

DOI: 10.18372/2310-5461.41.13534

УДК 629.78

О. А. Дакі

Дунайський факультет морського та річкового транспорту
Державного університету інфраструктури та технологій
orcid.org/0000-0003-3932-462X
e-mail: olena_daki@ukr.net;

В. В. Штрибець

Державний університет інфраструктури та технологій
orcid.org/0000-0002-9723-4203
e-mail: schtribecv@ukr.net;

А. О. Трофіменко

Державний університет інфраструктури та технологій
orcid.org/0000-0002-6713-0534
e-mail: trifimenko_a_o@ukr.net

АНАЛІЗ МЕТОДІВ ФОРМУВАННЯ ВИМІРЮВАЛЬНИХ СИГНАЛІВ ДЛЯ КОНТРОЛЮ СИСТЕМ НАВІГАЦІЇ ТА УПРАВЛІННЯ РУХОМ ЗАСОБІВ ВОДНОГО ТРАНСПОРТУ

Вступ

Як правило, до складу навігаційного обладнання судна входять системи безперервної дії: або система зчислення координат, що використовує вимірювач швидкості та курсу та здійснює інтегрування проекцій вектора швидкості на горизонтальні осі географічної системи координат, або інерціальна система, чутливими елементами якої є вимірювачі прискорень (акселерометри) і гіроскопи [1–3].

Використання цих систем відбувається не тільки через безперервність їх дій, а і через її автономність, тобто відсутність контактів з будь-якими зовнішніми джерелами інформації, а й можливістю вироблення за допомогою їх практично всіх компонентів вектора основних навігаційних параметрів.

Вироблення навігаційних параметрів у цих системах ґрунтується на обробці радіотехнічних сигналів від системи датчиків первинної інформації (вимірювачів швидкості та курсу, прискорення та кутів, які задають положення гіроскопів) і в припущенні відсутності похибок цих датчиків забезпечує безпомилкове вироблення навігаційних параметрів.

Аналіз досліджень і публікацій, у яких започатковано розв'язання даної проблеми

Аналіз вхідних вимірювальних сигналів для контролю технічного стану РТС навігації та управління рухом морських суден показує, що вони мають ті чи інші недоліки та застосовуються для різних систем [3; 4].

Вимірювальний сигнал, який би був оптимальним (з найкращими характеристиками за певними показниками) за точністю та кількістю отриманої інформації, та мав необхідний рівень перешкодозахищеності та оперативності, відсутній.

Постановка завдання дослідження

Тому актуальним є наукове завдання вибору оптимального за визначеними параметрами методу формування вимірювальних сигналів, що дозволить підвищити якість контролю систем навігації та управління рухом засобів водного транспорту.

Мета статті

Таким чином, метою статті є аналіз методів формування вимірювальних сигналів для контролю систем навігації та управління рухом засобів водного транспорту.

Аналіз методів синтезу вимірювальних сигналів для контролю технічного стану радіотехнічних систем

Аналіз вхідних вимірювальних сигналів для контролю технічного стану РТС навігації та управління рухом морських суден показує, що вони мають ті чи інші недоліки та застосовуються для різних систем. Вимірювальний сигнал, який би був оптимальним (з найкращими характеристиками за певними показниками) за точністю та кількістю отриманої інформації, та мав необхідний рівень перешкодозахищеності та оперативності, відсутній.

Основними методами синтезу вимірювальних сигналів є: класичний, часовий, частотний і операторний. Ці методи дозволяють синтезувати вимірювальні сигнали синусоїдної та прямокутної форм [3; 4].

