\text{ном}} = \frac{P_{\text{ном}}}{3U_{1\phi} \cos \varphi_{\text{ном}} \eta_{\text{ном}}} = \frac{160000}{3 \cdot 220 \cdot 0,88 \cdot 0,925} = 297,82 \text{ A}.$$

Активні та індуктивні опори статорної і роторної обмоток відповідно:

$$r_1 = R'_1 Z_{\text{ном}} = 0,024 \cdot 0,74 = 0,018 \text{ Ом};$$

$$x_1 = X'_1 Z_{\text{ном}} = 0,12 \cdot 0,74 = 0,089 \text{ Ом};$$

$$r'_2 = R''_2 Z_{\text{ном}} = 0,028 \cdot 0,74 = 0,021 \text{ Ом};$$

$$x'_2 = X''_2 Z_{\text{ном}} = 0,014 \cdot 0,74;$$

$$Z_{\text{ном}} = \frac{U_{1\phi}}{I_{1\text{ном}}} = \frac{220}{297,82} = 0,74 \text{ Ом}.$$

Асинхронно-вентильний каскад (рисунок 2.4) складається з асинхронного двигуна АД, вентильного перетворювача НВ, інвертора І і трансформатора Тр. Ця схема відноситься до категорії з проміжною ланкою постійного струму. Вентильний перетворювач ВН є некерованим і призначений для випрямлення струму ротора, що має частоту ковзання. Випрямлений струм за допомогою інвертора І перетворюється в змінний струм частотою, рівній частоті мережі. Для згладжування випрямленого струму включений дросель Др.

Для зручності запису рівнянь використовуємо схему заміщення асинхронно-вентильного каскаду (рисунок 3.1).

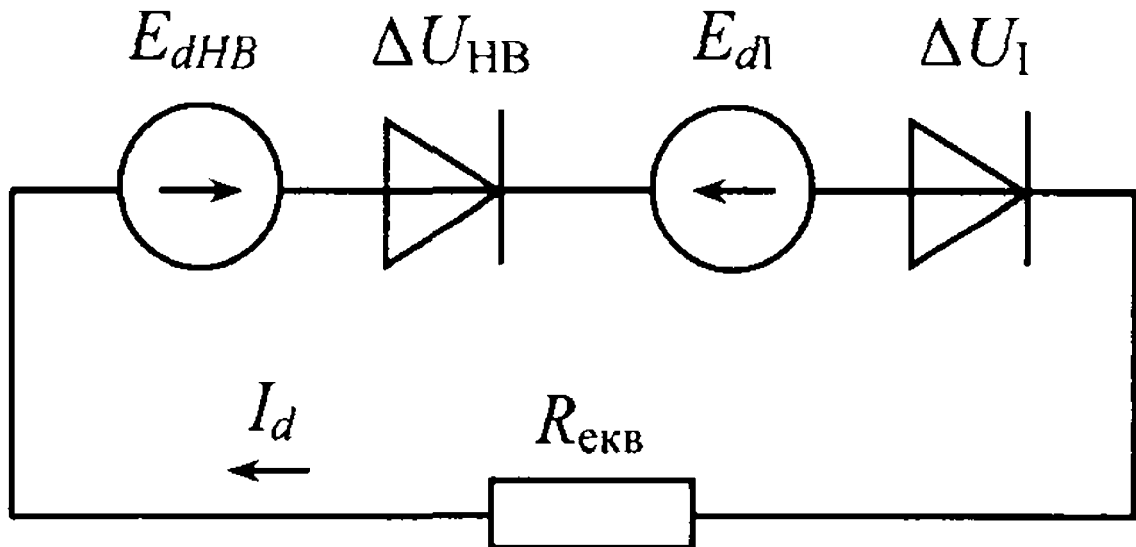


Рисунок 3.1- Схема заміщення асинхронно-вентильного каскаду

Принцип дії каскаду розглянуто у главі 2. В ланцюг випрямленого струму ротора з електрорушійною силою $E_{dВН}$ (рисунк 3.1) вводиться за допомогою інвертування регульована додаткова ЕРС E_{dI} .

Для асинхронно-вентильного каскаду випрямлений струм визначається по формулі [12]:

$$I_d = \frac{E_{d0}s - E_{d0}I \cos \beta - \Sigma \Delta U_{НВ}}{R_{екв}}, \quad (3.1)$$

$$\text{де } R_{екв} = \frac{3x_{дв}s}{\pi} + \frac{3x_{тр}}{\pi} + 2R'_1s + 2R_2 + R_{др} + 2R_{тр} \quad (3.2)$$

- еквівалентний опір асинхронно-вентильного каскаду;

$x_{дв} = x'_1 + x_2$ - опір розсіювання фази двигуна;

R'_1, x'_1 - приведені к ланцюгу ротора активний і індуктивний опори фази статора АД;

x_2, R_2 - індуктивний і активний і опори фази ротора;

s - ковзання асинхронного двигуна;

$x_{тр}, R_{тр}$ - реактивне і активне опори трансформатора, приведені до його вторинної обмотки;

β - кут регулювання інвертору.

$E_{dВН} = E_{d0}$ - середня напруга на виході випрямного моста при розімкнутому ланцюзі постійного струму і ковзані $s = 1$;

$\Delta U_{НВ}$ - падіння напруги на одному вентилі при проходженні прямого номінального струму;

$R_{др}$ - активний опір дроселя;

$\Sigma \Delta U_B$ - сумарне падіння напруги у вентилях роторної і інверторної груп;

Випрямляч і інвертор включені по трифазній мостовій схемі тоді:

$$E_{d0} = 2,34E_{2к.ф}, E_{2к.ф} = 1,35E_{2к}; E_{d0} = 2,34E_{2ф}$$

У руховому режимі при кутовій швидкості нижче за синхронну потік енергії направлений від випрямляча до інвертору і струм і напруга випрямляючого ланцюга мають однаковий напрям.

Момент, який розвиває асинхронний двигун АД М, Нм,

$$M = k\Phi I_p \cos \varphi_2 \quad (3.3)$$

де I_p – струм ротора, а оскільки магнітний потік пропорційний ЕРС , то

$$M = kk_1 E_{2k\phi} I_p \cos \varphi_2 \quad (3.4)$$

У (3.4) $E_{2k\phi} I_p \cos \varphi_2$ є активною потужністю фази ротора двигуна, або електромагнітною потужністю, яка передається магнітним полем, що обертається, з розрахунку на одну фазу ротора.

Нехтуючи в першому наближенні вищими гармоніками струму ротора, можна виразити момент АД у вентильному каскаді (в межах першого режиму роботи випрямляча) таким чином:

$$M = \frac{3}{\omega_0} \frac{1}{\pi} \int_{-\frac{\pi}{m_1}}^{\frac{\pi}{m_1} + \gamma} i_p e_p d\varphi_{ел} \quad (3.5)$$

де $i_p(\varphi_{ел})$ - миттєве значення фазного струму ротора;

$e_p(\varphi_{ел})$ - миттєве значення фазної ЕРС ротора;

$\varphi_{ел} = \omega_0 t$ - поточне значення електричного кута;

γ - кут комутації;

ω_0 - кутова швидкість поля статора;

$m_1 = 3$ - число фаз ротора.

Визначивши струм в схемі в припущенні, що $L_{dp} = \infty$, і інтегрувавши (3.5), одержимо

$$M = \frac{3\sqrt{2}}{\pi\omega_0} E_{2к.ф} I_d \sin \frac{\pi}{m_1} (1 + \cos \gamma) \quad (3.6)$$

Підставивши в (3.6) значення $\cos \gamma$, знайдемо

$$M = \frac{1,35}{\omega_0} \left(E_{2к} - \frac{x_{дв}}{\sqrt{2}} I_d \right) I_d \quad (3.7)$$

або

$$M = \frac{E_{d0} - \frac{m_1 x_{дв}}{2\pi} I_d}{\omega_0} I_d. \quad (3.8)$$

Залежність I_d від s для вентильного каскаду можна записати у вигляді

$$I_d = \frac{E_{d0}(s - \varepsilon \cos \beta + \lambda)}{R_e} \quad (3.9)$$

або

$$I_d = \frac{E_{d0}(s - s_0)}{R_e} \quad (3.10)$$

З (3.1) при $I_d = 0$ нехтуючи ΔU_B , маємо

$$s_0 = \frac{E_{d0} \cos \beta}{E_{d0}} \quad (3.11)$$

де $s_0 = \varepsilon \cos \beta + \lambda$ - ковзання ідеального холостого ходу (при $I_d = 0$), визначене з режимів безперервних струмів;

$$\varepsilon = \frac{E_{d0I}}{E_{d0}} \quad (3.12)$$

$$\lambda = \frac{\Sigma \Delta U_B}{E_{d0}} \quad (3.13)$$

При підстановці виразу I_d з (3.9) в (3.7) остаточно одержуємо залежність

$$M = \frac{E_{d0p}^2 R_{e0}}{\omega_0 R_e^2} (s - s_0), \quad (3.14)$$

де

$$R_{e0} = \frac{3x_{дв}}{\pi} s_0 + \frac{3x_{тр}}{\pi} + 2R_{дв} + 2R_{тр}. \quad (3.15)$$

Формула (3.14) дає наближений аналітичний вираз для механічної характеристики АД в схемі вентильного каскаду, оскільки не враховує моментів від вищих гармонік струму і спотворення форми механічних характеристик в області переривчастих струмів [9].

Швидкість ненавантаженого ходу і відповідне їй ковзання залежать від кута β ; при $\beta = 90^\circ$ $s_{0min} = \lambda$.

Механічні характеристики АД, які розраховані у відносних одиницях в схемі вентильного каскаду при різних кутах β приведені на рисунку 3.2.

Максимальний момент АД в природній схемі включення

$$M_K \approx \frac{E_{2K}^2}{2\omega_0 x_{дв}} \quad (3.16)$$

Тоді відносне значення моменту

$$M^* = \frac{M}{M_K} = 3,64 \frac{x_{дв} R_{e0}}{R_e^2} (s - s_0). \quad (3.17)$$

Скориставшись виразом моменту (3.14), узявши похідну по s і прирівнявши її до нуля, знайдемо критичне ковзання

$$s_{к.к} = 2s_0 + \rho, \quad (3.18)$$

де

$$\rho = \frac{1}{x_{дв}} \left[\frac{x_{тр}}{2} + \frac{2\pi}{3} (R_{дв} + R_{тр}) \right]. \quad (3.19)$$

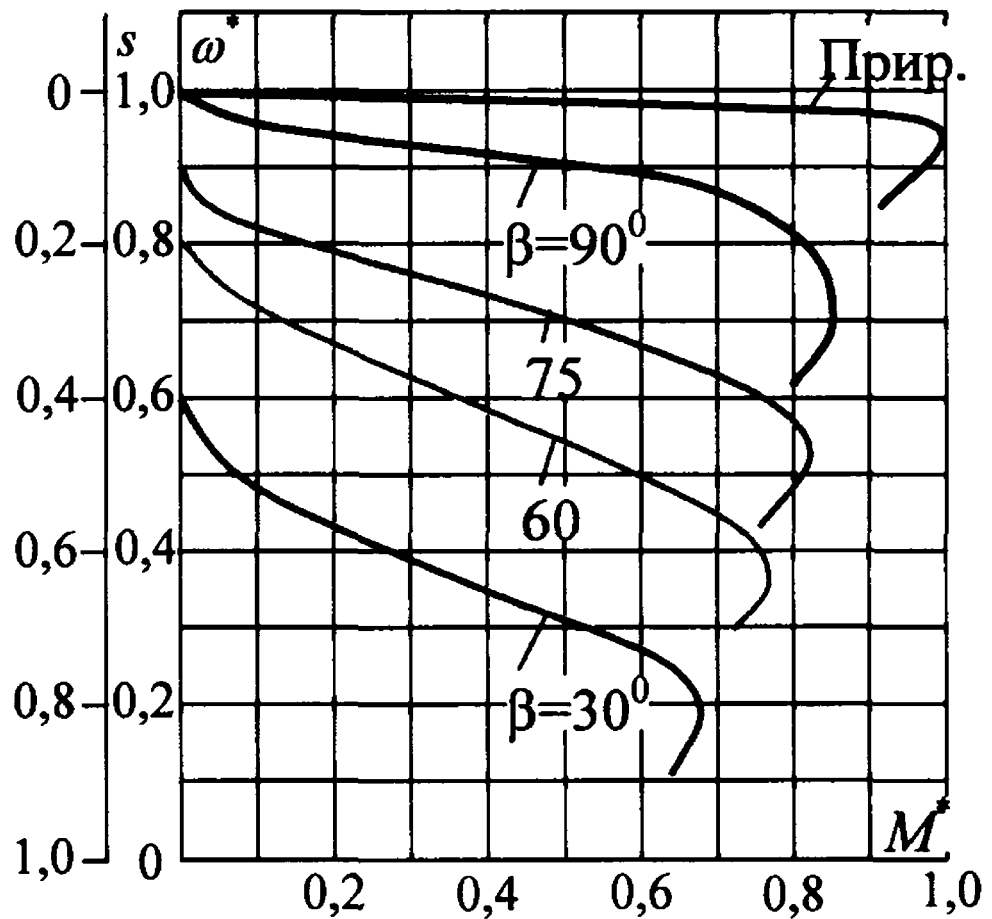


Рисунок 3.2 - Механічні характеристики асинхронного двигуна в схемі асинхронно-вентильного каскаду

Підставивши (3.18) в (3.14), одержимо вираз критичного моменту

$$M_{к0} = \frac{mE_{2к}^2}{2\pi\omega_0 x_{дв}} = 0,955 \frac{E_{2к}^2}{2\omega_0 x_{дв}} \quad (3.20)$$

Момент $M_{к0}$ може бути названий ідеальним максимальним моментом, оскільки в реальних умовах такого моменту двигун не розвиває. Значення ідеального максимального моменту, як видно із зіставлення формул (3.16) і (3.20), менше максимального моменту АД в звичній схемі включення приблизно на 4,5% через додаткове падіння напруги в ланцюзі випрямленого струму.

Підвищене падіння напруги в ланцюзі випрямленого струму обумовлює меншу жорсткість його механічних характеристик.

Приблизно при межевому $M_{1гр} = 0,75 M_{к0}$ випрямляч вентильного каскаду переходить у II-й режим роботи (кут комутації $\gamma = 60^\circ$, і з'являється кут зсуву комутації α_b). У II-му режимі зовнішня характеристика випрямляча виявляється падаючою більш круто, що приводить до різкого спаду швидкості і зменшення максимального моменту каскаду, що не перевищує $0,826 M_{к0}$.

Коефіцієнт при $M_{к0}$ береться із номограм для розрахунку зовнішніх характеристик перетворювача [9].

Підставивши межеве значення струму $I_d = \frac{\sqrt{2}E_{2к}}{4x_{дв}}$ і (3.8), після перетворень одержимо:

$$M = 0,75 \frac{mE_{2к}^2}{4\pi\omega_0 x_{дв}} = 0,75 M_{к0}. \quad (3.21)$$

Отже, в межах першого робочого режиму момент, що розвивається двигуном, не перевищує 0,75 ідеального критичного моменту. Ковзання на межі робочих режимів 1-го і II-го визначається по формулі:

$$s_{1кр} = \frac{4s_0 + \rho}{3} \quad (3.22)$$

Механічні характеристики для значень моментів до $0,75 M_{к0}$ відповідають (3.14). При $M \geq 0,75 M_{к0}$ каскад переходить у II-й режим роботи.

