

16. Мельник, О.В., Романюк, О.Н., Котлик, С.В., Романюк, С.О. Чехместрук, Р.Ю. (2022) Методи підвищення продуктивності формування векторів на гексагональному растрі. Автоматизація технологічних і бізнес-процесів. Vol. 14, Is. 3, P.28-39.
17. Ке, У. (2023) Comparative analysis of path planning algorithms and prospects for practical application. Highlights in Science, Engineering and Technol. Vol. 52, P.202-207.

Dudchenko S.V., Lytovchenko V.I.

IMPROVEMENT OF THE METHOD FOR FORMATION OF A SAFE OPTIMAL ROUTE FOR VESSEL PASSAGE TAKING INTO ACCOUNT THE FORECAST OF WEATHER CONDITIONS, OPTIMAL DURING TRAFFIC TIME

Management of the movement of sea vessels using automatic systems that allow to significantly improve quality indicators and ensure navigation safety is an integral part of shipping in modern conditions. New ways of improving automatic traffic control systems are implemented due to the wide application of advanced computer technologies. At the moment, one of the advanced concepts for creating automatic traffic control systems is the concept of e-Navigation and e-Voyage, as part of it. Modern ships can sail in difficult weather conditions, but wind, waves, currents and other hydrometeorological factors affect the speed and route of ships, and as a result, the efficiency of the passage. The movement of the ship taking into account the weather conditions requires the development of an optimal passage route based on weather forecasts, sea conditions and individual characteristics of the ship for specific conditions of the navigational situation. Within defined limits of weather and sea conditions, the term optimum is used to denote maximum crew safety and comfort, minimum fuel consumption, minimum underway time, or any desired combination of these factors. In the work, the method of forming a safe optimal route of the passage of ships taking into account the forecast of weather conditions, optimal in terms of movement time, has been improved, which allows to increase the efficiency of the passage time of the vessel taking into account the forecast of weather conditions when forming a safe route in the e-Navigation system. In the improved method, the combined application and mathematical apparatus of fuzzy sets and fuzzy logic is implemented to determine the possibilities of the ship's movement in accordance with the influence of hydrometeorological conditions. The proposed approach uses a hexagonal grid to approximate the swimming area and a system of production rules to determine the transition function between them.

Keywords: e-Navigation, e-Voyage, transit route, weather routing, voyage optimization.

УДК 656.025.6:621

doi.org/10.33298/2226-8553.2024.1.39.24

Гаценко Л.В.

ДОСЛІДЖЕННЯ ПАРАМЕТРІВ КОНТРОЛЮ ТА ДІАГНОСТУВАННЯ РАДІОЕЛЕКТРОННИХ СИСТЕМ ЗАСОБІВ ВОДНОГО ТРАНСПОРТУ

Дослідження містить результати розробки методу представлення радіоелектронних систем засобів водного транспорту залежно від параметрів контролю та діагностування. Для оцінювання впливу параметрів контролю та діагностування на достовірність визначення технічного стану радіоелектронних систем засобів водного транспорту удосконалено метод

синтезу вимірювальних сигналів на основі трикутної час-імпульсної модуляції та проведено дослідження впливу похибок вимірювання характеристик електричних сигналів енергопостачання на достовірність контролю та діагностування технічного стану радіоелектронних систем. Розроблено метод визначення параметрів контролю та діагностування радіоелектронних систем засобів водного транспорту на етапі експлуатації.

Ключові слова: діагностування, засоби водного транспорту, контроль, параметри контролю, показники ефективності контролю, радіоелектронні системи, технічний стан.