Класичний метод (метод диференціальних рівнянь) заснований на складанні лінійного диференціального рівняння n -го ступеня відповідно закону Кірхгофа. Диференціальне рівняння зв'язує відому функцію вхідного сигналу $U_{\text{вх}}(t)$ і невідому (потрібну) функцію вихідного сигналу (реакцію) $U_{\text{вих}}(t)$

$$b_0 U_{\text{вих}}(t) + b_1 \frac{\partial U_{\text{вих}}(t)}{\partial t} + b_2 \frac{\partial^2 U_{\text{вих}}(t)}{\partial t^2} + \dots + b_m \frac{\partial^m U_{\text{вих}}(t)}{\partial t^m} = a_0 U_{\text{вх}}(t) + a_1 \frac{\partial U_{\text{вх}}(t)}{\partial t} + a_2 \frac{\partial^2 U_{\text{вх}}(t)}{\partial t^2} + \dots + a_n \frac{\partial^n U_{\text{вих}}(t)}{\partial t^n},$$

де b_0, b_1, \dots, b_m і a_0, a_1, \dots, a_n — для лінійних ланцюгів з постійними параметрами є постійними дійсними коефіцієнтами.

Шукана функція сигналу на виході ланцюга $U_{\text{вих}}(t)$ визначається у вигляді двох функцій

$$U_{\text{вих}}(t) = U_{\text{вих1}}(t) + U_{\text{вих2}}(t),$$

де $U_{\text{вих1}}(t)$ — частковий розв'язок диференціального рівняння, який безпосередньо залежить від вигляду вхідного впливу та описує змушений режим; $U_{\text{вих2}}(t)$ — загальний розв'язок рівняння при $U_{\text{вх}}(t) = 0$, який описує перехідні процеси в ланцюзі.

Розв'язок диференціального рівняння можна знайти використанням формалізованих процедур перетворення Лапласа (операторним методом).

Серед недоліків виділимо такі, що:

- використовується для аналізу простих ланцюгів, які описуються диференціальними рівняннями не вище 2-го порядку;

- застосовується тільки для визначення значень параметрів контролю, які знаходяться у межах допусків (метод непридатний для існуючих (старіючих) зразків РТС навігації та управління рухом морських суден);

- використовується вхідний сигнал, як правило, гармонійний (для спрощення технічної реалізації засобів вимірювальної техніки), що призводить до збільшення часу обробки вимірювальної інформації, зменшення перешкозахисності та точності визначення параметрів.

Часовий метод (метод інтеграла Дюамеля) заснований на використанні імпульсної або перехідної характеристик ланцюга та розміченого

сигналу на короткі імпульси. Використовується переважно для аналізу перехідного режиму ланцюга.

Імпульсна характеристика $h(t)$ є функцією реакції ланцюга на вхідний вплив у вигляді одиначної дельта-функції

$$U_{\text{вх}}(t) = \delta(t) \text{ і } U_{\text{вих}}(t) = h(t) = \Phi[\delta(t)],$$

де Φ — оператор ланцюга.

Перехідна характеристика $g(t)$ є функцією реакції ланцюга на вхідний вплив у вигляді одиначного стрибка (функції Хевисайда)

$$U_{\text{вх}}(t) = \sigma(t) \text{ і } U_{\text{вих}}(t) = g(t) = \Phi[\sigma(t)].$$

При цьому

$$\begin{aligned} U_{\text{вих}}(t) &= h(t) \otimes U_{\text{вх}}(t) = \int_0^t h(\tau) U_{\text{вх}}(t-\tau) d\tau = \\ &= \int_0^t h(t-\tau) U_{\text{вх}}(\tau) d\tau = \int_0^t \left(g(t-\tau) \frac{dU_{\text{вх}}(\tau)}{d\tau} \right) d\tau = \\ &= \int_0^t \left(g(t-\tau) \frac{dU_{\text{вх}}(\tau)}{d\tau} \right) d\tau \end{aligned}$$

чотири види інтегралів Дюамеля.

Основними недоліками розглянутого методу є:

- суттєві труднощі при технічній реалізації високочастотних вимірювальних генераторів сигналів складної форми;

- використання, переважно, прямокутних імпульсних вхідних сигналів, іноді — трикутних і трапецеїдальних. Такі вхідні сигнали ускладнюють технічну реалізацію засобів аналізу вихідних вимірювальних сигналів, знижують рівень автоматизації процесу вимірювання параметрів контролю.

