

10.31653/smf47.2023.97-108

Нікольський В.В., Левінський М.В., Нікольський М.В.,
Слободянюк М.В., Кузьмінський Б.В.

Національний Університет «Одеська морська академія»

ВДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМ ВІДДАЛЕНОГО МОНІТОРИНГУ ПАРАМЕТРІВ СУДНОВИХ ДИЗЕЛІВ З ЕЛЕКТРОННИМ УПРАВЛІННЯМ

З початком переходу провідних виробників суднових двигунів з традиційними системами подачі палива та управління клапанами до систем з електронним управлінням постійно відбувається вдосконалення цих систем за рахунок вдосконалення як самого електронного обладнання, так і програмного забезпечення, що дозволяє підвищити надійність функціонування означених систем.

Крім того, з появою таких новітніх технологій, як Старлінк, з'являється можливість оперативного доступу до систем моніторингу та управління судновими двигунами не тільки суднової команди, а й офісу в режимі реального часу. Поява універсальних програмно-логічних контролерів з розширеними функціями дозволяє проводити модернізацію в короткі терміни шляхом заміни модуля пам'яті, або всього контролера.

Слід зазначити, що судна, які були побудовані на початку 2000-х років обладнані системами моніторингу, в яких не передбачене подвійне резервування модулів управління та використовуються застарілі операційні системи, підтримка яких вже припинена.

Тому роботи, які пов'язані з вдосконаленням систем моніторингу суднових дизелів з метою підвищення надійності та розширення функціональних можливостей є актуальними як з наукової, так і з практичної точки зору.

Пошук в літературних і електронних джерелах інформації стосовно систем моніторингу параметрів суднового дизеля MAN-B&W типу ME показав наступний результат [2, 3, 7, 8, 10] – починаючи з 2000-х років з моменту застосування суднових двигунів з електронним управлінням подачею палива та управлінням клапанами комп'ютерні системи стали невід'ємною частиною суднового дизеля при виконанні завдань управління двигуном та моніторингу параметрів його стану, що дозволило знизити вартість експлуатації двигуна і забезпечити високий ступінь гнучкості в режимах роботи.

В цьому контексті виникають і вирішуються три основні завдання:

- 1) підвищення надійності двигуна: - on-line моніторинг параметрів забезпечує рівномірний розподіл навантажень між циліндрами;
- 2) підвищення гнучкості контролю викидів;
- 3) зниження витрат палива та мастила:

Електронна система управління двигуном складається з контролерів (MPC), пов'язаних між собою двома лініями мережі. Контролери однакові по конструкції і відрізняються тільки програмним забезпеченням. До мережі також підключені дві панелі керування (MOP) на базі ПК під керуванням WindowsXP. Програмне забезпечення для всіх контролерів зберігається на жорсткому диску MOP. Така організація обміну даними сповільнена можливостей модернізації, завдяки новітнім технологіям, які дозволяють розширити функціональні можливості.

Аналіз можливих етапів вдосконалення системи моніторингу параметрів довів, що сам процес вдосконалення можливо поділити на кілька етапів: синтез первинних перетворювачів, здатних проводити вимірювання параметрів; вибір способу передачі інформації від первинних перетворювачів до суднової системи диспетчеризації; розробка системи диспетчеризації, інтегрованої з судовими системами менеджменту.

На рис. 1 приведено функціональну схему моніторингу параметрів судового дизеля від компанії MAN-B&W типу ME, де: 1 та 2 – первинні перетворювачі з кабелями; 3 – система портативного збору інформації про тиск в циліндрі, що дозволяє побудувати індикаторну діаграму для кожного циліндру і служить для калібрування штатних первинних перетворювачів; 4 – блок калібрування; 5 – система РМІ-online, яка постійно вимірює робочий процес двигуна і дозволяє проводити швидке та просте налаштування двигуна; 6 – тахогенератор; 7 – підсилювач сигналів з тахогенератора; 8 – VPN роутер [2, 3].

Система РМІ-online (Performance Measurement Indicator) – це дослівно індикатор вимірювання ефективності.

На рис. 2 показані основні величини, які можливо обрати для моніторингу стану двигуна.