Проводячи ті ж операції, що і для I-го режиму і враховуючи залежність кута α_b від струму I_d для другого режиму, яка має рівняння

$$\sin(\alpha_b + 30^\circ) = \sqrt{2} \frac{x_{дв} I_d}{E_{2к}}, \quad (3.23)$$

знаходимо:

$$M_{II} = \frac{\sqrt{3}}{2} \frac{1,35 E_{2к} I_d}{\omega_0} \cos(\alpha_b + 30^\circ). \quad (3.24)$$

Якщо виразити $\cos(\alpha_b + 30^\circ)$ через (3.23) і підставивши в (3.24), одержимо:

$$M_{II} = \frac{\sqrt{3}}{2} \frac{1,35 I_d}{\omega_0} \sqrt{E_{2к}^2 - 2 x_{дв}^2 I_d^2}, \quad (3.25)$$

або

$$M_{II} = \frac{\sqrt{3}}{2} \frac{I_d}{\omega_0} \sqrt{E_{д0}^2 - \frac{m^2 x_{дв}^2}{\pi^2} I_d^2}.$$

Інший запис формули моменту двигуна при роботі у II-у режимі можна одержати, підставивши I_d з (3.23) в (3.24).

Тоді

$$M_{II} \frac{1,35 \sqrt{6} E_{2к}^2}{8 \omega_0 x_{дв}} \cdot \sin(2\alpha_b + 60^\circ). \quad (3.26)$$

З (3.26) витікає, що максимальне значення моменту двигуна у II-му режимі роботи має місце при $\alpha_b = 15^\circ$:

$$M_{\text{к.каскадII}} = \frac{1,35\sqrt{6}E_{2\kappa}^2}{8\omega_0 x_{\text{дв}}} = 0,826 \frac{E_{2\kappa}^2}{2\omega_0 x_{\text{дв}}} = 0,826 M_{\kappa}. \quad (3.27)$$

Отже, перевантажувальна здатність АД в схемі вентильного каскаду знижується порівняно з його перевантажувальною здатністю в природній схемі включення приблизно на 17%.

У II-му режимі роботи струм I_d може бути знайдено з рівняння електричної рівноваги

$$\frac{\sqrt{3}}{2} s \sqrt{E_{d0p}^2 - \frac{m^2 x_{\text{дв}}^2}{\pi^2} I_d^2} = E_{d0l} \cos \beta + 3\Delta U + I_d \left(\frac{3x_{\text{тр}}}{\pi} + 2R_{\text{дв}} + 2R_{\text{тр}} \right). \quad (3.28)$$

Прирівнявши похідну dM/ds до нуля, знайдемо, що момент максимальний при значенні випрямленого струму:

$$I_{d\text{II}} = \frac{E_{2\kappa}}{2x_{\text{дв}}}. \quad (3.29)$$

Підставивши (3.29) в (3.25) і (3.28), визначимо максимальний момент каскаду (3.27) і критичне ковзання

$$s_{\text{к.каскадII}} = \frac{2\sqrt{2}s_0 + \rho}{\sqrt{3}} \quad (3.30)$$

Значення моменту і ковзання, що розділяє режими роботи II-й і III-й випрямляча, мають вигляд:

$$M_{\text{IIrp}} = 0,75M_{\text{к0}};$$

$$s_{\text{IIrp}} = 2,31s_0 + \rho.$$

При більшому значенні ковзання настає, практично неробочий, Ш-й режим випрямляча.

Регулювальні властивості каскаду при зменшенні його швидкості (зменшенні кута β) обмежені допустимим кутом інвертування, який повинен складати:

$$\beta \geq \gamma_1 + \delta$$

де δ - кут відновлення замикаючих властивостей вентилів (приблизно 2°);

γ_1 - кут комутації інвертора.

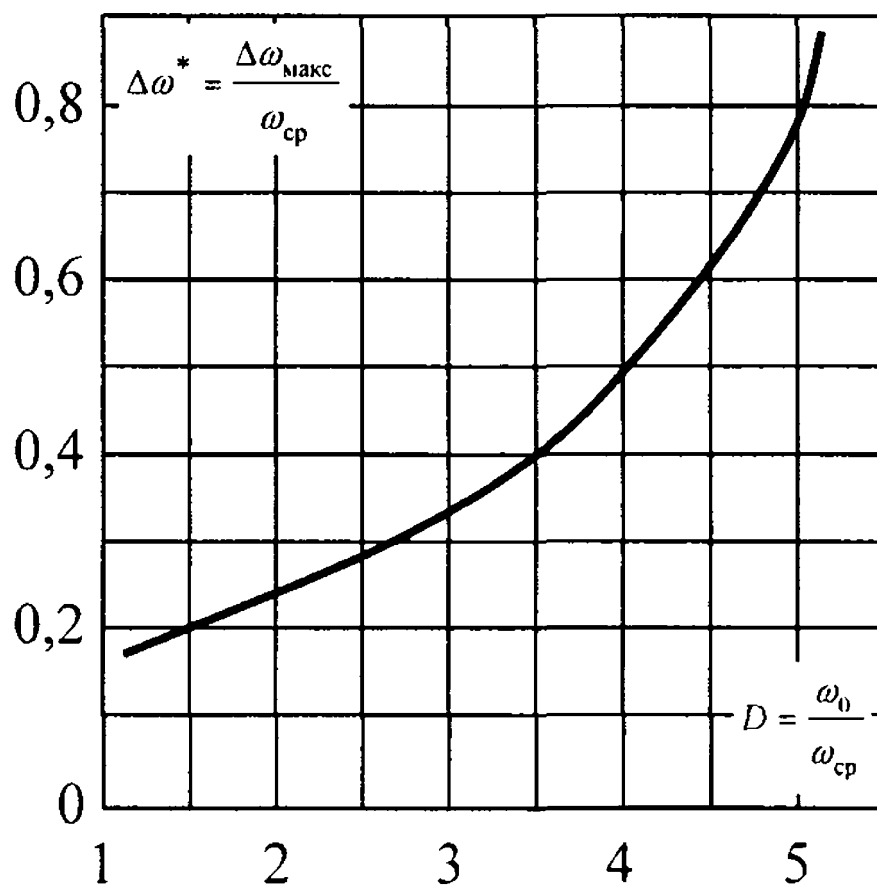


Рисунок 3.3 - Залежність відносної помилки від діапазону регулювання

Отже, знизу діапазон регулювання швидкості обмежений як допустимим кутом інвертування, так і перевантажувальною здатністю каскаду; фактично перевантажувальна здатність вентильного каскаду, починаючи з деякого значення кута β падає по мірі зниження швидкості.

Зверху діапазон регулювання швидкості обмежений падінням напруги в елементах ланцюга випрямлення. Мінімальне ковзання холостого ходу рівне:

$$s_{0\text{мін}} = \frac{\Sigma \Delta U_{\text{в}}}{E_{d_{0\text{р}}}}.$$

Розглянемо основні показники регулювання кутової швидкості, що характеризують роботу вентильного каскаду.

Точність регулювання при параметричному управлінні і мінімальної ЕРС інвертору складає в середньому 0,08—0,12 при зміні моменту від холостого ходу до номінального значення, знижуючись по мірі регулювання вниз від основної швидкості, що обумовлено зростанням еквівалентного опору роторного ланцюга із збільшенням ковзання.

Діапазон регулювання швидкості обмежений верхньою межею швидкості, рівній при номінальному моменті приблизно $0,9\omega_0$. Мінімальна швидкість, при якій привід може нормально працювати, визначається тією точністю, яка може бути забезпечена у зв'язку з можливими змінами навантаження.

Крива, яка приведена на рисунку 3.3 дає уявлення про точність параметричного регулювання при різних діапазонах регулювання і змінах навантаження від 0,3 до 0,8 номінальної. Наприклад, якщо мінімальна швидкість приводу складе 0,6 синхронної, то точність регулювання складе близько 0,2. Плавність регулювання практично не обмежена.

Вентильний каскад може бути використаний для регулювання швидкості з постійним моментом навантаження (при незалежній вентиляції). Проте слід врахувати, що із зменшенням кута інвертування (нижче 50°)

перевантажувальна здатність каскаду значно падає (рисунок 3.5). Остання обставина і, як вказувалося вище, невисока точність обмежують діапазон регулювання швидкості з постійним моментом.

Висновки:

Статичний розрахунок електроприводу підрулюючого пристрою показав, що розраховані характеристики відповідають вимогам, які пред'являються підрулюючими пристроями до електроприводу в цілому. Діапазон регулювання швидкості знаходиться в необхідних межах $D = 0,3 \div 0,9$ при цьому коефіцієнт корисної дії каскаду лежить в межах $\eta = 0,32 \div 0,82$.

4 ДОСЛІДЖЕННЯ ДИНАМІЧНИХ ПРОЦЕСІВ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ ЕЛЕКТРОПРИВОДОМ

4.1 Амплітудно-фазова та логарифмічні амплітудно-фазо-частотні характеристики

Важливою динамічною характеристикою ланок і систем автоматичного управління є частотні характеристики. На основі їх використання розроблені інженерні частотні методи дослідження САК.

Гідність частотних методів аналізу і синтезу САК полягає в тому, що частотні характеристики дозволяють просто виявляти вплив того або іншого параметра на динамічні властивості системи (стійкість, перехідний процес). Крім того, частотні характеристики можна визначити експериментально. Це важливо в тих випадках, коли важко скласти рівняння динаміки (наприклад, для систем з розподіленими параметрами). Частотні характеристики ланок і систем будуються на підставі їх комплексних передаточних функцій.

Розглядаємо амплітудно-частотну і фазочастотну характеристики.

З'ясуємо фізичне значення модуля $N(\omega)$ і аргументу $\psi(\omega)$.

$$K(j\omega) = N(\omega)e^{j\psi(\omega)} = \frac{U_{m2}}{U_{m1}} e^{j\varphi}. \quad (4.1)$$

З формули (4.1) одержуємо наступне

$$N(\omega) = \frac{U_{m2}}{U_{m1}}. \quad (4.2)$$

Тобто модуль $N(\omega)$ ланки (системи) рівний відношенню амплітуд вихідного і вхідного коливань ланки (системи). З формули виходить, що $N(\omega)$ залежить від частоти ω . Крива залежності модуля $N(\omega)$ ланки (системи) від

частоти називається амплітудно-частотною характеристикою (АЧХ) цієї ланки (системи).

Аргумент $\psi(\omega)$ рівний зсуву фаз між вихідним і вхідним коливаннями

$$\psi(\omega) = \varphi. \quad (4.3)$$

З формули (4.3) видно, що $\psi(\omega)$ є функція частоти ω .

Крива залежності аргументу $\psi(\omega)$ від частоти називається фазочастотною характеристикою (ФЧХ) [6].

Амплітудно-фазова частотна характеристика (АФЧХ).

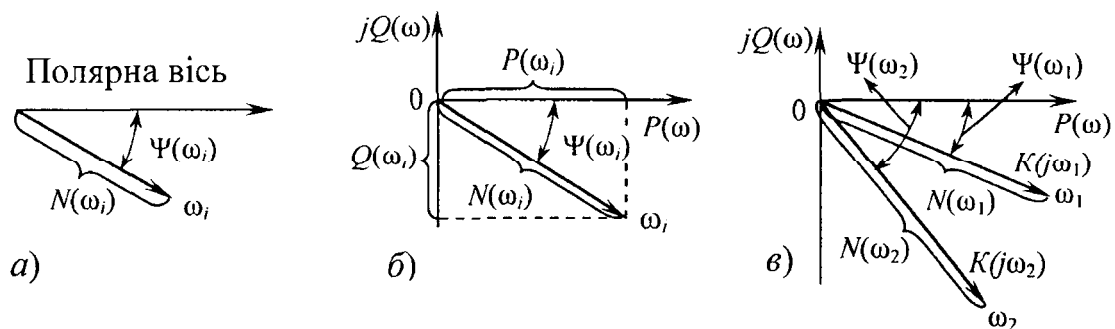


Рисунок 4.1 - Зображення вектору комплексної передаточної функції

Комплексну передаточну функцію $K(j\omega)$ при ω можна зобразити вектором в полярній системі координат (рисунок 4.1).

Довжина цього вектора визначається модулем $N(\omega_i)$, а кут його повороту щодо полярної осі – аргументом $\psi(\omega_i)$. Зазвичай полярну систему координат суміщають з декартовою (рисунок 4.1). За полюс приймається початок декартових координат, а за полярну вісь - позитивна вісь.

Оскільки $N(\omega)$ і $\psi(\omega)$ є функціями частоти, довжина вектора $N(\omega)$ і кут його повороту змінюються із зміною ω (рисунок 4.1).

Крива, описувана кінцем вектора комплексної передавальної функції $K(\omega j)$ ланки (системи) при зміні частоти ω від 0 до ∞ годограф вектора $K(\omega j)$

називається амплітудно-фазовою частотною характеристикою ланки (системи).

Амплітудно-фазову частотну характеристику аперіодичної ланки можна побудувати в декартовій і полярній системах координат.

Для побудови АФЧХ в декартовій системі координат ланки представляють у алгебраїчній формі:

$$K(j\omega) = k/(1 + j\omega T) = P(\omega) + jQ(\omega), \quad (4.4)$$

де

$$P(\omega) = k/(1 + \omega^2 T^2);$$

$$Q(\omega) = -kT\omega/(1 + \omega^2 T^2)$$

вирази для дійсної і уявної частотних характеристик ланки відповідно.

Задаючись різними значеннями частоти ω_i , визначають відповідні значення дійсної і уявної $P(\omega)$ і $Q(\omega)$, які є координатами точок АФЧХ в декартовій системі координат. Ці рівняння є параметричними рівняннями АФЧХ аперіодичної ланки з параметром ω .

Виключення цього параметра з рівняння АФЧХ в декартових координатах $P(\omega)$ і $Q(\omega)$ у вигляді

$$[P(\omega) - k/2]^2 + Q^2(\omega) = (k/2)^2. \quad (4.5)$$

Це рівняння кола, що стосується уявної осі на початку координат, з центром на дійсній осі в точці $(k/2, 0)$, діаметром k (рисунок 4.2). Нижнє півколо АФЧХ відповідає частотам ω від 0 до $+\infty$, а верхнє - від 0 до $-\infty$. Фізичний сенс мають тільки частоти від 0 до $+\infty$, тому звичайно зображають ту частину АФЧХ, яка відповідає зміні від 0 до $+\infty$.