Спектральний (частотний) метод полягає у використанні якостей передатної частотної характеристики ланцюга $K(j\omega)$ і відомої спектральної щільності вхідного сигналу $S_{\text{вх}}(j\omega)$. Застосовується для аналізу ланцюгів у сталому режимі. Реалізується послідовністю дій:

- визначення частотної характеристики ланцюга $K(j\omega)$;

- визначення спектра вхідного сигналу за допомогою прямого перетворення Фур'є:

$$S_{\text{вх}}(j\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} U_{\text{вх}}(t) e^{-j\omega t} dt;$$

- знаходження спектра вихідного сигналу

$$\begin{aligned} S_{\text{вих}}(j\omega) &= S_{\text{вх}}(j\omega) K(j\omega) = \\ &= S_{\text{вх}}(\omega) K(\omega) e^{j[\varphi_{\text{вх}}(\omega) + \varphi_k(\omega)]}, \end{aligned}$$

де $K(j\omega)$ — амплітудно-частотна характеристика; $\varphi_k(\omega)$ — фазочастотна характеристика; $S_{\text{вх}}(\omega)$, $\varphi_{\text{вх}}(\omega)$ — відповідно модуль і фаза спектра $U_{\text{вх}}(t)$;

– визначення вихідного сигналу за допомогою зворотного перетворення Фур'є

$$U_{\text{вих}}(t) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} S_{\text{вих}}(j\omega) e^{j\omega t} d\omega.$$

Цей метод широко застосовується завдяки якості гармонійних сигналів не змінювати свою форму при проходженні через лінійні ланцюги і фізичної наочності, коли достатньо знайти спектр $U_{\text{вих}}(t)$, для того щоб визначити викривлення $U_{\text{вих}}(t)$. На основі цього методу формуються вимоги до без викривленої передачі сигналів: АЧХ ланцюга повинна бути постійною, а ФЧХ — лінійною в межах ефективного ширини спектра вхідного сигналу.

Основними недоліками методу є:

– значний час на обробку вимірювальних гармонійних вхідних сигналів (зниження оперативності визначення технічного стану об'єкта контролю);

– низька перешкозахищеність і точність вимірювання параметрів (за рахунок застосування гармонійних сигналів);

– низький рівень чутливості, що потребує більшої потужності вхідного вимірювального сигналу.

Операторний метод (метод перетворення Лапласа), як більш загальний, розв'язує проблему обмеження спектрального методу відносно абсолютної інтегрованості функцій $U_{\text{вих}}(t)$.

Використовується представлення вхідного та вихідного сигналів перетвореннями Лапласа:

– пряме перетворення

$$S_{\text{вих}}(p) = \int_0^{\infty} U_{\text{вих}}(t) e^{-pt} dt;$$

– зворотне перетворення

$$U_{\text{вих}}(t) = \frac{1}{2\pi j} \int_{c-j\infty}^{c+j\infty} S_{\text{вих}}(p) e^{pt} dp;$$

де $U_{\text{вих}}(t)$, $U_{\text{вих}}(t)$, $S_{\text{вих}}(p)$, $S_{\text{вих}}(p)$ – відповідно оригінал і зображення вхідного та вихідного сигналів; $p = \alpha + j\omega$ — оператор Лапласа.

При цьому

$$S_{\text{вих}}(p) = S_{\text{вих}}(p)K(p),$$

де $K(p)$ – передатна функція ланцюга, яка отримується з виразу коефіцієнта передачі $K(j\omega)$ шляхом заміни змінної j на p .

Знаходження $U_{\text{вих}}(t)$ при заданому $U_{\text{вих}}(t)$ і $K(p)$ вміщує три процедури:

– перетворення $U_{\text{вих}}(t) \rightarrow U_{\text{вих}}(p)$;

– знаходження $U_{\text{вих}}(p) = K(p)U_{\text{вих}}(p)$;

– перетворення $U_{\text{вих}}(p) \rightarrow U_{\text{вих}}(t)$.

