

середнього цінового діапазону дають змогу користувачеві вносити в них зміни завдяки відкритому коду, що дозволяє розширити функціональність приладів і полегшує їх інтеграцію. При використанні вимірювальних комплексів необхідною умовою є планування вимірювального циклу або експерименту, а також проведення пробних вимірів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Radio-frequency field strength measurements on location [електронний ресурс] // hollandshielding: [сайт]. – Режим доступу: <https://hollandshielding.com/Radio-frequency-field-strength-measurements-on-location?>. – Назва з екрану.
2. Electronic test equipment [електронний ресурс] // wikipedia: [сайт]. – Режим доступу: https://en.wikipedia.org/wiki/Electronic_test_equipment. – Назва з екрану.
3. Signal injector circuit [електронний ресурс] // Electroschematics: [сайт]. – Режим доступу: <https://www.electroschematics.com/signal-injector-circuit/>. – Назва з екрану.
4. SDS1000X-E series super-phosphor oscilloscopes [електронний ресурс] // siglent: [сайт]. – Режим доступу: <https://siglentna.com/digital-oscilloscopes/sds1000x-e-series-super-phosphor-oscilloscopes>. – Назва з екрану.
5. Дьяконов В. П. MATLAB. Полный самоучитель. – М.: ДМК Пресс, 2012. – 768 с.: ил.

Budget measuring complex

Nadtochii Victor

Admiral Makarov National University of Shipbuilding, Kherson Branch, Kherson, Ukraine

Abstract. On the basis of the equipment, a measuring complex is proposed with the ability to access the network and process the results. The operation of the measuring complex is shown on the example of constructing Bode diagrams of a voltage regulator.

Keywords: Measuring complex, data collection system, data processing, structural identification.

УДК 621.317.18

ЦИФРОВИЙ ПЕРЕТВОРЮВАЧ СИГНАЛІВ СУДНОВИХ ЕЛЕКТРОСИСТЕМ В ЕФЕКТИВНЕ ЗНАЧЕННЯ

Обрубов А.В.

кандидат технічних наук,

доцент кафедри Суднових електроенергетичних систем,

Національного університету кораблебудування імені адмірала Макарова

м. Миколаїв, Україна

andrii.obrubov@nuos.edu.ua

Анотація. В роботі представлено цифровий датчик-вимірювач ефективних значень сигналів знятих з елементів суднових електросистем. Запропонований датчик-вимірювач має поліпшені характеристики швидкодії і призначений для використання в автоматизованих системах управління розподілом і перетворенням електроенергії, та для моніторингу параметрів електроенергії суднових електросистем. Також в роботі представлено результати досліджень нового способу визначення ефективних значень сигналів.

Ключові слова: діюче значення, ефективне значення, цифровий вимірювач, цифровий фільтр, цифровий перетворювач сигналів.

Точність автоматичного регулювання в системах автоматики суднових електросистем визначається точністю датчиків керованих величин [1]. Точність же самих датчиків і швидкодія вимірювання залежить від якості матеріалів конструкції та елементів схем [2, 3] і також і від

швидкодії алгоритмів при визначенні ефективних значень сигналів. Тому вдосконалення і розробка цифрових вимірювачів ефективних значень є актуальною задачею.

Ефективне значення сигналу, як відомо з [5], дорівнює кореню квадратному від середнього значення квадратів значень величини $X_{rms} = \sqrt{\overline{x(t)^2}}$, і визначається схемою

де середнє за період T_a має вигляд $\overline{x(t)} = \frac{1}{T_a} \int_{t_0}^{t_0+T_a} x(t) dt$. Існує два способи визначення

середнього – **інтегральний і експоненціальний**. Інтегральний спосіб можна реалізувати при кінцевому періоді $T_a \ll \infty$ за допомогою інтегратора зі скиданням або за допомогою суматора в цифровій реалізації. Він дає точні результати при обмеженому ансамблі значень. Недоліками способу є великий час отримання результату і необхідність вибирати період усереднення таким чином, щоб погрішність була найменшою, тобто прив'язка до частот сигналів.

При експоненціальному усередненні послідовності x_k немає чіткого проміжку усереднення $Y = \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{x_k g_k + x_{k-1} g_{k-1} + \dots + x_1 g_1}{g_k + g_{k-1} + \dots + g_1}$, а є постійна часу τ , що характеризує

експоненціальну зміну вагових коефіцієнтів $g_{k-n} = e^{-nT/\tau}$ згідно з рівнянням $\tau \frac{d}{dt} y(t) = x(t) - y(t)$, рішенням якого є інтеграл $y(t) = \frac{1}{\tau} \int_0^t x(t-v) e^{-v/\tau} dv$ і ланка з передатною функцією $Y(s) = X(s)/(\tau s + 1)$.