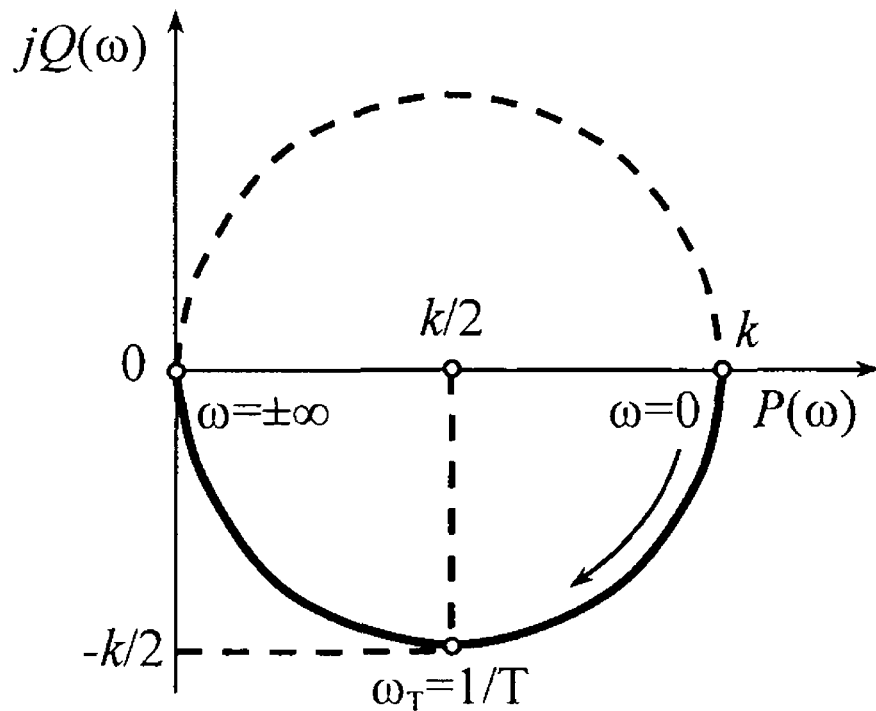


Рисунок 4.2 – АФЧХ аперіодичної ланки

Для визначення характерних точок АФЧХ аперіодичної ланки задамося деякими частотами і обчислимо значення $P(\omega)$ і $Q(\omega)$. Відповідно до одержаних даних (таблиця 4.1) на АФЧХ відмічаємо частоти.

Якщо АФЧХ знята експериментально, то з неї можна визначити параметри k і T ланки. Коефіцієнт k визначається безпосередньо з АФЧХ, як довжина відрізка на речовинній осі від початку координат до точки АФЧХ, відповідної $\omega = 0$. Щоб визначити T , знаходиться частота ω_T , відповідна точки АФЧХ, де $Q(\omega) = k/2$, потім T знаходиться як величина, зворотна до тобто $T = 1/\omega_T$.

Для побудови АФЧХ в полярній системі координат представляють в показовій формі:

$$K(j\omega) = \frac{k}{\sqrt{\omega^2 T^2 + 1}} e^{-j \arctg \omega T} = N(\omega) e^{j\psi(\omega)} \quad (4.6)$$

де $N(\omega)k/\sqrt{\omega^2 T^2 + 1}$ -модуль;

$\psi(\omega) = -\arctg \omega T$ - аргумент.

Задаючись різними значеннями частоти ω , визначають $N(\omega)$ і $\psi(\omega)$ (таблиця 4.2) і відкладають їх в полярній системі координат, суміщеній з декартовою (рисунок 4.3).

Таблиця 4.1 – частоти АФЧХ.

ω	0	$1/T = \omega_T$	∞
$P(\omega)$	k	$k/2$	0
$Q(\omega)$	0	$-k/2$	0

Таблиця 4.2 – Різні значення частоти ω .

ω	0	$1/T = \omega_T$	∞
$N(\omega)$	k	$k/\sqrt{2}$	0
$\psi(\omega)$	0°	-45°	-90°

З виразів для $N(\omega)$, $\psi(\omega)$ і АФЧХ аперіодичної ланки видно, що із збільшенням частоти ω модуль $N(\omega)$ зменшується, а аргумент $\psi(\omega)$ по абсолютному значенню збільшується. Це узгоджується з фізичними уявленнями про процеси в електричному ланцюгу. При подачі на вхід ланцюга постійної напруги ($\omega = 0$) вихідна напруга після закінчення перехідного процесу

$$u_2(t) = k u_1(t); k = R_2 / (R_1 + R_2), \quad (4.7)$$

звідси $k = u_2(t) / u_1(t)$. Постійну напругу можна вважати окремим випадком змінної напруги, коли $\omega = 0$, а миттєве значення дорівнює $u_1(t) = U_{m1}$, $u_2(t) = U_{m2}$. Тому можна написати $k = u_2(t) / u_1(t) = U_{m2} / U_{m1} = N(\omega)_{\omega=0}$. Поняття про фазовий зсув при $\omega = 0$ втрачає своє значення. В цьому випадку $\psi(\omega)_{\omega=0} = 0$.

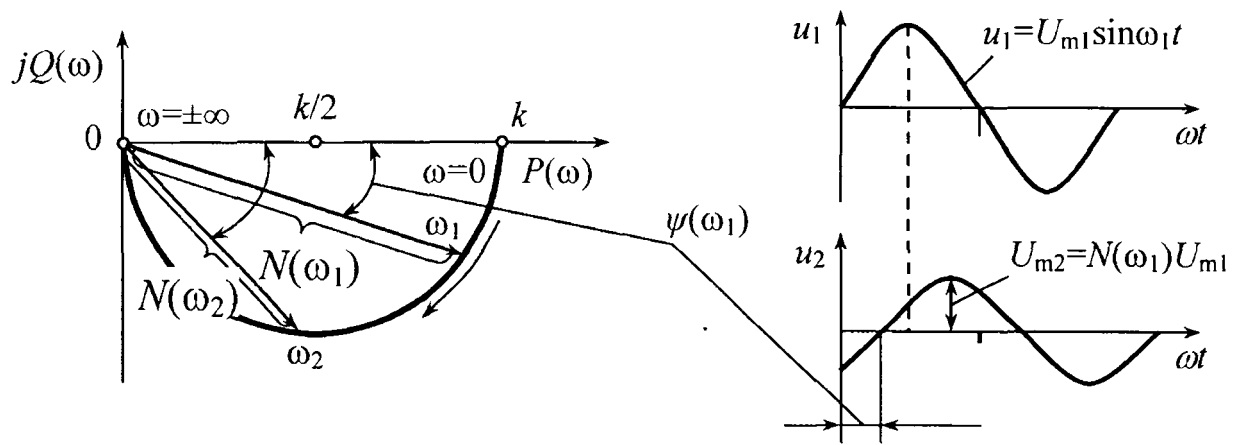


Рисунок 4.3 - АФЧХ аперіодичної ланки у полярній системі координат

При подачі на вхід системи синусоїдальної напруги $u_1(t) = U_{m1} \sin \omega t$ струм в ланцюзі через індуктивність L відстає по фазі від вхідної напруги $u_1(t)$. Отже, відставатиме по фазі від $u_1(t)$ і напруга $u_2(t)$ на виході схеми, оскільки $u_2(t)$ знімається з активного опору $R2$ і співпадає із струмом по фазі. Через падіння частини напруги, що підводиться, на індуктивному опорі $x_L = \omega L$ напруга $u_2(t)$ в порівнянні з випадком $\omega = 0$ зменшується. Отже, зменшується і модуль $N(\omega)$. Із збільшенням частоти ω через вплив L кут відставання $\varphi = \psi(\omega)$ збільшується, а амплітуда вихідних коливань U_{m2} за умови, що $U_{m1} = \text{const}$, зменшується. З останнього виходить, що із збільшенням ω модуль $N(\omega) = U_{m2}/U_{m1}$ зменшується.

На рисунку 4.3 зображені графіки коливань напруги на вході $u_1(t)$ і виході $u_2(t)$ ланцюга для частоти ω_1 . Аналогічно можна побудувати графіки коливань напруги для частоти ω_2 . На цьому ж рисунку ілюструється зв'язок між АФЧХ ланцюга і параметрами коливань на його вході і виході.

Визначаємо логарифмічні частотні характеристики аперіодичної ланки, якою являє електродвигун. Комплексна передавальна функція двигуна:

$$K(j\omega) = \frac{k}{1 + j\omega T} = \frac{k}{\sqrt{1 + \omega^2 T^2}} e^{-j \arctg \omega T} = N(\omega) e^{j\psi(\omega)} \quad (4.8)$$

Вираз для ЛАЧХ двигуна:

$$L(\omega) = 20\lg N(\omega) = 20\lg(k/\sqrt{1 + \omega^2 T^2}) = 20\lg k - 20\lg\sqrt{1 + \omega^2 T^2}. \quad (4.9)$$

Для області низьких і високих частот вираз для $L(\omega)$ може бути спрощеним. В області малих ω , де $\omega \ll 1/T$, маємо $1 \gg \omega^2 T^2$ і тому $\sqrt{1 + \omega^2 T^2} \approx 1$. Враховуючи, що $\lg 1 = 0$, вираз (4.9) для $L(\omega)$ в даному діапазоні частот матиме вигляд:

$$L(\omega) = 20\lg k, \quad (4.10)$$

тобто ЛАЧХ аперіодичної ланки в області низьких частот представляє пряму, проведену на рівні $20\lg k$ паралельно осі частот (АС на рисунку 4.4).

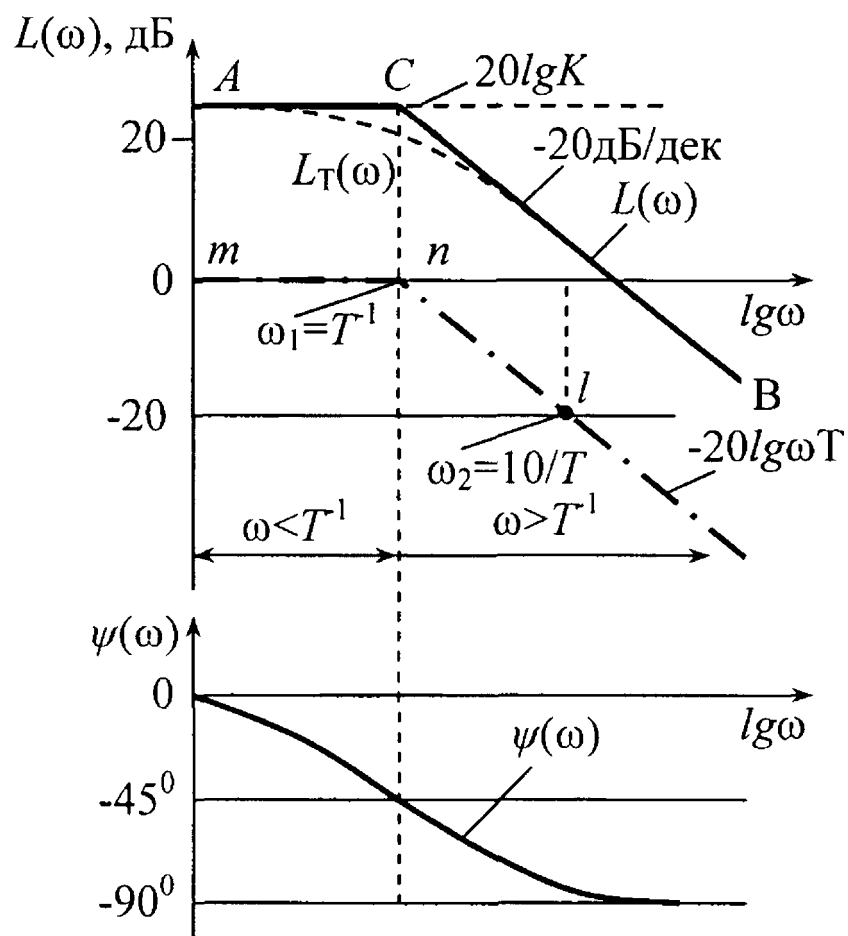


Рисунок 4.4 - Логарифмічні амплітудно-частотна і фазочастотна характеристики

У області високих частот, де $\omega \gg 1/T$, маємо $1 \ll \omega^2 T^2$, тому $\sqrt{1 + \omega^2 T^2} \approx \omega T$ і вираз (4.9) матиме вигляд:

$$L(\omega) = 20 \lg k + 20 \lg \omega T. \quad (4.11)$$

Перший доданок $20 \lg k$ графічно зображується прямою, паралельною осі абсцис (на рисунку 4.4 пряму проведено пунктиром). Для визначення виду графіка другого доданку - $20 \lg \omega T$ задамося декількома частотами і визначимо ординати для цих частот:

$$\omega_1 = 1/T; \quad \omega_1 T = 1; \quad -20 \lg \omega_1 T = 0 \text{ дБ (точка } n); \quad \omega_2 = 10/T; \quad \omega_2 T = 10;$$

$$-20 \lg \omega_2 T = -20 \text{ дБ (точка } l).$$

Проводимо через точки n , l пряму. Як бачимо, доданок $-20 \lg \omega T$ зображений прямою з нахилом:

$$S = \frac{\Delta L(\omega)}{\Delta \lg \omega} = \frac{-20 \lg 10 \omega T - (-20 \lg \omega T)}{\text{дек}} = -20 \text{ дБ/дек.} \quad (4.12)$$

Для отримання ЛАЧХ ланки $L(\omega)$ в області високих частот необхідно скласти прямі $20 \lg k$ і $-20 \lg \omega T$. Таке складання показано на рисунку 4.4. Як видно з рисунка, ЛАЧХ аперіодичної ланки в області високих частот представляє пряму СВ з нахилом - 20 дБ/дек.

Таким чином, ЛАЧХ аперіодичної ланки представляється горизонтальним (АС) і похилим з $S = -20$ дБ/дек (СВ) відрізками прямих, що є асимптотами точної ЛАЧХ в області низьких і високих частот.

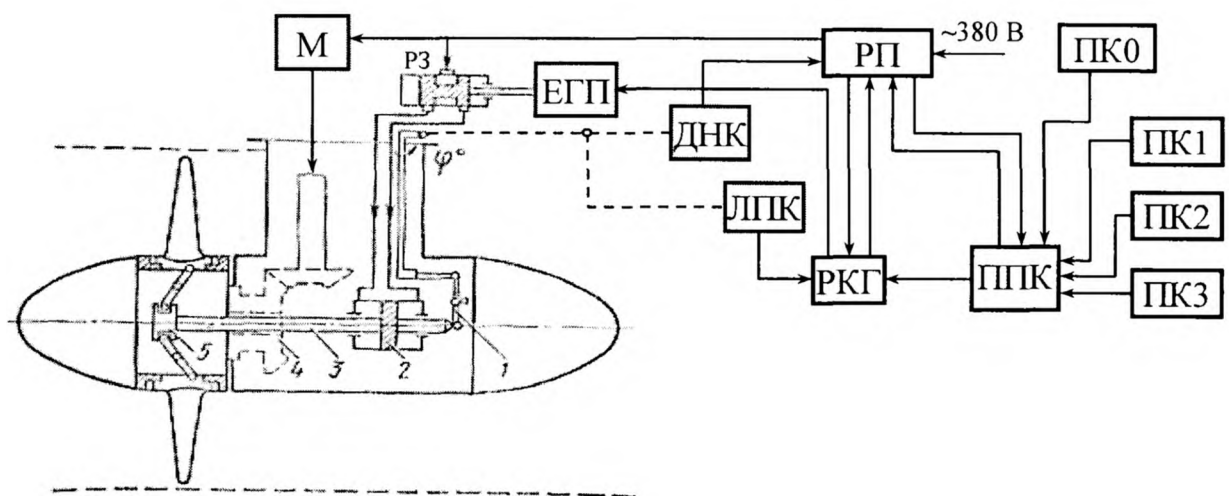
Для побудови структурної схеми підрулюючого пристрою спочатку розробляємо спрощену функціональну схему (рисунку 4.5).

