

Дакі О.А., Якусевич Ю.Г., Тришин В.В., Дорофєєва З.Я.

СИСТЕМА УПРАВЛІННЯ ТА КОНТРОЛЮ СТАНУ ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ СУДНА

Доведена необхідність побудови моделі для єдиного цілеорієнтованого управління електрообладнанням суден, що дозволяє в залежності від зовнішніх умов експлуатації судна змінювати настроювання (алгоритми) управління об'єктів, адаптуючи їх під конкретні умови відповідно до встановлених критеріїв економічності та екологічності. Доведено, що комплексні процеси збору, обробки, збереження та передачі інформації (інформаційні технології) в останні десятиліття активно впроваджуються у практичну діяльність організацій, які функціонують у різних галузях техніки, у тому числі в сфері суднобудування. Незважаючи на те, що суднобудування відноситься до традиційно консервативних галузей техніки, але у зв'язку з високими темпами розвитку електронних систем контролю й моніторингу судові двигуни, інші об'єкти судових енергетичних установок, електрообладнання суден світових виробників на теперішній час оснащуються такими приладами та системами контролю й моніторингу (датчиками, сенсорами, інтелектуальними контролерами). Показано, що мікропроцесорний (комп'ютерний) варіант розподіленого управління має істотні відмінності від минулих рішень. Ця відмінність складається у використанні цифрового зв'язку за допомогою шини даних. У випадку застосування мікропроцесорів автоматизація доповнюється гнучкістю прив'язки (перебудови) автономного контрольно-управляючого пристрою (приладу) до загальної системи управління.

Ключові слова: електрообладнання, експлуатація, інформаційні технології, системи управління та контролю, судноводіння.

Вступ. Комплексні процеси збору, обробки, збереження та передачі інформації (інформаційні технології) в останні десятиліття активно впроваджуються у практичну діяльність організацій, які функціонують у різних галузях техніки, у тому числі в сфері суднобудування. Суднобудування відноситься до традиційно консервативних галузей техніки. Але у зв'язку з високими темпами розвитку електронних систем контролю й моніторингу судові двигуни, інші об'єкти судових енергетичних установок (СЕУ), електрообладнання суден світових виробників на теперішній час оснащуються такими приладами та системами контролю й моніторингу (датчиками, сенсорами, інтелектуальними контролерами).

Природним є той факт, що наступним кроком технічного прогресу в суднобудуванні буде створення інтелектуальних інформаційних систем, що дозволить знизити експлуатаційні витрати та компенсувати вплив людського фактору на експлуатацію складного судового електрообладнання. За допомогою інтелектуальних інформаційних систем будуть вирішені питання контролю технічного стану елементів електрообладнання, вибір режимів оптимального управління, попередження та усунення аварійних ситуацій.

Отже, можна констатувати, що дослідження у сфері інтелектуалізації управління електрообладнання є перспективними та актуальними.

Метою статті є розробка структури інформаційної системи контролю стану електрообладнання судна.

Аналіз літературних джерел. У розробку окремих питань та завдань, які розглядаються у статті, значний внесок зробили такі вітчизняні та закордонні вчені: Абрамов Г.А., Бажан П.І., Безюков О.К., Валіулін С.М., Васильєв С.М., Гоц А.М., Єрофєєв В.Л., Захаров Л.А., Плющаєв В.І., Покусаєв М.Н., Поспєлов Д.А., Решняк В.І., Рудницький В.І., Садовський В.М., Самикін Г.А., Цукрів В.В., Федосенко Ю.С., Фрейдзон І.Р., Хіміч В.А., Ципкін Я.З., Чайнов Н.Д., Чіркова М.М., Barto A.G., Gupta M.M. та ін.

Основна частина. Завдання управління електрообладнанням судна (ЕОС) в загальному випадку може бути сформульована як задача управління [6]. ЕОС виступає в ролі об'єкту управління (ОУ), а система виконує функції пристрою управління (ПУ) (рис. 1).