Постановка проблеми. Основною проблемою судноплавства в Україні є катастрофічне фізичне і моральне старіння основних фондів, насамперед, суден і портового обладнання. Це обумовлено тривалою експлуатацією ЗВТ та портового обладнання переважно без капітального ремонту. Сучасні методи і моделі контролю та діагностування технічного стану радіоелектронних систем засобів водного транспорту не дають бажаних результатів за таких причин. По-перше, не конкретизовані окремі питання експлуатації за технічним станом. По-друге, не враховані природно-кліматичні особливості експлуатації. По-третє, відсутні роботи, які присвячені контролю та діагностування технічного стану радіоелектронних систем після модернізації засобів водного транспорту для врахування впливу повноти і глибини контролю на достовірність визначення технічного стану із урахуванням якості обслуговування самих засобів контролю та діагностування при експлуатації. Таким чином, для підтримання високого рівня достовірності справного стану ЗВТ потрібно розробити (удосконалити існуючі) методи обґрунтування параметрів контролю та діагностування РЕС із складу таких засобів транспорту на етапі експлуатації.

Метою дослідження є визначення параметрів контролю та діагностування радіоелектронних систем засобів водного транспорту

Викладення основного матеріалу дослідження Розроблений метод представлення РЕС засобів водного транспорту залежно від параметрів контролю та діагностування дозволяє синтезувати оптимальні процедури контролю та діагностування [1].

При розробці методу за об'єкт контролю розглянуто окремі блоки (апаратура) у складі РЕС ЗВТ (типові елементи заміни), які можуть бути цифровими, аналоговими та цифро-аналоговими (гібридними).

Ступінь гібридності РЕС пропонується визначити за виразом:

$$h = \frac{\sum_{i=1}^{n_a} z_i^a p(z_i^a)}{(\sum_{i=1}^{n_a} z_i^a p(z_i^a) + \sum_{j=1}^{n_u} z_j^u p(z_j^u))_a} = \frac{\bar{N}_a}{(\bar{N}_a + \bar{N}_u)} \quad (1)$$

де z_i^a, z_j^u – кількість аналогових і цифрових ТЕЗ у складі РЕС;

$p(z_i^a), p(z_j^u)$ – ймовірності появи дефектів ТЕЗ у складі РЕС j-го типу;

n_a, n_u – кількість типів аналогових і цифрових ТЕЗ у складі РЕС відповідно;

\bar{N}_a, \bar{N}_u – середня кількість дефектів ТЕЗ в аналоговій та цифровій частинах РЕС.

Найбільшу ступінь гібридності згідно співвідношення (1) мають ТЕЗ РЕС, що характеризуються значенням $h = 0,5$. Типові елементи заміни РЕС з $h \geq 0,9$ будемо відносити до аналогових, а з $h \leq 0,1$ – до цифрових. Найбільш повно теорія діагностування розроблена для цифрових і аналогових ТЕЗ РЕС [2]. У загальному випадку до гібридних ТЕЗ РЕС відносять пасивні лінійні двополюсні елементи (конденсатори, резистори, котушки індуктивності); пасивні нелінійні двополюсні елементи (діоди, варистори тощо); елементарні багатополюсні елементи (транзистори, трансформатори, цифрові та аналогові інтегральні мікросхеми тощо); великі інтегральні схеми. Процес контролю гібридних ТЕЗ РЕС є більш складним завданням внаслідок їх конструктивних особливостей – високу щільність монтажу, частку поверхневого монтажу, труднощі або навіть неможливість доступу до контактів РЕС.

Знання закону розподілу дефектів (кількості типових елементів заміни з дефектами $m = \overline{0, M}$ у партії) впливає на вибір методів і засобів контролю, діагностування та ремонту РЕС та багато у чому визначає їх ефективність. Найчастіше дефекти ТЕЗ підпорядковуються біноміальному або пуассонівському закону розподілу. Якщо загальна кількість типових елементів заміни РЕС n є великою і серед них порівняно мало несправних, застосовується пуассонівський закон розподілу. При відносно великих n ймовірність p вибору несправного ТЕЗ радіоелектронної системи є відносно малою, а $\lambda = np$ набуває середніх значень. Тобто на практиці наближення Пуассона є справедливим, якщо значна кількість ТЕЗ радіоелектронної системи характеризується відносно малим рівнем несправності [3].