В состав системи дистанційного керування підрулюючим пристроєм входять: пост керування на верхньому мостіку (один в стерновій рубці ПК 12 і два на крилах мостика ПК21 і ПК3); інші описані на рисунку 4.5.

Всі пости керування на мостіку і в ЦПУ вмонтовані в пульти.

Для передачі керування з одного поста на інший (на мостіку) слід нажати на обраному посту кнопку прийняття керування. Пост, з якого можна вести керування, характеризується свіченням світлодіода прийняття керування.

Лінеаризована структурна схема вентильного каскаду як об'єкту регулювання приведена на рисунок 4.6, де Δu_y - приріст сигналу на вході підсилювача, що управляє інвертором; T_y - постійна часу підсилювача; k_u - коефіцієнт підсилення інвертору; Δe_{du} - приріст ЕРС інвертору; $T_{дв}$ - постійна часу електродвигуна.



1 - важіль; 2 - сервомотор; 3 - шток сервомотора; 4 - конічна зубчаста передача; 5 - кондуктор; ЛПК - лінійний перетворювач кроку; ДНК - датчик нульового кроку; М - електродвигун; ППК - перемикач поста керування; ПК1-ПК3 - пости керування в стерновій рубці; ПК0 - пост керування в ЦПУ; РП - розподільний пристрій; РКГ - регулятор кроку гвинта; ЕГП - електрогідравлічний перетворювач; РЗ - розподільний золотник;

Рисунок 4.5 - Функціональна схема електропривода підрулюючого пристрою

Передаточна функція асинхронно-вентильного каскаду по управляючій дії згідно структурній схемі (рисунок 4.6) має вигляд:

$$W_{\Delta\omega_{a.v}}(p) = -\frac{k_{a.v}}{(1 + T_y p)(T_1^2 p^2 + T_2 p + 1)} \quad (4.13)$$

$$\text{де } k_{a.v} = \frac{k_1 \omega_0}{E_{d0}}; T_1^2 = \frac{J_{\Sigma} R_{e1} \omega_0 T_{e1}}{E_{d0} k\Phi}; T_2 = \frac{J_{\Sigma} R_{e1} \omega_0}{E_{d0} k\Phi}.$$

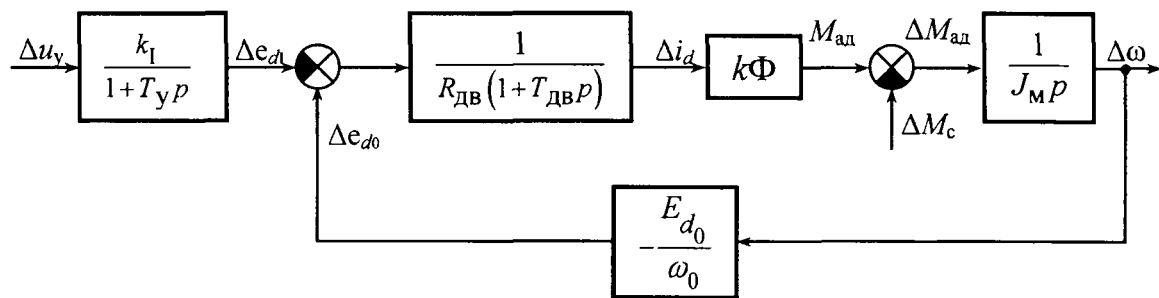


Рисунок 4.6 - Структурна схема лінеаризованого асинхронно-вентильного каскаду

Передаточна функція асинхронно-вентильного каскаду по збурювальному діянню

$$W_{\Delta\omega_{a.v}}(p) = -\frac{k_{1a.v}(1 + T_{e1} p)}{T_1^2 p^2 + T_2 p + 1}, \quad (4.14)$$

$$\text{де } k_{1a.v} = \frac{R_{e1} \omega_0}{E_{d0} k\Phi}.$$

4.2 Математичний опис і перехідні процеси електропривода підрулюючого пристрою

Для аналізу відповідних електромагнітних і електромеханічних перехідних процесів використана узагальнена математична модель трифазної електричної машини. Прийняті наступні допущення: не враховується вплив

насичення магнітного ланцюга машини; машина симетрична, а її обмотка розподілена по розточуванню синусоїдально, причому повітряний проміжок рівномірний; явище гістерезису також не враховується.

Тоді в системі координат α, β залежності між узагальненими векторами напруг (C_c, U_p) , струмів (i_c, i_p) , потокозчеплень (ψ_c, ψ_p) і моменту (M_p) , записані у відносних одиницях, мають наступний вигляд:

$$U_c = i_c r_c + d\psi_c/dt; \quad (4.15)$$

$$\psi_c = i_c L_c + i_p L_{12}; \quad (4.16)$$

$$M_p = \psi_p i_p = M_c + J d\psi_p/dt; \quad (4.17)$$

$$U_p = i_p r_p + d\psi_p/dt - j\psi_p; \quad (4.18)$$

$$\psi_p = i_p L_p + i_c L_{12}, \quad (4.19)$$

де індекси "с" і "р" показують, що дана величина відноситься до статора чи ротору відповідно;

L_c, L_p, L_{12} - узагальнені індуктивності статора, ротора і взаємодукції;

M_c - момент опору; J - момент інерції; ω_p - кутова швидкість ротора.

Виражаючи узагальнені вектори через їх проекції на осі α і β і записуючи окремо рівняння для дійсних і уявних частин, а також виражаючи все у відносних одиницях, після перетворень одержуємо повну систему диференціальних рівнянь. Останні описують роботу асинхронної машини як в перехідних, так і в сталих режимах роботи:

$$U_{c\beta} = i_{c\beta} r_c + d\psi_{c\beta}/dt; \quad (4.20)$$

$$0 = i_{p\beta}r_p + d\psi_{p\beta}/dt + \psi_p\psi_{p\beta}; \quad (4.21)$$

$$\psi_{c\alpha} = i_{c\beta}L_c + i_{p\beta}L_{12}; \quad (4.22)$$

$$\psi_{p\alpha} = i_{p\beta}L_p + i_{c\beta}L_{12}; \quad (4.23)$$

$$\psi_{p\beta}i_{p\beta} + \psi_{p\beta}i_{p\beta} = M_c + Jd\psi_p/dt; \quad (4.24)$$

$$U_{c\beta} = i_{c\beta}r_c + di_{c\beta}/dt; \quad (4.25)$$

$$0 = i_{p\beta}r_p + di_{p\beta}/dt - \psi_p\psi_{p\beta}; \quad (4.26)$$

$$\Psi_{c\alpha} = i_{c\beta}L_c + i_{p\beta}L_{12}; \quad (4.27)$$

$$\psi_{c\beta} = i_{p\beta}L_p + i_{c\beta}L_{12}. \quad (4.28)$$

Перетворюючи дані диференціальні рівняння до вигляду $y' = f(x, y, z)$ одержимо систему з п'яти диференціальних рівнянь з п'ятьма невідомими - $\psi_{c\alpha}, \psi_{c\beta}, \psi_{p\alpha}, \psi_{p\beta}, \omega_p$:

$$d\psi_{c\alpha}/dt = U_{c\alpha} - r_p(\psi_{c\alpha}L_{12}\psi_{r\alpha})/D; \quad (4.29)$$

$$d\psi_{c\beta}/dt = U_{c\beta} - r_c(\beta_{c\beta}L_{p12}\psi_{p\beta})/D; \quad (4.30)$$

$$d\psi_{p\beta}/dt = -\omega_p\psi_{p\beta} - r_p(\beta_{p\beta}L_{c12}\psi_{c\beta})/D; \quad (4.31)$$

$$d\psi_{p\beta}/dt = -\omega_p\psi_{p\beta} - r_p(\beta_{p\beta}L_{c12}\psi_{c\beta})/D; \quad (4.32)$$

$$d\omega_p/dt = (\psi_{p\beta}(\psi_{p\alpha}L_c - L_{12}\psi_{c\alpha})/D - \psi_{p\alpha}(\psi_{p\beta}L_c - L_{12}\psi_{c\beta})/D) - M, \quad (4.33)$$

$$\text{де } D = L_c L_p - L_{12}^2. \quad (4.34)$$

Рішення даної системи рівнянь здійснюється на ЕОМ чисельно, крок інтеграції вибраний рівним $1/40$ періоду. Початковими даними є параметри асинхронної машини $r_c, r_p, L_c, L_p, L_{12}$, момент опору механізму M_c , і момент інерції системи J , виражений у відносних одиницях.

При аналізі був прийнятий асинхронний двигун, паспортні дані якого приведені вище.

Розрахунок зроблено у відносних одиницях, які приведені в таблиці 4.3.

Таблиця 4.3- Розрахунок у відносних одиницях.

I_{Π}	M_{Π}	M_m	X_m	$R1$	$X1$	$R2$	$X2$
6,5	1,2	2,0	5,4	0,019	0,11	0,013	0,14

Основним динамічним режимом електроприводу є пуск. Тому теоретично проведені два режиму пуску електродвигуна: прямий пуск (рисунках 4.7, 4.8), і ступеневий пуск, при якому кут відкривання тиристорів β змінювався від значення $\beta = 60^\circ$ до $\beta = 90^\circ$. При цьому, як показано на рисунку 3.2 і рисунку 4.10 швидкість двигуна змінювалась приблизно на 50%.

Дослідження отриманих діаграм показує, що ступеневий пуск виявляється істотно більш швидким. Сумарний час пуску скоротилося з 5,9 секунди при прямому пуску більш ніж у два рази до 2,3 секунди при ступеневому пуску і практично незмінній кратності пускового струму.

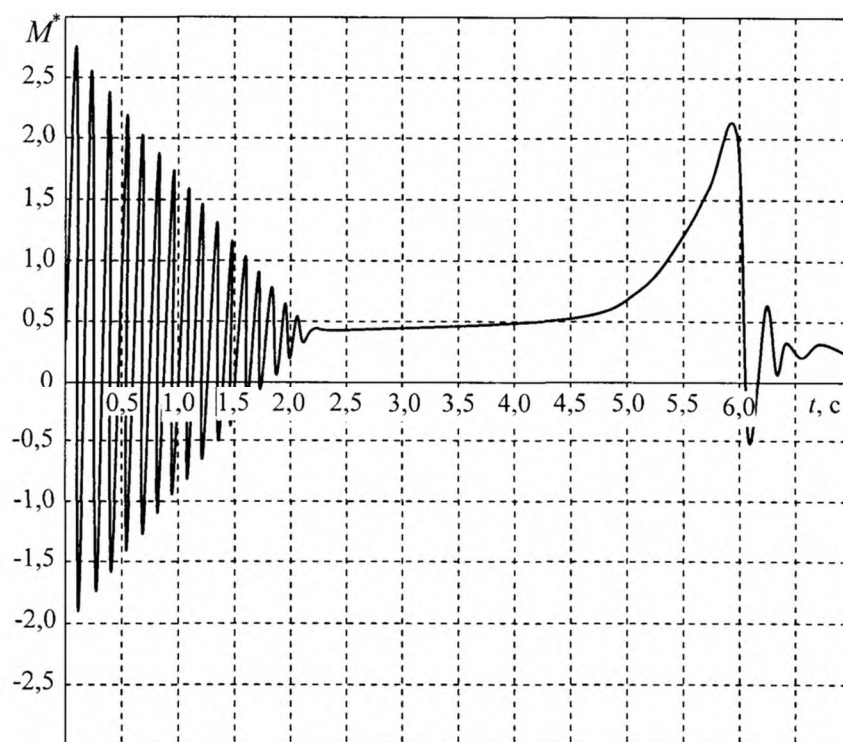


Рисунок 4.7 - Залежність моменту в функції часу при прямому пуску асинхронного двигуна

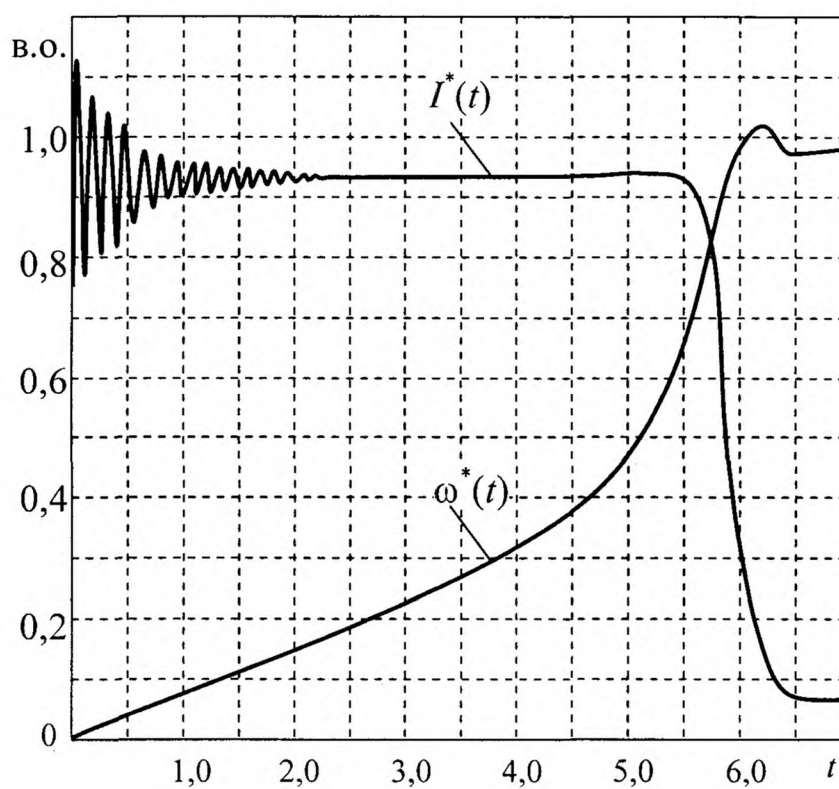


Рисунок 4.8 - Залежності струму і кутової швидкості в функції часу при прямому пуску асинхронного двигуна