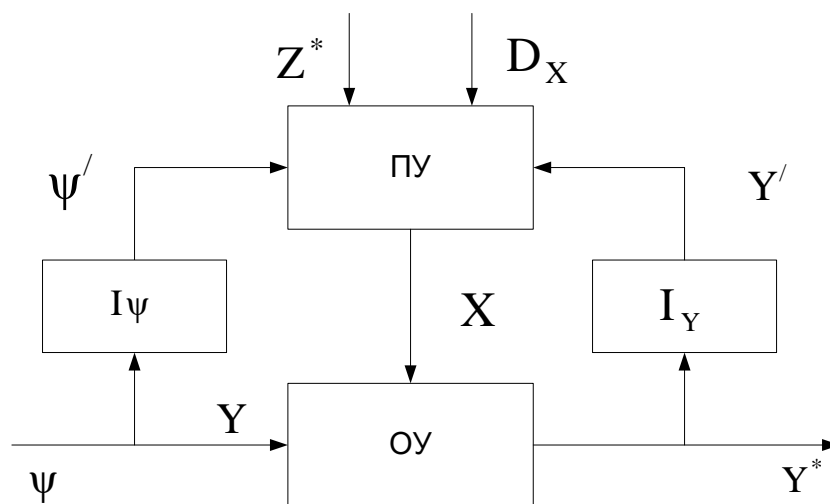


Рисунок 1 – Загальна структура автоматизованої системи управління та контролю стану електрообладнання

На рис. 1 позначено: Ψ – стан зовнішнього середовища, Y – стан об'єкту управління, I_{Ψ} , I_Y – відповідні вимірювачі (метрики); Ψ' , Y' – результати вимірювання величин Ψ та Y відповідно; X – управляюча (директивна та корегувальна) дія, D_x – ресурси (обмеження на управління), Z^* – мета управління, яка складається в переведенні об'єкту управління у необхідний стан Y^* .

У введених позначеннях загальне правило функціонування системи управління можна представити так: система, отримуючи на вході інформацію про стан середовища Ψ (Ψ') та об'єкту управління Y (Y'), а також інформацію про цілі Z^* та ресурси D_x , видає допустиме управління виду:

$$X = F(\Psi', Y', Z^*) \in D_x, \quad (1)$$

що переводить об'єкт управління з поточного стану в стан, наблизений до стану Y^* . У формулі (1) F – ітераційна функція управління процесом функціонування ЕОС. Допустимо, що модель об'єкту управління, яка пов'язує входи та виходи, має вигляд

$Y' = M_L(\psi', X)$. Тоді задача синтезу оптимального управління X^* формально має вигляд:

$$\min_X \mu(Y - M_L(\psi', X)) = \mu(Y - M_L(\psi', X^*)), X \in D_X, \quad (2)$$

де функція $\mu(*)$ – міра близькості.

Мета управління Z^* в загальному вигляді може бути формалізована у вигляді набору цілей:

$$\begin{aligned} \omega_i &= \omega_i(\psi', Y', X) = a_i \\ \chi_j &= \chi_j(\psi', Y', X) \geq b_j \\ \eta_k &= \eta_k(\psi', Y', X) \rightarrow \max(\min) \end{aligned} \quad (3)$$

де $\omega_i(\psi', Y', X)$, $\chi_j(\psi', Y', X)$ та $\eta_k(\psi', Y', X)$ – деякі функціонали над змінними; a_i , b_j – задані константи; $i, j, k = 1, 2, \dots$ – індекси [7].

Цілі – рівності вигляду $\omega_i = a_i$ – можуть задавати, наприклад, стани об'єкту управління, відсутність яких недопустима, а цілі – нерівності $\chi_j \geq b_j$ – аналогічний мінімум станів, що можна вважати успішним управлінням ЕОС.

Відмітимо, що цілі управління не завжди є сталими та залежать від стану зовнішнього і внутрішнього середовища. Процедура синтезу моделі об'єкту управління M_L є ітераційною (як і функція управління $F(\psi', Y', Z^*)$) та включає до свого складу етап структурного та параметричного синтезу.