Таким чином, середнє визначається за допомогою фільтру низьких частот (ФНЧ) з постійною часу τ . Чим нижче частота полюсу, тим менше змінних складових на виході і тим ширше часовий проміжок τ визначення середнього. Але при збільшенні τ динаміка ФНЧ уповільнюється. Тому доцільно наскільки можливо збільшити спад АЧХ за смугою пропускання ФНЧ при збереженні точності передачі середнього значення.

В процесі визначення діючих значень сигналів діапазон вимірюваної величини і частотний діапазон сигналу повинні бути якомога найширшими [5]. Важливими характеристиками є **пiкфактор**, який бажано збільшувати $k_a = U_m / U_{rms}$ (відношенню пікового значення к діючому), і погрішність вимірювань, яку бажано зменшувати. Використовують три методи визначення діючих значень: **непрямий** (по коефіцієнтам форми сигналів), **термоелектричний** (по тепловому впливу), **обчислювальний** метод з використанням аналогових або цифрових обчислювальних блоків. Достоїнствами обчислювального метода є багатофункціональність, компактність пристрою, стабільність характеристик і точність. Але слабким місцем є обмежена швидкодія, яку можна поліпшити шляхом вдосконалення алгоритмів. Запропонований обчислювальний алгоритм визначення ефективного (діючого) значення сигналу ілюструється структурною схемою, яка використовує дві операції возведення в квадрат, суматор, множник на коефіцієнт і інтегратор, що теж є суматором накопичення. Також в схемі присутній усереднюючий ФНЧ з точною передачею постійної складової.

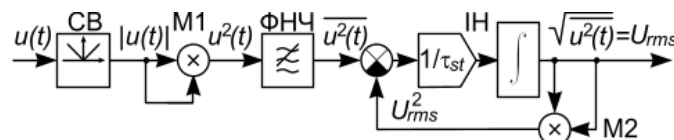


Рис.1. Структура перетворювача сигналу в діюче значення з двома квадраторами: СВ – сигнальний випрямляч, M1, M2 – множники, ФНЧ – фільтр низької частоти, IH – інтегратор

Перевагами запропонованої структури перетворювача сигналу в діюче значення є відсутність прямої операції рахування кореня і експоненціальне усереднення за допомогою ФНЧ. Дві ідентичні операції возведення в квадрат виконуються однією процедурою. Це дозволило

прискорити алгоритм в порівнянні з розрахунками по класичній формулі і забезпечити перетворення сигналів різних частот. Додаткове прискорення алгоритму обчислень досягнуто за рахунок створення модифікованих фільтруючих ланок. Експоненту в передатній функції $H_{f1}(z) = (1 - e^{-aT}) / (1 - e^{-aT} z^{-1})$ можна замінити першими двома складовими $e^{-aT} \approx 1 - aT = 1 - \omega_c T$ і отримати нову модифіковану передатну функцію ФНЧ 1-го порядку $H_{f1}(z) = \omega_3 T / (1 - (1 - \omega_3 T) z^{-1}) = (z / \tau^*) / (z - 1 + 1 / \tau^*)$, як показано на рис.2.

В цьому фільтрі на відміну від КІХ і БІХ-структур коефіцієнт передачі в полосі пропускання малочутливий до точності коефіцієнтів фільтру. Частоту квантування доцільно вибирати пропорційно ступеню двійки $f_s = 2^m$ (1024Гц, 2048Гц,...16384Гц), тоді можна виключити операцію повного ділення і залишити тільки операції сумування і зсуву (рис.2,а). Частота зрізу $\omega_3 = 2\pi f_3$ як множник задається в рад/с. Для завдання частоти в Герцах треба ввести множник 2π (рис.2,б).

