

МОНІТОРИНГ ШВИДКО ЗМІННИХ У ЧАСІ ПРОЦЕСІВ В СУДНОВИХ МАШИНАХ, З ПОДАЛЬШИМ АНАЛІЗОМ РЕЗУЛЬТАТІВ

С. М. Дранчук¹, В. А. Завадський², Р. Ю. Харченко²

¹Одеський національний морський університет

²Національний університет «Одеська морська академія»

Анотація. Мета роботи - розробка методів моніторингу процесів в корпусі судна, гребних валах та гвинтах при важких умовах плавання. Об'єкт дослідження - процеси, які швидко змінюються у часі. Предметом дослідження стали методи моніторингу, що засновані на вимірюванні частоти вихідних сигналів з датчиків. Запропоновано метод моніторингу з використанням 8 датчиків, який заснований на вимірюванні частоти вихідних сигналів датчиків синхронним методом з дорахуванням на початку та в кінці періоду опитування з дискретністю моніторингу не менш 8 мс.

Ключові слова: моніторинг, динаміка, вимірювання частоти, датчик.

1. Вступ та постановка задачі

Проведення моніторингу процесів, які динамічно та швидко змінюються у часі потребує значної кількості датчиків (тензометричних, магнітопружних чи індуктивних). В основному такі датчики мають аналоговий вихід у вигляді зміни напруги чи струму. Це викликає певні складності, оскільки вихідний аналоговий сигнал має дуже малу амплітуду (від десятків мікрвольт до десятків мілівольт). Наявність різного роду електромагнітних перешкод може викликати спотворення вихідного сигналу, що надходить від вимірювального датчика [1]. Для запобігання цьому використовують різні засоби (рис.1).

Найпростішим засобом є встановлення вимірювального датчика поблизу об'єкту регулювання, а вимірювального пристрою на значній відстані від датчика. Причому перетворення аналогового вихідного сигналу з датчика в цифрову форму проводиться у самому вимірювальному пристрої. Цей сигнал потрапляє на вхід вимірювального пристрою за допомогою спеціального екранованого кабелю (рис.1,а). Такий кабель повинен мати не менше чотирьох дротів у екрані. По двом із них передається аналоговий сигнал з датчика, а інші два використовують для живлення останнього. Недоліками цієї системи є:

- малий ступінь захисту від промислових перешкод;
- значні втрати вихідного сигналу датчика на одиниці довжини кабелю;
- залежність амплітуди аналогового сигналу датчика, який потрапляє на вхід вимірювального пристрою, від довжини вимірювального кабелю,

що потребує двох додаткових провідних жил для компенсації такого впливу;

- значна вартість одного погонного метру вимірювального кабелю;
- при пошкодженні кабелю необхідна повна його заміна.

Внаслідок вище зазначених причин такий спосіб передачі сигналу використовується тільки при незначній відстані від датчика до вимірювального пристрою. Іншим варіантом реалізації такої системи є розділення блоку перетворення аналогового сигналу датчика в цифрову форму та вимірювального пристрою (рис.1,б). У цьому випадку блок перетворення аналогового сигналу датчика в цифрову форму може бути виконаний у вигляді АЦП, який вбудований у мікроконтролер, та розміщатися поблизу вимірювального датчика. Після перетворення у цифровий вигляд, кодований сигнал, який вміщує інформацію о вихідному сигналі датчику, передається за спеціальним протоколом по інформаційному кабелю в вимірювальний пристрій, який може бути розташований на значній відстані. Для такої передачі цифрового кодованого сигналу використовують спеціальні інтерфейси типу RS-485, CAN (Controller Area Network) та інші.

Недоліками такої системи є наступне:

- необхідність використовувати спеціальний інформаційний кабель. Наприклад, при передачі цифрового сигналу по інтерфейсу RS-485 необхідно мати кабель з витою парою дротів у екрані. При цьому довжина лінії звичайно не перевищує 1200 м, але швидкість передачі даних зі зростанням довжини лінії різко знижується;
- наявність електромагнітних перешкод може привести до збою при передачі інформації;
- необхідні два додаткові дроти для живлення блоку перетворення і датчика. Пошкодження

таких дротів може привести до виходу з ладу блоку живлення, який звичайно розташовано у вимірювальному пристрої.

- вартість одного погонного метру інформаційного кабелю середня;

АЦП має диференціальну нелінійність, що впливає на кінцевий результат перетворення.

В теперішній час така система широко використовується у системах автоматики суден та портовому обладнанні, але методи боротьби з

названими недоліками постійно удосконалюються.

Третій варіант – це використання перетворювача типу «напруга – частота», який перетворює вихідний аналоговий сигнал датчика у частотний сигнал типу меандр (рис. 1, в). Такий перетворювач розташовується поблизу вимірювального датчика. Частотний сигнал типу меандр, частота якого прямо пропорційна вихідному сигналу датчика, по двох провідній лінії передається на

