

МОДЕЛЮВАННЯ ГВИНТОВИХ І РЕГУЛЯТОРНОЇ ХАРАКТЕРИСТИК СУДНОВОГО ГОЛОВНОГО СЕРЕДНЬООБЕРТОВОГО ДВИГУНА НА ТРЕНАЖЕРІ МАШИННОГО ВІДДІЛЕННЯ WÄRTSILÄ ERS 5000 TechSim

Богдан Ю.О., Сатулов А.І., Манжелей В.С., Худяков І.В.
Херсонська державна морська академія, Україна

Двигуни внутрішнього згоряння у складі пропульсивного комплексу судна при експлуатації у багатьох випадках сприймають значні навантаження, що подекуди перевищують обмеження визначені виробником. З практичного досвіду відомо, що оптимальний рівень технічної експлуатації суднової дизельної пропульсивної установки може бути досягнутий тільки при умові дотримання допустимих потужностей та швидкостей ходу, обмеження перенавантажень головного двигуна (ГД) на усіх його режимах роботи, що призводять до його теплового і механічного перенавантаження, зниженню ресурсу та надійності. Тому в практиці з технічної експлуатації сучасних суднових дизельних установок питання завдання, утримання і оптимізації робочих режимів повинні враховуватись активним удосконаленням процесу підготовки фахівців морського і річкового флоту.

Ефективним засобом у процесі підготовки компетентних фахівців з вищезазначених питань являється моделювання характеристик дизелів на тренажері машинного відділення Wärtsilä ERS 5000 TechSim [1, 2]. Таким чином навчання здобувачів вищої освіти та покращення обізнаності фахівців судномеханіків у плані моделювання і аналізу характеристик двигуна поглиблюють знання та навички з практичної оцінки властивостей двигуна у складі пропульсивного комплексу.

В доповіді приводиться методика моделювання гвинтових і регуляторної характеристик суднового головного середньообертowego двигуна на тренажері машинного відділення Wärtsilä ERS 5000 TechSim. За прототип узято модель судна – пором типу Ro-Pax з двомашинною двовальною дизельною енергетичною установкою з редукторною механічною передачею потужності на гвинти регульованого кроку (ГРК) [3]. Подібні пропульсивні установки окрім поромів також широко застосовуються на контейнеровозах (типу Feeder) малотоннажних суднах багатоцільового призначення, суднах рибпромислового флоту та ін. В склад пропульсивної установки моделі Ro-Pax Ferry входять два восьми циліндрових, рядних, чотиритактних, простої дії, середньообертowych, тронкових, з двоступеневим турбонаддувом, нереверсивних ГД MAN B&W 8L32/40 з максимальною тривалою потужністю (MCR) 2×4000 кВт (при $n = 750$ хв⁻¹), два редуктори з передаточним числом 4,28:1 та два ГРК діаметром 4,0 м.

На відміну від пропульсивного комплексу з ГФК [2], пропульсивний комплекс з ГРК має суттєву перевагу в тому що зміна кроку гвинта при будь-якій зміні зовнішніх умов, що впливають на величину опору руху судна, дозволяє узгодити роботу двигуна з гвинтом, тобто повністю використовувати допустиму потужність двигуна при заданій частоті обертання [4]. Застосування ГРК у складі пропульсивного комплексу дозволяє: застосовувати на суднах нереверсивні двигуни, здійснювати реверс без зміни напрямку обертання колінчатого валу двигуна, покращити маневрені якості судна (регулювання швидкістю судна і навіть його зупинка при номінальних потужностях і частоті обертання колінчатого валу двигуна), використовувати частину потужності ГД на спеціальні і допоміжні потреби. До основних недоліків застосування ГРК у складі пропульсивного комплексу можна віднести складність конструкції і більш низьким пропульсивними показниками на основному режимі.

Вибір оптимального режиму пропульсивного комплексу з ГД та ГРК згідно [5] полягає у наступному: частота обертання колінчатого валу і крок гвинта повинні виключати перенавантаження двигуна, забезпечуючи найбільший ККД; найбільша швидкість судна має бути у відповідності з найменшою ефективною питомою витратою палива шляхом регулювання частоти обертання і кроку гвинта. Найбільш економічний режим роботи дизельної енергетичної установки отримується за рахунок програмного управління від рукоятки телеграфу (з містка або центрального посту управління) через систему дистанційного керування одночасно на регулятор обертів двигуна і на механізм зміни кроку ГРК (комбінаторний режим).