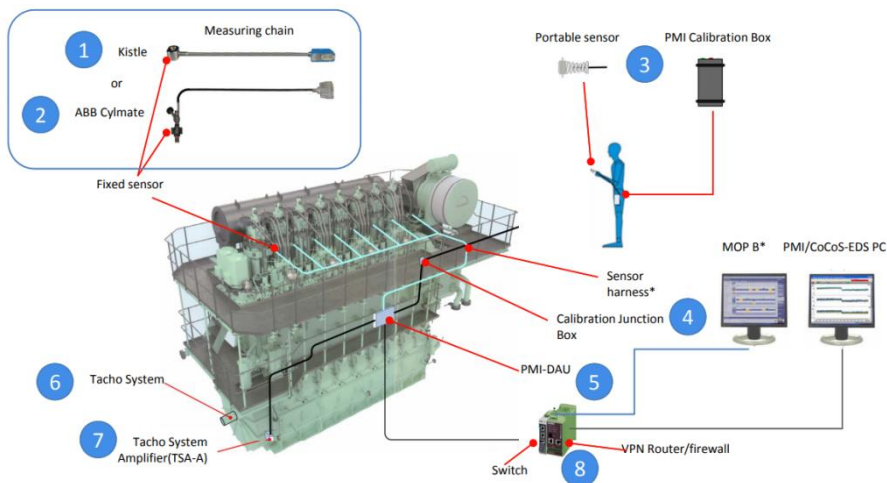


Рис. 1. Функціональна схема моніторингу параметрів суднового дизеля MAN-B&W типу ME [2, 3]







 Key Values	Основні значення тиску з кожного циліндра та вихідна потужність наведені в таблиці
 Balance	Відхилення основного значення тиску від «середніх» значень показано для кожного циліндра
 PT	Тиск у циліндрах нанесено на графік відносно кута ВМТ кожного циліндра
 P°CA	Тиск у циліндрі відкладено залежно від кута колінчастого вала
 PV	Тиск у циліндрі відкладається на графіку відносного об'єму циліндра
 PI (Raw Data)	Через 10 обертів колінчастого вала будується ряд кривих тиску в циліндрі. Кожна крива представляє фактичний сигнал, виміряний датчиком

Рис. 2. Зовнішній вигляд меню вибору параметрів [2, 3]

Запровадження бездротових технологій та їх переваги

На сучасному етапі розвитку бездротовий метод у системах дистанційного моніторингу та управління має відповідні переваги над дротовими системами, а саме:

– бездротовий метод дозволяє уникнути дротового підключення, спрощуючи і поліпшуючи інфраструктуру та монтаж;

– бездротові системи дистанційного управління мають більшу гнучкість у розташуванні та переміщенні обладнання, що є важливим під час проектування систем дистанційного управління;

– швидка інсталяція бездротових систем сприяє їх широкому впровадженню;

– бездротові системи зазвичай легше розширювати, модернізувати та адаптувати до зростаючих потреб.

Крім того, застосування бездротового методу у системах дистанційного управління дозволяє:

– знизити вартість обслуговування;

– покращити стійкість з'єднання;

– розширити межі доступності;

– зменшити вартість під час модернізації інфраструктури енергетичного об'єкту;

– привнести інноваційність та зменшити вплив на довкілля.

В ряді публікацій [3, 5, 6] доведено актуальність застосування бездротових технологій при передачі інформаційних потоків у системах дистанційного управління та моніторингу енергетичними об'єктами.

Починаючи з 2010 року широкого впровадження набули програмно-логічні контролери, які в своєму складі мали вбудовані Web-сервери, що надало можливості для більш гнучкого застосування систем віддаленого управління та моніторингу параметрів технологічних процесів.

На рис. 3 приведено концепцію тривірневої ієрархічної системи обміну інформацією, моніторингу параметрів від компанії Phoenix_Contact.

Запропонована ієрархічна система дозволяє запровадити не тільки бездротові технології типу WiFi і Bluetooth, а й двірівневе резервування, що значно підвищує надійність роботи запропонованої системи моніторингу та управління.