На етапі структурного синтезу визначають способи формалізації величин ψ' , Y' та X , а також функціональні залежності $Y' = M_L(\psi', X)$. При цьому величини ψ' , Y' задаються у вигляді векторів, а величина X у вигляді двійки: $X = (U, V)$, де $U = (u_1, u_2, \dots, u_i), i = \overline{1, n}$ – вектор навчальних дій, а $V = (v_1, v_2, \dots, v_j), j = \overline{1, m}$ – вектор корегуючих дій. Залежність $Y' = M_L(\psi', X)$ представимо у вигляді деякої функції F_L , що визначена з точністю до вектора параметрів $S = (s_1, s_2, \dots, s_k), k = \overline{1, r}$.

Виходячи з вищевикладеного, модель функціонування ЕОС має вигляд:

$$Y' = F_L(\psi', U, V, S), S \in D_S, \quad (4)$$

де D_S – множина допустимих значень вектора параметрів S .

На етапі параметричного синтезу необхідно визначити значення компонентів вектора S , тобто значення параметрів $S = (s_1, s_2, \dots, s_k), k = \overline{1, r}$. при цьому можуть бути використані три підходи [8]:

а) ідентифікація в режимі нормального функціонування ЕОС (при відсутності спеціальних управляючих дій X);

б) ідентифікація на основі організації спеціальних експериментів з ЕОС;

в) комбінований підхід.

Ідентифікація на основі спеціальних управляючих дій можна записати у вигляді:

$$\min_s \| Y' - F_L(\psi', X, S) \| = \| Y' - F_L(\psi', X, S^*) \| = \| Y' - F_L^*(\psi', X) \|, \quad S \in D_L, \quad (5)$$

де $\| * \|$ – деяка векторна норма, $F_L^*(\psi', X)$ – шукана модель ОУ.

Рішення постановки (5) можна знайти методами планування експерименту [7, 9].

Для введених моделей (1)-(5) задачу синтезу оптимальних управляючих дій X^* можна записати у вигляді задачі багатокритеріальної оптимізації:

$$\text{extr}_X H(F_L^*(\psi', X)) = H(F_L^*(\psi', X^*)), \quad X \in Q_x, \quad (6)$$

де $H(\eta_1, \eta_2 \dots)$ – векторний критерій оптимальності (економічність, екологічність, тощо),

Q_x – множина допустимих управляючих дій:

$$Q_x = \left\{ \begin{array}{l} \omega_i(F_L^*(\psi', X)) = a_i \\ \chi_j(F_L^*(\psi', X)) \geq b_j \\ X \in D_x \end{array} \right. \quad (7)$$

Задача (7) може бути розв'язана відомими методами рішення задач багатокритеріальної оптимізації [3].

У результаті реалізації управляючих дій X^* ЕОС, як правило, не переходить до потрібного стану Y^* . Причини цього різні: недосконалість моделі $F_L(\psi', X)$, похибка виміру величин Ψ та Y , нестационарність характеристик об'єкту управління.

Даний факт потребує зміни структури системи управління ЕОС, що наведена на рисунку 1, та включення до її складу моделей та методів штучного інтелекту для забезпечення її адаптації.

Нестационарність характеристик ЕОС, як об'єкту управління, вимагає розширення параметрів управління за рахунок включення методів адаптації, які утворюють п'ять взаємозалежних моделей (контурів) (рис. 2).

Застосування даних контурів йде послідовно від першого до п'ятого. Застосування кожного наступного контуру характеризується більшим часом на навчання та складністю адаптації.

Сучасні системи автоматичного управління ЕОС судна забезпечують захист, контроль та управління допоміжними генераторами.

Захист допоміжних генераторів здійснюється: від струмів короткого замикання; - від перевантаження за струмом та активній потужності; - від зворотною потужністю; - за мінімальною напругою; - за девіацією частоти.