Серед недоліків методу виділяють недоліки, які пов'язані з використанням гармонійних і прямокутних вхідних сигналів:

– великий час на обробку вимірювальних гармонійних вхідних сигналів;

– низька перешкозахищеність і точність вимірювання параметрів (за рахунок застосування гармонійних сигналів);

– низька чутливість, що потребує значної потужності вхідного сигналу;

– складність технічної реалізації засобів аналізу вихідних вимірювальних сигналів при прямокутних вхідних сигналах, знижується рівень автоматизації процесу вимірювання параметрів контролю.

Зазвичай використовуються часові та частотні методи синтезу вимірювальних сигналів. Розповсюдження зазначених методів обумовлено простотою технічної реалізації вимірювальних сигналів синусоїдної та прямокутної форм.

На рис. 1 і 2 наведені функціональні схеми проведення контролю технічного стану РТС навігації та управління рухом морських суден за допомогою синусоїдальних і прямокутних сигналів відповідно. Показано, що контроль технічного стану РТС визначається за результатами дослідження відгуку $y(t)$ на вхідний сигнал $u(t)$.

Після проходження через РТС навігації та управління рухом морських суден синусоїдальний вхідний сигнал $u(t)$ змінює амплітуду, фазу або частоту (рис. 1), а прямокутний — форму (рис. 2), що дозволяє визначити параметри контролю РТС.

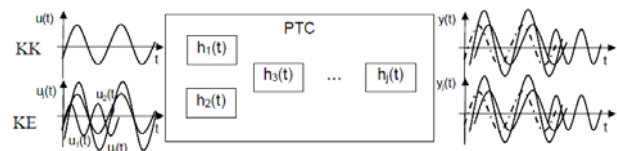


Рис. 1. Функціональна схема проведення контролю технічного стану РТС синусоїдним сигналом: для комплексного контролю (КК) і контролю за елементами (КЕ)

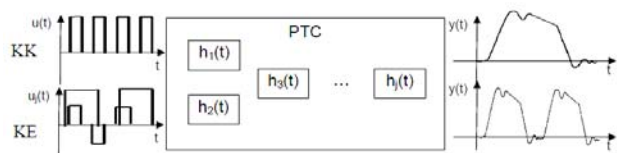


Рис. 2. Функціональна схема проведення контролю технічного стану РТС прямокутним сигналом: для комплексного контролю (КК) і контролю за елементами (КЕ)

Але такі сигнали мають певні недоліки. Крім того, головним недоліком частотних і часових методів є обмеження у використанні в автоматизованих ЗВТ з причини їх низької точності та перешкозахищеності, складності технічної реалізації [4–6].

Подання потрібного вимірювального (тестового) сигналу з певними характеристиками (полігармонійного сигналу) на ОК для його автоматизованого контролю, порівняно з часовими та частотними методами вимірювань, має такі переваги:

- підвищення якості, перешкозахисності та оперативності вимірювальних операцій при обслуговуванні;

- збільшення термінів безвідмовної роботи приладів за рахунок високої технологічності виготовлення мір фізичних величин;

- можливість створення універсальних вимірювально-інформаційних систем, побудованих за модульним принципом та на сучасній мікропроцесорній техніці, з оснащенням їх пристроями сполучення з комп'ютером та зручними інтерфейсними програмами;

- використання самокалібрування та самодіагностики основних вимірювальних вузлів ЗВТ (каналів вимірювально-інформаційних систем), що дозволяє зменшувати похибки вимірювань, своєчасно виявляти відмови та виходи характеристик за межі встановлених норм;

- зменшення масогабаритних характеристик та енергоспоживання вимірювальної апаратури.

Функціональна схема проведення контролю технічного стану РТС за допомогою запропонованого складного (полігармонійного) сигналу виду

$$y(t) = \sum_{i=1}^{\infty} U_{i\max} \sin(i\omega t + \varphi_i)$$

наведено на рис. 3.