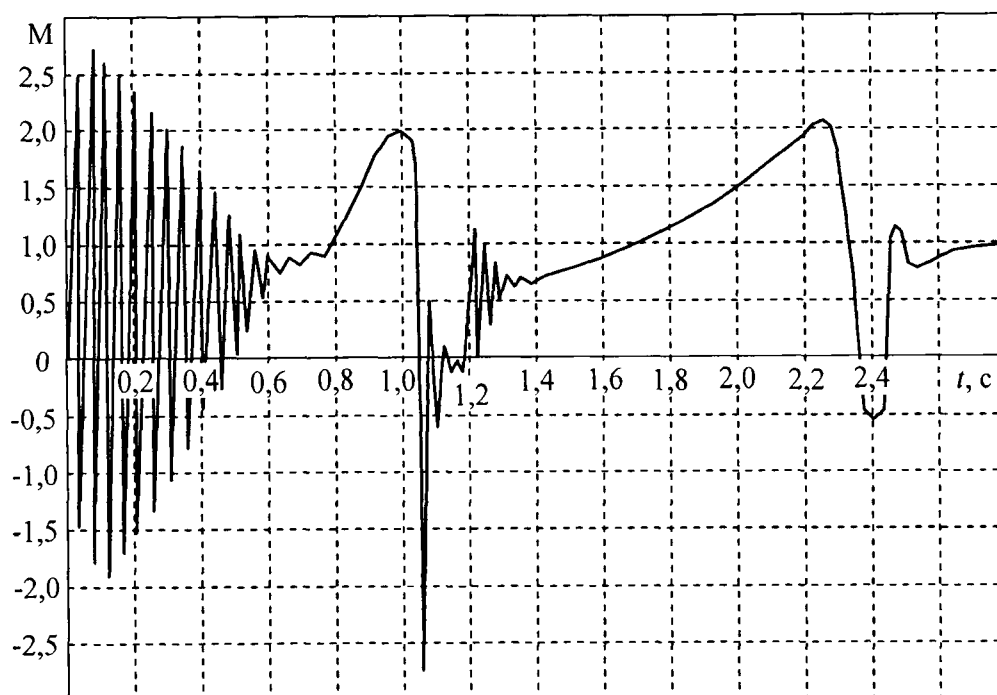


Рисунок 4.9 - Момент електродвигуна $M = f(t)$ при пуску і ступеневої зміні кута відмикання Р тиристорів інвертора

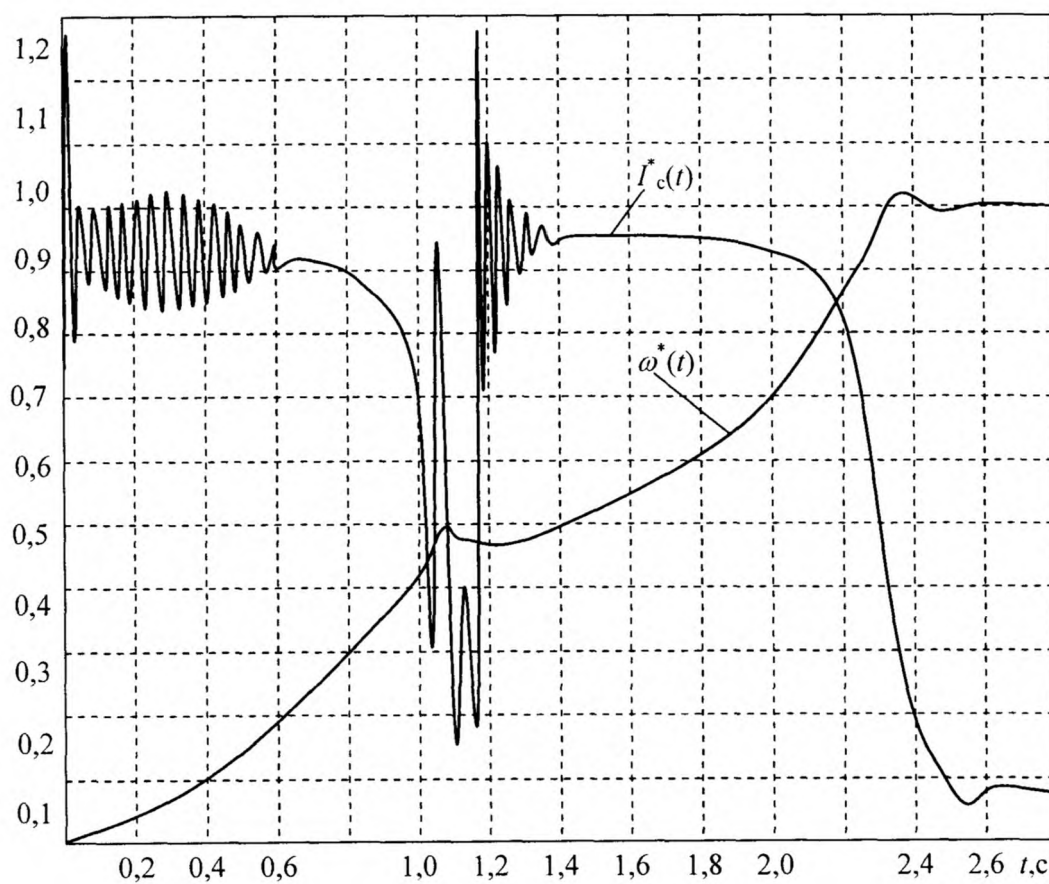


Рисунок 4.10 - Струм і швидкість електродвигуна при пуску і ступеневої зміні кута відмикання Р тиристорів інвертора

4.3 Розрахунок та побудова перехідного процесу при різних значеннях електромеханічної і електромагнітної постійних часу

Перехідні процеси пуску завершуються виходом на природну характеристику або на характеристику коли $\beta = 90^\circ$. При цьому має місце максимальне значення $T_c = 1/\omega_{0_{\text{ном}}} s_{\text{кр}}$ і вплив електромагнітної інерції на характер перехідних процесів може бути істотним. Передавальна функція електроприводу по управляючій дії:

$$W_\omega(p) = \frac{\omega(p)}{\omega_0(p)} = \frac{1}{T_e T_m p^2 + T_m p + 1}.$$

Проведений аналіз коренів характеристичного рівняння системи показує, що при $m = T_m/T_e < 4$ вони являються комплексно-зв'язаними [7]:

$$p_{1,2} = -\alpha \pm j\Omega_p$$

де $\alpha = 1/2T_e$; $\Omega_p = \sqrt{1/T_e T_m - 1/4T_e^2}$. При цій умові електропривод є коливальною ланкою, перехідна функція якої при одиничному стрибку завдання $\omega_0 = 1(t)$ має вигляд:

$$h(t) = 1 - e^{-\frac{m}{2}t^*} \left[\cos \frac{\sqrt{\alpha^2 + \Omega_p^2}}{\Omega_p} e^{-\alpha} + \sin \left(\Omega_p t - \arctg \frac{\Omega_p}{\alpha} \right) \right]. \quad (4.35)$$

Якщо (4.35) виразити через відношення постійних часу m і перейти до безрозмірного часу $t^* = t/T_m$ одержимо вираз перехідної функції у виді [7]:

$$h(t^*) = 1 - e^{-\frac{m}{2}t^*} \left[\cos \frac{\sqrt{4m - m^2}}{2} t^* + \frac{2}{\sqrt{4m - m^2}} \sin \frac{\sqrt{4m - m^2}}{2} t^2 \right]. \quad (4.35)$$

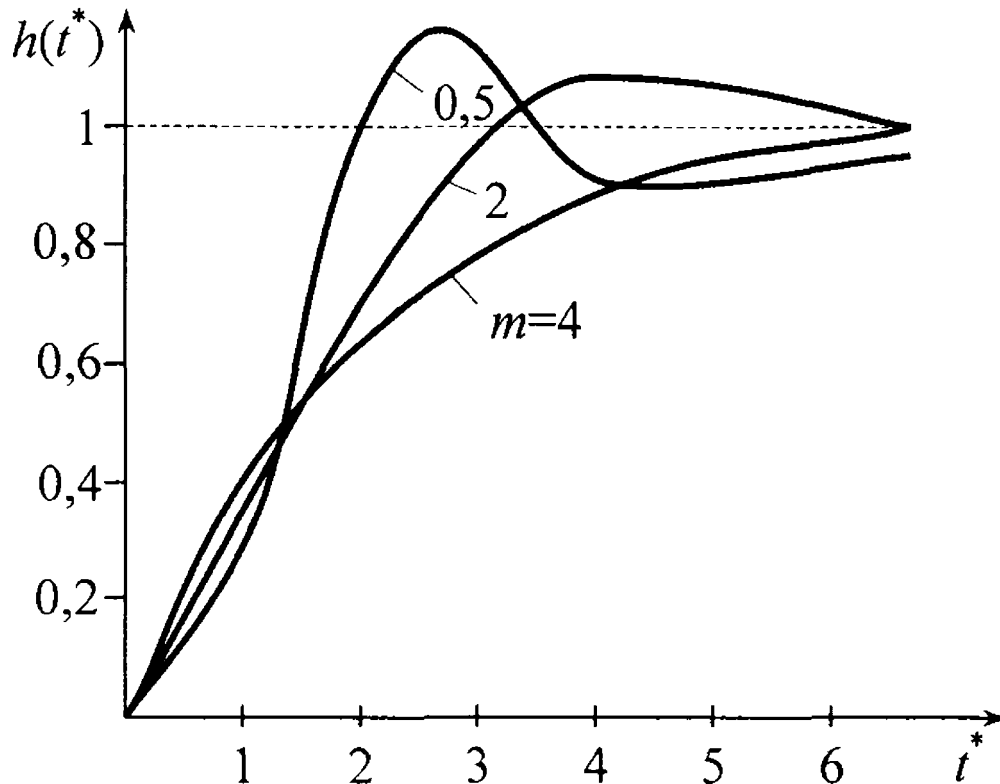


Рисунок 4.11 - Перехідні функції електроприводу у залежності від співвідношень електромеханічної і електромагнітної постійних часу

На рисунку 4.11 показаний ряд перехідних функцій електроприводу для різних значень $m = T_m/T_e$ - відношення постійних часу електроприводу. Розглядаючи ці залежності, бачимо, що при зменшенні m коливання електроприводу в перехідному процесі зростає і зміни швидкості супроводжуються все більш значним перерегулюванням, але в більшості випадків електропривод є добре демпфовуваною коливальною ланкою, тому коливання затухають протягом одного-двох періодів. Перехідна функція дає лише загальне уявлення про характер перехідних процесів при нульових початкових умовах.

Одержані загальні залежності $\omega(t)$ і $M(t)$ в окремих випадках істотно спрощуються, якщо попередній режим роботи електроприводу є сталим.

Приведемо основні показники регулювання кутової швидкості, що характеризують роботу вентильного каскаду.

1. Точність регулювання при параметричному керуванні і мінімальної Е.Р.С. інвертора складає в середньому $0,08 \div 0,12$ при зміні моменту від не навантаженого ходу до номінального значення, знижуючи в міру регулювання униз від основної швидкості, що обумовлено зростанням еквівалентного опору роторного ланцюга зі збільшенням ковзання.

2. Діапазон регулювання швидкості обмежений верхньою межею швидкості, рівної при номінальному моменті приблизно $0,9 \omega_0$. Для вентиляторного моменту навантаження діапазон регулювання теоретично не обмежений. Проте при цьому зростає встановлена потужність силових елементів, включених в роторний ланцюг.

Встановлена потужність асинхронно-вентильного каскаду може бути визначена по формулі

$$P_{\Sigma a.v} = P_{a.d} + P_v + P_1 + P_{тр}, (4.37)$$

де $P_{a.d}$, P_v , P_1 , $P_{тр}$ - відповідно потужність АД, випрямляча, інвертору і трансформатора.

Коефіцієнт корисної дії вентильного каскаду може бути знайдений через потужність, що розвивається АД, і сумарні втрати.

Постійні втрати в АД в природній схемі включення

$$\Delta P_c = P_{ном} \frac{1 - \eta_{ном}}{\eta_{ном}} - M_{ном} \omega_0 s_{ном} \left(1 + \frac{R_1}{R_2} \right). (4.38)$$

У схемі вентильного каскаду постійні втрати в АД збільшуються за рахунок наявності вищих гармонік в струмі статора і ротора приблизно на 5% порівняно з (4.38).

Постійні втрати в каскаді

$$P_{\text{с.каск}} = 1,05 P_c + \Delta P_{\text{х.х.тр}}, \quad (4.39)$$

де $\Delta P_{\text{х.х.тр}}$ - втрати холостого ходу трансформатора інвертора.

Змінні втрати в каскаді

$$\Delta P_v = 2I_d^2(R_2 + R_{\text{тр}}) + \Sigma \Delta U_v I_d,$$

а повні відповідно $\Delta P = \Delta P_{\text{с.каск}} + \Delta P_v$.

Коефіцієнт корисної дії вентильного каскаду

$$\eta_{\text{каск}} = \frac{P}{P + \Delta P},$$

де P - потужність на валу АД.

У каскадах малої і середньої потужності ККД виявляється відносно невисоким і істотно залежить від швидкості і навантаження. За розрахунковими даними для приводу потужністю в 160 кВт при регулюванні швидкості в діапазоні від 0,3 до 0,9 ККД каскаду лежить в межах $0,32 \div 0,82$.

При порівняно високому ККД коефіцієнт потужності вентильного каскаду виявляється невисоким, що пояснюється великим сумарним споживанням реактивної потужності АД і трансформатором інвертора. Коефіцієнт потужності АД в каскадній схемі знижується також в порівнянні із звичним включенням у зв'язку з тим, що комутація вентилів викликає відставання струму ротора від напруги на кут $\gamma/2$, тому коефіцієнт потужності

$$\cos \varphi = \cos \varphi_2 \cos \frac{\gamma}{2},$$

Зниження коефіцієнта потужності відбувається через спотворення кривих струму двигуна і трансформатора, обумовленого наявністю вищих гармонік. жності АД при збігах по фазі напруги і струму ротора.

Висновки:

При виконанні динамічного розрахунку САК електроприводу підрулюючого пристрою були розраховані та побудовані перехідні процеси електроприводу при зміні керуючого впливу, тому виходячи з аналізу покращених характеристик встановлення більш модернізованого підрулюючого пристрою доцільне та ефективне.

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

5.1 Правило 1.

Для цілей цього Додатка:

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

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

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

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

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

6. «Нове судно» означає судно:

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

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

д) яке піддалося значного переобладнання:

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

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

III) яке закінчено після 31 грудня 1979 р

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

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

I) яке істотно змінює розмірено або вантажомісткість судна; або

II) яке змінює тип судна; або

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

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

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

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

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

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

з координатами 11° південної широти і $142^{\circ}08'$ східної довготи до точки $10^{\circ}35'$ південної широти і $147^{\circ}55'$ східної довготи,
 потім до точки $10^{\circ}00'$ південної широти і $142^{\circ}00'$ східної довготи,
 потім до точки $9^{\circ}10'$ південної широти і $143^{\circ}52'$ східної довготи,
 потім до точки $9^{\circ}00'$ південної широти і $144^{\circ}30'$ східної довготи,
 потім до точки $13^{\circ}00'$ південної широти і $144^{\circ}00'$ східної довготи,
 потім до точки $15^{\circ}00'$ південної широти і $146^{\circ}00'$ східної довготи,
 потім до точки $18^{\circ}00'$ південної широти і $147^{\circ}00'$ східної довготи,
 потім до точки $27^{\circ}00'$ південної широти і $153^{\circ}00'$ східної довготи
 і далі до точки на узбережжі Австралії з координатами $24^{\circ}42'$ південної широти і $153^{\circ}15'$ східної довготи.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

д) який підпав під значний переобладнання:

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

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

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

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

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

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

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

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

5.2 Правило 2.

Застосування

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

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

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

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

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

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

5.3 Правило 3.

Еквіваленти

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

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

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

5.4 Правило 4.

Огляд і перевірки

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

5.5 Правило 5.

Видача Свідоцтва

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

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

5.6 Правило 6.