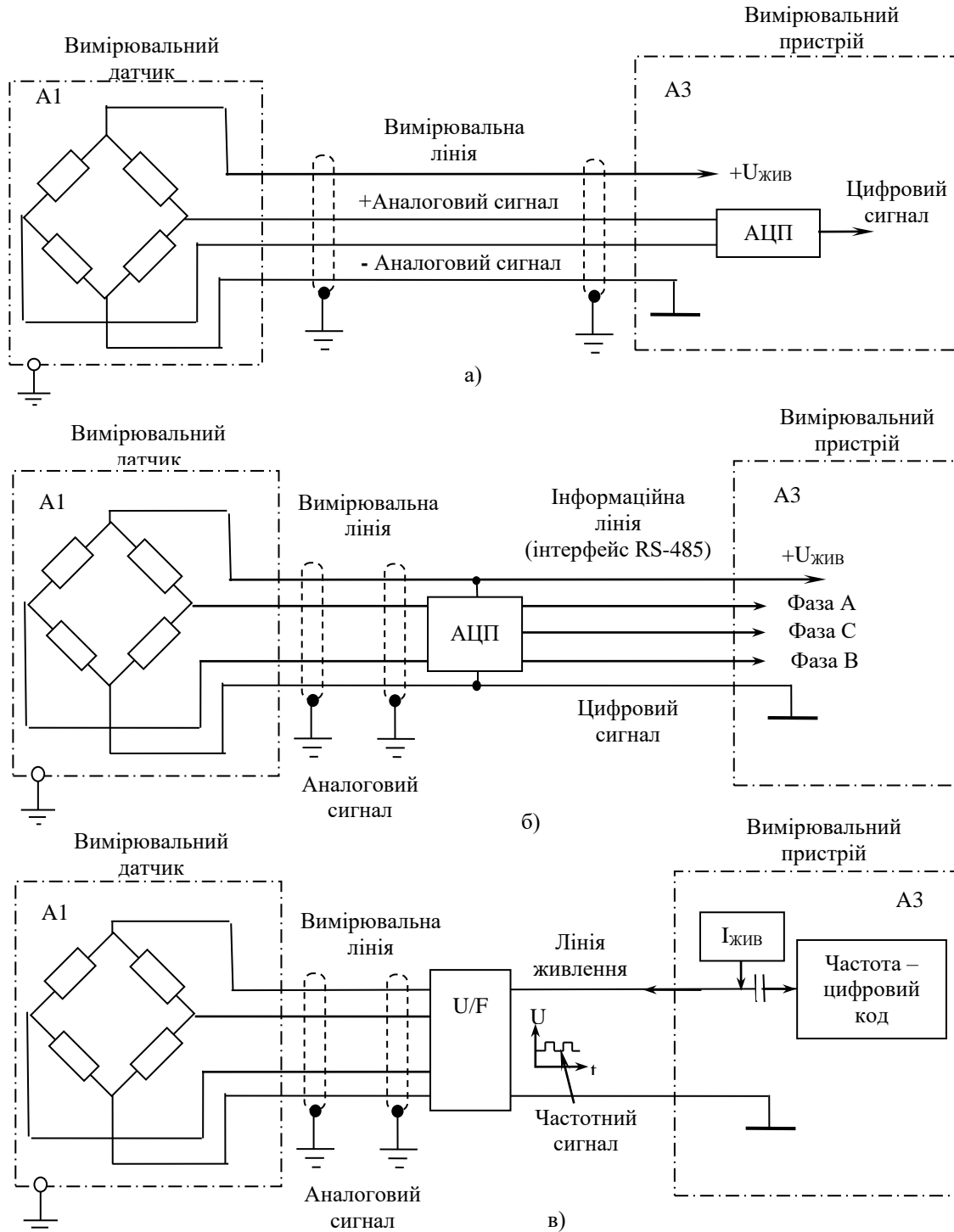


Рис. 1. Варіанти реалізації систем перетворення аналогового сигналу вимірювального датчика

значну відстань без втрати інформації у вимірювальній пристрій. У цьому пристрої заміряється звичайними засобами частота сигналу і перетворюється у цифровий вигляд. Якщо частота такого сигналу досить невелика (менше 1 МГц), то спеціальні вимоги для кабелю передачі відсутні. Крім того, якщо для живлення блоку перетворення вихідного аналогового сигналу датчика використовувати джерело струму, то пошкодження лінії живлення не спричинить пошкодження вимірювального пристрою. В цьому випадку для живлення блоку і датчика, а також для передачі вихідного сигналу можливо використовувати тільки два дроти, тобто поєднати канал живлення з інформаційним каналом.

Перевагами такої системи є:

- відсутність спеціальних вимог до лінії живлення та інформаційної лінії;
- можливо поєднати інформаційний канал і канал живлення. У цьому випадку для передачі вихідного сигналу та живлення блоку перетворення достатньо тільки двох дротів;
- довжина поєднаної лінії живлення може досягати 1000 м;
- при використанні джерела струму пошкодження лінії живлення не викличе виходу з ладу вимірювального пристрою; для усунення пошкодження такої лінії достатньо просто з'єднати розірваний дріт скруткою;
- така система має високий ступінь захисту від електромагнітних перешкод, оскільки є інтегрованою системою;
- розрядність перетворення аналогового сигналу в цифровий вигляд визначається часом виміру частоти сигналу при використанні методу прямого підрахунку за фіксований час вимірювання.

При використанні останнього варіанту вихідну частоту від перетворювача «напруга – частота» необхідно перетворити у цифровий код, який зможе обробити мікроконтролер. Для цього використовуються вимірювачі частоти, які перетворюють частоту у цифровий код.

2. Огляд літератури

Дуже часто необхідно знати показники від різних датчиків одночасно, тобто виникає необхідність вимірювання частоти одночасно від декількох датчиків (багатоканальне вимірювання) [2]. У цьому разі необхідне проводити одночасне вимірювання частоти від різних датчиків за приблизно однаковий час. Причому час вимірювання в залежності від ситуації бажано змінювати. Наприклад, для процесів, які швидко змінюються,

необхідно мати малий час вимірювання, тоді як для демпфування небажаних коливальних процесів в системі, бажано мати значний час вимірювання, що дозволяє одночасно з процесом вимірювання проводити також інтегрування частотного сигналу від датчиків. Крім того бажано, щоб похибка вимірювання частоти практично не залежала від її значення.

При проведенні моніторингу процесів, які швидко та динамічно змінюються у часі, виникає необхідність розподілу процесів моніторингу параметрів об'єкту дослідження та аналізу динаміки протікання процесу у часі [6]. Процес моніторингу у такому випадку повинен проходити дуже швидко з мінімально можливим інтервалом опитування у часі, тоді як аналіз динаміки протікання процесу у часі може бути виконаний після закінчення випробувань і необмежений часом [7].

3. Матеріали і методи

При використанні датчиків з частотними виходами такий моніторинг потребує вимірювання частоти вихідного датчика за дуже короткий час та зі значною точністю. Найбільш приємним методом у цьому випадку є синхронний метод з дорахуванням на початку та в кінці періоду опитування [3, метод 8].