На рисунку 1а наведені гвинтові, обмежувальні і регуляторна характеристики ГД, що працює на ГРК. Зона можливих в експлуатації режимів роботи двигуна обмежена знизу характеристикою нульового кроку гвинта, зверху – комбінаторною характеристикою, ліворуч – точкою режиму мінімально допустимих обертів і праворуч – регуляторною характеристикою.

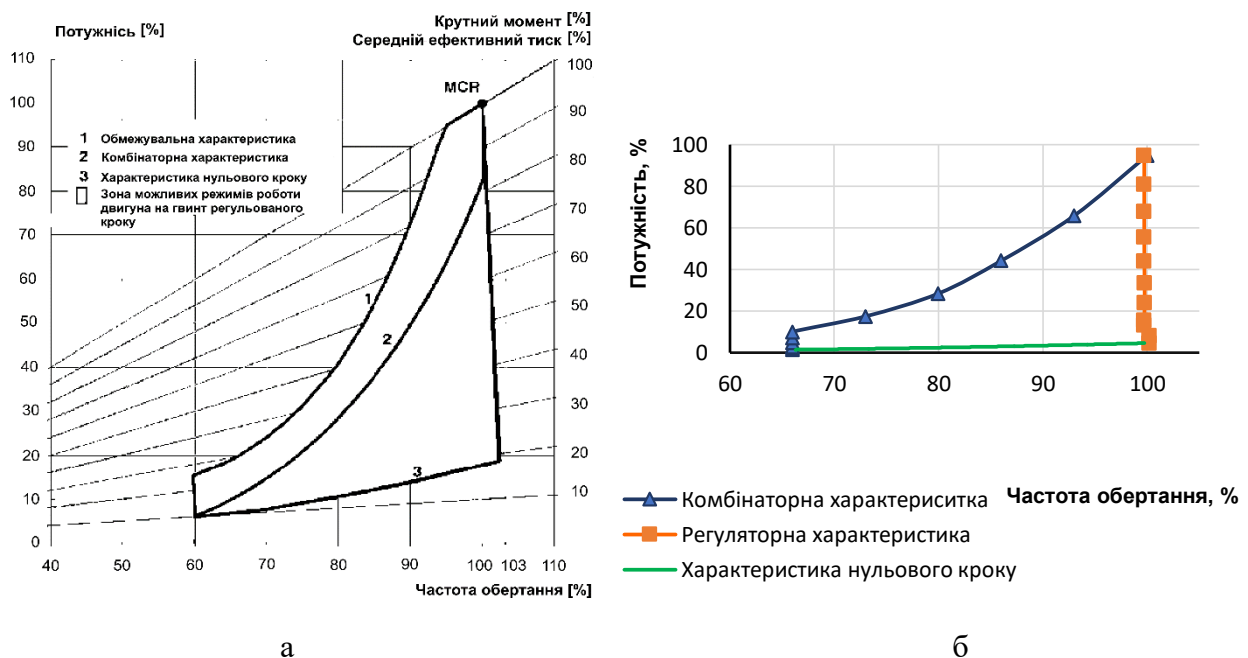


Рисунок 1. Характеристики середньообертових двигунів, що працюють на гвинт регульованого кроку: а – гвинтові, обмежувальна і регуляторна характеристики дизеля MAN B&W 6L32/40 [6], б - гвинтові і регуляторна характеристики дизеля MAN B&W 8L32/40 змодельовані на тренажері машинного відділення Wartsila ERS 5000 TechSim

В процесі виконання роботи на тренажері машинного відділення проведено випробування ГД MAN B&W 8L32/40 моделі Ro-Pax Ferry при різних режимах управління з містка (комбінаторного “combinant”, забезпечення постійних обертів “constant”) та центрального посту управління (“Engine RPM NFU control”) та отримані гвинтові і регуляторна характеристики дизеля MAN B&W 8L32/40 (Рис. 1б). Дані необхідні для побудови характеристик дизеля знімалися авторами, як в ручну з вкладки “Propulsion overview” системи контролю і моніторингу енергетичної установки судна “CMS” (Рис. 2) у попередньо підготовлені таблиці, так і автоматично за допомогою вбудованої у тренажер функції побудови графіків “Trend Manager” (Рис. 3) з подальшою обробкою у MS Excel (Рис. 1б). З рисунків 1а та 1б видно що характеристики якісно подібні, що свідчить про коректність виконаного моделювання.

