

Проанализировано современное состояние прогнозирования надежности машин и, в частности, пожарных автомобилей. Проведены исследования существующих методов прогнозирования надежности пожарных автомобилей для совершенствования и оптимизации процесса их технического обслуживания и предупреждения тем самым вероятности выхода из строя узлов пожарных автомобилей.

**Ключевые слова:** методы прогнозирования, надежность, пожарный автомобиль, техническое обслуживание.

**Vasilyeva O.E., Palkanynets V.V. Analysis of modern methods of predicting the reliability of fire engines to improve their maintenance**

The current state prediction of machinery reliability, particularly fire trucks. Conducted a study of existing methods of predicting the reliability of fire engines to improve and optimize the process of maintenance and prevent thereby the probability of failure nodes fire trucks.

**Keywords:** forecasting methods, reliability, fireman car maintenance.

УДК 681.518.22

Аспір. А.П. Смольянов<sup>1</sup> –

Херсонський національний технічний університет

**АНАЛІЗ НАЯВНИХ ЗАСОБІВ КЕРУВАННЯ ДИНАМІЧНИМ ПОЗИЦІОНУВАННЯМ СУДНА**

Проаналізовано відомі засоби активного керування, які використовують для динамічного позиціонування судна. Визначено, що очевидні переваги мають електрорушійні системи типу AZIPOD. Показано, що важливим при цьому є вибір електричного двигуна та вказано на перспективність застосування при цьому вентильних двигунів.

**Ключові слова:** динамічне позиціонування, активні засоби керування, електрорушійні системи AZIPOD, вентильний двигун.

**Постановка проблеми.** Унікальне геостратегічне положення України між країнами Європи, Азії та Близького Сходу, зокрема вихід до Азовсько-Чорноморського та Середземноморського басейнів стимулює розвиток власного морського транспорту, який за період реорганізації економіки на ринкові відносини більшою частиною був знищений через його застарілість, арешт, продаж суден за борги тощо. В таких умовах особливої актуальності набувають питання дослідження та застосування вітчизняних інноваційних технологій управління суднами з врахуванням сучасних світових вимог судноплавства. Перспективними та актуальними напрямками досліджень є роботи щодо динамічного позиціонування (ДП) судна. Останнє передбачає розроблення автоматизованих систем керування ДП судна із застосуванням відповідних технічних засобів, – так званих активних засобів керування (АЗК).

**Аналіз відомих інформаційних джерел і публікацій** показав, що питання автоматизованого керування ДП судна становлять окремих та актуальний напрямок досліджень [1, 2, 5-9].

**Формування цілей.** Задача динамічного позиціонування (ДП) судна передбачає вирішення двох основних завдань: 1) розроблення технічного забезпечення та 2) розроблення інформаційного забезпечення з попереднім аналізом існуючих сучасних засобів забезпечення вирішення вказаних завдань. Технічні

засоби забезпечення автоматизованого керування ДП судна застосовують для утворення штучних силових впливів під час його ДП. Із [3] відомо, що задача ДП судна, яка істотно відрізняється від традиційних задач керування рухом водних об'єктів. Це пояснюється тим, що під час ДП рух судна здійснюється відносно нерухомого балансувального режиму з малими значеннями лінійної швидкості. Тому вплив на корпус судна гідродинамічних сил, які викликані власним рухом судна, незначний та не утворює значного впливу на динаміку процесів керування. Визначальними під час ДП є сили та моменти збурювальних впливів зовнішнього середовища, засобів керування та реакція технологічного обладнання. З огляду на це особливої уваги потребують питання аналізу відомих технічних засобів для забезпечення ДП судна та визначення інноваційних і перспективних напрямків їх розроблення і застосування.

**Основний матеріал.** Під час ДП гідродинамічна сила та момент на кермі значно вищі, ніж на корпусі судна завдяки потоку води від гвинтів. Проте вони є недостатніми для ефективного керування процесом позиціонування в умовах інтенсивних зовнішніх збурювальних впливів. Тому під час ДП на судах використовують активні засоби керування (АЗК): підкермовувальні пристрої, крильчасті рушії, активні керма, поворотні гвинтові колонки та роздільні поворотні насадки [3, 5, 7]. АЗК застосовують для покращення маневрених характеристик.