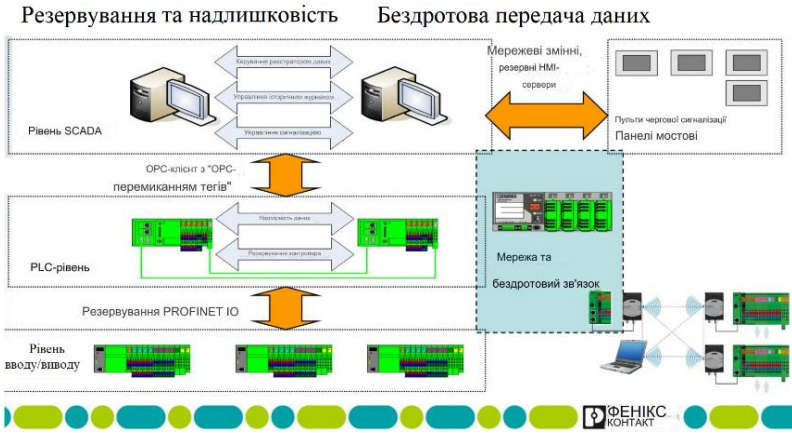


Рис. 3. Концепція суднової ієрархічної системи управління

Починаючи з 2020 року університет розпочав підготовку до впровадження отриманих результатів у навчальний процес навчально-наукового інституту інженерії. Особливий акцент було зроблено на навчальне машино-котельне відділення кафедри технічної експлуатації флоту, в якому використовується енергетичне обладнання в рамках дисципліни "Технічне обслуговування, діагностика та ремонт суднових технічних засобів".

В межах діагностики стану суднового аварійного дизель-генератора (АДГ) від компанії Kohler, модель 50EOZD з потужністю 50 кВт, який розташований в навчальному машино-котельному відділенні кафедри технічної експлуатації флоту були визначені умови застосування бездротової схеми дистанційного управління, яка була розроблена та інтегрована з системою автоматичного управління суднового АДГ без втручання в роботу штатної системи.

Розробка інформаційно моделі бездротової системи передачі інформаційного потоку аварійного дизель-генератора

Розробка бездротової системи передачі інформаційного потоку була втілена у формі структурної схеми (рис. 4). На схемі зображено систему віддаленого управління та моніторингу параметрів аварійного дизель-генератора, де: М – монітор; PC – персональний комп'ютер; PLC – програмно-логічний контролер; NMI – людино-машинний інтерфейс; SWiTCH – комутатор для розширення можливостей під'єднання додаткових пристроїв; WebCam – камера зовнішнього спостереження з можливістю двостороннього зв'язку; WiFi –

роутер; GSM/GPRS – контролер доступу до мобільного інтернету; RS485 – локальна мережа університету.

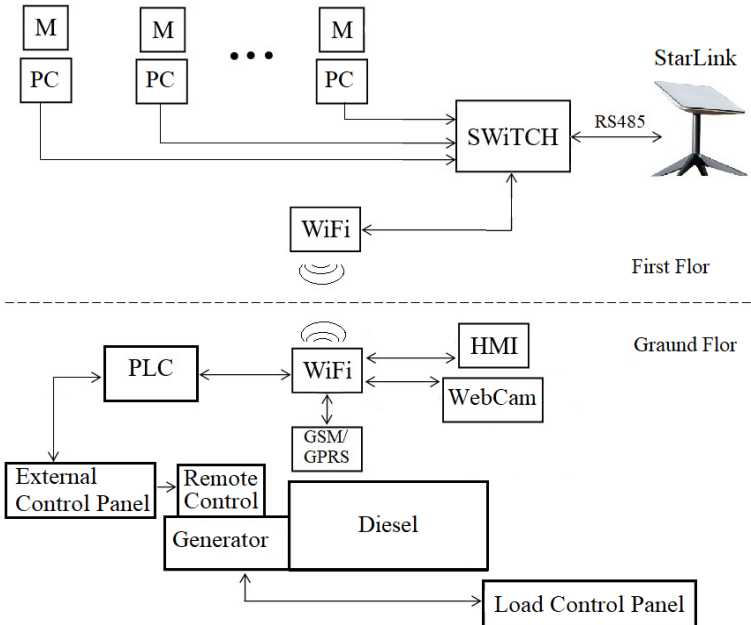


Рис. 4. Інформаційна модель бездротової системи передачі інформаційного потоку контролю параметрів аварійного дизель-генератора [5]

Такий підхід дозволяє чітко відобразити компоненти та взаємозв'язки системи, що полегшує сприйняття її функцій та структури.