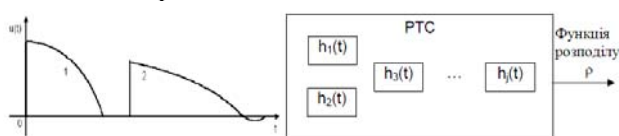


Рис. 3. Функціональна схема проведення контролю технічного стану РТС навігації та управління рухом морських суден запропонованим полігармонійним сигналом

Калібратори зразкових сигналів можна застосовувати не тільки в стаціонарних умовах метрологічних лабораторій, а й за автономні прилади або вбудовані у ЗВТ засоби контролю.

Актуальність даного напрямку на сучасному етапі пов'язана, крім того, зі створенням мобільного комплексу еталонів, інтенсивним використанням пересувних лабораторій вимірювальної техніки та переходом до методів оцінки технічного стану вбудованих контрольно-вимірювальних засобів безпосередньо на технічних комплексах [3–6].

Тому до основних переваг використання калібраторів сигналів слід також віднести можли-

вість створення мобільних повірочних комплексів, здатних працювати як в лабораторних, так і в польових умовах. Це сприяє значному скороченню часу на проведення обслуговування та є одним з основних заходів з підвищення оперативності проведення контролю (визначення) технічного стану РТС навігації та управління рухом морських суден та, відповідно, збільшення коефіцієнта їх використання.

Отже, результати аналізу існуючих методів і засобів контролю технічного стану радіотехнічних систем навігації та управління рухом морських суден підтверджують актуальність теми даної дисертаційної роботи, направленої на розроблення теоретичних основ автоматизації контролю технічного стану систем і комплексів навігації та управління рухом морських суден на основі синтезу полігармонійних вимірювальних сигналів.

Результати роботи дозволяють розв'язати проблему забезпечення достовірності контролю технічного стану систем і комплексів навігації та управління рухом морських суден при оптимальних часових характеристиках для забезпечення своєчасності та оперативності визначення можливих відмов при їх експлуатації та обслуговуванні за фактичним станом.

Роль контролю технічного стану в підтриманні потрібного коефіцієнту готовності систем і комплексів навігації та управління рухом морських суден

З ускладненням систем і комплексів навігації та управління рухом морських суден вимірювання та контроль їх параметрів перетворилися на відповідальний технологічний процес, організація та техніко-економічні показники якого істотно впливають на коефіцієнт готовності, ефективність їх застосування та безпеку мореплавання. Вимірювання не покращують показники систем, але результати вимірювань використовуються для підвищення ефективності їх застосування шляхом обліку реальних (дійсних) значень технічних характеристик систем і комплексів навігації та управління рухом морських суден при підготовці до застосування, а також при плануванні та виконанні профілактичних заходів з підтримки таких систем у працездатному та готовому до застосування стані [1–5].

На сьогодні жоден зразок систем і комплексів навігації та управління рухом морських суден не може бути підготовлений до застосування, якщо на ньому заздалегідь, наприклад, при технічному обслуговуванні, не проведений контроль необхідних параметрів і характеристик.

Для контролю технічного стану систем і комплексів навігації та управління рухом морсь-

ких суден і підтримки їх у справному стані використовуються сотні різноманітних типів ЗВТ, спеціальних засобів вимірювання та контролю, які складають технічну базу метрологічного забезпечення морських суден [5].

Переважає більшість таких систем і комплексів знаходиться на експлуатації понад 20 років, тому контроль їх технічного стану підвищує ефективність застосування за рахунок своєчасного виявлення відмов.

Основними завданнями контролю технічного стану систем і комплексів навігації та управління рухом морських суден на етапі експлуатації є [1, 2–5]:

- визначення технічного стану та забезпечення готовності систем і комплексів навігації та управління рухом морських суден до застосування за призначенням;

- попередження виникнення відмов у процесі експлуатації, зберігання та транспортування;

- своєчасне виявлення та оперативне усунення відмов систем і комплексів навігації та управління рухом морських суден, тобто підвищення коефіцієнта використання;

- збільшення терміну експлуатації систем і комплексів навігації та управління рухом морських суден при збереженні їх технічних характеристик, що не знижують коефіцієнт готовності.