Система автоматичного управління забезпечує:

- запуск резервного (резервних) дизельних генераторів при запасі потужності менш заданого значення або запиті на включення потужного споживача, наприклад, електродвигуна носового підрулюючого пристрою;

- зупинку дизель-генератора при сумарному навантаженні, яке менше заданого значення, з попереднім розвантаженням та відключенням генераторних автоматів;
- блокування зупинки дизельних генераторів при низькому навантаженні;
- запуск резервного дизельного генератора при несправності працюючого (низький тиск мастила, підвищена температура охолоджувальної рідини), розвантаження, відключення та зупинка несправного дизель-генератора після підключення резерву;
- автоматичну синхронізацію дизель-генераторів;
- розподіл активних навантажень при паралельній роботі генераторів;
- підтримка частоти мережі в заданих межах;
- блокування пуску потужного споживача, якщо запас потужності недостатній при отриманні запиту на запуск потужного споживача;
- контроль параметрів електроенергетичної установки;
- автономну роботу будь-якого генератора на з'єднанні секції шин;
- паралельну роботу генераторів;
- відключення менш важливих споживачів при перевантаженні генераторів;
- запуск аварійного дизель-генератора при зникненні напруги на шинах головного розподільного щита.

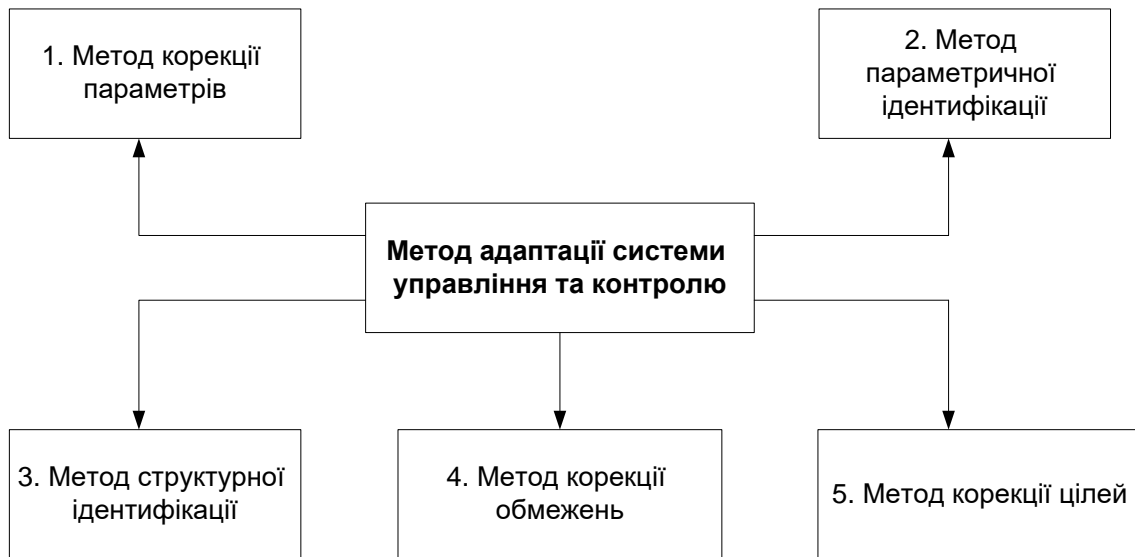


Рисунок 2 – Структура методів адаптації системи управління та контролю ЕОС

Ведучими світовими виробниками та розробниками в галузі автоматизації суднових електростанцій є фірми Selco A/S (модулі Tline, S6000, S6100, S6200, S6250, M2000, M2500), Deif A/S (контролери PPM3, PPM4), ABB (контролер Synpol D), Stuke Elektronik Gmb (контролер SYMAP).

На сучасних суднах в основному застосовуються контролери PP3 фірми Deif. Такі системи знайшли застосування на суднах проектів RSD44, RST25, RST54, 52, TG04, BLV2, PV300 та ін. Типова схема реалізації системи автоматичного управління ЕОС судна наведена на рис. 3.

У наведеній схемі кількість генераторів може варіюватися. Обмін інформацією між контролерами здійснюється по шині CANbus.