Для забезпечення зв'язку між приміщеннями першим та другим поверхом була обрана технологія WiFi-мосту. Зокрема, встановлено бездротовий зв'язок, що дозволяє передавати дані безпосередньо між системою управління АДГ та комп'ютерним класом, забезпечуючи зручний та ефективний обмін інформацією.

Для додаткової можливості відображення кількості обертів колінчастого валу був використаний датчик обертів на базі геркону, який був встановлений на шків колінчастого валу. Але таке рішення не дозволяло визначати кут повороту валу. Тому на відміну від обладнання, яке запропоновано в роботі [6], контролер PLCnext Control AXCF 2152 було додатково облаштовано модулем визначення положення інкрементальних енкдерів AXL SE INC1 SYM (Item number 1088130).

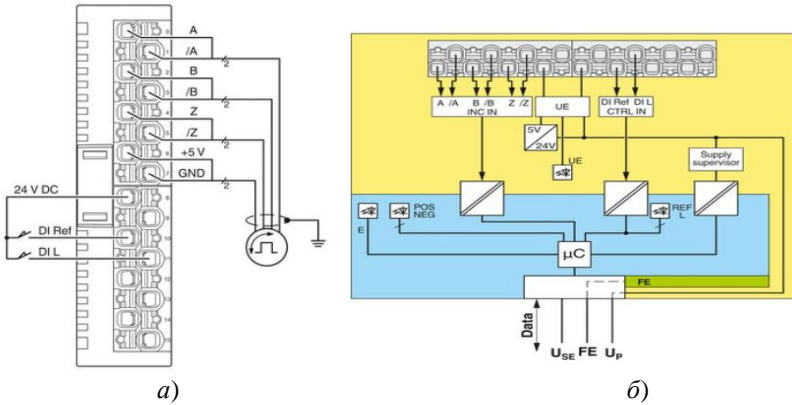


Рис. 5. Модуль визначення положення інкрементальних енкдерів AXL SE INC1 SYM:

a – приклад підключення; *б* – схема внутрішніх з'єднань

При виборі програмного забезпечення знов було використано програмне забезпечення PLCNEXT ENGINEER [4], яке надає можливості створювати, конфігурувати та налаштовувати функціональні блоки та зв'язки між ними, спрощуючи процес програмування та інтеграції всіх компонентів системи, що дає змогу швидкої модернізації апаратної частини.

Крім того, PLCNEXT ENGINEER надає можливості одночасного налаштування як програмно-логічної частини, так і Web-серверу.

В той же час для програмування контролерів минулого покоління необхідно було два різних інструментарія.

Слід зазначити, що є можливість застосування програмного середовища CoDeSys, але його функціональність та надлишковість дуже присклиплива до ресурсів персонального комп'ютера, на яке встановлюється. Це є не дуже сприятливим для суднових умов, коли операційна система залишається незмінною на протязі всього життєвого циклу судна.

На рис. 6, *a* запропоновано фрагмент розробки інтерфейсу управління запуском АДГ і відображення кількості обертів колінчастого валу. Навідміну від інтерфейсу, який наведено в роботі [6] відсутня кнопка останову АДГ, так, як у разі використання під'єднання то штатного пульта дистанційного управління останов дизель-генератора здійснюється автоматично через 5 хв після зняття навантаження.