Отже, контроль технічного стану систем і комплексів навігації та управління рухом морських суден є єдиним засобом підтримання їх у справному стані та істотно впливає на ефективність виконання ними поставлених завдань.

Оскільки під час проведення контролю технічного стану відбувається пониження рівня готовності відповідної системи навігації та управління рухом морських суден, то виникає природна суперечність між його якістю та часом проведення. З одного боку, повний і глибокий контроль технічного стану систем і комплексів навігації та управління рухом морських суден (особливо на післягарантійному етапі експлуатації) вимагає збільшення часу на його проведення для підвищення достовірності $D(t)$ знаходження системи в справному стані. З іншого боку, збільшення часу контролю призводить до пониження коефіцієнта оперативної готовності $K_r(t)$ систем і комплексів навігації та управління рухом морських суден протягом цього часу.

При цьому слід враховувати оптимальне значення функції $F(t) = K_r(t) \oplus D(t)$, яке визначає час на проведення контролю $T_{к.опт}$ технічного стану таких систем.

Усунення цієї суперечностей можливо за двома напрямками:

- підвищенням інформативності вимірювального контролю систем і комплексів навігації та управління рухом морських суден при проведенні профілактичних і регламентних робіт за той самий час;

- зменшення часу проведення профілактичних і регламентних робіт систем і комплексів навігації та управління рухом морських суден при тому самому об'ємі вимірювального контролю параметрів.

При розробці та модернізації систем і комплексів навігації та управління рухом морських суден доцільне комплексне використання обох вказаних напрямків, але для цього необхідні дослідження в кожному з них.

Розкриємо час проведення технічного обслуговування деяких систем і комплексів навігації та управління рухом морських суден, який включає чотири складові [5]:

- 1) підготовка до проведення профілактичних і регламентних робіт, що займає до 5 % від загального часу на технічне обслуговування $T_{ТО}$;

- 2) демонтаж ЗВТ з апаратури систем і комплексів навігації та управління рухом морських суден, доставку їх у метрологічні підрозділи, проведення калібрування, зворотну доставку та встановлення на систему, що займає приблизно 40 % від $T_{ТО}$;

- 3) заміна вузлів і блоків систем і комплексів навігації та управління рухом морських суден, які виробили встановлений ресурс або мають відмовлення та непридатні для експлуатації, що складає 50 % від $T_{ТО}$;

- 4) контроль функціонування вузлів і блоків систем і комплексів навігації та управління рухом морських суден після проведення обслуговування, що дорівнює 5 % від $T_{ТО}$.

Отже, за рахунок зменшення часу контролю технічного стану систем і комплексів навігації та управління рухом морських суден може бути забезпечене підвищення коефіцієнта бойової готовності.

Висновки

Обґрунтовано необхідність впровадження для визначення технічного стану систем і комплексів навігації та управління рухом морських суден засобів синтезу (калібраторів) полігармонійних вимірювальних сигналів з поліпшеними характеристиками. Серед певної низки переваг від використання таких сигналів найбільш суттєвими є значне скорочення часу, що виділяється на проведення вимірювання параметрів, тобто контролю технічного стану систем, збільшення міжповірочних інтервалів, підвищення точності відтворення форми сигналу, підвищення перешко-

достійкості та точності визначення параметрів радіотехнічних систем спеціального призначення, що контролюються, тобто підвищення достовірності контролю їх технічного стану.

Розглянуто основні галузі застосування різних видів вимірювальних сигналів для контролю динамічних характеристик систем і комплексів навігації та управління рухом морських суден. Показано, що найбільш поширеними є гармонійні сигнали, які мають певні недоліки. Обґрунтовано, що більш ефективно використовувати при контролі технічного стану систем і комплексів навігації та управління рухом морських суден вимірювальні сигнали складної форми (полігармонійні). Проведено аналіз існуючих методів синтезу вимірювальних сигналів.