На сучасному етапі еволюції науково-технічного прогресу та необхідності економії паливних ресурсів, а також освоєння альтернативних енергетичних джерел АЗК, пропонувані до застосування на судах, повинні забезпечувати:

1. Економію паливно-енергетичних ресурсів;
2. Добру маневреність судна на малих швидкостях;
3. Можливість свого (АЗК) застосування на судах різних типів та різного призначення.

Аналіз відомих інформаційних джерел [1-3, 5-7] вказує, що на сучасних судах використовують різні типи АЗК, які відрізняються особливостями конструктивного виконання, методами та способами забезпечення маневреності судна, зручністю використання тощо. Порівняльний аналіз відомих типів АЗК судна, які використовують для його динамічного позиціонування (табл. 1), дає змогу зробити висновок, що очевидні переваги мають електрорушійні системи (ЕС) типу AZIPOD [1, 2, 7], які відповідають вказаним вимогам, зокрема забезпечують значну економію паливно-енергетичних ресурсів та, водночас, добру маневреність судна, крім того, застосування таких систем як АЗК дає змогу, завдяки порівняно невеликому діаметра гребного гвинта, зменшити вібрації корпусу судна, знизити ефект кавітації та виключити ефект резонансу гребного гвинта. Тому очевидно є перспективність застосування саме таких АЗК для ДП судна.

Крім того, на сьогодні під час використання електрорушійних систем ДП одночасно впроваджують технологію CRP (contra-rotating propeller), яка полягає в тому, що гвинти розташовуються навпроти один одного та мають протилежний напрямок обертання, через що досягається максимальний рушійний ефект [4].

<sup>1</sup> Наук. керівник: проф. Н.А. Соколова, д-р техн. наук

Табл. Порівняльний аналіз сучасних АЗК

Назва АЗК	Коротка характеристика	Застосування	Переваги	Недоліки
1	2	3	4	5
Крильчатий рушій (КР) [5-7]	Дає змогу створювати силу тяги в будь-якому напрямку і змінювати її величину. Послугу в собі функції гвинта й керма, тому судна, що мають його як основний рушій не мають рульового пристрою, а їх добра поворотність забезпечується зміною напрямку сили тяги.	Як основний засіб керування на буксирах, паромках, плавкранах, риболовних суднах. Як допоміжний засіб керування на великих пасажирських суднах і танкерах.	Судна, оснащені КР мають хороші гальмівні якості. Час гальмування у них значно менший, ніж у суден з гребними гвинтами, а довжина гальмівного шляху не перевищує довжини корпусу.	– складність конструкції і відносно велика маса КР; – великі напруження на диск і лопасті під час хвилювання моря, тому судна, що мають КР як основний рушій, не засосовують для плавання у відкритому морі; – необхідність надійного конструктивного захисту під час плавання в льодах; – збільшується фактична осадка судна.
Активні керма (АК) [5-7]	Це керма із встановленими на них допоміжними гвинтами, розташованими зазвичай на задній крайці пера керма. АК перекладається з борту на борт звичайною кермовою машиною, але з метою підвищення ефективності керма граничні кути його перекладки збільшуються до 70°–90°. Використовують на малих швидкостях до 5 вузлів. За великих швидкостей гвинт АК відключається і перекладка керма здійснюється в звичайних межах – до 35° на кожен борт. Чим більший кут перекладки, тим більша величина сили тяги гвинта, що досягає максимуму при куті перекладки рівному 90°.	Транспортні і промислові судна.	Дає змогу здійснювати повороти на малих швидкостях та за відсутності ходу. Під час маневрування на обмежених акваторіях гвинт АК можна використовувати як основний рушій, що забезпечує високі маневрені якості судна.	– ускладнення конструкції пера керма; – підвищення опору руху судна при великих швидкостях; – недостатня надійність [3]

Продовж. табл.

1	2	3	4	5
Підкермовуючі пристрої (ПДК) [5-7]	Застосовують для керування носовим краєм судна. Створюють силу тяги в напрямку, перпендикулярному діаметральній площині судна незалежно від роботи головних рушіїв і рульового пристрою.	Судна різного призначення	– можливість розвороту на місці за відсутності ходу; – відхід та підхід до причалу практично лагом; – під час руху судна спільна робота гвинта, керма і ПДК забезпечує високу поворотність судна, оскільки сила тяги ПДК може створювати додатковий момент, який сприяє розвороту в той або інший бік. – забезпечує добрі маневрені характеристики судна.	
Поворотні гвинтові колонки (ПГК) [5-7]	Це гребний гвинт, напрямком тяги якого може змінюватися на 360° за рахунок повороту відносно вертикальної осі. Поліпшення маневрених характеристик судна, оснащені ПГК досягається за рахунок можливої зміни сили тяги за напрямком і величиною.	Як основний засіб керування на суднах, до керування яких пред'являються особливі високі вимоги, але швидкість яких невелика (плавкрани, портові буксири, пожежні судна). Як допоміжний засіб керування на суднах, для яких за умовами роботи необхідно тривалий час утримуватися на місці у відкритому морі (кабеле-укладачі, океанографічні судна, плавучі бурові установки та ін.)		