Ідея цього методу вимірювання частоти полягає в наступному (рис.2). Після запуску таймера, який задає інтервал часу опитування T_0 , запускається таймер, який формує імпульси зразкової частоти f_0 з періодом повторення t_0 . На першому фронті вхідного імпульсу запам'ятовується значення кількості імпульсів зразкової частоти N_{01B} та одночасно дозволяється підрахунок періодів вхідної частоти N_{X1} . Після завершення інтервалу часу вимірювання T_0 підрахунок періодів вхідної частоти N_{X1} вимірювального каналу забороняється і дозволяється визначення останнього фронту імпульсів зразкової частоти цього каналу. На першому фронті вхідного імпульсу, який прийшов після припинення інтервалу часу вимірювання T_0 запам'ятовується значення останньої кількості імпульсів зразкової частоти N_{01E} .

Після чого отримані значення кількості імпульсів вимірюваної частоти N_{X1} та кількості імпульсів зразкової частоти N_{01B} і N_{01E} потрапляють для розрахунку значення вимірюваної частоти. На цьому завершується один цикл вимірювання. Після чого процес вимірювання повторюється.

Баланс часу за один цикл вимірювання наступний:

$$N_X \cdot T_X = T_0 - t_0 \cdot (n_E + n_B), \quad (1)$$

де T_X, t_0 – період вимірюваної і тактової частоти, відповідно;
 $N_X = N_E$ – кількість періодів вхідної частоти, нарахованих за інтервал опитування T_0 ;
 $n_0 = n_E + n_B$ – кількість періодів зразкової частоти, нарахованих після початку n_B та по закінченню n_E циклу опитування.

Тоді значення вимірюваної частоти f_{Xi} визначається як:

$$f_{Xi} = \frac{f_0 \cdot N_X}{T_0 \cdot f_0 - n_0} \quad (2)$$

Визначимо похибку вимірювання частоти даним методом. Для цього виконаємо логарифмування виразу (2) з наступним його диференціюванням:

$$\frac{\Delta f_x}{f_x} = \frac{\Delta f_0}{f_0} + \frac{\Delta N_x}{N_x} - \frac{\Delta [T_0 \cdot f_0 - n_0]}{T_0 \cdot f_0 - n_0} \approx \frac{2\Delta n_0}{T_0 \cdot f_0} \quad (3)$$

Таким чином, відносна похибка вимірювання частоти буде відзначатися наступними складовими, які приведені нижче.

1. Відносною похибкою завдання зразкової частоти $\delta_0 = \frac{\Delta f_0}{f_0}$.
2. Відносною похибкою підрахунку кількості періодів тактової частоти $\delta_{Xi} = \frac{\Delta N_{Xi}}{N_{Xi}}$.
3. Відносною похибкою підрахунку кількості періодів зразкової частоти $\delta_{0i} = \frac{2\Delta n_0}{T_0 \cdot f_0}$.

Перша складова $\delta_0 = \frac{\Delta f_0}{f_0}$ відносної похибки

вимірювання частоти визначається нестабільністю імпульсів тактової частоти кварцового генератора. Звичайно такі генератори дозволяють

отримати нестабільність на рівні $(1...3) \cdot 10^{-6}$, тому цією складовою похибки вимірювання частоти можна знехтувати.

Оскільки кількість періодів вимірюваної частоти N_{Xi} підраховується до цілих значень, тобто точно, то друга складова похибки $\delta_{Xi} = \frac{\Delta N_{Xi}}{N_{Xi}} = 0$.

В такому випадку основною похибкою вимірювання частоти є третя складова – відносна похибка підрахунку імпульсів зразкової частоти $\delta_{0i} = \frac{2\Delta n_0}{T_0 \cdot f_0}$.

Відносна похибка підрахунку імпульсів зразкової частоти буде визначатися складовими, які наведено нижче.

1. Похибкою дискретизації δ_d , яка зв'язана з округленням кількості підрахованих імпульсів до цілого значення (похибка дискретизації).
2. Похибкою синхронізації δ_C , яка зв'язана помилкою синхронізації фронтів зразкових імпульсів на початку та по закінченні їх підрахунку.
3. Похибкою округлення δ_P при розрахунку частоти, яка зв'язана з дискретністю арифметики цілих чисел.

Таким чином максимальна похибка вимірювання частоти визначиться з:

$$\left| \frac{\Delta f_x}{f_x} \right|_{MAX} \approx \frac{2\Delta n_0}{T_0 \cdot f_0} \approx \frac{6}{T_0 \cdot f_0} \quad (4)$$

оскільки похибка визначення фронту імпульсу може досягати $\Delta n_0 = 3$

Слід зауважити, що відносна похибка вимірювання частоти даним методом є випадковою. Саме тому середньоквадратична похибка буде носити гаусівський характер і буде дорівнювати