Системи автоматики суднової електростанції на сучасних суднах, як правило, мають розподілену структуру, тобто кожен дизель-генератор має окремий контролер.

Дане технічне рішення дозволяє підвищити надійність усієї системи, оскільки вихід з ладу одного або декількох контролерів дозволяє системі зберегти працездатний стан.

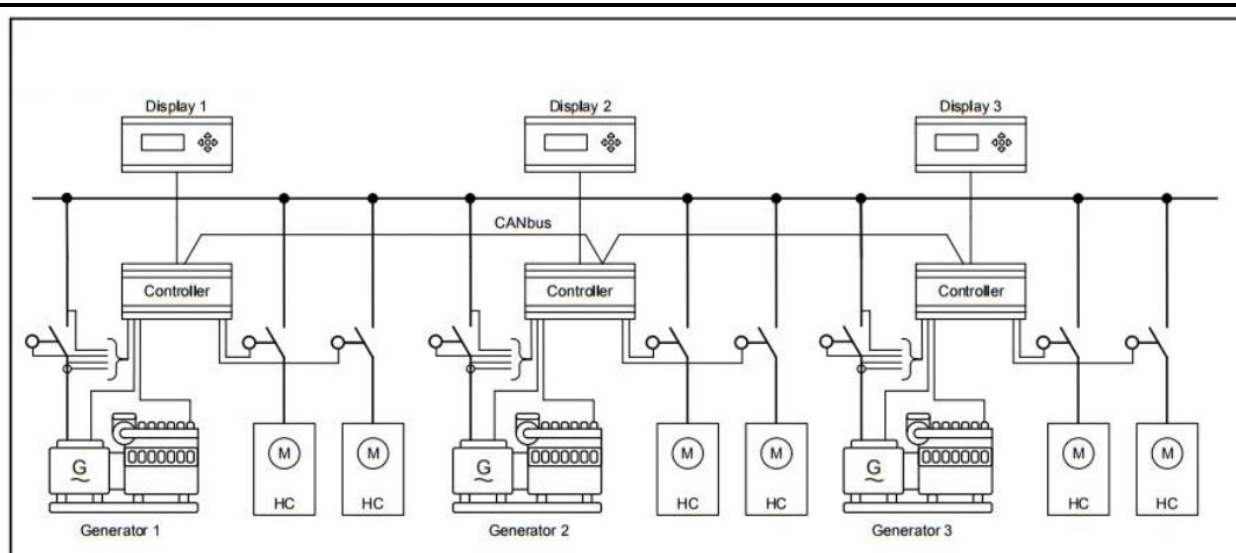


Рисунок 3 – Структурна схема автоматичного управління та контролю ЕОС

Висновки. На сучасних судах усе частіше знаходять своє застосування комп'ютерні системи контролю та управління судновими технічними засобами. Впровадження комп'ютерних розподілених систем управління на судах було обумовлено:

- зниженням витрат на створення пультів контролю та управління;
- зниженням кількості кабельних трас;
- наочним представленням (на моніторах) у виді мнемосхем інформації про стан ЕОС;
- широкими можливостями модернізації (масштабуємості);
- можливістю інтеграції підсистем управління від будь-яких виробників;
- можливістю реалізації складних логічних алгоритмів управління.

Мікропроцесорний (комп'ютерний) варіант розподіленого управління має істотні відмінності від минулих рішень. Ця відмінність складається у використанні цифрового зв'язку за допомогою шини даних. У випадку застосування мікропроцесорів автоматизація доповнюється гнучкістю прив'язки (перебудови) автономного контрольно-управляючого пристрою (приладу) до загальної системи управління.

Основними задачами, які стоять перед проектантами систем комплексної автоматизації, є завдання із забезпечення взаємозалежного (цілеорієнтованого) управління елементами ЕОС. Повинні проектуватися системи автономної автоматизації для кожного елемента ЕОС, доповнені цифровими шинами даних для дистанційного управління, збору та передачі інформації судноводію.

