

УПРАВЛІННЯ ПРОПУЛЬСИВНИМИ ДВИГУНАМИ

Дощенко Г.Г., Наговський Д.А.
Херсонська державна морська академія
(Україна)

Анотація. Розглянуто математичні методи, які використовуються для опису процесів при управлінні пропульсивними двигунами. Показана ефективність запропонованої повної моделі суднової системи управління пропульсивними двигунами (DP).

Вступ. Мотивація розробки вдосконалених методів управління пропульсивним двигуном в якості рушія судна була ініційована фірмою АВВ в середині 1990-х років. Ідея полягала в тому, щоб краще використовувати позитивні властивості електричних приводів і двигунів в інтересах підвищення ефективності управління та якісних показників суднових електростанцій, а також зниження механічного зносу рухомих елементів. Зазначені питання розглядалися такими авторами як Sorensen і ін. [1]. Зокрема, в [1] вивчено рух при використанні пропульсивних двигунів в екстремальних умовах. Далі отримало розвиток управління пропульсивними трастерами в екстремальних умовах, в якому враховуються сильні втрати тяги через ефект турбулентності, коли гвинт піднімається над поверхнею води в результаті сильного хвилювання, а також контролера, що запобігає обертанню двигуна трастера, принцип дії якого аналогічний ефектам в управлінні колесами на автомобілях.

У дизель-електричній силовій установці гвинти на валу зазвичай приводяться в дію електродвигунами зі змінною швидкістю обертання. Горизонтальні двигуни можуть бути безпосередньо з'єднані з валом, що приводить до простого і механічно надійного рішення; або через зубчасте з'єднання, що дозволяє збільшити швидкість обертання двигуна, при цьому конструкція має компактні розміри. Гребні гвинти на валу використовуються головним чином в човникових танкерах та інших суднах, в яких необхідна потужність рушія значно вища, ніж для звичайних азимутальних двигунів. При використанні високооборотних трастерів, пропелери на валу також можуть використовуватися для забезпечення певного значення поперечної тяги.

Системи позиціонування включають в себе безліч функцій управління для автоматичного позиціонування і управління рухом судна. Регулятор позиціонування високого рівня створює керований вектор тяги при хвилюванні поверхні та її коливаннях.

Постановка задачі. Задачею даної роботи є знаходження відповідної сили напрямку тяги трастерів при розподілі тяги. Використовуючи розкладання по одиничним значенням і методи геометричної фільтрації, оптимальне значення сили і напряму для кожного трастера може бути отримано навіть при існуванні одиничного трастера з несправністю, або втратою живлення, при будь-якій конфігурації тяги і типу двигуна [2].

Основна частина. Крок гвинта зазвичай визначається як радіус $0,7R$ лопасти пропелера і визначається як пройдена відстань за оберт при обертанні пропелера у вигляді гвинта з кутом гвинта, що дорівнює куту лопасти при $0,7R$. Співвідношення кроку P / D є відношенням $0,7R$ до діаметру пропелера. Традиційно, співвідношення кроку гвинта або швидкість вала використовується для непрямого контролю гребної сили при завданні тяги, яке визначається законом розподілу тяги. Залежність вихідної швидкості обертання або кроку гвинта (див. рис.1) від початкового завдання може визначатися за формулою:

$$n_d = g(T_d)$$

Оскільки, як правило, для вимірювання фактичного зусилля, створюваного пропелером, не існує датчиків, то і немає гарантії виконання команд високого рівня тяги, а

процес перетворення завдання керованої тяги двигуна до фактичної сили обертання пропелера можна розглядати як систему з розімкненим контуром.