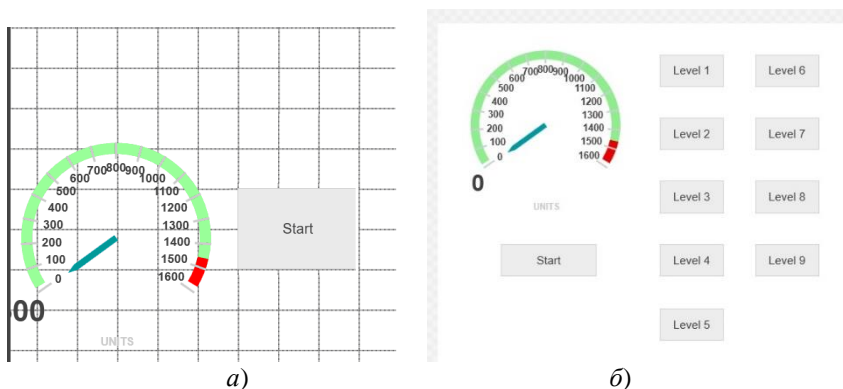


Рис. 6. Інтерфейс проекту в програмному середовищі PLCNEXT ENGINEER:

a – з можливістю запуску та моніторингу обертів; *б* – з додатковою функцією керування навантаженням [5]

На рис. 6, б відображено докладний фрагмент інтерфейсу, який використовується для керування режимом роботи каналу управління. Ця віконна форма надає можливість здійснювати запуск АДГ натисканням кнопки Start. Окрім того, на цьому інтерфейсі відображаються показники обертів колінчастого валу АДГ. Кнопки Level 1, ..., Level 9 відповідають за під'єднання електричного. Останов генератора здійснюється автоматично через 5 хвилин після зняття навантаження.

Додатково зону розташування АДГ було оздоблено веб-камерою, за допомогою якої можна здійснювати моніторинг обстановки навколо аварійного дизель-генератора. Нами використовувалось програмне забезпечення DMSS App [0] так, як є версія для мобільного пристрою та версія для персонального комп'ютера.

На рис. 7 відображено зовнішній вигляд модернізованої системи віддаленого управління аварійним дизель-генератором, де: 1 – ПЕОМ; 2 – монітор; 3 – роутер; 4 – дротовий пульт дистанційного управління; 5 – пульт управління навантаженням генератора; 6 – система управління та моніторингу параметрів, яка базується на програмованому контролері АХС F 2152 Контролер PLC Next, 7 – веб-камера.



Рис. 7. Зовнішній вигляд системи моніторингу та управління

Експериментальне дослідження розробленої системи бездротового доступу до управління АДГ і моніторингу його параметрів довело спроможність застосування такого підходу. Тому нами пропонується впровадження застосування бездротових технологій для системи моніторингу параметрів суднового дизеля MAN-B&W типу ME.

Нами пропонується показано вдосконалена система дистанційного моніторингу параметрів суднового дизеля (рис. 8), яка дозволяє проводити модернізацію системи управління та моніторингу параметрів в короткі терміни.

Таким чином, проведен модернізація АДГ довела технічну можливість віддаленого управління з одночасним відображенням на мобільних пристроях і персональних комп'ютерах необхідних параметрів.

Зпропонована структурна схема дозволяє використовувати модернізовану систему управління АДГ до четвертого рівня автоматизації.

Застосоване апаратне забезпечення надає можливості розширення функціоналу на перспективу в залежності від зміни задач, які необхідно буде вирішувати в майбутньому.