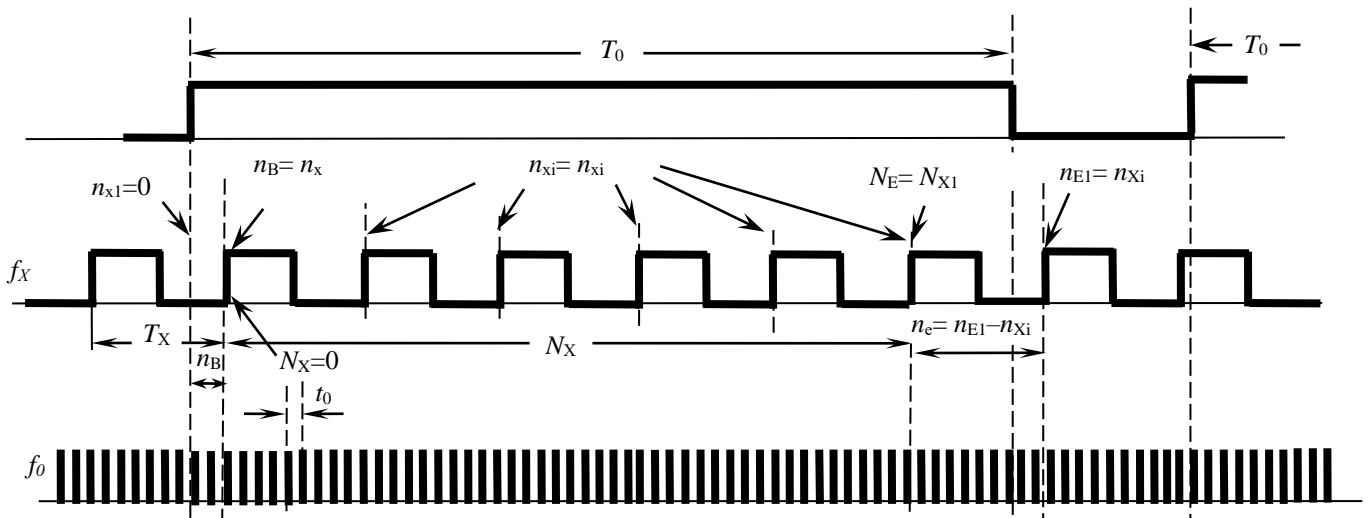


Рис. 2. До пояснення синхронного методу з дорахуванням на початку та в кінці періоду опитування

[3, метод 8]:

$$\sigma_{yc} = \frac{1}{\sqrt{6}} \left| \frac{p\tau}{2f_0 + pT_0} \right| \approx \frac{1}{\sqrt{6}} \left| \frac{p/f_0}{2f_0 + pT_0} \right| \quad (5)$$

Аналіз виразу (5) показує, що відносна похибка вимірювання частоти при використанні цього методу практично не залежить від значення вимірюваної частоти. Ця залежність спостерігається тільки при інтервалах опитування T_0 , які співпадають з періодом вимірюваної частоти f_x . Відносна похибка вимірювання частоти зменшується зі збільшенням інтервалу часу опитування T_0 та значенням зразкової частоти f_0 .

4. Експерименти

При використанні цього методу для вимірювання одного каналу з використанням мікроконтролера типу ATmega128 точність визначення частоти при інтервалі опитування 10 мс та тактової частоти 14,7456 МГц похибка не перевищує 0,008 % [4].

Але для моніторингу та аналізу динаміки процесів потребується досить багато датчиків.

На рис.3 наведена структурна схема моніторингу сигналів від 8 датчиків (Д1...Д8). Їх аналоговий сигнал перетворюється у частотний тип меандр за допомогою аналогово-частотних перетворювачів (БАЧП), які розташовані безпосередньо поблизу датчиків. Частотні сигнали від датчиків по довгій лінії поступають на входи зовнішніх переривань мікроконтролера ATmega128: INT0...INT7.

Тобто для підрахунку періодів вихідної частоти датчиків використовуються входи зовнішніх переривань, а підрахунок імпульсів зразкової частоти виконують за допомогою одного 16-розрядного таймера в режимі Capture. Тоді при паралельному вимірюванні частоти 8 каналів виникає додаткова похибка, яка пов'язана з обробкою відкладених переривань, що може виникнути при одночасному приході декількох фронтів частоти, яку вимірюють для різних каналів, на різні зовнішні переривання. Час обробки внаслідок таких відкладених переривань викликає випадкові флуктуації похибки, яка досягає 0,1...0,2 %, що залежить від кількості відкладених переривань (рис.4 а – відмічені стрілками).