Можливість відпрацювання на тренажері машинного відділення здобувачами вищої освіти та фахівцями судномеханіками випробувань ГД, побудови характеристик, імітування і

аналізу експлуатаційних і особливих режимів роботи ГД суттєво поглибить їх рівень компетентності.

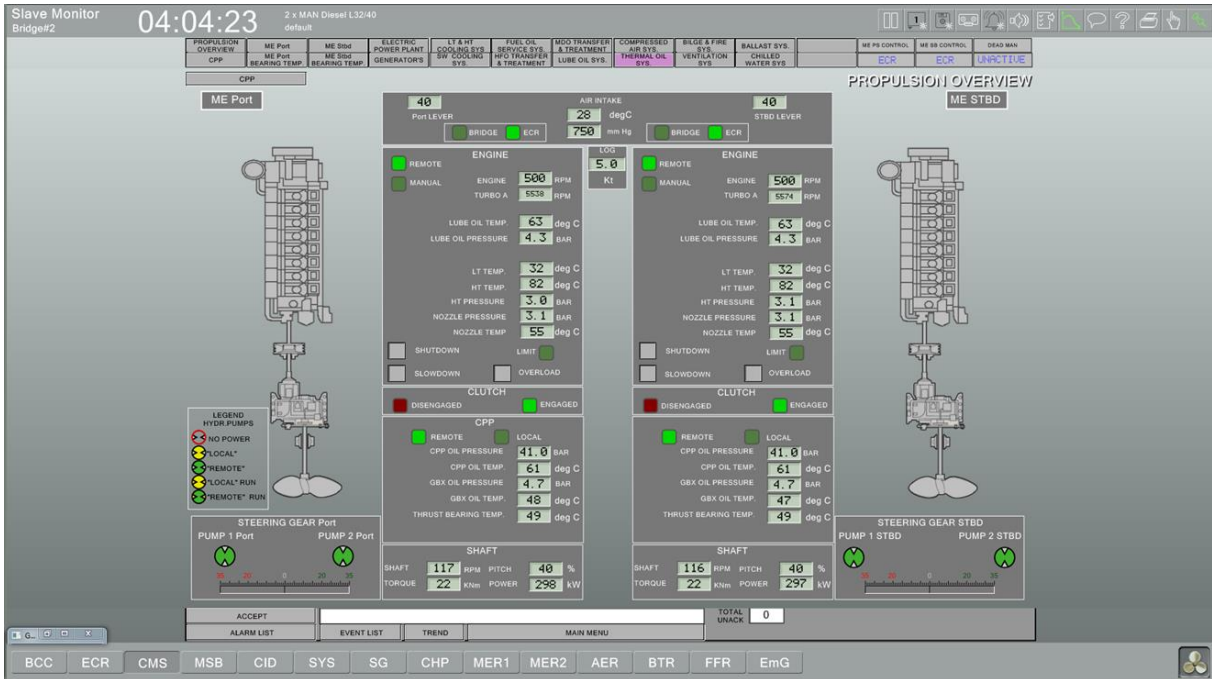


Рисунок 2. Вкладки “Propulsion overview” системи контролю і моніторингу “Control Monitoring System, CMS” енергетичної установки судна прототипу Ro-Pax Ferry змодельованого на тренажері машинного відділення Wärtsilä ERS 5000 TechSim