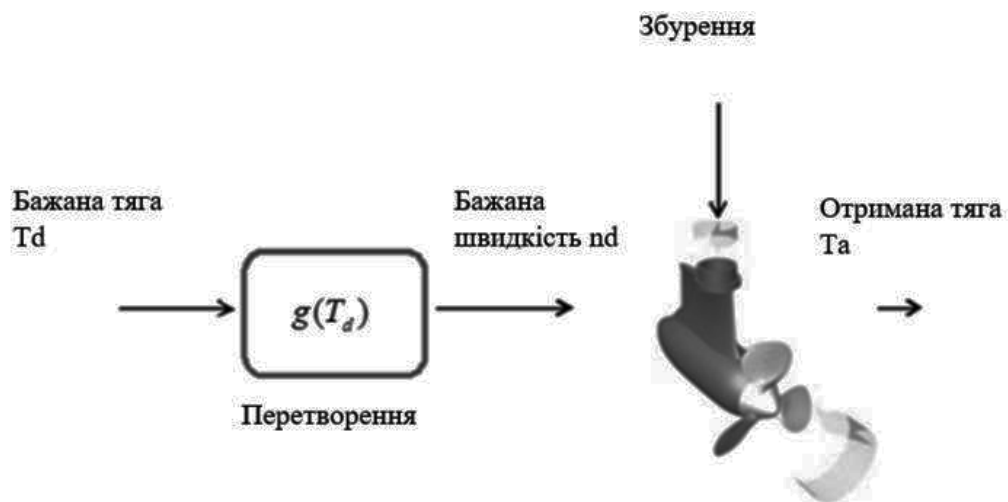


Рисунок 1 – Співвідношення між завданням сили тяги і вихідною тягою пропелера

Таким чином, це ускладнює конструкцію управління, погіршує показники продуктивності і стабільності, якщо вхідні сигнали управління високого рівня не будуть проводитися локальними контролерами.

Звичайно результуючі сигнали уставки швидкості визначаються зі стаціонарних співвідношень сили/швидкості/кроку пропелера, заснованих на інформації про характеристики двигуна, знайдених при випробуваннях моделі, отриманих виробником двигуна і таке інше. Ці співвідношення пізніше можуть бути змінені під час морських випробувань. Однак, на ці співвідношення сильно впливає місцевий потік води навколо лопастей пропелера, конструкція корпусу, стиль експлуатації, рух судна, хвилі і течії. Таким чином, тяга T_a , яка виробляється, може істотно відрізнитися від заданої T_d .

У традиційних системах позиціонування варіації в цих співвідношеннях не враховуються в системі управління, що призводить до зниження ефективності позиціонування щодо точності і часу відгуку. Крім того, зміни можуть привести до погіршення характеристик напруги і стабільності в електромережі через ненавмисні піки або провали споживаної потужності, викликані коливаннями навантаження на валах гребних гвинтів. Це означає, що дизель-генератори в подібних випадках повинні мати більший запас потужності, в результаті якого загальна середня завантаженість знижується, що невиправдано збільшує витрати на технічне обслуговування. Це мотивує на пошук поліпшених методів локального управління двигуном трастера.

Згодом, завдання швидкості обертання пропелера в системах управління трастерами змінилося завданням моменту на валу [3]. Таке рішення надає більш стабільні навантаження на енергосистему і є менш чутливим до зовнішніх впливів.

Модельовання пропелерів ускладнене тим, що неможливо розробити модель установки по первинним законам управління. Тому поєднання спрощених аналітичних і емпіричних моделей є широко використовуваним рішенням. При цьому моделі повинні бути досить точними, щоб фіксувати основні фізичні ефекти, - це полегшує проектування і тестування системи управління.

Застосовуючи рівняння моменту до робочого об'єму, який створює вхідний потік, тяга може бути пов'язана зі швидкістю зміни моменту керуючого об'єму, що, в свою чергу, дасть динамічне рівняння для математичного опису швидкості просування рідини [4].

Об'єднавши моделі гвинта, двигуна і трастера, можна отримати повну модель системи управління DP, яка представлена на рис. 2.