Тобто, якщо при виконанні програми обробки

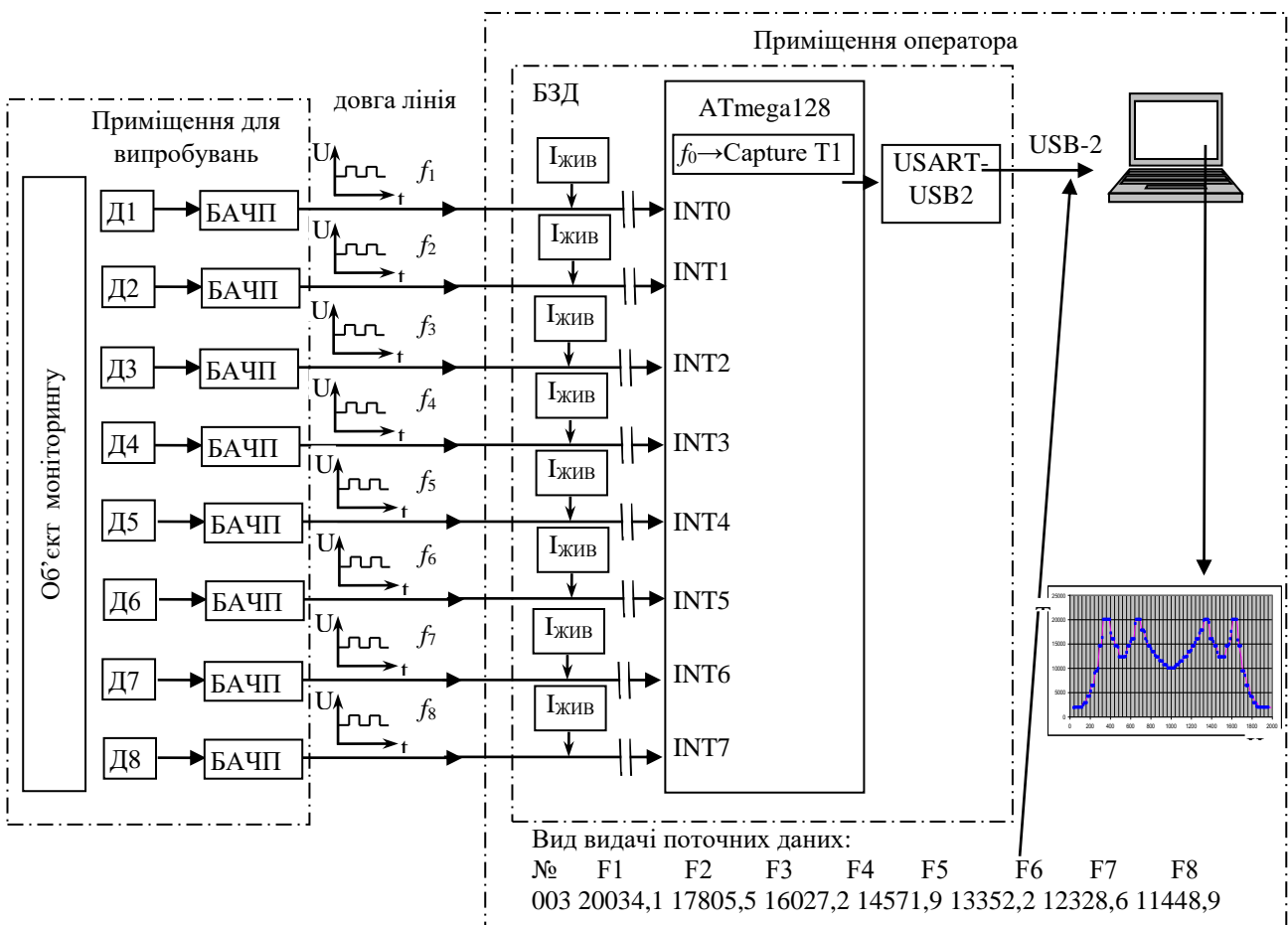


Рис. 3. Структурна схема 8-канального моніторингу процесів, які швидко змінюються у часі

одного каналу приходять зовнішні переривання по якому-небудь іншому каналу, то це викличе помилку у визначенні значення імпульсів такто-

ти одночасну роботу зовнішніх переривань, що можливо зробити послідовним опитуванням зовнішніх переривань. Алгоритм обробки у цьому

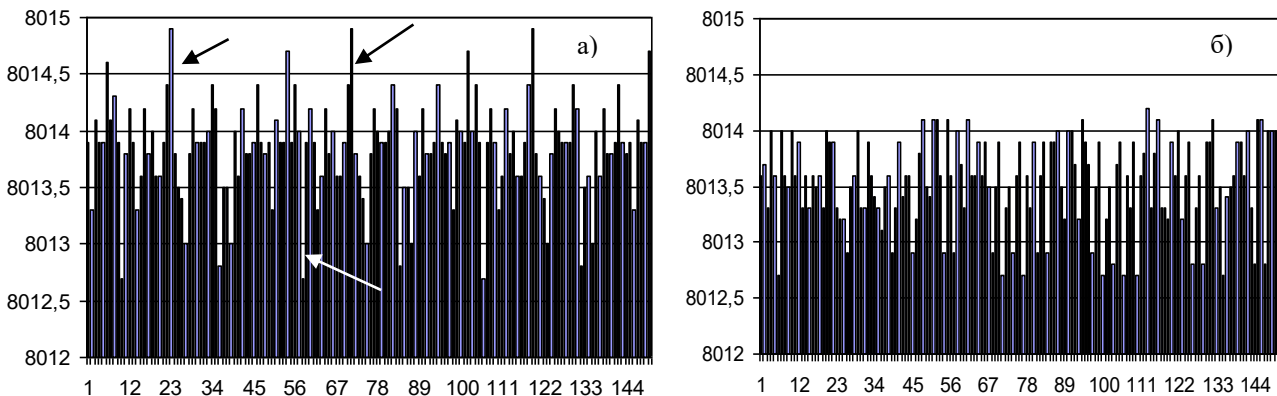


Рис. 4. Гістограми розкиду експериментально визначених значень частоти при паралельному (а) та послідовному (б) опитуванні переривань

вої частоти n_{0iB} та n_{0iE} .

Похибку, яка обумовлена послідовним виконанням відкладених зовнішніх переривань δ_{int} , можливо розрахувати з:

$$\delta_{int} = \frac{2 * (K - 1)}{K} * M, \quad (6)$$

де K – кількість зовнішніх переривань (вимірювальних каналів);

M – кількість тактів при обслуговуванні програми одного зовнішнього переривання.

Слід відзначити, що вираз (6) дозволяє оцінити максимальне значення відносної похибки δ_{int} , яке досягається тільки при одночасному приході фронтів вхідних імпульсів на входи зовнішніх переривань. Така подія виникає випадково. Тому значення цієї похибки може змінюватися в широких межах – від нуля (при відсутності відкладених переривань) до значення, яке розраховане по (6), коли одночасно виникає $(K-1)$ зовнішніх переривань.

Для підвищення точності необхідно виключи-

ти випадку наступний [5]:

- після початку циклу вимірювання T_0 , першим дозволяється виконання зовнішнього переривання INT0 (частота f_{X1});

- після завершення обробки в перериваннях INT0 дозволяється обробка зовнішнього переривання INT1 (частота f_{X2});

- и т.д.

- по закінченню циклу вимірювання T_0 першим дозволяється переривання INT0 (частота f_{X1});

- після завершення обробки в перериваннях INT0 дозволяється обробка зовнішнього переривання INT1 (частота f_{X2});

- и т.д.

Це збільшить загальний час вимірювання частоти максимум на K періодів мінімальної частоти, яка вимірюється, але виключить одночасний приход фронтів частоти, яку вимірюють, на декілька переривань, що підвищує точність вимірювання (рис.4 б).