ЛІТЕРАТУРА

1. Комаров, В. В. Архитектура и стандартизация телематических и интеллектуальных транспортных систем. Зарубежный опыт и отечественная практика / В. В. Комаров, С. А. Гараган. – М.: НТБ «Энергия», 2012. – 352 с.
2. Безюков, О. К. Методы оценки научно-технического уровня судов, энергетических установок и контрольно-измерительных приборов / О. К. Безюков, А. А. Денисова // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. - 2015. - № 5 (33). – С. 119-130.
3. Безюков, О. К. Энергосбережение: энергетическая эффективность водного транспорта: Монография / О. К. Безюков, В. Л. Ерофеев, Е. В. Ерофеева, А. С. Пряхин. – СПб.: Изд-во ГУМРФ им. адм. С. О. Макарова, 2016. – 283 с.
4. Васильев, С. Н. Интеллектуальное управление динамическими системами / С. Н. Васильев, А. К. Жерлов, Е. А. Федосов, Б. Е. Федун // М.: Физико-математическая литература, 2000. – 352 с.

5. Поспелов, Д. А. Искусственный интеллект. Справочник. Книга 2. Модели и методы / Д. А. Поспелов // М.: Радио и связь, 1990. – 304 с.
6. Садовский, В. Н. Основания общей теории систем. Логико- методологический анализ / В. Н. Садовский // М.: Наука, 1974. – 280 с.
7. Сахаров, В. В. Модели и алгоритмы оптимизации технологических процессов на объектах водного транспорта в среде MATLAB: монография / В. В. Сахаров, А. А. Кузьмин, А. А. Чертков // СПб.: ГУМРФ им. С. О. Макарова, 2015. – 436 с.
8. Коган, Д. И. Модели и оптимизационные задачи обслуживания пакетов объектов / Д. И. Коган, М. А. Трухина, Ю. С. Федосенко, А. В. Шеянов // Автоматика и телемеханика. – 2016. – № 11 – С. 142-157.
9. Фрейдзон, И. Р. Математическое моделирование систем автоматического управления на судах / И. Р. Фрейдзон // Л.: Судостроение, 1969. – 493 с.
10. Sutton, R. S. Reinforcement Learning: An Introduction / R. S. Sutton, A. G. Barto // The MIT Press, 1998. - 322 pages.
11. Gupta, M. M. Intelligent control systems: theory and applications / Edited by M. M. Gupta, N. K. Sinha New York: IEEE, 1996. – 820 p.
12. Etkin D. S. Modeling oil spill response and damage costs //Proceedings of the Fifth Biennial Freshwater Spills Symposium. – 2004.

REFERENCES

1. Komarov, V.V. (2012). Architecture and standardization of telematic and intelligent transport systems. Foreign experience and domestic practice [*Arkhitektura i standartizatsiia telematicheskikh i intellektualnykh transportnykh sistem. Zarubezhnyi opyt i otechestvennaia praktika*]. 352 p.
2. Bezyukov, O.K. (2015). Methods for assessing the scientific and technical level of ships, power plants and control and measuring devices [*Metody otcenki nauchno-tekhnicheskogo urovnia sudov, energeticheskikh ustanovok i kontrolno-izmeritelnykh priborov*], No. 5 (33), pp. 119-130.
3. Bezyukov, O.K. (2016). Energy saving: energy efficiency of water transport: Monograph [*Energoberezhnie: energeticheskaiia effektivnost vodnogo transporta: Monografiia*], pp. 283.
4. Vasiliev, S.N. (2000). Intellectual control of dynamic systems [*Intellektualnoe upravlenie dinamicheskimi sistema - mi*], 352 p.
5. Pospelov, D.A. (1990). Artificial intelligence. Directory. Book 2. Models and methods [*Iskusstvennyi intellekt. Spravochnik. Kniga 2. Modeli i metody*], Radio and communication, 304 p.
6. Sadovsky, V.N. (1974). Fundamentals of general systems theory. Logico-methodological analysis [*Osnovaniia obshchei teorii sistem. Logiko- metodologicheskii analiz*], 280 p.
7. Sakharov, V.V. (2015). Models and algorithms for optimizing technological processes at water transport facilities in the MATLAB environment [*Modeli i algoritmy optimizatsii tekhnologicheskikh protsessov na obektakh vodnogo transporta v srede MATLAB*], St. Petersburg, 436 p.
8. D.I., Kogan, M.A., Trukhina, Yu.S., Fedosenko and A.V., Sheyanov, (2016). “Models and Optimization Problems of Object Package Maintenance” [*Modeli i optimizatsionnye zadachi obsluzhivaniia paketov obektov*], Automatics and Telemechanics. No. 11, p. 142-157.
9. Freidzon, I.R. (1969). Mathematical modeling of automatic control systems on ships [*Matematicheskoe modelirovanie sistem avtomaticheskogo upravleniia na sudakh*], 493 p.
10. Sutton, R. S. (1998). Reinforcement Learning: An Introduction The MIT Press, 322 p.