Тоді, у досліджуваній партії з N ТЕЗ, відповідно до пуассонівського закону розподілу, N_m типових елементів заміни РЕС з m дефектами мають $\overline{N}_m = \frac{\lambda^m e^{-\lambda} N}{m!}$ дефектів, що припадають на один зразок РЕС. Відповідно, кількість типових елементів заміни РЕС без дефектів ($m = 0$) дорівнює $\overline{N}_0 = N e^{-\lambda}$, а кількість дефектних типових елементів заміни – $\overline{N} = (1 - e^{-\lambda})N$.

Розподіл певних видів дефектів у партії ТЕЗ визначається як:

$$P_m = \frac{(\lambda_1 + \lambda_2)^m e^{-(\lambda_1 + \lambda_2)}}{m!} = \frac{e^{-(\lambda_1 + \lambda_2)} \sum_{j=1}^m C_m^j \lambda_1^{m-j} \lambda_2^j}{m!}, \quad (2)$$

де λ_1 і λ_2 – середня кількість дефектів першого та другого видів в одному ТЕЗ досліджуваної партії;

C_m^j – біноміальний коефіцієнт.

Вибір найефективніших методів і засобів діагностування та ремонту об'єкта контролю визначається згідно виразу (2). При цьому враховуються переважаючий клас і середня кількість дефектів λ , ступінь гібридності S_h , закон розподілу дефектів між типовими елементами заміни досліджуваної партії, конструктивні особливості друкованих плат тощо.

Для контролю та діагностування типових елементів заміни РЕС використовуються методи інспекції та методи тестового діагностування. У свою чергу, до методів інспекції РЕС відносять оптичні, радіаційні та рефлектометричні, а до методів тестового діагностування – функціональне тестове діагностування та внутрішньосхемне тестування [4].

Методи інспекції є безконтактними та застосовуються для виявлення стану поверхні типових елементів заміни, а саме:

- виявлення пошкоджень провідників друкованих плат;
- зміни конфігурації та взаємного розташування ТЕЗ;
- виявлення сторонніх включень, перекосів встановлених ТЕЗ.

Рефлектометричний метод (вимірюванням часових характеристик відбитого імпульсу) застосовується для друкованих плат у височастотних пристроях, коли поряд зі звичайним опором доріжки на платі також ще контролюється її хвильовий опір (імпеданс).

Функціональне тестування має на меті контроль вихідних параметрів ТЕЗ і тестування РЕС у цілому, завдяки чому перевіряються цілісність структури і правильність виконання відповідних функцій. Тестове обладнання з'єднується із ТЕЗ через спеціальні пробники (кліпси). Після подачі стимулюючі впливи (тестові сигнали) на входах типового елемента заміни викликають на внутрішньосхемних контрольних точках і виходах ТЕЗ відповідні відклики, які вимірюються і порівнюються з еталонними значеннями.

Внутрішньосхемне тестування (аналогове та цифрове) типових елементів заміни проводиться при цілісності складових РЕС подачею тестових впливів на внутрішні контрольні точки апаратури. Аналогове внутрішньосхемне тестування РЕС передбачає контроль:

- коротких замикань та обривів;
- номіналів резисторів, конденсаторів, котушок, дискретних напівпровідникових приладів;
- правильність монтажу інтегральних мікросхем.

Для виключення впливу паралельних ланцюгів установлюється блокуюча напруга, застосовується метод багатодротового вимірювання, підбираються напруги і частоти тестування. Аналогове внутрішньосхемне тестування виявляє до 80% всіх дефектів та поділяється на такі види: за елементами, за фрагментами та змішане. Інваріантність тестування РЕС реалізується двома способами. Перший спосіб передбачає ідентифікацію дефектів без подачі напруги живлення на РЕС завдяки умовному електричному розподілу пасивних двополосників і багатополосників. Ідентифікація інших видів дефектів здійснюється другим способом, коли на входах активних РЕС тестові сигнали наводяться примусово. Для виявлення всіх несправностей (ушкоджень) РЕС під час тестування встановлюються чіткі початкові умови діагностування РЕС, використовується спеціальна послідовність перевірок та виключаються тестові сигнали, не обумовлені умовами застосування апаратури.