Мінімальний час опитування при послідовно-

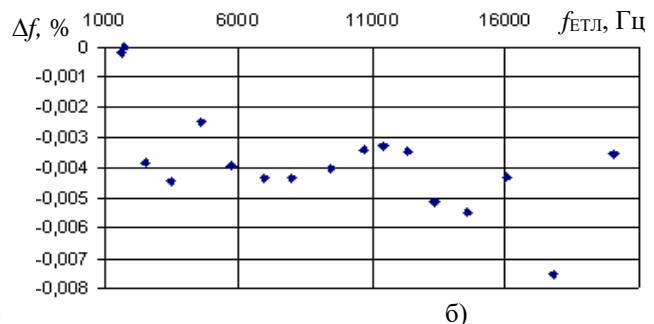
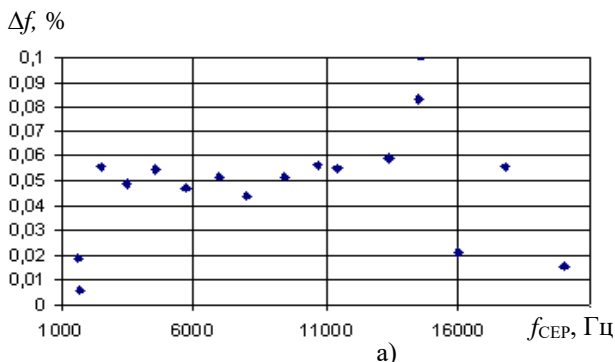


Рис. 5. Похибка вимірювання частоти від середнього значення (а) та від заданої частоти (б)

му визначенні фронтів сигналів вхідної частоти визначається як:

$$T_{OPT\ min} = (T_X + T_{NB} + T_{NE}) \cdot N_K = \left(\frac{1}{f_{\min}} + \frac{0,5}{f_{\min}} + \frac{0,5}{f_{\min}} \right) \cdot N_K \quad (7)$$

де T_X – період вхідного сигналу;

T_{NB} , T_{NE} – період до визначення фронту вхідного сигналу на початку та по закінченню часу опитування, відповідно;

N_K – кількість вхідних каналів;

f_{\min} – мінімальне значення вхідної частоти.

Для інтервалу частот від 2 до 20 кГц та 8 каналів вимірювання мінімальний час опитування, який визначає дискретність процесу моніторингу, складає біля 8 мс.

Після закінчення першого циклу процесу вимірювання частот всіх каналів, одразу починається послідовний цикл вимірювання. І одночасно з цим циклом вимірювання паралельно в основній програмі виконується розрахунок частот усіх каналів, переведення отриманих значень частот у символічний вигляд та передача їх по інтерфейсу USB-2 у персональний комп'ютер як текстовий файл. Цей текстовий файл приймається програмою HyperTerminal у режимі Capture Text для збереження в пам'яті комп'ютера. Цей файл після закінчення моніторингу можливо обробити необхідною програмою та проаналізувати динаміку процесу, який досліджується.

Для безперервного моніторингу необхідно, щоб час розрахунку частот, переведення їх у символічний вигляд та передавання текстового файлу у персональний комп'ютер, не перевищував часу одного циклу вимірювання. Розрахунок показує, що для виконання цього процесу необхідний час не менш 2 мс, а для передавання цього файлу по інтерфейсу USB-2 зі швидкістю 115200 Бод необхідний час 6,3 мс. Таким чином мінімальна дискретність процесу моніторингу обмежується виразом (7) і складає для 8 каналів не менш 8 мс.

5. Результати

Як показали дослідження похибка виміру частоти при послідовному опитуванні переривань не перевищувала 0,09 % від середнього значення і 0,009 % від встановленої тестової частоти (рис.5), тоді як розкид експериментально визначених значень частоти при послідовному опитуванні переривань значно зменшився (див. рис.4 б).

Для тестування запропонованого методу моніторингу на вхід кожного каналу вимірювання подавались тестові частотні сигнали на протязі 2 сек, які змінювались у часі кожні 5 мс при часі виміру 10 мс. Експериментальні дослідження із використанням представленого методу, показали цілком задовільне співпадіння між заданим законом зміни частоти у часі та експериментально замірними даними (рис.6), що підтверджує точність методу.

Висновки

Запропонований метод моніторингу динаміки процесів, які швидко змінюються у часі, дозволяє проводити моніторинг від 8 датчиків з дискретністю не менш 8 мс зі зберіганням результатів моніторингу у вигляді текстового файлу для послідовного аналізу динаміки протікання процесу у часі.

Наукова новизна проведеного дослідження наступна:

- удосконалено метод вимірювання частоти вихідних сигналів датчиків з частотними виходами, який дозволяє одночасно проводити вимірювання частоти від 8 датчиків за інтервал опитування не менш 8 мс з точністю до нижче 0,01 %, що дає змогу проводити аналіз динаміки процесів, які швидко змінюються у часі.

- у роботі розв'язано науково-прикладне завдання розроблення методу моніторингу динаміки процесів, які швидко змінюються у часі, дозволяє проводити моніторинг від 8 датчиків з дискретністю не менш 8 мс зі зберіганням результатів моніторингу у вигляді текстового файлу для послідовного аналізу динаміки протікання процесу у часі.

Практичне значення отриманих результатів, а саме розроблений метод моніторингу процесів, які швидко змінюються у часі, дозволяє проводити аналіз динаміки протікання процесів в об'єкті дослідження (корпусі судна, гребних валах та гвинтах, реактивних двигунах, зважуванні вантажів без їх зупинки та ін.), що сприяє удосконаленню ефективності роботи таких об'єктів. Метод дозволяє одночасно отримати інформацію від 8 датчиків з частотними виходами з дискретністю дослідження не більш 8 мс, з послідовним аналізом отриманих результатів, що дозволяє досліджувати динаміку процесів, які швидко змінюються у часі.

Подальше дослідження проблематики вбачаємо у практичній апробації подібних моделей моніторингу для різних прикладних сфер застосувань.

