

4. Гутаревич Ю., Ковбасенко С., Сімоненко В. Математична модель руху автобуса з дизелем в режимах міського їздового циклу при роботі на традиційному та біодизельних паливах. *Systemy i środki transportu samochodowego. Wybrane zagadnienia . Seria: Transport*. Rzeszów: Politechnika Rzeszowska im. Ignacego Łukasiewicza, 2013. С. 231–238.

5. ГОСТ 20306–90. Автотранспортные средства. Топливная экономичность. Методы испытаний: М.: Изд – во стандартов, 1991. 34 с.

6. Ковбасенко С.В., Сімоненко В.В. Дорожні випробування автобуса, що працює на традиційному нафтовому паливі та дизельному біопаливі. *Відновлювальна енергетика*. К: ІВЕ НАН України, 2015. № 1 (40). С. 80–86.

DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-588-79-2-2.44>

МЕТОД РОЗРАХУНКУ ГІДРОДИНАМІКИ ВІДКРИТОГО ГРЕБНОГО ГВИНТА У СКЛАДІ РУШІЙНО-РУЛЬОВОГО КОМПЛЕКСУ AZIPROD

Черніков П. С.

*кандидат технічних наук,
доцент кафедри експлуатації суднового електрообладнання
і засобів автоматики
Одеського національного морського університету*

Яровенко В. О.

*доктор технічних наук, професор,
завідувач кафедри експлуатації суднового електрообладнання
і засобів автоматики
Одеського національного морського університету*

Дрожжин О. Л.

*кандидат технічних наук,
доцент кафедри експлуатація флоту
і технологія морських перевезень
Одеського національного морського університету
м. Одеса, Україна*

Одною з основних якостей, що зумовили причину високого інтересу до сучасних систем електроруху – висока маневреність суден, обладнаних гребними електричними установками (ГЕУ). Для широкого класу суден маневри є одними з основних режимів роботи.

Поведінкою електроходів на маневрах – найбільш важких і відповідальних операціях – в першу чергу визначається структура електроенергетичної установки, її комплектація, налаштування і т.п.

Традиційно проектування ГЕУ проводилося в припущенні, що швидкість руху судна постійна. При такому підході можна уявити залежність моменту опору на валу гребних електродвигунів квадратичною функцією кутової швидкості обертання гребного гвинта, і відокремити гребну установку від рушіїв, і від корпусу судна. Цей прийом дозволяє розглядати ГЕУ окремо від судна, спрощуючи тим самим завдання проектування. Однак при цьому критеріями якості її проектування неминуче виступають показники, що характеризують роботу саме гребної установки.

Сучасні електроходи мають високу ступінь енергоозброєності, в результаті чого, тривалості перехідних процесів в гребній електроенергетичній установці (ГЕЕУ) на маневрених режимах виявляються співмірні з тривалістю перехідних процесів в інших складових частинах суднового пропульсивного комплексу. Виходячи з цього, при аналізі динамічних режимів роботи допущення про сталість швидкості руху судна на перехідних режимах ГЕЕУ (так само як і припущення про сталість частоти обертання гребних гвинтів при аналізі руху судна) виявляються неприйнятними. Більш того, слід мати на увазі, що при системному підході до проектування гребних установок (їх слід віднести до молодшої системи), в першу чергу, необхідно задовольнити вимоги старшої системи (це – судно), для забезпечення роботи якої, гребна установка і призначена. Відповідно до цього, порівняльні оцінки якості проектування, ГЕЕУ повинні в першу чергу проводитися за критеріями судна, зокрема – по його маневреним характеристикам. Це сприяє створенню надійних, високоманеврених електроходів.

З усього сказаного випливає, що при проектуванні гребної електроенергетичної установки її слід розглядати як складову частину єдиного суднового пропульсивного комплексу, що включає в себе і гребну електроенергетичну установку, і гребні гвинти, і корпус судна.

Судна з електрорухом, як правило, мають кілька силових контурів, на виході яких стоять гребні електродвигуни (ГЕД). Одним з перспективних варіантів є гребний електропривод на основі асинхронних частотно-керованих ГЕД. Узагальнена структурна схема такого пропульсивного комплексу розроблена в [1, 2] і представлена на рисунку 1.