Для виключення взаємного впливу елементів РЕС один на одного при тестуванні за елементами кожний елемент перевіряється окремо при низьких амплітудах тестових сигналів. Даний вид діагностування є практично безпечним при будь-якому поєднанні дефектів у ТЕЗ. При реалізації методу діагностування за елементами вирішуються такі основні завдання:

- забезпечення доступу до внутрішніх контрольних точок РЕС;
- виключення впливу схеми при перевірці пасивних РЕС;
- захист активних РЕС від пошкодження при тестуванні.

При діагностуванні за елементами аналогових і цифрових інтегральних мікросхем зі складу РЕС тестові сигнали подаються безпосередньо на входи кожної схеми, а з виходів знімаються відповідні реакції [5].

Метод цифрового внутрішньосхемного тестування базується на векторному та безвекторному тестуванні цифрових інтегральних мікросхем. При векторному тестуванні цифрові інтегральні мікросхеми перевіряються на відповідність таблиці істинності. Вплив паралельно встановлених інтегральних мікросхем усувається шляхом подачі на вхід мікросхем імпульсів обмеженої тривалості [6].

Таким чином, завдяки сучасним методам і засобам контролю та діагностування РЕС ЗВТ проводиться їх повне тестування, яке, на жаль, має доволі великий час проведення і недостатню достовірність виявлення можливих відмов, що знижує надійність РЕС.

У результаті критичного аналізу основних методів контролю та діагностування типових елементів заміни радіоелектронних систем обґрунтовано перспективи використання методу контролю технічного стану радіоелектронних систем засобів водного транспорту за елементами.

Надійність РЕС ЗВТ на етапі проектування досягається вибором доцільно-образної структури та розумної надмірності засобу оперативного контролю, самовідновлення та ремонтпридатності. При експлуатації надійність елементів РЕС ЗВТ забезпечують засоби технічного контролю та діагностування. Але найбільшого ефекту вдається досягти при грамотному поєднанні заходів, що виконуються на кожному етапі життєвого циклу [7].

Доведено, що за допомогою алгоритмів (програм) попереджувального обслуговування параметри контролю РЕС ЗВТ підтримуються у заданих межах або при виявленні відхилення цих параметрів від номіналів – корегуються, що позитивно впливає на надійність РЕС ЗВТ. Результати контролю технічного стану РЕС ЗВТ за точністю та частотним діапазоном (в області низьких частот огинаючої та несучої), отримані за допомогою прецизійних методів формування амплітудно-модульованих (АМ) сигналів в області низьких частот огинаючої (до кількох кілогерц) та несучої (десятки кілогерц) [8], [9], є кращими за класичні аналогові методи формування АМ сигналів [10].

Однак навіть прецизійні методи не можуть забезпечити жорсткі вимоги щодо дискретності та похибки (порядку тисячних часток відсотка) завдання коефіцієнта амплітудної модуляції (КАМ) в області малих його значень (до 10%) [130]. Лише досягнення вказаних значень параметрів дозволяють отримати для високоточних приладів і систем з АМ необхідні чутливість і похибки для сучасних навігаційних систем засобів водного транспорту.

Таких результатів дозволяє досягти лише метод формування прецизійних АМ сигналів на

основі бінарної модуляції часових параметрів прямокутних імпульсів [11], [12], але й він не завжди забезпечує необхідні значення коефіцієнта гармонік огинаючої. Для його зменшення застосовують більш складні закони модуляції (трикутний, трапецеїдальний, шматково-ступінчастий) часових параметрів прямокутних імпульсів несучої.

Висновки. Отже, проведене дослідження свідчить, що застосування методу синтезу вимірювальних сигналів на основі трикутної час-імпульсної модуляції у вимірювальній апаратурі сприяє підвищенню точності та надійності останньої. Надалі це відбивається на підвищенні загальної ефективності експлуатації радіоелектронних систем засобів водного транспорту за рахунок своєчасного виявлення можливих відмов більш точною та надійною вимірювальною апаратурою. Це набуває особливої актуальності під час виконання рейсів засобами водного транспорту за встановленими маршрутами і є підставою для зниження матеріальних, фінансових і репутаційних втрат через можливі аварії, поломки, катастрофи.