11. Gupta, M.M. (1996). Intelligent control systems: theory and applications . New York: IEEE, 820 p.
12. Etkin D. S. (2004). Modeling oil spill response and damage costs. Proceedings of the Fifth Biennial Freshwater Spills Symposium.

Даки Е.А., Якусевич Ю.Г., Тришин В.В., Дорофеева З.Я.
СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ И КОНТРОЛЯ СОСТОЯНИЯ
ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ СУДНА

Доказана необходимость построения модели для единого целеориентированного управления электрооборудованием судов, позволяющая в зависимости от внешних условий эксплуатации судна изменять настройки (алгоритмы) управления объектов, адаптируя их под конкретные условия в соответствии с установленными критериями экономичности и экологичности. Доказано, что комплексные процессы сбора, обработки, хранения и передачи информации (информационные технологии) в последние десятилетия активно внедряются в практическую деятельность организаций, функционирующих в различных отраслях техники, в том числе в сфере судостроения. Несмотря на то, что судостроение относится к традиционно консервативным отраслям техники, в связи с высокими темпами развития электронных систем контроля и мониторинга судовых двигателей, другие объекты судовых энергетических установок, электрооборудования судов мировых производителей в настоящее время оснащаются такими приборами и системами контроля и мониторинга (датчиками, сенсорами, интеллектуальными контроллерами). Показано, что микропроцессорный (компьютерный) вариант распределенного управления имеет существенные отличия от прошлых решений. Это отличие состоит в использовании цифровой связи с помощью шины данных. В случае применения микропроцессоров автоматизация дополняется гибкостью привязки (перестройки) автономного контрольно-управляющего устройства (прибора) в общую систему управления.

Ключевые слова: электрооборудование, эксплуатация, информационные технологии, системы управления и контроля, судовождения.

Daki O., Yakusevich Yu., Trishin V., Dorofeeva Z.
VESSEL ELECTRICAL EQUIPMENT MANAGEMENT AND CONTROL SYSTEM

The necessity of building a model for a single purposeful control of ship electrical equipment is proved, which allows depending on the external operating conditions of the vessel to change the settings (algorithms) of object management, adapting them to specific conditions according to established criteria of economy and environmental friendliness. It is proved that the complex processes of collecting, processing, storing and transmitting information (information technology) in recent decades are actively implemented in the practice of organizations operating in various fields of technology, including shipbuilding. Despite the fact that shipbuilding belongs to the traditionally conservative branches of technology, but due to the high rate of development of electronic control and monitoring systems for marine engines, other facilities of ship power plants, electrical equipment of ships of world manufacturers are currently equipped with such devices and systems. control and monitoring (sensors, sensors, intelligent controllers). It is shown that the microprocessor (computer) version of distributed control has significant differences from previous solutions. This difference is in the use of digital communication via the data bus. In the case of microprocessors, automation is supplemented by the flexibility of binding (adjustment) of the autonomous control device (device) to the overall control system.

Key words: electrical equipment, operation, information technologies, control and monitoring systems, navigation.