Видача Свідоцтва іншим урядом

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

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

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

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

5.7 Правило 7.

Форма Свідоцтва

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

5.8 Правило 8.

Термін дії Свідоцтва

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

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

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

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

5.9 Правило 8А.

Контроль держави порту за виконанням експлуатаційних вимог *

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

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

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

5.10 Правило 9.

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

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

(I) танкер знаходиться поза межами особливого району;

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

(III) танкер знаходиться в дорозі;

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

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

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

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

(I) судно знаходиться поза межами особливого району;

(II) судно знаходиться в дорозі;

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

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

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

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

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

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

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

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

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

5.11 Правило 10.

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

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

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

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

д) район Червоного моря означає власне Червоне море з Суецьким і Акабським затоками, обмежений з півдня прямий лінією, що проходить між Рас-сі-Ан ($12^{\circ} 28,5'$ північної широти, $4349,6'$ східної довготи) і хусн-Мурад ($1240,4'$ північної широти, $43^{\circ} 30,2'$ східної довготи);

е) «Район заток» означає морський район, розташований до північний захід від прямої лінії, що проходить між Рас-Ель-Хадда ($22^{\circ} 30'$ північної широти, $59^{\circ} 48'$ східної довготи) і Рас-Ель-Фастів ($25^{\circ} 04'$ північної широти, $6725'$ східної довготи).

Про Аденську затоку означає частину Аденської затоки між Червоним морем і Аравійським морем, обмежену із заходу прямий лінією, що проходить між Рас-сі-Ан ($12^{\circ} 28,5'$ північної широти, $4349,6'$ східної довготи) і хусн-Мурад ($1240,4'$ північної широти, $43^{\circ} 30,2'$ східної довготи), і зі сходу прямою лінією, що проходить між Рас-Асир ($1750'$ північної широти, $51^{\circ} 16,9'$ східної довготи) і Рас-Фартак ($15^{\circ} 35'$ північної широти, $52^{\circ} 13,8'$ східної довготи).

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

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

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

III) $49052, N$; $7^{\circ} 44'W$

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

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

VI) 62 ° N; 3CW

VII) 62eN на норвезькому березі

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

2. З урахуванням положень Правила 11 цього Додатка:

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

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

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

II) льяльні води не змішані з залишками нафтового вантажу;

III) судно знаходиться в русі;

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

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

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

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

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

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

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

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

7. Приймальні споруди в особливих районах:

а) райони Середземного, Чорного і Балтійського морів:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

5.12 Правило 11.

Винятки

Правила 9 та 10 цього Додатка не застосовуються:

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

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

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

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

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

5.13 Правило 12

Приймальні споруди

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

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

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

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

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

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

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

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

3. Пропускна здатність приймальних споруд повинна бути наступною:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

6. ОХОРОНА ПРАЦІ

6.1 Безпека на танкерах

За статистикою – в середньому близько 230 суден світового флоту, загальним тоннажем 100000 тон гине щороку, несучи з собою близько 1000 людських життів. Причому, понад 80 відсотків загальної кількості інцидентів на морі, пов'язані тим чи іншим чином з «людським фактором», тобто відбуваються з вини людини. Більш того, понад 30 відсотків всієї маси інцидентів складають випадки загибелі, травматизму або хвороби суднового персоналу. Це пов'язано, в першу чергу з самою природою людини, з тим, що кожна людина є особистістю, має власні звички, характер, думка, досвід, виховання та ін., Тобто вимагає індивідуального підходу. І багато аварії або інциденти відбуваються просто через неухильність, незначними помилками або втоми людини. Незважаючи на те, що судноплавні компанії і судновласники намагаються забезпечити належну безпеку екіпажу на борту судна шляхом впровадження більш строгих правил, методів, нагляду і т.д., припускати, що нещасні випадки або травматизм персоналу припиняться повністю і відразу, було б помилково. Однак з часом кількість нещасних випадків може значно скоротитися саме тому, що впровадження нових правил і методів роботи змінить звичний ставлення людини до своєї власної безпеки. Ось чому протягом останнього десятиліття міжнародними організаціями було вжито кардинальних заходів щодо поліпшення стану безпеки персоналу на морському транспорті, а в багатьох судноплавних компаніях за останні роки значно зросли і посилюються вимоги щодо підготовки та кваліфікації судового персоналу, в корені змінилася політика щодо безпеки на судах.

У 1995 році був розроблений «Міжнародний кодекс управління безпекою щодо забезпечення безпечного виконання судових операцій і запобігання забрудненню навколишнього середовища», який сьогодні відомий як «Міжнародний кодекс з управління безпекою» (МКУБ) і з 2000 року МКУБ

є невід'ємною частиною «Міжнародної конвенції з порятунку людського життя на морі »(9-й розділ SOLAS-74). З 1996 року вимоги МКУБ стали обов'язковими для пасажирських суден типу РО-РО, з 1998 року для інших пасажирських суден і танкерів, а з 2002 року - для всіх судів.

Призначення кодексу можна сформулювати в двох словах - забезпечення безпеки на судні і створення безпечних умов для виконання суднових робіт. Оскільки всі суднові роботи виконуються людиною, то і призначення кодексу очевидно - забезпечення безпеки суднового персоналу, зниження травматизму і зменшення впливу «людського фактора» на аварійність.

Відповідно до вимог МКУБ кожна судноплавна компанія повинна детально розробити і впровадити на своїх судах політику щодо забезпечення безпеки на судні і захисту навколишнього середовища.

МКУБ визначає основні процедури щодо забезпечення безпеки на борту судна, методи і умови їх безпечного виконання, а також способи контролю за виконанням робіт. Можна сказати, що МКУБ визначає основні параметри культури безпеки на судні, так, щоб запобігти виникненню інциденту, необхідно:

Ідентифікувати ступінь ризику, який виникає при виконанні тих чи інших суднових операцій,

- Забезпечити персонал необхідним обладнанням та захисним одягом.
- Провести підготовку персоналу до виконання робіт
- Визначити послідовність і пріоритетність дій персоналу.
- Розробити систему обліку, контролю і аналізу інцидентів, нещасних випадків, порушень техніки безпеки.

Але, забезпечивши працівника інструментом і захисним одягом, навчивши його правильно використовувати цей інструмент, розробивши інструкції і систему контролю, неможливо підвищити безпеку виробництва. Всі методи підвищення безпеки повинні бути повністю впроваджені у виробництво і повинна бути побудована система, яка б забезпечувала культуру безпеки. Причому побудова системи безпеки і забезпечення її

культури має починатися з самого «верху» організації, охоплювати весь штат і стосуватися абсолютно всіх і кожного.

Крім міжнародних конвенцій, що визначають МІНІМАЛЬНІ умови забезпечення безпеки на судах, існують міжнародні галузеві та промислові стандарти, що визначають конкретні вимоги по кожній галузі або виробництва. Крім того, кожна країна має право розробляти і впроваджувати свої власні вимоги, але за однієї умови: національні вимоги повинні бути ТІЛЬКИ суворіше, ніж міжнародні, але ні в якому разі ні м'якше.

Кожна країна, що визнає міжнародні конвенції, повинна забезпечувати належний і регулярний контроль виконання вимог, сформульованих в цих конвенціях. Таким контролем, як правило, займаються спеціальні організації. Так, наприклад, контроль технічного стану суден та їх відповідність міжнародним і національним вимогам щодо обладнання та постачання, здійснюють класифікаційні товариства. На додаток до технічного контролю ці організації перевіряють також рівень кваліфікації і підготовки суднових екіпажів. Оскільки морське судноплавство є міжнародним, то існують різні додаткові міжнародні угоди щодо забезпечення такого роду контролю, наприклад, «Паризький меморандум про взаєморозуміння».

Крім інспектування судів з боку державних органів, танкера досить часто піддаються, так званим, «перевірочних інспекціям» (Vetting Inspections). Такі інспекції проводяться незалежної сюрвейерської організацією за дорученням фрахтувальника (OCIMF, CDI), або самим фрахтувальником (EXXON, MOBIL, BP, SHELL тощо). Такого роду інспекції засновані на перевірці виконання не тільки вимог міжнародних конвенцій, а й галузевих стандартів.

Оскільки всі інциденти трапляються на судні, головне завдання - забезпечити і організувати безпечну роботу екіпажу. Роль судноплавної компанії в такому випадку зводиться до надання всілякої допомоги адміністрації судна у впровадженні культури безпеки та забезпеченні належного контролю. Тому розробка правил і заходів безпеки і, що є

найважливішим, їх дієздатність цілком лежать на керівництві компанії. Для перевірки того, як працює її система безпеки, компанія організовує спеціальні перевірки - аудити, основне призначення яких - допомогти адміністрації судна у впровадженні системи безпеки і забезпеченні її дієздатності.

Кілька слів про загальні вимоги безпеки на судах.

Першочергова увага в питаннях забезпечення зниження травматизму та підвищення культури виробництва повинна приділятися підтримці належного порядку на судні і забезпечення особистої гігієни суднового персоналу. Це забезпечується відповідною підготовкою і тренуваннями екіпажу, причому таким чином, щоб підтримання чистоти і порядку в житлових і службових приміщеннях, а також на робочому місці, увійшло в звичний спосіб життя кожного члена суднової команди. Кожен член екіпажу повинен знати, що навіть найнезначніші несправності обладнання (ослаблений кріплення, несправний інструмент, тріснуте або відстале підлогове покриття і т.д. і т.п.) можуть стати причиною порізу, забиття або падіння. Тому усунення виявлених дефектів або несправностей повинно проводитися негайно після їх виявлення. Також негайно повинні віддалятися протікання палива, мастила, вантажу.

6.2 Індивідуальні засоби захисту

Добре організована судноплавна компанія передбачає забезпечення всього персоналу судна захисним одягом та обладнанням. Більш того, передбачається обов'язкове носіння захисного одягу та використання обладнання. Нижче перераховані мінімальні вимоги до захисного одягу на танкерах, яка повинна використовуватися постійно і всіма членами екіпажу при виконанні судових робіт.

- Комбінезон
- Робоче взуття
- Захисна каска

- Робочі рукавички
- Захисні окуляри
- Навушники

6.2.1 Захисний одяг

Комбінезони, які використовуються на танкерах, повинні забезпечувати максимальний захист тіла і, при знаходженні персоналу за межами житлових приміщень, використовуватися постійно, за винятком камбуза і рульової рубки. Комбінезони повинні бути виготовлені з підходящої тканини, яка б забезпечувала захист тіла від впливу палива, мастила, бруду, не акумулювала б статичну електрику (на танкерах зазвичай використовуються х / б тканину) і забезпечувала б максимальний захист від інших потенційних небезпек, які можуть виникнути на борту судна. Так як найбільшу небезпеку на танкері представляє вантаж, то, для забезпечення максимального захисту від його впливу, на вантажній палубі дозволено використання комбінезонів **ТІЛЬКИ** з довгими рукавами. Комбінезони повинні легко одягатися і зніматися, мати надійну застібку, що забезпечує багаторазове використання, легко відпираються. При забрудненні або пошкодженні, комбінезон повинен бути випраний і відремонтований. Якщо комбінезон не підлягає ремонту, компанія повинна забезпечити його заміну. Як правило, танкерні компанії забезпечують судовий персонал мінімум 2-ма комбінезонами. Багато компаній встановлюють використання комбінезонів різного кольору для командного складу або вахтових помічників і рядового складу, а також наявність на них спеціальних нашивок, написів або відзнак. Кожен член екіпажу несе персональну відповідальність за підтримання комбінезона в чистому і охайному вигляді.

6.2.2 Робоче взуття

Робоче взуття, також як і комбінезон, повинна постійно використовуватися за межами житлових приміщень, включаючи камбуз, комори, провізійні тощо., А також при виконанні робіт усередині житлових приміщень. Взуття має бути виготовлена з матеріалу, стійкого до впливу вантажу (тобто бути маслостійке або химостійке), забезпечувати надійний захист пальців ніг (металеві вставки) і неслизьку підошву. Носіння робочого взуття обов'язково при несенні вахти і при пересуванні по судну.

Використання тапочок без задника, пляжного взуття та ін. Повинно бути виключено навіть в житлових приміщеннях, якщо використовуються трапи. При виконанні різного роду судових робіт повинна використовуватися відповідна взуття. Наприклад, для виконання рутинних робіт на вантажній палубі при нормальних погодних умовах використовуються шкіряні черевики з масло-або химостойкие підошвою, а при виконанні тієї ж самої роботи під час дощу рекомендується використовувати спеціальні чоботи, виготовлені з матеріалу, стійкого до впливу вантажу і мають захисні металеві вставки в носовій частині. Робота з електрообладнанням передбачає використання спеціального взуття, виготовленої з діелектричних матеріалів (боти, калоші тощо).

6.2.3 Захисні каски

Захисні каски забезпечують захист персоналу від ударів і травм голови, при падінні об'єктів і при ударах про судові конструкції. Будь-які судові роботи, пов'язані з ризиком для здоров'я персоналу, необхідно проводити в захисних касках. Обов'язкове носіння захисних касок передбачено:

- За межами судових приміщень, якщо судно знаходиться на території порту (тобто з моменту прийому лоцмана) або на верфі.
- При швартових операціях, постановці або зняття з якоря

- Під час тривоги і навчань
- При прийомі постачання і провізії
- При виконанні робіт з підйомними механізмами
- Під час вантажних, баластних або бункерувальних операцій
- При виконанні будь-яких робіт з обслуговування механізмів

Також як і вся інша захисний одяг, каска є індивідуальним засобом захисту, тому кожен член екіпажу повинен забезпечувати належний догляд за каскою і її своєчасний ремонт або заміну.

6.2.4 Робочі рукавиці

Робочі рукавички повинні забезпечувати надійний захист кистей рук при виконанні судових робіт. Тип рукавичок і необхідна ступінь захисту визначаються видом виконуваних робіт:

- Рукавички з хімоустійкої гуми забезпечують надійний захист рук при роботі з хімікатами, лугами та кислотами.
- Рукавички з малостійкої гуми придатні **ТІЛЬКИ** для роботи з паливними нафтопродуктами і мастильними матеріалами.
- Термоустійкі рукавички застосовуються **ТІЛЬКИ** при вантажних операціях із зрідженим газом.
- Рукавички з посиленою робочою поверхнею (пальці і долоню) зі шкіри використовуються при виконанні всіх судових робіт.
- Для виконання зварювальних робіт використовуються рукавички, виготовлені з товстої замші.
- Електромонтажні роботи повинні виконуватися тільки з використанням ізолюючих гумових рукавичок.
- При збиранні внутрішніх приміщень із застосуванням різних миючих засобів, також як і при митті посуду на камбузі, необхідно використовувати побутові гумові рукавички.

Тобто при виконанні будь-яких робіт повинна бути забезпечена максимально можливий захист рук. Рукавички повинні бути чистими і забезпечувати надійне утримання інструменту. Якщо рукавички прийшли в непридатність через забруднення або пошкодження, подальше їх використання ЗАБОРОНЕНО. Спеціальні рукавички (химостойкие, маслостойкие та ін.) повинні ретельно промиватися прісною водою після кожного їх використання.