ЛІТЕРАТУРА

1. Hatsenko L., Olkhovikov D. Method of representation of radio electronic systems of water vehicles depending on control and diagnostic parameters // Znanstvena misel journal. – 2022. – № 69/2022. – Pp. 37-41. – <https://doi.org/10.5281/zenodo.7009159>.
2. Daki O., Herasimov S. & Zubrytskyi H. (2020) Digital Correlation Method For Power Measurement. Information Processing Systems, № 4 (163), с. 15–26, <https://doi.org/10.30748/soi.2020.163.02>.
3. ISO 9000:2005. Quality management systems – Fundamentals and Vocabulary. Third edition 2005-05-15.
4. Ramakrishnan C.R., Sekar R. Model-Dased Analysis of Configuration Vulnerabilities – [електронний ресурс] – Режим доступа: [http://seclab.cs.sunisb.edu/sec lab1/pubs/papers/widsoo.pdf](http://seclab.cs.sunisb.edu/sec%20lab1/pubs/papers/widsoo.pdf).
5. Jablon N.K., Adaptive Beamforming with the Generalized Sidelobe Canceller in presence of Array Imperfection, IEEE Trans. AP – 34, No.8, Aug.1986. – p.p. 996-1012.
6. Resolution IMO A. 817(19) adopted on 23/11/1995. Performance Standards for Electronic Chart Display and Information Systems (ECDIS). – p. 15.
7. Гаценко Л.В., Федотов Е.Г. Метод синтезу вимірювальних сигналів на основі трикутної час-імпульсної модуляції для контролю технічного стану радіоелектронних систем засобів водного транспорту // Водний транспорт. Збірник наукових праць Державного університету інфраструктури та технологій. – 2021. – Випуск 3 (34). – С. 73-88. – <https://doi.org/10.33298/2226-8553/2021.3.34.09>
8. Herasimov S, Borysenko M., Roshchupkin E.and etc. Spectrum Analyzer Based on a Dynamic Filter, J Electron Test, pp. 357–368, 2021. <https://doi.org/10.1007/s10836-021-05954-0>
9. International Electrotechnical commission (IEC). Technical committee № 65: Industrial Process Measurement and Control, Sub-Committee 65B.: Devices.IEC1131-Programmable Controllers. Part7 – Fuzzy control Programming Committee Draft Cd.1.0 (Rel.19.Jan.97).
- 10.
11. Saddik G.N. Ultra-wideband multifunctional communications/radar system / G.N. Saddik, R.S. Singh, and E.R. Brown // IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques, vol. 55, no. 7, pp. 1431-1437, July 2007
12. Sheyner O., Wing J., Lippman R., Haines J. Automated Generation and Analysis of Attak Graphs // In 2002 IEEE Symposium on Security and Privacy. – Oaklend, California, 2002 – <http://csse.usc.edu>.

Hatsenko L.

RESEARCH OF CONTROL PARAMETERS AND DIAGNOSTICS OF RADIO ELECTRONIC SYSTEMS OF WATER VEHICLES

The study contains the results of the development of a method of presenting radio-electronic systems of water transport vehicles depending on the parameters of control and diagnostics. In order to evaluate the influence of control and diagnostic parameters on the reliability of determining the technical condition of radio-electronic systems of water transport vehicles, the method of synthesis of measuring signals based on triangular time-pulse modulation was improved, and a study of the effect of measurement errors of the characteristics of electric power supply signals on the reliability of control and diagnosis of the technical condition of radio-electronic systems was carried out. A method of determining control parameters and diagnostics of radio-electronic systems of water transport vehicles at the stage of operation has been developed.

Key words: *diagnostics, means of water transport, control, control parameters, control efficiency indicators, radio-electronic systems, technical condition*