На сьогодні провідним розробником ЕС AZIPOD є компанія ABB Marine (Фінляндія) [5, 6]. ЕС AZIPOD цієї компанії встановлені на багатьох судах, зокрема танкерах подвійної дії "Mastera" і "Tempera", спроектованих Kvaerner-Masa Yards (зараз STX Europe) і побудованих Sumitomo Heavy Industries для Fortum Shipping; нафтоналивних танкерах, побудованих Samsung Heavy Industries для "Совкомфлот" тощо [5].

ЕС AZIPOD (*Azimuthing Electric Propulsion Drive*) є різновидом азимутального підкермовувального пристрою та складається з електродвигуна, розташованого в окремому корпусі – гондолі, гребного гвинта, що встановлюється безпосередньо на валу електродвигуна та дизельного генератора, який виробляє електричну енергію для живлення двигуна (рис. 1). Встановлення гребного гвинта на валу електродвигуна дає змогу, уникаючи використання додаткових механічних передач, наприклад валів або редукторів, передавати крутний момент з двигуна безпосередньо на гвинт, що підвищує коефіцієнт корисної дії такого привідного механізму. Відмова від проміжних елементів пропульсивної системи дає змогу виключити втрати енергії, які виникають під час передачі енергії з валу двигуна на гвинт [4, 6].

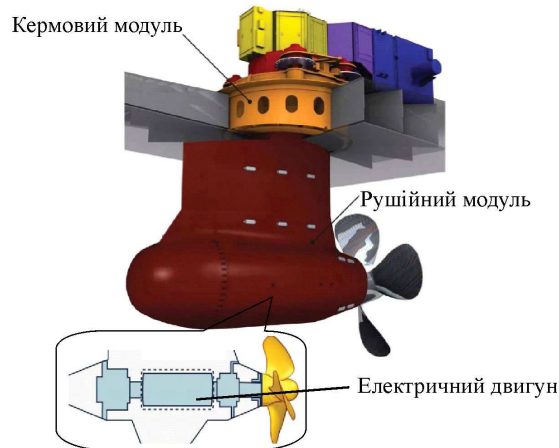


Рис. 1. ЕС Azipod [6]

ЕС AZIPOD можуть обертатися (керувати напрямком руху навколо своєї вертикальної осі) без обмежень на 360° і призначені переважно для роботи в діапазоні номінальної потужності 6-21 МВт залежно від розмірів платформи, умов зовнішнього середовища та конструкції гребного гвинта. Для роботи рушійної ЕС AZIPOD на судні використовують електросилову установку. Генератори змінного струму подають на розподільчі пристрої напругу частотою 50 або 60 Гц для забезпечення всіх судових споживачів, включаючи рушій AZIPOD (рис. 2) [6].

З врахуванням викладеного, очевидного важливого значення набувають питання щодо обґрунтованого вибору електричного двигуна ЕС та розроблення локальної системи керування ним. Останнім часом увагу науковці приділяють вентильним двигунам (ВД) [8-11] (рис. 3).

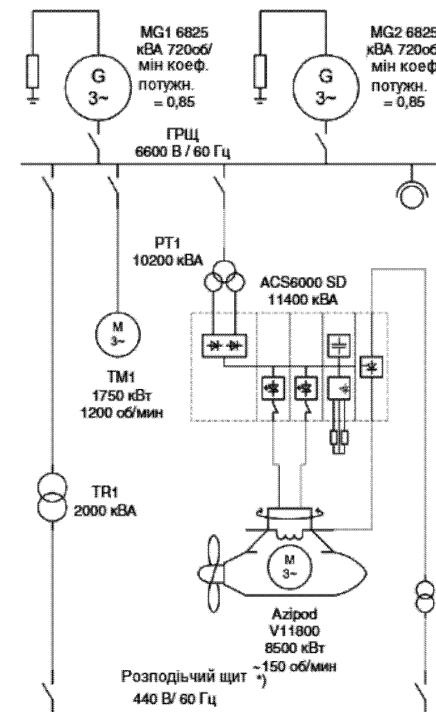


Рис. 2. Приклад типової схеми силової установки судна [6]