Наведено, що розповсюдження таких методів зумовлено простотою технічної реалізації синтезованих вимірювальних сигналів. Однак розглянуті методи мають низьку точність і перешкодозахищеність, складні для автоматизації, що обмежує їх використання в автоматизованих засобах вимірювання та контролю.

Тому пропонується використання полігармонійних вимірювальних сигналів для автоматизації процесу контролю технічного стану систем і комплексів навігації та управління рухом морських суден.

Дакі О. А., Штрибець В. В., Трофіменко А. О.

АНАЛІЗ МЕТОДІВ ФОРМУВАННЯ ВИМІРЮВАЛЬНИХ СИГНАЛІВ ДЛЯ КОНТРОЛЮ СИСТЕМ НАВІГАЦІЇ ТА УПРАВЛІННЯ РУХОМ ЗАСОБІВ ВОДНОГО ТРАНСПОРТУ

У статті наведено результати аналізу існуючих методів формування вимірювальних сигналів для контролю технічного стану систем і комплексів навігації та управління рухом морських суден на прикладі радіотехнічних систем.

Результати аналізу методів формування вимірювальних сигналів для контролю технічного стану систем і комплексів навігації та управління рухом морського транспорту, існуючих методів синтезу вимірювальних сигналів дозволили визначити їх недоліки та обґрунтувати наукову проблему контролю технічного стану систем і комплексів навігації та управління рухом морського транспорту при обслуговуванні за фактичним станом.

Обґрунтовано необхідність впровадження для визначення технічного стану систем і комплексів навігації та управління рухом морських суден засобів синтезу полігармонійних вимірювальних сигналів з поліпшеними характеристиками. Серед певної низки переваг від використання таких сигналів найбільш суттєвими є значне скорочення часу, що виділяється на проведення вимірювання параметрів, збільшення міжспівірочних інтервалів, підвищення точності відтворення форми сигналу, підвищення перешкодостійкості та точності визначення параметрів радіотехнічних систем спеціального призначення, що контролюються, тобто підвищення достовірності контролю їх технічного стану.

Результати роботи дозволять розв'язати наукову проблему забезпечення достовірності контролю технічного стану систем і комплексів навігації та управління рухом морських суден при оптимальних часових характеристиках для забезпечення своєчасності та оперативності визначення можливих відмов при їх експлуатації та обслуговуванні за фактичним станом.

Тому пропонується використання полігармонійних вимірювальних сигналів для автоматизації процесу контролю технічного стану систем і комплексів навігації та управління рухом морських суден.

Ключові слова: метод; вимірювальний сигнал; контроль; системи управління та навігації рухом; засоби водного транспорту; технічний стан.

ЛІТЕРАТУРА

1. **Концепція** розвитку транспортно-дорожнього комплексу України на середньостроковий період та до 2020 року. Міністерство транспорту України. Київ. 2001. 210 с.

2. **Богомья В. І.**, Давидов В. С., Доронін В. В., Пашков Д. П., Тихонов І. В. Навігаційне забезпечення управління рухом суден. К. : ДВВП «Компас». 2012. 336 с.

3. **Кудрицька Н. В.** Транспортнодорожній комплекс України: сучасний стан, проблеми та шляхи розвитку: монографія. К. : НТУ, 2010. 338 с.

4. **Гаскаров Д. В.**, Голинкевич Т. А., Мозгалевський А. В. Прогнозирование технического состояния и надежности радиоэлектронной аппаратуры. Сов. радио. 1974. 224 с.

5. **Богомья В. І.**, Єлезаров О. П., Павленко М. А., Тимочко О. І., Тимошук О. М.: за заг. ред. О. М. Тимошук. Основи технічної експлуатації автоматизованої системи управління судном: підручник для студентів вищих навчальних закладів. К. 2018. 305 с.