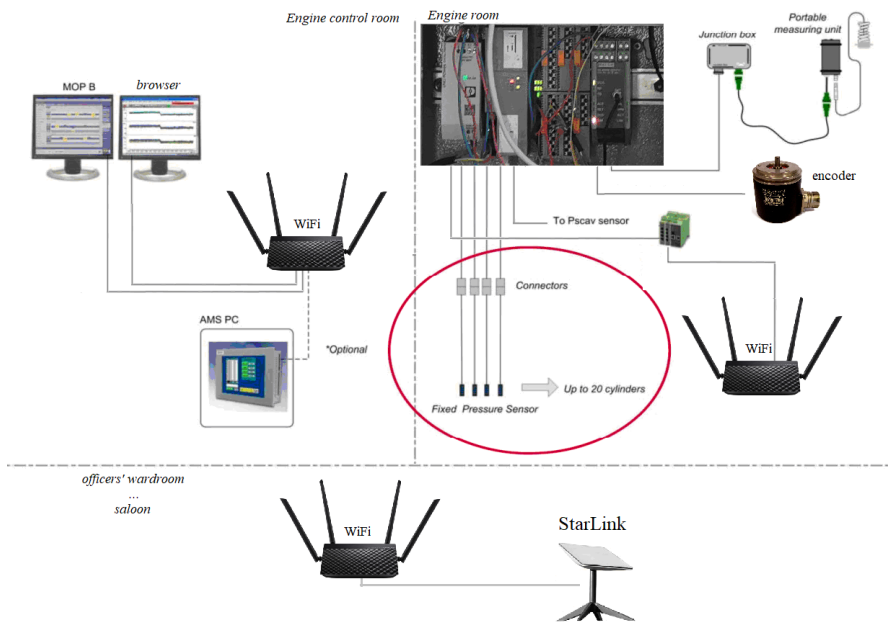


Рис. 8. Вдосконалена система дистанційного моніторингу параметрів суднового дизеля

Завдяки обладнанню компанії Фенікс Контакт (Німеччина) забезпечується висока надійність системи бездротового управління та завадостійкість.

Запроваджене програмне забезпечення спрощує процес вдосконалення та модернізації системи моніторингу параметрів суднового дизеля.

Перелік використаних джерел

1. DMSS HD - Apps on Google Play [Internet]. Available from: URL: https://play.google.com/store/apps/details?id=com.mm.android.DMSSHD&hl=en_US (Date: 20/08/2023).

2. MAN B&W PMI Introduction. MAN ME-C ENGINE OPERATION COURSE. – Копенгаген: MAN Diesel & Turbo, 2015. 31 p.

3. Diploma Thesis by KONSTANTINA BERDEMPE Electronic Marine Diesel Engine operating data management An approach to components' failures forecasting, 2020 [Internet]. Available from: URL: <https://dspace.lib.ntua.gr/xmlui/bitstream/handle/123456789/51558/%CE>

%94%CE%99%CE%A0%CE%9B%CE%A9%CE%9C%CE%91%CE%A4%CE%99%CE%9A%CE%97%20%CE%9C%CE%A0%CE%95%CE%A1%CE%94%CE%95%CE%9C%CE%A0%CE%95.pdf?sequence=1.
(Date: 02/12/2023).

4. Programming software - PLCNEXT ENGINEER [Internet]. Available from: URL: <https://www.phoenixcontact.com/uk-ua/produkcija/programming-software-plcnext-engineer-1046008> (Date: 20/08/2023).

5. Vitalii Nikolskyi, Mykola Slobodianiuk, Maksym Levinskyi, Mark Nikolskyi Wireless Remote Control Systems Of Marine Diesel Engine, Helsinki, 12 p. (in print).

6. Голиков В.А., Нікольський В.В., Левінський М.В., Нікольський М.В., Слободянюк М.В. Модернізація системи віддаленого управління та контролю аварійного дизель-генератора навчального машино-котельного відділення // Суднові енергетичні установки: науково-технічний збірник. Вип. 44. - Одеса: НУ «ОМА», 2022. – С. 64 – 70.

7. Миусов М. В. Электронные системы управления главными судовыми двигателями: учебное пособие / М. В. Миусов, В. И. Ланчуковский, Е. М. Оженко. – Одесса: ОНМА, 2013. – 98 с.

8. Робочий цикл корабельних дизелів та його індикаторні та ефективні показники: навчальний посібник / М.Г. Єрмошкін, Ю.В. Заблоцький, С.В. Сагін. – Одеса: НУ «ОМА», 2019. – 116 с.

9. Система моніторингу завантаження контейнеровоза: звіт з НДР: ДР № 0117 U 000317 / кер. роботи В.В. Нікольський, виконавець Ю.О. Накул. К.: УКРНТЕІ, 2018 – 79 с.

10. Сучасні суднові дизелі: особливості конструкції, експлуатації та автоматизованого управління / І. І. Черниш, С. А. Кар'янський, Є. М. Оженко. – Одеса : НУ «ОМА», 2019. – 217 с.