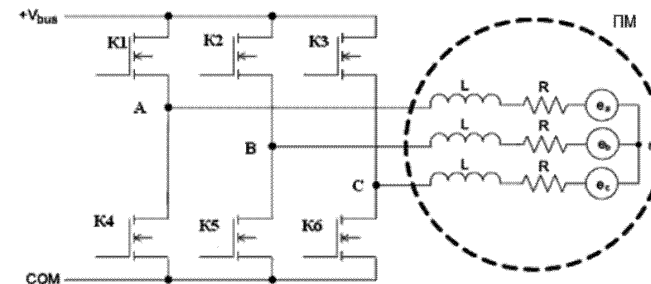


Рис. 3. Схема електрична принципова трифазного вентильного електропривода

Це пояснюється цілою низкою конструктивних і техніко-експлуатаційних переваг ВД порівняно з іншими типами електричних машин [9], зокрема:

- безконтактність і відсутність вузлів електричних машин, що потребують обслуговування, так відсутність ковзних електричних контактів істотно підвищує їх ресурс (менший знос) і надійність;
- жорстка механічна характеристика і практично необмежений діапазон регулювання частоти обертання (1:10000 і більше);
- можливість регулювання частоти обертання, як вниз (з постійністю тривало допустимого і максимального моментів), так і вгору від номінальної частоти (з постійністю потужності);

- мінімальні масогабаритні показники;
- мінімальні струми холостого ходу і порівняно вища продуктивність, ніж у щіткових електродвигунів такого ж розміру;
- велика переважувальна здатність по моменту ВД (короткочасно допустимий момент і струм можуть перевищувати номінальні значення в п'ять і більше разів);
- висока швидкодія в перехідних процесах за моментом;
- покращені енергетичні показники (ККД і коефіцієнт потужності). ККД ВД перевищує 90 % і незначно відхиляється від номінального при варіаціях навантаження.

У загальному випадку вентильним можна назвати будь-який електропривід, в якому регулювання режиму роботи відбувається за допомогою керованих вентильних (напівпровідникових) перетворювачів електричної енергії: випрямляча, імпульсного регулятора постійного струму, перетворювача частоти. У більш вузькому загальноприйнятому сенсі вентильний електропривід (ВЕП) або вентильний двигун (ВД) становить електромеханотрону систему (рис. 3), в якій об'єднані синхронна електрична машина, зазвичай, із збудженням від постійних магнітів (ПМ), електронний комутатор (ЕК), за допомогою якого здійснюється живлення обмоток якоря машини, і система автоматичного управління інвертором, оснащена необхідними вимірювальними пристроями (давачами) [9]. Часто ВД також називають безконтактними двигунами постійного струму або оберненою машиною постійного струму.

**Висновки.** Як витікає із вказаного ефективним при ДП судна є застосування ЕС AZIPOD як АЗК. При цьому очевидної важливості набувають питання щодо обґрунтованого вибору електричного двигуна. Враховуючи конструктивні і техніко-експлуатаційні переваги ВД порівняно з іншими типами електричних машин особливої уваги потребують дослідження щодо можливості їх застосування як однієї із складових АЗК, зокрема ЕС AZIPOD для забезпечення ДП судна.

### Література

1. Лукомский Ю.А. Системы управления морскими подвижными объектами : учебник / Ю.А. Лукомский, В.С. Чугунов. – Л. : Изд-во "Судостроение", 1988. – 272 с.
2. Сич Є. Проблеми розвитку транспортної системи прикордонного регіону / Є. Сич // Економіка України : політико-економічний журнал. – 2001. – № 11. – С. 14-18.
3. АВВ Оу. Представление продуктов Azipod® серии VI. – Хельсинки, 2010. – С. 36.
4. Достигаая дальних горизонтов. Морская биржа. – 2009. – № 4 (30). [Электронный ресурс]. – Доступный с <http://www.maritimemarket.ru/article.phtml?id=1127>
5. Снопков В.И. Управление судном : учебник [для студ. ВУЗов] / В.И. Снопков. – СПб. : Изд-во АНО НПО "Профессионал", 2004. – 536 с.
6. Судовые вспомогательные механизмы. [Электронный ресурс]. – Доступный с [http://www.trans-service.org/ru.php?section=info&page=s\\_s\\_u&subpage=sud\\_vspom\\_meh\\_00-09](http://www.trans-service.org/ru.php?section=info&page=s_s_u&subpage=sud_vspom_meh_00-09)
7. Шарлай Г.Н. Управление морским судном : учебн. пособ. / Г.Н. Шарлай. – Владивосток: Мор. гос. ун-т, 2010. – С. 509.
8. Радченко А.П. Электричний двигун з постійними магнітами для судного азипода / А.П. Радченко, Рашид Буда // Електромашиностроение и электрооборудование Республиканский межведомственный научно-технический сб. – 2001. – № 56. [Электронный ресурс]. – Доступный с [http://storage.library.opu.ua/online/periodic/ee\\_56/14.html](http://storage.library.opu.ua/online/periodic/ee_56/14.html)
9. Вычужанин В.В. Программное управление вентильным электроприводом / В.В. Вычужанин // Вісник одеського національного морського університету. – 2012. – № 36. – С. 104-118.