6.2.5 Захист органів зору

Захисні окуляри повинні обов'язково використовуватися при:

- Роботі з будь-яким механізованим інструментом
- Роботі з будь-якими технічними розчинниками і хімікатами
- Використанні миючих засобів.
- Роботі із стисненими газами.
- Мойці механізмів і систем
- Постановці на якір або зняття з якоря
- Видаленні іржі, фарби або будь-який інший роботі з використанням ударних інструментів, бластерів і щіток.
- Зварювальних роботах

Окуляри, а також будь-які інші засоби індивідуального захисту очей, наприклад, особові щитки (Face Shields або Visors), повинні бути виготовлені з відповідного матеріалу, стійкого до впливу навколишнього середовища, і мати конструкцію, яка б забезпечувала максимальний захист органів зору та / або особи персоналу. Крім того, робочі окуляри повинні бути захищені від запотівання під час роботи, і забезпечувати необхідний ступінь огляду.

Однак захисні окуляри на танкерах - предмет особливої уваги. Забезпечуючи всі вищевказані захисні функції, такі окуляри повинні бути стійкими до впливу вантажу і виключати проникнення всередину крапель вантажу. Тобто, окуляри повинні щільно прилягати до шкіри обличчя,

вентиляційні отвори на окулярах повинні мати спеціальний захист, окуляри повинні бути «коробчатого типу». Крім того, їх конструкція повинна дозволяти носіння звичайних окулярів з діоптріями під захисними.

6.2.6 Захист органів слуху

Захист органів слуху також грає важливу роль, як засіб забезпечення індивідуальної безпеки персоналу. Втрата слуху, навіть часткова, обмежує зону використання працівника і робить його більш уразливим до різного роду зовнішнього впливу. У багатьох суднових приміщеннях носіння захисних навушників або спеціальних вушних заглушок передбачено в обов'язковому порядку через високого рівня шуму в таких приміщеннях:

- Машинне відділення
- Станція гідравліки
- електро моторні відділення
- Приміщення вентиляторів
- Насосні і компресорні відділення

Крім того, навушники виконують не тільки функції захисту органів слуху від звукового впливу, а й захищають їх від впливу механічного. Так, наприклад, при виконанні робіт з видалення іржі або фарби передбачається обов'язкове використання захисних навушників.

6.3 Захист від шуму та вібрації на судах

Насичення сучасних суден енергетичним обладнанням і системами нових видів, то найчастіше мають значну віброакустичний активність, нерідко призводить до різкого підвищення рівнів[12] шуму і вібрації в суднових приміщеннях. Шум з найбільш поширеним і важко переборним шкідливим виробничим фактором. Високий рівень шуму і вібрації особливо характерний для приміщень судів з кормовим розташуванням надбудов, які знаходяться в

безпосередній близькості до суднової енергетичної установки і гребним гвинтів, які з одними з основних джерел шуму і вібрації на судах. Найбільш високі рівні шуму зафіксовані на судах з енергетичною установкою, обладнаної середньо- і високооборотними двигунами внутрішнього згоряння двигунами з вільно поршневими генераторами газу.

Вплив шуму і вібрації на людину

Сильний шум і вібрація погіршують умови праці, надаючи несприятливий вплив на організм людини і знижуючи продуктивність праці. Впливаючи на центральну нервову систему, шум впливає на весь організм людини. Тривалий та інтенсивний шум впливає на органи слуху, приводячи іноді до глухоти, викликає серйозні розлади нервово-психічної і серцево-судинної діяльності організму. Втома працюють через сильний шум сприяє уповільненню швидкості психічних реакцій, що збільшує число помилок при роботі і може стати причиною аварій суднових механізмів і травматизму особового складу.

Ступінь шкідливості шуму і вібрації визначається їх інтенсивністю і тривалістю впливу на людину. З цього погляду в найбільш несприятливих умовах перебувають члени машинних команд, які несуть вахти в машинно-котельних відділеннях (МКХ) на судах, які не обладнані системами дистанційного автоматизованого управління енергетичними установками.

Інтенсивний шум в машинних відділеннях, де встановлені двигуни підвищеної гучності, значно знижує чутність і погіршує сприйняття мови, що може стати причиною аварій або нещасних випадків. Так, при рівні шуму в МКВ, що досягає 110, ... 115 дБ, сприйняття вахтовим мови і усних команд різко знижується, а при рівні, що перевищує 116 дБ, повністю припиняється.

Вплив вібрації, гак само як і шуму, не тільки погіршує самопочуття людини, а й часто призводить до погіршення її здоров'я: порушення обміну речовин, зниження гостроти зору і слуху. У суднових умовах загальна вібрація організму передається внутрішнього вуха людини за рахунок кісткової провідності. Тривала робота з обладнанням, що створює підвищений рівень

вібрації, може привести до важкого професійного захворювання - віброхвороби, яке виражається в стійких змінах фізіологічних функцій організму, обумовлених порушеннями центральної нервової системи. Тому на флоті приділяють підвищену увагу питанням зниження шкідливого впливу шуму та вібрації на людину.

Основні фізичні та фізіологічні характеристики шуму і вібрації.

Звук являє собою хвильове коливання частинок пружного середовища під впливом будь-якої сили, що обурює. Залежно від виду середовища, в якій поширюється звук, розрізняють повітряний, підводний і структурний шуми.

Звук, що поширюється в повітряному середовищі, називають повітряним, в воді - підводним звуком. Структурний звук викликається вібрацією твердих тіл.

Швидкість поширення звукової хвилі в будь-якому середовищі називають швидкістю звуку. Вона залежить від пружності і щільності середовища. Так, наприклад, швидкість поширення звукової хвилі в повітрі при нормальних атмосферних умовах становить 344 м / с, у воді 1500 м / с, в суцільний сталевий або алюмінієвої конструкції відповідно 6110 і 6400 м / с. При підвищенні температури середовища швидкість звуку збільшується.

Шум - це комплекс звуків різної сили і частоти, які знаходяться в безладному поєднанні. З фізіологічної точки зору шумом називається всякий небажаний звук, що порушує тишу і подразнює організм людини.

У суднових умовах повітряний шум, створюваний головними двигунами і різними обладнанням, поширюється в суднові приміщення безпосередньо через повітря. Крім того, повітряний шум головних двигунів викликає вібрацію тих, що конструктивних захищають машинного відділення, що створює шум в суміжних приміщеннях. Аеродинамічний шум супроводжує процеси всмоктування, нагнітання і випуску газу або пари (наприклад, в системах вентиляції і кондиціонування повітря). Механічний шум виникає в результаті роботи машин і механізмів. У суднові приміщення, в яких немає джерел шуму, структурні звукові коливання передаються щодо корпусних

конструкцій і систем, створюючи повітряний шум. Залежно від частоти звукові хвилі поділяю, на інфразвукові з частотою менше 20 Гц; звукові, звуки частотою в межах від 16 до 20 тис. Гц; ультразвукові з частотою від $20 \cdot 10^3$ до 10^9 і гіперзвукові з частотою понад 10^9 Гц.

Поширення звукової хвилі в середовищі характеризується миттєвою зміною тиску середовища і періодичними згустками і розрідження її частинок. Довжиною звукової хвилі називають відстань між центрами двох згусток або двох розрідження середовища. Найбільша величина зміни тиску середовища при зближеннях, які чергуються, і віддаленнях її частинок прийнята називати амплітудою звукового тиску P . Амплітуда звукового тиску характеризує величину звукового тиску.

Звуковим тиском називається різниця між миттєвим значенням повного тиску, яке виникає в середовищі при проходженні через нього звукової хвилі, і статичним тиском невозмущеної середовища.

Звуковий тиск вимірюють за допомогою спеціальних датчиків, які сприймають змінне значення тиску.

Частота звукових коливань (Гц) визначає висоту звуку і є однією з основних його характеристик. Чим вище частота, тим вище тон чутного звуку.

Вухом людини здатне сприймати звуки в діапазоні коливань від 16 до 20000 Гц. Звуки з частотою нижче 16 Гц і понад 20000 Гц слуховим апаратом людського вуха не сприймаються як чутні.

Мінімальне значення звукової енергії, що відповідає слабким звукам, які уловлюються вухом людини, називають порогом чутності, прийнятим за нуль гучності. Звук, звуковий тиск якого менше порога чутності, вухом не сприймається. Поріг чутності для різних частот неоднаковий.

Максимальні значення звукової енергії, які викликають хворобливі відчуття у вухах і є порогом больового сприйняття звуку, називаються больовим порогом.

Звукові коливання з енергією, що перевищує больовий поріг, викликають пошкодження слухового апарату людини.

Інтенсивність звуку больового порогу перевищує інтенсивність звуку порога чутності в 10й раз. Сила (інтенсивність) звуку визначається кількістю звукової енергії, що проходить в середовищі за одну секунду через одиницю поверхні, перпендикулярної напрямку руху хвилі.

Для плоскої синусоїдальної звукової хвилі сила звуку пропорційна квадрату амплітуди звукового тиску. Поруч з поняттям сили (інтенсивність) звуку введено і поняття його гучності.

Гучність звуку це суб'єктивна оцінка сили (інтенсивність) звуку. Рівень сили звуку висловлює тільки фізичну його характеристику, а гучність фізіологічний чинник сприйнятої звуку вухом людини. Таким чином, гучність є суб'єктивним аналогом цієї фізичної величини.

Гучність звуку називають інтенсивність слухового сприйняття, що викликається звуковою хвилею. За одиницю вимірювання рівня гучності прийнятий фон.

Слуховий апарат людини здатний реагувати на відносне зміна акустичних параметрів, а не на абсолютну. Якщо збільшити силу звуку якогось тону від порога чутності до больового порогу, то наростання гучності звуку сприймається набагато повільніше, ніж зростає його інтенсивність. Наприклад, збільшення сили звуку в 10 разів відчувається вухом як збільшення гучності звуку лише в 2 рази. Це пояснюється тим, що між силою звуку як фізичної одиницею і його гучністю як суб'єктивним фактором сприйняття звуку не існує прямої пропорційності.

Згідно з психофізіологічних законом Вебера-Фехнера, зі збільшенням звукового тиску від P_0 до якогось фіксованому значенню P гучність звуку зростає приблизно пропорційно логарифму відносини P / P_0 . На підставі цього закону здійснюється побудова шкал рівнів параметрів, які характеризують звук і вібрацію.

У техніці користуються поняттям рівня виброакустических параметрів в зв'язку з тим, що абсолютні їх значення змінюються в величезних діапазонах. Рівнем виброакустического параметра вважають логарифмічне відношення

абсолютної його величини до деякого значення цього параметра, вибраного за початок відліку (опорна, гранична чи, величина).

На рисунку 6.1 приведена номограма, що представляє сімейство кривих рівної гучності. Як видно з номограми, при стандартній частоті 1000 Гц рівні гучності і інтенсивність (сили) звуку збігаються, тобто нуль шкали інтенсивності звуку відповідає нулю шкали гучності, а інтенсивність звуку в 120 дБ відповідає рівню гучності в 120 фон.

На інших частотах (особливо в діапазоні низьких частот) це рівність порушується. Рівень гучності звуку інших частот є функцією частоти і рівня звукового тиску. Найнижча з сімейства кривих є граничною кривою ледь чутного розрізнення звуків і називається порогом чутності або слуховим порогом. Верхня крива номограми являє собою граничну криву оглушливих звуків, від яких починають з'являтися хворобливі відчуття у вухах. Тому ця крива називається порогом больового відчуття звуку або больовим порогом. Кожна з кривих, яка лежить в діапазоні чутних звуків, показує відповідність будь-якого рівня гучності в фонах різних рівнів сили звуку і частоти. З малюнка видно, що розбіжність між інтенсивністю і гучністю звуку збільшується зі зменшенням його частоти і ослабленням сили.

Зі збільшенням сили звуку криві рівної гучності вирівнюються. Рівні гучності і сили звуку чисельно збігаються при значній інтенсивності звуків (з рівнем гучності 80 Дб). У цій області акустичної діаграми за числовим значенням фони збігаються з децибелами.

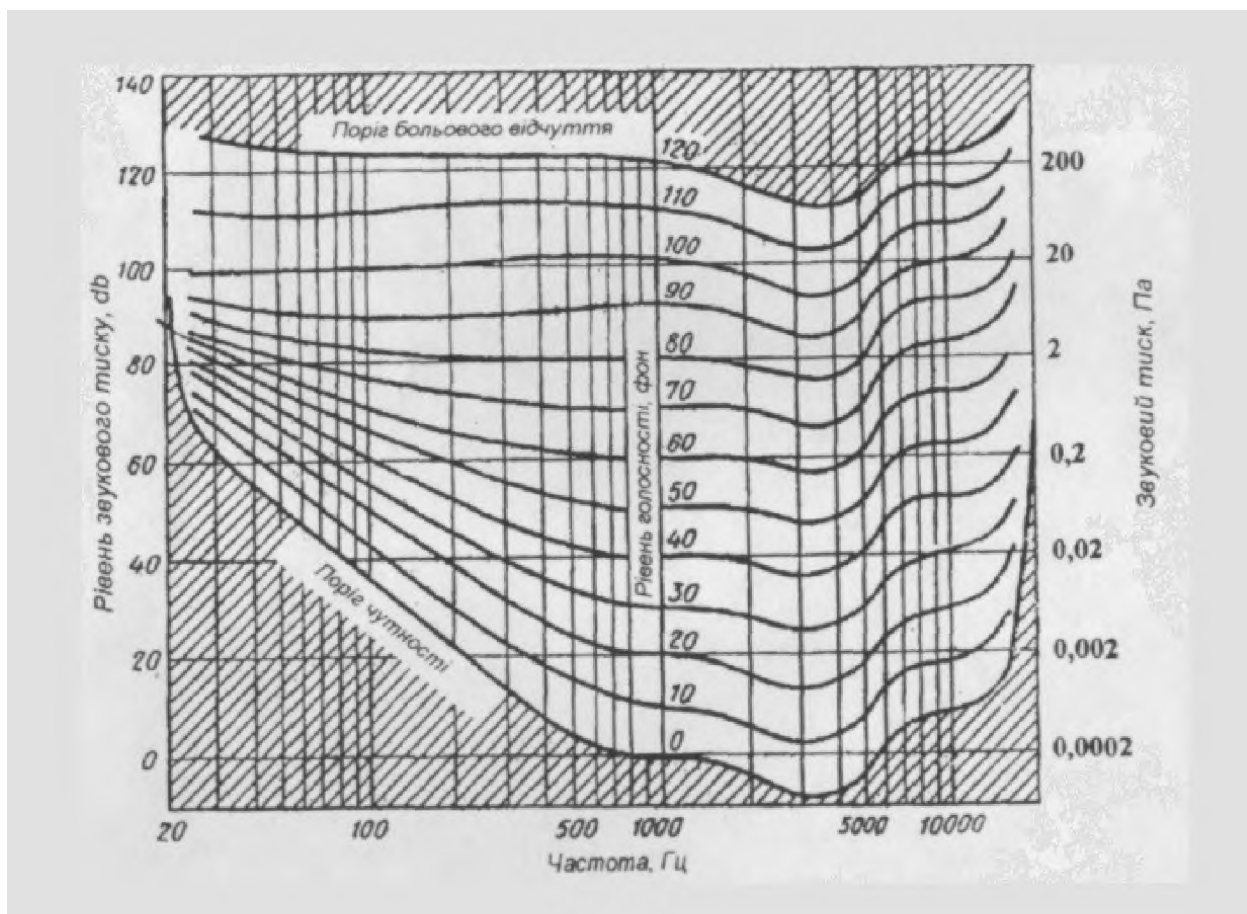


Рисунок 6.2 – Криві рівної гучності звуків.