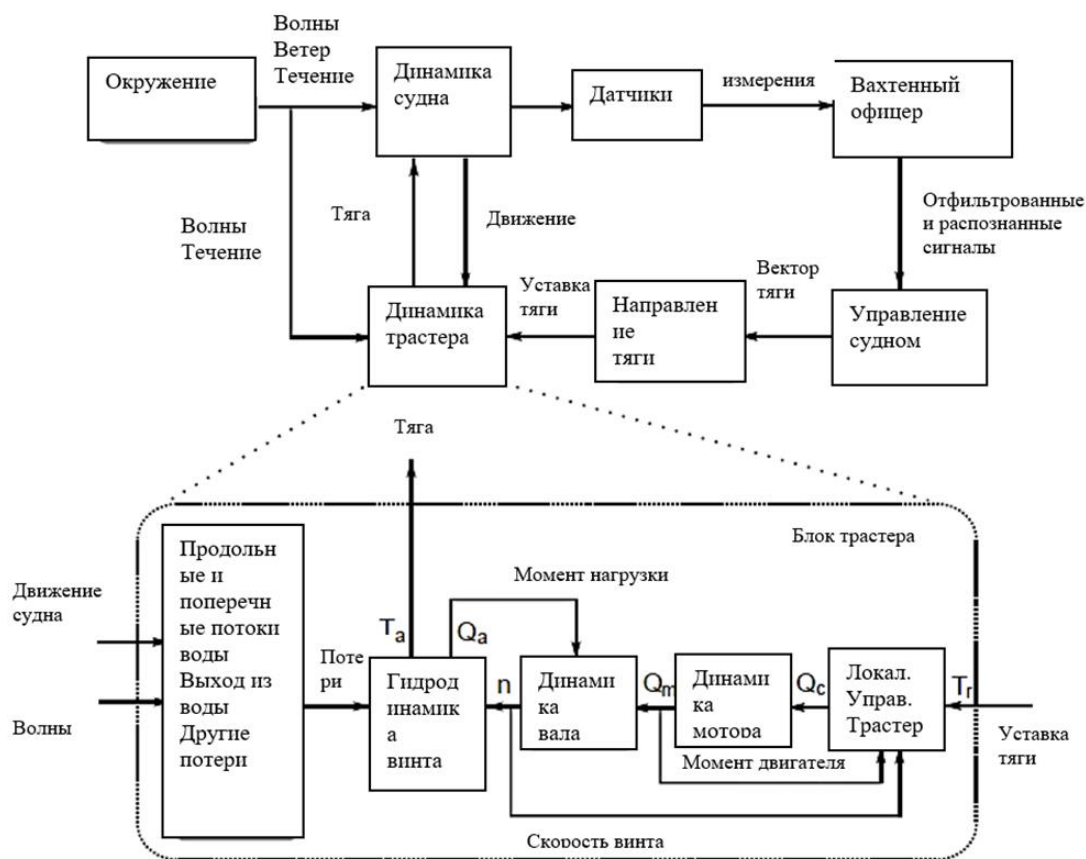


Рисунок 2 – Повна модель системи управління DP

Висновки. У представленій роботі показано, що всі параметри та налаштування повинні розглядатися в комплексі для отримання бажаної поведінки системи динамічного позиціонування.

Використання результатів математичного моделювання дозволяє створювати високоефективні системи управління судовими пропульсивними двигунами; забезпечити стабільну роботу енергосистеми в різних експлуатаційних режимах, в тому числі при маневрах судна, в таких як підрюлюючі системи суден, використовуються максимально при цьому режимі.

ЛІТЕРАТУРА

1. Zhilenkov A. Investigation performance of marine equipment with specialized information technology [Text] / A. Zhilenkov, S. Chernyi // Energy Procedia. – 2015. – Vol. 100. – P. 1247–1252.
2. Алексеев Н.А. и др. Микропроцессорные системы контроля и управления судовых технических средств. – Санкт-Петербург, 2005. – 286 с.
3. Н.Г. Doshchenko, D.A. Nahovskyi. Control methods of vessel's thruster at changing operate conditions. // Науковий вісник Херсонської державної морської академії: науковий журнал. – Херсон: Херсонська державна морська академія, 2019. – № 1 (20). – С. 224-233.
4. Haskara, I., Ü. Özgüner, J. Winkelman. Wheel slip control for antispin acceleration via dynamic spark advance. Control Engineering Practice, 8, 2000.