

МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМ АВТОМАТИЧНОГО УПРАВЛІННЯ СУДНОВИХ ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИЧНИХ СТАНЦІЙ ЯК ЗАСІБ ПІДВИЩЕННЯ ЇХ НАДІЙНОСТІ ТА ЕФЕКТИВНОСТІ

Дощенко Г.Г.

*Херсонська державна морська академія
(Україна)*

Вступ. Сучасний етап розвитку морського транспорту характеризується стрімким зростанням рівня автоматизації суднових технічних систем, зокрема електроенергетичних установок. Суднові електростанції є складними багаторівневими комплексами, що забезпечують безперебійне енергопостачання всіх споживачів на борту судна, включаючи рушійні установки, навігаційне обладнання та допоміжні системи. Надійність і ефективність їх функціонування безпосередньо впливають на безпеку судноплавства, економічність експлуатації та екологічні показники судна.

У зв'язку з ускладненням структури суднових електроенергетичних систем і підвищенням вимог до їх функціонування, зростає роль систем автоматичного управління, які забезпечують контроль, регулювання, захист та оптимізацію режимів роботи енергетичного обладнання. Такі системи повинні функціонувати в умовах змінних навантажень, перехідних режимів, а також можливих відмов окремих елементів, що висуває високі вимоги до їх надійності, адаптивності та інтелектуальності.

Особливої уваги потребують перехідні режими роботи суднових електростанцій, під час яких найбільш імовірно виникнення аварійних ситуацій, спричинених як технічними несправностями, так і помилками обслуговуючого персоналу. У таких умовах традиційні підходи до управління не завжди забезпечують необхідний рівень ефективності, що обумовлює необхідність впровадження нових методів аналізу та підтримки прийняття рішень.

Одним із найбільш ефективних інструментів дослідження та вдосконалення систем автоматичного управління є математичне моделювання. Воно дозволяє відтворювати роботу суднових електроенергетичних систем у різних режимах експлуатації, оцінювати вплив зовнішніх і внутрішніх факторів, аналізувати поведінку системи при відмовах та оптимізувати алгоритми управління без ризику для реального обладнання. Крім того, моделювання створює можливості для підготовки фахівців, формуючи практичні навички дій у нештатних ситуаціях. [1]

Актуальним напрямом розвитку систем автоматичного управління є інтеграція інтелектуальних методів, зокрема систем підтримки прийняття рішень та елементів нечіткої логіки, які дозволяють враховувати невизначеність, неповноту інформації та людський фактор. Використання таких підходів сприяє підвищенню якості управління, зниженню аварійності та забезпеченню більш ефективного розподілу енергетичних ресурсів судна.

Таким чином, дослідження аспектів моделювання систем автоматичного управління суднових електроенергетичних станцій є важливим і актуальним завданням, спрямованим на підвищення надійності, безпеки та енергоефективності сучасних суден, а також на вдосконалення підготовки фахівців морської галузі.

Актуальність досліджень. Сучасні судна оснащуються складними автоматизованими електроенергетичними системами, від надійності та ефективності яких безпосередньо залежить безпека експлуатації судна. Зростання рівня автоматизації та ускладнення технічних комплексів підвищує вимоги до підготовки обслуговуючого персоналу, а також до методів аналізу та прогнозування роботи систем. Особливої актуальності набуває дослідження перехідних режимів роботи та можливих аварійних ситуацій, які часто виникають через відмови обладнання або помилки операторів.

Моделювання систем автоматичного управління дозволяє не лише дослідити поведінку суднових електроенергетичних станцій у різних режимах роботи, але й своєчасно

виявити їхні слабкі місця, оцінити надійність і ефективність функціонування. Крім того, використання моделей систем підтримки прийняття рішень та сучасних математичних методів, зокрема нечіткої логіки, сприяє зниженню аварійності та підвищенню енергоефективності суднових установок.

Постановка задачі. Задачею даної роботи є підвищення ефективності та надійності функціонування суднових електроенергетичних станцій шляхом удосконалення систем їх автоматичного управління на основі моделювання.

Для досягнення поставленої задачі необхідно вирішити такі питання:

- проаналізувати структуру та принципи функціонування систем автоматичного управління суднових електроенергетичних станцій;
- дослідити особливості роботи систем у перехідних режимах та при виникненні аварійних ситуацій;
- розробити або вдосконалити модель системи автоматичного управління з урахуванням можливих відмов і помилок операторів;
- інтегрувати до моделі блок підтримки прийняття рішень для зниження аварійності;
- оцінити надійність системи на основі математичного моделювання та визначити її слабкі місця;
- проаналізувати ефективність запропонованих рішень щодо підвищення продуктивності та енергоефективності суднової електростанції.

Результати досліджень. Встановлене на судах обладнання автоматизації забезпечує виконання широкого кола завдань управління, контролю та сигналізації, які пов'язані із рухом судна та функціонуванням усіх технічних засобів. Моделювання таких систем сприяє закріпленню навичок вирішення критичних ситуацій, що можуть виникати внаслідок раптових відмов основних компонентів судна [1].

Автоматичне управління головним двигуном зазвичай включає:

- комплекс датчиків і виконавчих механізмів, встановлених безпосередньо на головному двигуні (ГД);
- блоки керування двигуном і пристрої його контролю;
- систему дистанційного керування та контролю.

Спільна робота цих засобів забезпечує виконання основних функцій управління, контролю та захисту ГД:

- підготовка до пуску;
- пуск і зупинка;
- вимірювання та відображення контрольних параметрів;
- аварійно-попереджувальна сигналізація;
- захист у всіх режимах роботи як шляхом автоматичної аварійної зупинки, так і за допомогою блокувальних засобів.