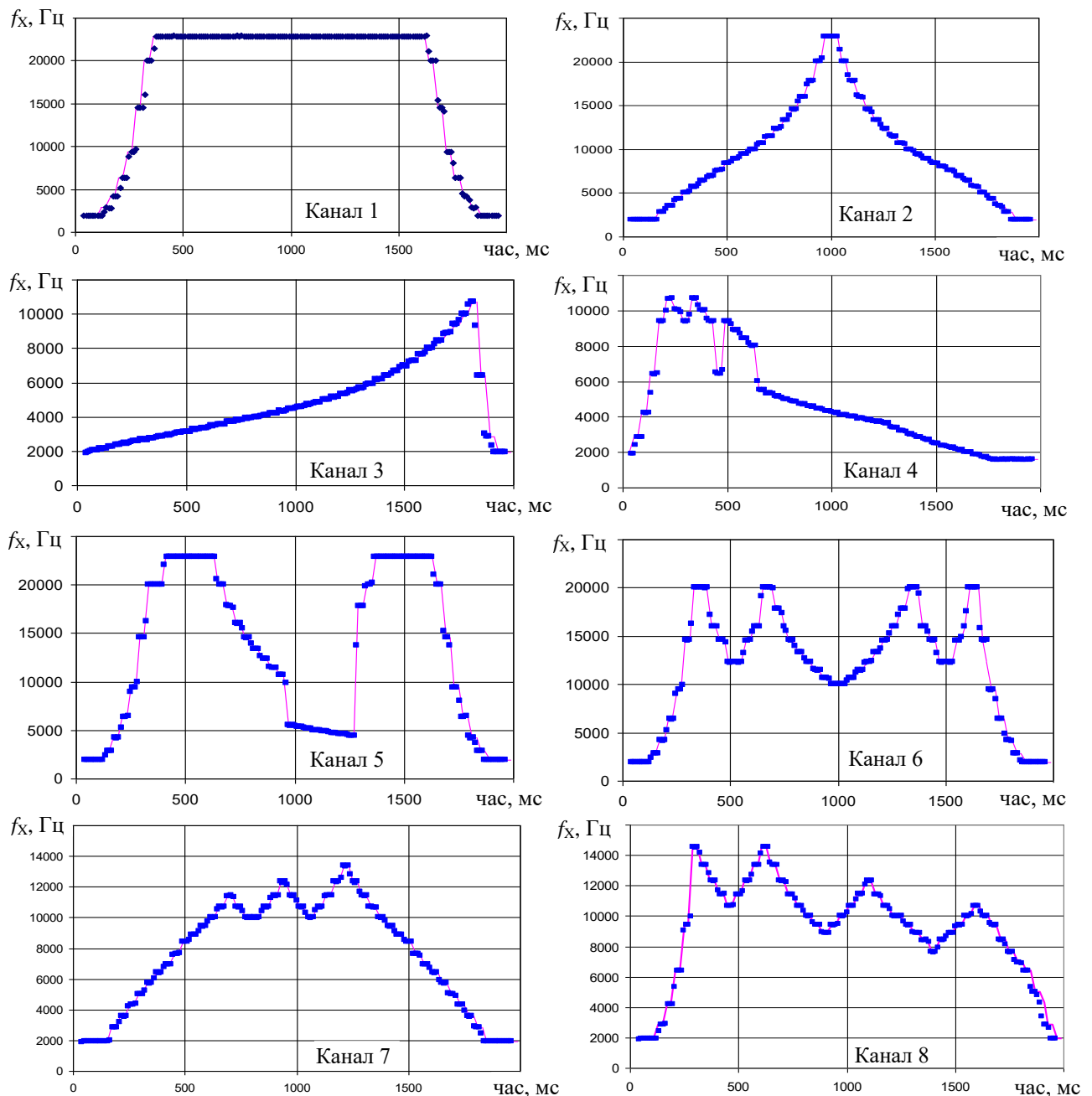


Рис. 6. Експериментальна перевірка запропонованого методу моніторингу динаміки процесів, які швидко змінюються у часі: точки – експериментальні заміри частоти; суцільна лінія – задана теоретична динаміка зміни частотного сигналу

Список використаної літератури

1. Фрайден, Дж. Современные датчики. Справочник [Текст] / Дж. Фрайден // М.: Техносфера, 2005. – 592 с.

2. Парк, Дж. С. Маккей. – Сбор данных в системах контроля и управления [Текст] / Дж. Парк, С. Маккей // – М.: ООО «Группа ИДТ», 2006. – 504 с.

3. Касаткин, А. С. Автоматическая обработка сигналов частотных датчиков [Текст] / А. С. Касаткин // – М.: Энергия, 1966. – 120 с.

4. Дранчук, С. Н. Синхронный метод измерения частоты с досчетом в конце периода для частотных датчиков судового оборудования [Текст] / С. Н. Дранчук, М. А. Олейник // Тезисы доклада на конференции молодых ученых. – Одеса: ОНМА, 2012. С. 57–58.

5. Завадський, В. А. Моніторинг процесів, які швидко змінюються у часі, з послідовним аналізом результатів [Текст] / В. А. Завадський, Р. Ю. Харченко, С. М. Дранчук // Матеріали науково-методичної конференції «Суднова електроінже-

нерія, електроніка і автоматика». – Одеса: НУ «ОМА», 2019. С.186–190.

6. Mikhailenko, V. S. Analysis of Traditional and Neuro_Fuzzy Adaptive System of Controlling the Primary Steam Temperature in the Direct Flow Steam Generators in Thermal Power Stations [Text] / V. S. Mikhailenko, R. Yu. Kharchenko // Automatic Control and Computer Sciences, 2014, Vol. 48, No. 6, pp. 334–344.

7. Харченко, Р. Ю. Методи адаптивного регулювання в системі кліматического контролю судна [Текст] / Р. Ю. Харченко // Автоматизація судових технічних засобів, Науково-технічний збірник ОНМА. Вип. 17, 2011. С. 95–106.

References

1. Freiden, J. (2005) Modern sensors. Directory [Sovremennyye datchiki. Spravochnik] M. Technosphere, 592 p.

2. Park, J. Mackay, S. (2006) Data collection in monitoring and control systems [Sbor dannykh v sistemakh kontrolya i upravleniya] M. LLC IDT Group, 504 p.

3. Kasatkin, A. S. (1966) Automatic signal processing frequency sensors [Avtomaticeskaya obrabotka signalov chastotnykh datchikov] M. Energy, 120 p.