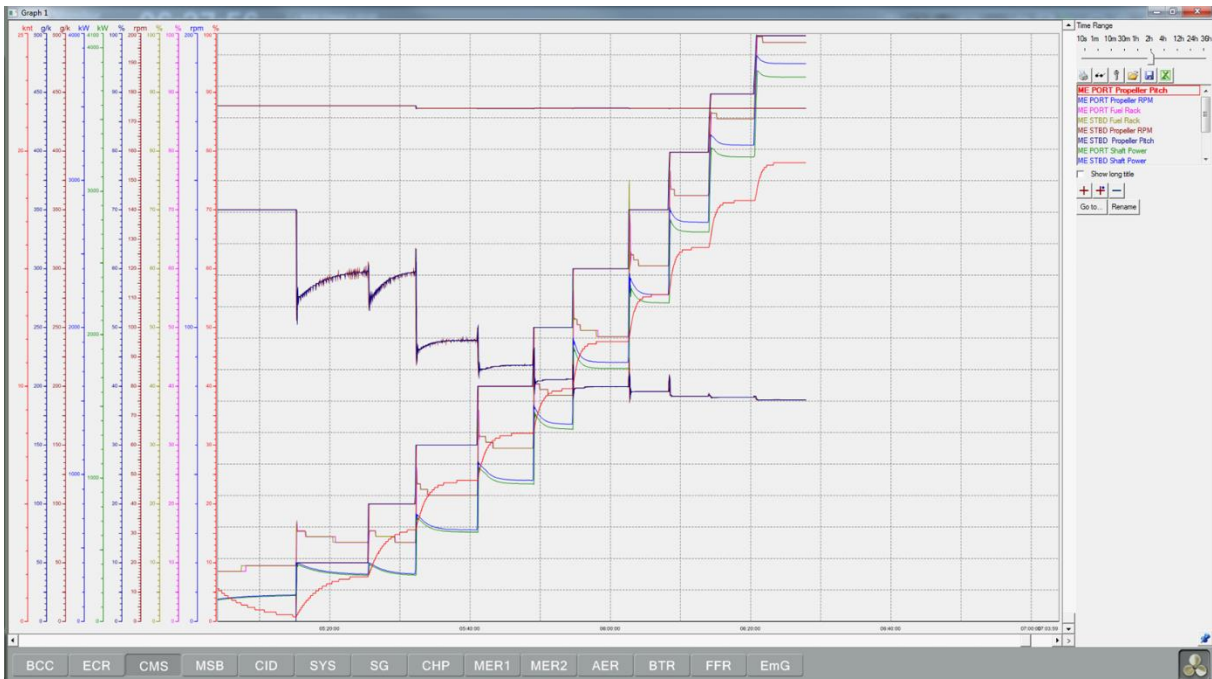


Рисунок 3. Графічне зображення параметрів ГД, що працюють на ГРК від часу, необхідних для побудови регуляторної характеристики

Використовуючи сучасний тренажер машинного обладнання Wärtsilä ERS 5000 TechSim побудовані характеристики середньообертового двигуна, що працює на гвинт регульованого кроку та проаналізовано особливості роботи такої пропульсивної установки.

ЛІТЕРАТУРА

1. Богдан Ю.А. Тренажер машинного отделения на пути становления компетентного судового механика / Ю.А. Богдан, В.С. Манжелей // Сучасні енергетичні установки на транспорті і технології та обладнання для їх обслуговування. Матеріали 8-ої Міжнародної науково-практичної конференції, 28-29 вересня 2017 року. – Херсон: Херсонська державна морська академія, 2017. – С. 481-483.
2. Визначення гвинтових характеристик суднового головного малооборотного дизеля на тренажері машинного відділення TRANSAS ERS 5000 TechSim / Богдан Ю.О., Манжелей В.С., Сатулов А.І., Худяков І.В. // Сучасні енергетичні установки на транспорті і технології та обладнання для їх обслуговування. Матеріали 9-ої Міжнародної науково-практичної конференції, 13-14 вересня 2018 року. – Херсон: Херсонська державна морська академія, 2018. – С. 329-334.
3. Тренажер TechSim 5000. ERS 5000 TechSim. MAN Diesel 32/40 Twin Medium Speed Engine + CPP – Ro-Pax Ferry. – 2014, 10. – 217 с.
4. Суворов П.С. Режимы работы судовых дизелей / П.С. Суворов. – Одесса: ОНМА, 2007. – 384 с.
5. Малиновский М.А. Обеспечение надежности судовых дизельных установок на эксплуатационных и особых режимах работы / Малиновский М.А., Фока А.А., Ролинский В.И., Вахрамеев Ю.З. – Одесса: Фенікс, 2007. – 150 с.
6. MAN B&W Diesel AG L32/40 CD. Technical Documentation. Engine Operating Instruction. B1. – 362 p.