Сукупність частот різних звуків, які утворюють шум, називається спектром шуму. Співвідношення двох звуків по висоті називають інтервалом висоти або частотним інтервалом. Через що висота звуку визначається його частотою, частотний інтервал визначається співвідношенням частот звуків.

Частотний інтервал вимірюється в октавах. У практиці віброакустичних досліджень весь чутний діапазон частот (від 16 до 20000 Гц) розділений на частотні, октавні смуги (діапазони). Віброакустичні частотні смуги визначаються величинами початкових і кінцевих частот.

Під октавою розуміється частотний інтервал між двома частотами, логарифм відносини яких при основі, що дорівнює двом, становить одиницю (ДСТ 8849-88).

У октавній смузі верхня гранична смуга вдвічі більше нижньої $f_B / f_H = 2$ (наприклад, 25 ... 50, 200 ... 400 Гц і т.д.). Якщо f_H - нижня гранична частота в даній смузі частот, а f_B - верхня гранична частота, то за частоту яка

характеризує смугу в цілому, приймається середньгеометричними частота $f_{c.r.} = fBfH$

Найбільш часто використовують смуги частот, рівні октави, полуоктави і третину октави. Граничні частоти октавних, полуоктавних і третина октавних частот стандартизовані.

На підставі ретельного вивчення шкідливого впливу шуму на суднові екіпажі встановлені норми допустимих рівнів шуму на морських судах, які передбачають величини рівнів шуму для машинно-котельних відділень, житлових, громадських і службових приміщень. На рисунку 6.2 наведені криві, які виражають граничні норми гучності в машинних відділеннях суден.

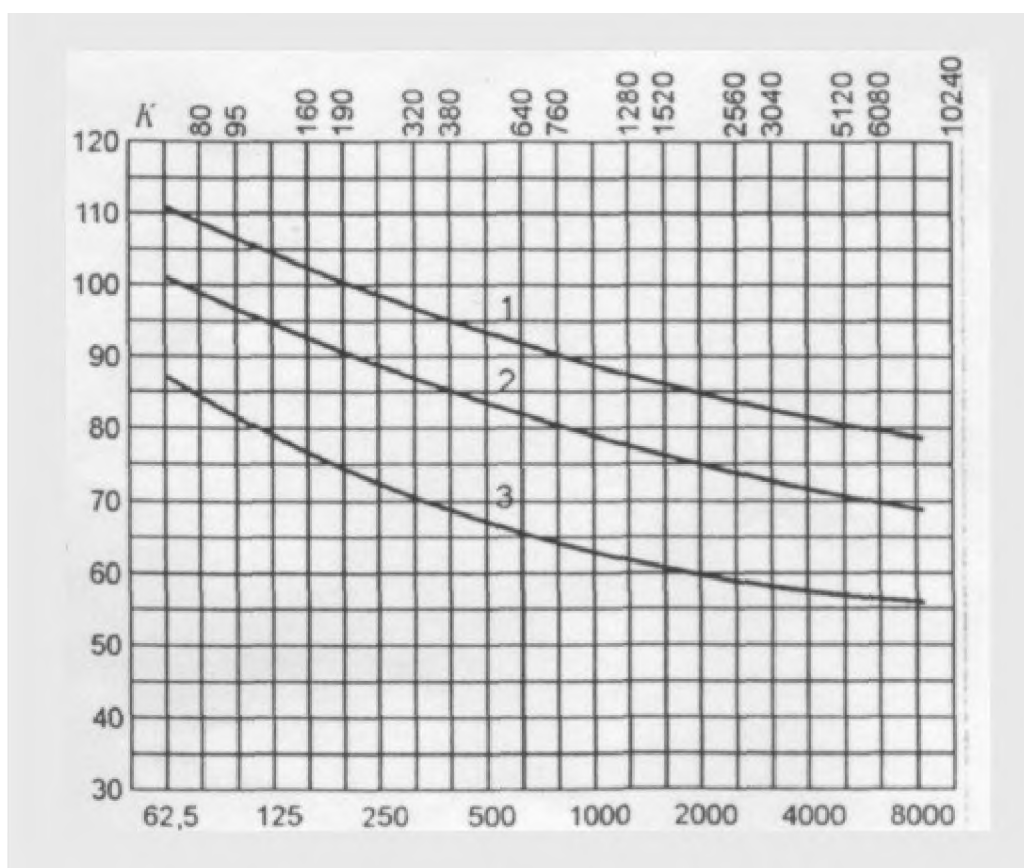


Рисунок 6.2 – Графік нормування шуму на судні

За кривою 1 знаходять граничні рівні шуму для судів з дистанційним управлінням з центральної поста управління механізмами при періодичному (не більше 2-х годин на добу) перебування людей в машинно-котельному

відділенні. За кривою 2 визначають граничні рівні шуму, коли обслуговуючий персонал знаходиться в машинному відділенні на протязі всієї вахти (при відсутності дистанційного управління механізмами з звукоізолюваних постів). Для ізолюваних постів або пультів управління механізмами допустимий рівень шуму визначають за кривою 3. Крім того, в довідковій літературі наведені криві, побудовані за аналогічним принципом. За допомогою цих кривих можна визначити допустимі рівні шуму в усіх інших суднових приміщеннях.

Вібрації являють собою коливальні рухи матеріальних частинок, які надають тілу людини коливальну швидкість. Причинами виникнення вібрації можуть бути неврівноважені оборотні маси, неврівноважені силові впливи при роботі машин, удари деталей механізмів тощо.

У практиці досліджень вібрацій, так само як і при аналізі шумів, замість абсолютних значень параметрів оперують рівнями цих параметрів, які складають логарифмічні відносини абсолютних величин параметрів до їх граничним значенням. Для вимірювання параметрів вібрації використовується логарифмічна шкала децибел. Як і при акустичних розрахунках, весь діапазон частот вібрації розбивається на октавні смуги. Стандартизовані середньгеометричені частоти октавних смуг становлять: 1; 2; 3; 4; 8; 16; 32; 63; 125; 250; 500; 1000; 2000 Гц. Спектри рівнів коливальної швидкості з основними характеристиками вібрацій.

Кордон допустимих вібрацій залежить від частоти коливань. Розрізняють загальну і місцеву (локальну) вібрації. Загальна - викликає вібрацію всього організму, місцева вібрація діє на обмежену ділянку тіла. У судноремонті до вібронебезпечним інструменту відносяться понад ста найменувань ручного механічного інструменту ударної, ударно-обертального і обертального дії.

Суднові екіпажі, як правило, піддаються впливу загальної вібрації, джерелами якої на судах є головні двигуни, гребний гвинт, вентилятори, компресори та інші механізми. Локальна вібрація відчувається при роботі з

ручним механізованим і пневматичним інструментом. При цьому впливу вібрації піддаються не тільки руки, але практично всі органи людини. Нерідко людина може піддаватися одночасно впливу загальної та локальної вібрації. Людина сприймає вібрації в широкому діапазоні від часток герца до 200 Гц. У плані ризику виникнення вібраційної хвороби найбільш шкідливі для людини вібрації, частота яких збігається з власною частотою коливань її організму, а також вібрації частотою від 16 до 250 Гц. Для більшості внутрішніх органів власні частоти лежать в діапазоні 6 ... 9 Гц. Коливання з такими частотами надзвичайно небезпечні для людини, тому що можуть викликати пошкодження внутрішніх органів. Тривале і систематичне вплив вібрації може викликати вібраційну хворобу. Швидкому розвитку хвороби сприяють підвищені частоти і великі амплітуди коливань. Ефект впливу вібрації на організм людини визначається в основному величинами швидкості та прискорення. При малих амплітудах і порівняно великих частотах основний вплив на людину здійснює коливальна швидкість. При вібраціях з великою амплітудою зсуву і незначною частотою визначальну роль в сприйнятті людиною. Вібрація грає коливальний прискорення.

Людина починає відчувати вібрації, коли їм надано прискорення, що становить 1% від нормального прискорення сили ваги. Прискорення, які досягають 4 ... 5% цієї величини (40 ... 50 см / с) Викликають у людини неприємні відчуття.

6.4 Нормування шуму і вібрації

З метою визначення відповідності віброакустических параметрів середовища санітарним нормам (ДСТ 12.1.003-83. Шум. Загальні вимоги безпеки) здійснюється вимір рівня шуму і вібрації Основним приладом для вимірювання шуму з шумомір. Для вимірювання вібрації застосовуються осцилографи, вібрографи, віброскопи і віброметри, а також прилади ШВК-1, ВМ-1, ВШВ-003.

На основі вивчення шкідливого впливу шуму на суднові екіпажі встановлені норми допустимих рівнів шуму на морських судах, які передбачають величини рівнів шуму для машинно-котельних відділень, житлових, громадських і службових приміщень.

Визначення якостей суднового устаткування за рівнями шуму і вібрації проводять зазвичай в період ходових випробувань, а також ремонтів суден та їх устаткування, відповідно до ДСТ 12.1.003-83, ГОСТ 12.1.024-81 і ДСТ 12.1.025-81.

Методика вимірювання рівнів шуму регламентується ГОСТ 12.1020-79 «ССБТ. Шум. Методи контролю на морських судах ». ДСТ 12.1.012-90 ССБТ визначає умови вимірювання параметрів вібрації, а також встановлює загальні вимоги безпеки.

На підставі ретельного вивчення шкідливого впливу шуму та вібрації на суднові екіпажі з урахуванням вимог Держстандарту Санітарними правилами для морських судів встановлені норми шуму (додаток № 5) і вібрацій (додаток № 4).

Норми встановлюють граничні допустимі величини рівнів шуму і вібрацій на робочих місцях екіпажу, в житлових та громадських приміщеннях, зонах відпочинку. Рекомендується визначати рівень шуму в восьми октавних смугах (63, 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000 і 8000 Гц). При цьому встановлені граничні (безпечні) значення рівнів шуму по кожній октавній смузі Як допустимі величини вібрації встановлюються середньоквадратичне значення рівня коливальної швидкості $\dot{y}_u$ (дБ) в октавних смугах частот з середньгеометричними частотами 2, 4, 8, 16, 32 Гц

Потужність звукового випромінювання і вібрації суднового енергетичного устаткування можна зменшити засобами конструктивного, технологічного характеру, а також оптимізацією режимів його експлуатації.

До числа найбільш ефективних заходів щодо зменшення шуму та вібрації в джерелі виникнення можна віднести наступні: підвищення віброакустичних параметрів машин і механізмів при їх конструюванні і

виготовленні (заміна швидких зворотно-поступальних рухів деталей рівномірним обертальним, зменшення маси елементів, які стикаються, підвищення чистоти обробки поверхонь тертя і загальна притирання взаємно дотичних деталей, запобігання можливих резонансів тощо); впровадження нових видів матеріалів з високими демпфірувальними властивостями; застосування примусового мащення поверхонь тертя в зонах контакту; поліпшення віброакустичних характеристик насосів, вентиляторів і суднових систем вентиляції та кондиціонування повітря; застосування віброізоляції і активного захисту.

Висновок

Таким чином, вивчивши та розглянувши вплив шуму і вібрації на судах на організм людини, можна зробити висновок, що тривале перебування поблизу джерела виділення вібрації і шуму згубно впливає на організм людини, тим самим піддаючи його на небезпечне існування, тому що може виникнути ряд несприятливих рефлексів, які в свою чергу не полегшують, а тільки погіршують роботу і існування людини. Таким чином, необхідно передбачити ряд заходів, для зменшення впливу шуму і вібрації на організм людини на судах.

ВИСНОВКИ

У роботі розглянуті способи підвищення експлуатаційних характеристик електроприводу підрулюючого пристрою для нафтоналивного судна.

Розглянуті існуючі типи підрулюючих пристроїв та обрано тип підрулюючого пристрою, що використовується у нафтоналивних судах. Проведено статичний розрахунок електроприводу даного підрулюючого пристрою, а також вибрано двигун електроприводу і розраховані його статичні характеристики.

При виконанні динамічного розрахунку САК електроприводу підрулюючого пристрою були розраховані і побудовані перехідні процеси електроприводу при ступінчастому зміні керуючого впливу та різних значень постійних часу.

Розроблена схема керування підрулюючим пристроєм.

Виконана робота підтверджує доцільність покращення експлуатаційних характеристик електроприводу підрулюючого пристрою та подальшому використанні його на судах нафтоналивного типу завдяки встановленню асинхронно-вентильного каскаду з широким діапазоном регулювання швидкості.

В роботі також представлено розділ конвенції МАРПОЛ.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Бабаев А.М., Ягодкин В.Я. Автоматизированные судовые электроприводы. Учебник для вузов. - М.: Транспорт, 1986. - 448 с.
2. Борцов Ю.А., Соколовский Г.Г. Тиристорные системы электропривода с упругими связями. - Л.: Энергия, 1979.
3. Вагущенко Л.Л., Цымбал Н.Н. Системы автоматического управления движением судна. - 3-е изд., перераб. и доп.- Одесса: Фенікс, 2007. - 328 с.
4. Дементьев Ю.Н. Регулируемый электропривод переменного тока по схеме надсинхронного вентильного каскада. Известия Томского политехнического университета. 2012. Т. 321. № 4. Стр. 116-121.
5. Електромеханічні системи автоматичного керування та електроприводи: Навч. посібник / М.Г. Попович, О.Ю. Лозинський, В.Б. Клепиков та ін.; За ред. М.Г. Поповича, О.Ю. Лозинського. - К.: Либідь, 2005. - 680 с.
6. Зайцев Г.Ф. Теория автоматического управления и регулирования. - 2-е изд., перераб. И доп. - К.: Ви
ща шк. Головное изд-во, 1989. - 431 с.
7. Ключев В.И. Теория электропривода. Учебник для вузов. - М.: Энергоатомиздат. 1985. - 560 с.
8. Піцан Р., Бардачевський В., Бойчук Б. Збірник задач по курсу “Електропривід”. Навчальний посібник. - Львів, Видавництво Державного університету «Львівська політехніка», 1999, 426 с.
9. Системы тиристорного управления судовыми электромеханизмами. Авт.: Богословский А.П., Певзнер Е.М., Туганов М.С., Яуре А.Г. Л., Судостроение, 1978. - 232 с.
10. Справочник по автоматизированному электроприводу / Под ред. В.А. Елисеева и А.В. Шинянского. - М.: Энергоатомиздат, 1983. - 616 с.
11. Тубальцев А.М. Виробниче освітлення та його розрахунок: Навчальний посібник - Миколаїв УДМТУ, 2001.

13. Чиликин М.Г., Ключев В.И., Сандлер А.С. Теория автоматизированного электропривода. Учеб, пособие для вузов - М.: Энергия, 1979. - 616 с.

14. Эксплуатация судовых электроприводов: Справочник. Васильев В.Н., Карауш Н.Я. - М.: Транспорт, 1985. - 279 с.