4. Dranchuk, S. N., Oleinik, M. A. (2012) Synchronous method of frequency measurement

with addition at the end of the period for frequency sensors of ship equipment [Sinkhronnyy metod izmereniya chastoty s doschetom v kontse perioda dlya chastotnykh datchikov sudovogo oborudovaniya] Abstracts of the report at the conference of young scientists, Odessa, ONMA, pp. 57–58.

5. Zavadsky, V. A., Kharchenko R. Yu., Dranchuk, S. M. (2019) Monitoring processes that are rapidly changing over time, with subsequent analysis of results [Monitorynh protsesiv, yaki shvydko zminuyutsya u chasi, z posliduyuchym analizom rezultativ] Materials of the scientific and methodical conference "Ships' electrical engineering, electronics and automation", Odessa, NU "OMA", pp.186–190.

6. Mikhailenko, V. S., Kharchenko R. Yu. (2014) Analysis of Traditional and Neuro_Fuzzy Adaptive System of Controlling the Primary Steam Temperature in the Direct Flow Steam Generators in Thermal Power Stations, Automatic Control and Computer Sciences, Vol. 48, No. 6, pp. 334–344.

7. Kharchenko R. Yu. (2011) Adaptive regulation methods in the climate control system of a ship [Metody adaptivnogo regulirovaniya v sisteme klimaticeskogo kontrolya sudna] Automation of ship technical means, Scientific and technical collection, Ed. 17., Odessa, ONMA, pp. 95–106.

MONITORING PROCESSES IN SHIP MACHINES THAT CHANGE RAPIDLY OVER TIME, WITH SUBSEQUENT ANALYSIS OF RESULTS

S. M. Dranchuk¹, V. A. Zavadsky², R. Yu. Kharchenko²

¹Odessa National Maritime University

²National University "Odessa Maritime Academy"

Abstract. In a number of scientific and technical studies, it is necessary to analyze the processes occurring in the research object and quickly and dynamically change over time. Such processes can be the sudden collision of the object with a stationary obstacle, the analysis of the dynamics of processes occurring in the ship's body, propellers and screws in difficult conditions of navigation (storm, ice collision, etc.). An analysis of this process monitoring allows you to improve the engine parameters.

The purpose of this work is to develop methods for monitoring processes in the ship's casing, propellers and screws under difficult conditions of navigation.

The object of research is the processes that are rapidly changing in time. The subject of the study is monitoring methods based on measuring the frequency of output signals from sensors.

Method. A method for monitoring processes that are rapidly changing over time using 8 sensors is proposed, which is based on measurement of the frequency of sensor output signals by a synchronous method with addition at the beginning and at the end of the survey period with discrete monitoring of not less than 8 ms.

Results. The method of monitoring is developed, which allows simultaneously to receive information from 8 sensors with frequency outputs with a discreteness of the study no more than 8 ms, with subsequent analysis of the results, which allows to study the dynamics of processes that are rapidly changing in time.

Conclusions. The scientific and applied task of developing a method for monitoring the dynamics of rapidly changing processes in time is solved. It allows monitoring of 8 sensors with a discreteness of at least

8 ms, with the storage of monitoring results in the form of a text file for the subsequent analysis of the dynamics of process flow in time.

Keywords: monitoring, dynamics, frequency measurement, sensor.

МОНИТОРИНГ БЫСТРО МЕНЯЮЩИХСЯ ВО ВРЕМЕНИ ПРОЦЕССОВ В СУДОВЫХ МАШИНАХ, С ПОСЛЕДУЮЩИМ АНАЛИЗОМ РЕЗУЛЬТАТОВ

С. Н. Дранчук¹, В. А. Завадський², Р. Ю. Харченко²

¹Одесский национальный морской университет

²Национальный университет «Одесская морская академия»

Аннотация. Цель работы - разработка методов мониторинга процессов в корпусе судна, гребных валах и винтах при тяжелых условиях плавания. Объект исследования – процессы, которые быстро изменяются во времени. Предметом исследования стали методы мониторинга, основанные на измерении частоты выходных сигналов с датчиков. Предложен метод мониторинга с использованием 8 датчиков, который основан на измерении частоты выходных сигналов датчиков синхронным методом с досчетом в начале и в конце периода опроса и с дискретностью мониторинга не менее 8 мс.

Ключевые слова: мониторинг, динамика, измерение частоты, датчик.

Получено 21.06.2019



Дранчук Сергій Миколайович, Одеський Національний морський університет, кандидат технічних наук, доцент кафедри експлуатації суднового електрообладнання та засобів автоматизації. Вул. Мечнікова, 34, Одеса, Україна, E-mail: dranchuk.sergey@gmail.com, тел. +38-063-977-40-29

Sergey Dranchuk, Odessa National Maritime University, Ph.D, Associate Professor of department of Exploitation of marine electric equipment and means of automation, Mechnikova str., 34, Odessa, Ukraine, E-mail: dranchuk.sergey@gmail.com, tel. +38-063-977-40-29

ORCID ID: 0000-0002-4835-5594



Завадський Віктор Афанасійович, Національний університет «Одеська морська академія», кандидат технічних наук, професор кафедри морської електроніки. Вул. Дідріхсона, 8, Одеса, Україна, E-mail: vaaz@ukr.net, тел. +38-067-489-90-15

Victor Zavadskiy, National university "Odessa maritime academy", Ph.D, Professor of department of marine electronic, Didrikhson str., 8, Odessa, Ukraine, E-mail: vaaz@ukr.net, tel. +38-067-489-90-15

ORCID ID: 0000-0002-9600-692X



Харченко Роман Юрійович, Національний університет «Одеська морська академія», кандидат технічних наук, ст.викладач кафедри морської електроніки. Вул. Дідріхсона, 8, Одеса, Україна, E-mail: romannn30@gmail.com, тел. +38-096-453-59-37

Roman Kharchenko, National university "Odessa maritime academy", Ph.D, Senior Instructor of department of marine electronic, Didrikhson str., 8, Odessa, Ukraine, E-mail: romannn30@gmail.com, tel. +38-096-453-59-37

ORCID ID: 0000-0003-3051-7513