6. **Богомья В. І.**, Горбань А. В., Павленко М. А., Тимочко О. І., Тимошук О. М.: за заг. ред. О. М. Тимошук. Особливості системного підходу до вирішення наукових завдань експлуатації суднового обладнання. К., 2018. 305 с.

Daki O., Shtribets V., Trofimenko A.

ANALYSIS OF METHODS OF FORMATION OF MEASURING SIGNALS FOR THE CONTROL OF NAVIGATION SYSTEMS AND TRAFFIC MANAGEMENT BY MARINE TRANSPORT MEANS

The article presents the results of the analysis of the existing methods of forming measuring signals for monitoring the technical condition of navigation systems and systems for controlling the movement of ships on the example of radio systems.

The results of the analysis of measuring signal generation methods for monitoring the technical condition of navigation systems and systems for controlling marine traffic, existing methods for measuring signals synthesis, allowed determining their shortcomings and substantiating the scientific problem of controlling the technical condition of navigation systems and systems for controlling marine traffic during actual condition.

The necessity of implementation for determining the technical condition of navigation systems and complexes and controlling the movement of sea vessels of means of synthesizing polyharmonic measuring signals with improved characteristics is substantiated. Among certain advantages from using such signals, the most significant are a significant reduction in the time allotted for measuring parameters, increasing the calibration interval, improving the accuracy of reproducing a waveform, improving noise immunity and determining the parameters of special-purpose radio systems that are monitored their technical condition.

The results of the work will allow solving the scientific problem of ensuring the reliability of control of the technical condition of navigation systems and systems and control of the movement of sea vessels with optimal temporal characteristics to ensure the timeliness and efficiency of determining possible failures during their operation and maintenance according to the actual condition.

Therefore, it is proposed to use polyharmonic measuring signals to automate the process of monitoring the technical condition of navigation systems and systems for controlling the movement of marine transport means.

Keywords: method, measuring signal; control; control and navigation systems; means of marine transport; technical condition.

Даки Е. А., Штрибец В. В., Трофименко А. О.

АНАЛИЗ МЕТОДОВ ФОРМИРОВАНИЯ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ СИГНАЛОВ ДЛЯ КОНТРОЛЯ СИСТЕМ НАВИГАЦИИ И УПРАВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЕМ СРЕДСТВ ВОДНОГО ТРАНСПОРТА

В статье приведены результаты анализа существующих методов формирования измерительных сигналов для контроля технического состояния систем и комплексов навигации и управления движением морских судов на примере радиотехнических систем.

Результаты анализа методов формирования измерительных сигналов для контроля технического состояния систем и комплексов навигации и управления движением морского транспорта, существующих методов синтеза измерительных сигналов позволили определить их недостатки и обосновать научную проблему контроля технического состояния систем и комплексов навигации и управления движением морского транспорта при обслуживании по фактическому состоянию.

Обоснована необходимость внедрения для определения технического состояния систем и комплексов навигации и управления движением морских судов средств синтеза полигармоническом измерительных сигналов с улучшенными характеристиками. Среди определенного ряда преимуществ от использования таких сигналов наиболее существенными являются значительное сокращение времени, выделяемого на проведения измерения параметров, увеличение межповерочный интервал, повышение точности воспроизведения формы сигнала, повышение помехоустойчивости и точности определения параметров радиотехнических систем специального назначения, контролируемых то есть повышения достоверности контроля их технического состояния.

Результаты работы позволят решить научную проблему обеспечения достоверности контроля технического состояния систем и комплексов навигации и управления движением морских судов при оптимальных временных характеристиках для обеспечения своевременности и оперативности определения возможных отказов при их эксплуатации и обслуживании по фактическому состоянию.

Поэтому предлагается использование полигармоническом измерительных сигналов для автоматизации процесса контроля технического состояния систем и комплексов навигации и управления движением морских судов.

Ключевые слова: метод, измерительный сигнал; контроль; системы управления и навигации движением; средства водного транспорта; техническое состояние.

Стаття надійшла до редакції 14.02.2019 р.

Прийнято до друку 12.03.2019 р.