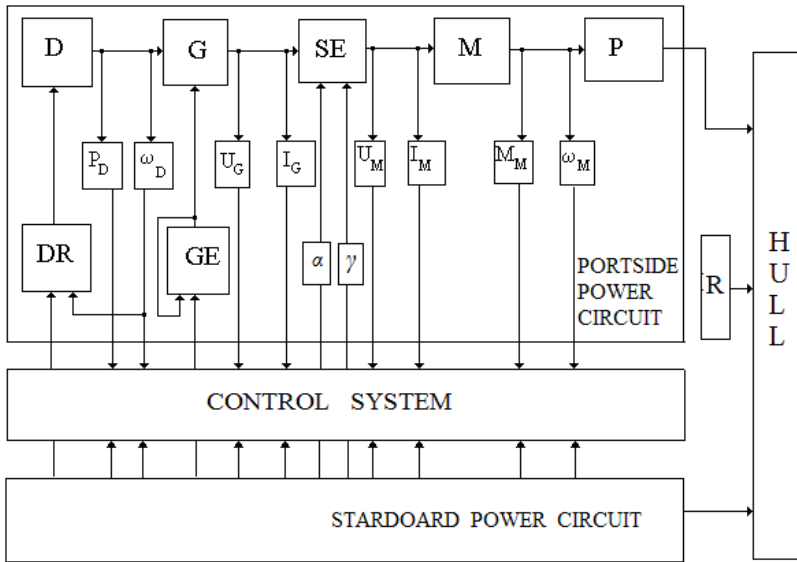


Рис. 1. Структурна схема пропульсивного комплексу електрохода

До складу кожного силового контуру входять: тепловий двигун – D , синхронний генератор – G , частотний перетворювач електроенергії – SE , асинхронний гребний електродвигун – M , регулятор частоти обертання теплового двигуна – DR ; регулятор напруги синхронного генератора – GE ; гребний гвинт – P . Пропульсивний комплекс включає в себе також кермо – R і корпус судна.

На основі структурної схеми розроблена [1, 2] математична модель перехідних режимів роботи пропульсивних комплексів на маневрах.

При класичному варіанті передачі енергії від її джерел до рушіїв, гідродинамічну реверсивну характеристику гребного гвинта, з урахуванням руху судна по криволінійній траєкторії, можна представити у вигляді параболічного полінома [3].

Однак в останні десятиліття на електроходах все частіше застосовуються азимутальні електричні приводи (рушійні комплекси) Azipod. У пропульсивних комплексах, виконаних на основі Azipod, в корні змінюється процес взаємодії гвинта з корпусом судна. Це не дозволяє розраховувати перехідні режими роботи суднових пропульсивних комплексів.

Процедура розрахунку гідродинаміки відкритого гребного гвинта в складі рушійно-рулевого комплексу Azipod запропонована у [4]. Основними недоліками методу є те, що він стосується сталого режиму роботи (швидкість обертання гвинта і швидкість натікання води на гвинт виступають у ролі констант) та необхідності обчислення значень коефіцієнтів при зміні кута повороту з графіків (тобто «вручну»).

Поставлена задача розробити метод розрахунку (та алгоритм) який би враховував означені недоліки та виступав би частиною (підпрограмою) програми, що описує поведінку усіх складових частин єдиного пропульсивного комплексу на маневрах.

Для алгоритмізації графіків залежностей треба було виходити з характеру їх зміни. Ті, що мають лінійну залежність були визначені за двома будь-яким точками і представлені рівняннями $y = a + bx$. Для графіку залежності функції від одного аргументу була проведена апроксимація даних поліномом 3-го ступеню. Для графіку залежності функції від двох аргументів була розроблена програма білінійної інтерполяції.

Розроблений метод розрахунку упору і момента опору гребних гвинтів Azipod, вбудований в математичну модель пропульсивного комплексу електрохода, дозволяє аналізувати поведінку електроходів на маневрах і знаходити найкращі варіанти організації управління його гребними електродвигунами.

Література:

1. Черніков П.С. Оптимальне управління гребними електроенергетичними установками електроходів на маневрах: дис.... канд. техн. наук: 05.22.20. Одеса, 2019. 175 с.
2. Яровенко В.А., Черников П.С. Метод расчета переходных режимов гребных электроэнергетических установок электроходов. Електротехніка і електромеханіка. 2017. № 6. С. 32–41. DOI: 10.20998/2074-272X.2017.6.05.
3. Небеснов В.И. Вопросы совместной работы двигателей, винтов и корпуса судна. Ленинград, 1965. 248 с.
4. Гофман А.Д. Движительно-рулевой комплекс и маневрирование судна. Справочник. Ленинград: Судостроение, 1988. 360 с.