10. Демченко Г.В. Вентильный реактивный тяговый двигатель из живлением від джерела постійного струму : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук: спец. 05.09.01 "Електричні машини і апарати" / Геннадій Володимирович Демченко. – Донецьк, 1999. – 20 с.

11. Лозинський А.О. Синтез нейрорегулятора для формування жорстких характеристик вентильного реактивного двигуна / А.О. Лозинський, Ю.О. Бобченко // Електротехнічні та комп'ютерні системи. – 2011. – № 4 (80). – С. 51-55.

### Смольянов А.П. Анализ существующих средств управления динамического позиционирования судна

Проанализированы известные средства активного управления, которые используются для динамического позиционирования судна. Определено, что очевидные преимущества имеют электродвижущие системы типа AZIPOD. Показано, что важным при этом является выбор электродвигателя и указана перспективность применения при этом вентильных двигателей.

**Ключевые слова:** динамическое позиционирование, активные средства управления, электродвижущие системы AZIPOD, вентильный двигатель.

### Smoljanov A.P. Analysis of existing control vehicles dynamic positioning

The article analyzes the known means of active management, which are used for dynamic positioning of the vessel. The fact that benefits are obvious is determined, its electromotive systems like AZIPOD. It is shown that important is the choice of the motor and given the prospect of the application at the same valve engines.

**Keywords:** dynamic positioning, active controls, electromotive system AZIPOD, valve engine.

УДК 669.296:621 Доц. А.Б. Тарнавський, канд. техн. наук – Львівський ДУ БЖД

### СУЧАСНІ ПЕРСПЕКТИВИ СТВОРЕННЯ ЯДЕРНО-ПАЛИВНОГО ЦИКЛУ В УКРАЇНІ

Проаналізовано існуючий стан ядерно-паливного циклу (ЯПЦ) України. Висвітлені проблеми та перспективи розвитку атомної енергетики України та передумови створення власного ЯПЦ. Наведено існуючу структуру ЯПЦ України та виробничі потужності для її забезпечення. У загальній структурі організації виробництва ядерного палива в нашій державі проблематичним є лише здійснення злогопного збагачення урану, повторна переробка та утилізація відпрацьованих тепловиділяючих елементів, а також забезпечення атомної енергетики необхідними хімічними компонентами та технологічним обладнанням.

**Ключові слова:** ядерно-паливний цикл, ядерне паливо, уранова руда, тепловиділяючі елементи, тепловиділяючі збірники, цирконієві сплави, відпрацьоване ядерне паливо, радіоактивні відходи, сховища відпрацьованого ядерного палива.

**Постановка проблеми.** На сучасному етапі розвитку атомної енергетики перед Україною постала низка проблем зі створення власного ядерно-паливного циклу (ЯПЦ), що призводить до залежності її від інших держав [1].

Ядерно-паливний цикл – це сукупність процесів і операцій, що охоплюють весь технологічний ланцюг обігу ядерного палива – від видобутку руди до утилізації відпрацьованого ядерного палива (ВЯП). Заключний етап ЯПЦ, пов'язаний з ВЯП, визначає його тип [2]. Якщо подальше використання ВЯП після його видалення з реактора не планується, то його розглядають як радіоактивні відходи і відправляють на довготермінове зберігання, а в перспективі – на остаточне ("вічне") поховання. Такий цикл називають "відкритим" ("розімкненим") або "неповним". Але ВЯП можна переробити, щоб знову використати невикористані