Система дистанційного керування і контролю головним двигуном (ГД) забезпечує передачу всієї необхідної інформації до реєстратора рейсу та вирішення завдань дистанційного управління, контролю і сигналізації.

Комплекс засобів також забезпечує управління та моніторинг електроенергетичної станції: роботу дизель-генератора в місцевому й дистанційному режимах, його автоматичну зупинку за сигналом «Аварія», а також контроль мереж змінного і постійного струму.

Окрім автоматизації головних енергетичних установок і електроенергетичних станцій, система забезпечує керування та контроль великої кількості загально суднових систем.

Засоби контролю при цьому відіграють важливу роль у забезпеченні безпечної експлуатації судна, запобігаючи накопиченню відмов і зменшуючи ймовірність порушення основних функцій системи. Усі технічні засоби контролю утворюють ієрархічну структуру, яка тісно пов'язана із загальною структурою комплексу.

У підсистемі контролю забезпечуються всі необхідні способи відображення інформації:

- індикація параметрів і сигналізація про нормальний стан;
- попереджувальна сигналізація при виході параметрів за робочі межі;
- аварійна сигналізація при перевищенні допустимих значень.

Під час моделювання застосовуються різні методи, які спрямовані на підвищення ефективності системи. Одним із них є використання моделі системи підтримки прийняття рішень для зменшення кількості аварій у перехідних режимах.

Запропонований метод підвищення продуктивності енергетичної установки ґрунтується на зменшенні кількості помилок персоналу шляхом інтеграції в систему автоматичного управління блоку моделювання та блоку підтримки прийняття рішень. Блок моделювання дозволяє прогнозувати параметри ще до їх фактичної появи, а блок підтримки рішень — оцінювати результати на основі нормативів і критеріїв якості роботи.

Також застосовується математичний апарат нечіткої логіки для зниження аварійності та підвищення ефективності. Для цього досліджуються перехідні режими, що виникають через помилки операторів під час рейсів.

У результаті впровадження такої системи підвищується продуктивність суднової електростанції [1].

Окрему увагу приділяють моделюванню надійності суднової електростанції. На основі прогнозування визначаються слабкі місця системи, а за допомогою структурних схем і математичних моделей обчислюється середній час напрацювання на відмову за різних умов експлуатації [2].

Під час проектування моделей систем управління необхідно аналізувати енергетичні профілі судна, компоновку силових установок і систем управління. Енергетичні профілі поділяються на складові, що дозволяє встановити їх зв'язок із призначенням судна та розробити алгоритми їх розрахунку. Також досліджується взаємозв'язок між профілем потужності та структурою енергетичної установки.

На основі цього розробляється модульний рівень управління, який забезпечує досягнення необхідних параметрів автоматизації шляхом поєднання стратегій мінімізації енергоспоживання та автоматичного перемикання [3].

Результати моделювання використовуються для оцінки ефективності запропонованих інновацій, аналізу стабільності компонентів та вдосконалення системи управління. Запропонований підхід забезпечує модульність і може бути застосований для прогнозування енергетичних характеристик нових суден [4].

Висновки. У результаті проведеного дослідження розглянуто особливості побудови та функціонування систем автоматичного управління суднових електроенергетичних станцій, а також проаналізовано їх роботу в штатних, перехідних і аварійних режимах. Встановлено, що ефективність і надійність таких систем значною мірою залежать від якості алгоритмів управління та здатності враховувати можливі відмови обладнання і помилки обслуговуючого персоналу.

На основі проведеного аналізу обґрунтовано доцільність використання математичного моделювання як інструменту дослідження та оптимізації роботи суднових електроенергетичних систем. Запропоновано підхід до вдосконалення систем автоматичного управління шляхом інтеграції блоку моделювання та системи підтримки прийняття рішень, що дозволяє прогнозувати поведінку системи в перехідних режимах і завчасно оцінювати наслідки керуючих впливів.

Показано, що застосування методів нечіткої логіки та сучасних підходів до обробки інформації сприяє зниженню рівня аварійності та підвищенню якості управління. Проведена оцінка надійності дозволила виявити потенційно слабкі елементи системи та визначити напрямки їх удосконалення.

Отримані результати можуть бути використані як при підготовці фахівців морської галузі, так і при проектуванні та модернізації суднових енергетичних систем.

ЛІТЕРАТУРА

1. Improving the Ship's Power Plant Automatic Control System by Using a Model-Oriented Decision Support System in Order To Reduce Accident Rate Under the Transitional and Dynamic Modes of Operation / I. Voytetsky, T. Voytetskaya, L. Vyshnevskiy, I. Kozyryev, O. Maksymova, M. Maksymov, V. Kryvda. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2021. № 3(2) (111) С. 57–66.
2. Дощенко Г.Г., Наговський Д.А. Моделювання і дослідження систем автоматичного управління в судновій енергетиці. Матеріали п'ятої Міжнародної науково-практичної конференції «Проблеми сталого розвитку морської галузі - PSDMI-2025», 03-04 грудня 2025 р. Одеса. С. 12–15.
3. Дощенко Г.Г., Наговський Д.А. Методологія прогнозування стану електрообладнання за показниками параметричних відмов. *Науковий журнал «Вчені записки Таврійського національного університету імені В.І. Вернадського Серія: Технічні науки»*. Том 37 (76), № 1, частина 1. Київ: Видавничий дім «Гельветика». 2026. С. 334–343.
4. Sujesh, G., Ramesh, S. (2018). Modeling and control of diesel engines: A systematic review. *Alexandria Engineering Journal*, 57 (4), 4033–4048. doi: <https://doi.org/10.1016/j.aej.2018.02.011>.