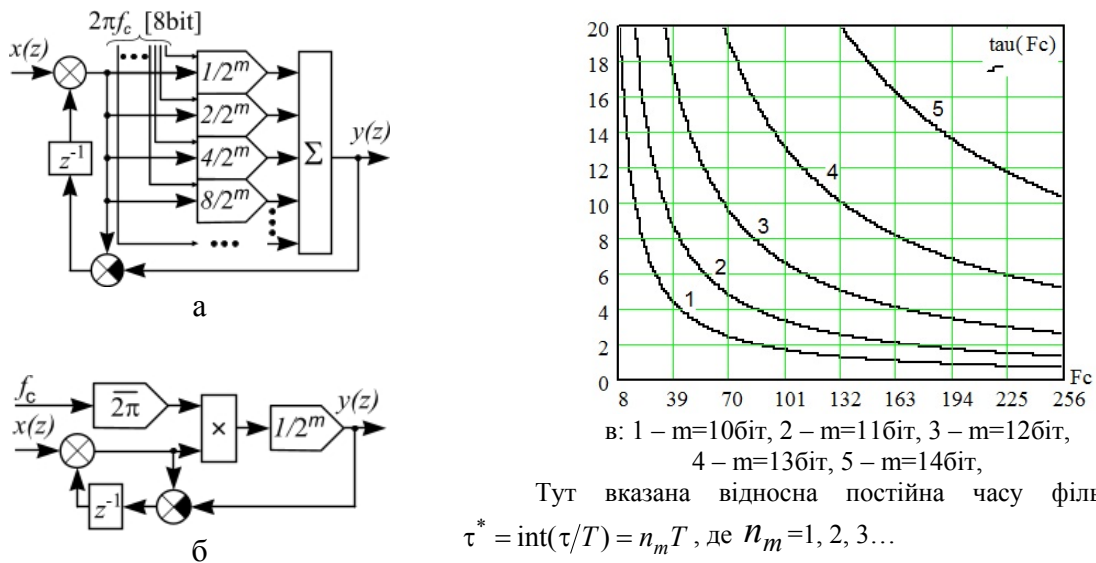


Рис.2. Схеми модифікованої фільтруючої ланки: а – з розгорнутим множником частоти зрізу, б – з коефіцієнтом частоти $2\pi = 6.27734375 = b110,01000111$, $f_s = 2^m$ – частота квантування, в – залежність постійної часу від частоти зрізу для різних m

Динаміку перетворювача сигналу в діюче значення з ФНЧ 2-го порядку досліджено за допомогою неперервної моделі в системі *MATLAB Simulink*.

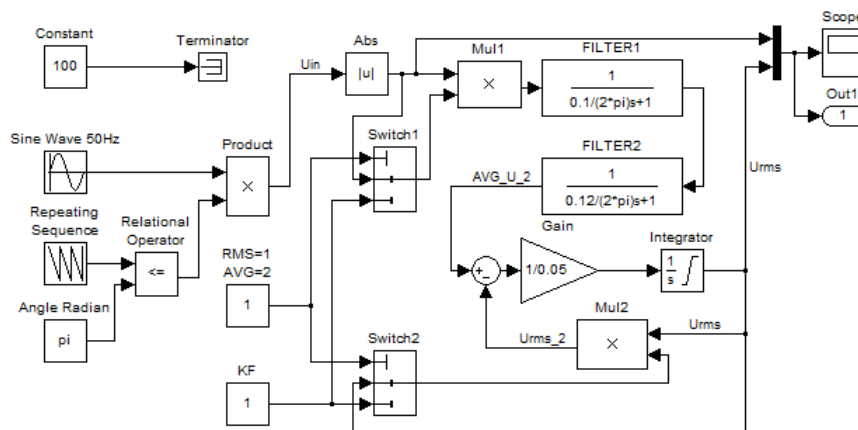


Рис.3. Модель перетворювача сигналу в діюче або в середнє значення з перемиканням режимів роботи RMS-AVG

Перехідні характеристики для напівхвиль струму з різними кутами провідності α на рис.4 демонструють, що сталі значення вихідної величини Y_{out} відповідають теоретично розрахованим діючим значенням для амплітуди струму 100А. Тобто схема правильно відпрацьовує принцип перетворення.

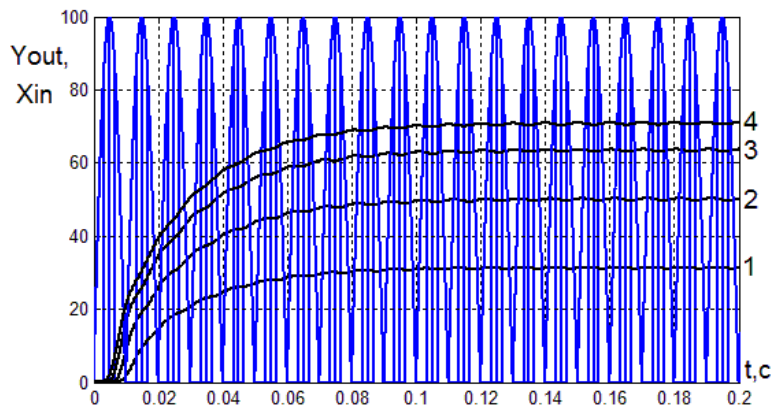


Рис.4. Перехідні характеристики перетворювача сигналу для різних кутів:

$$1 - \alpha = \pi/3, 2 - \alpha = \pi/2, 3 - \alpha = 2\pi/3, 4 - \alpha = \pi$$

Для практичної перевірки запропонованого способу визначення діючих значень розроблено експериментальний датчик на рис.5. Відносна погрішність вимірювання струмів на вході тиристорних схем склала $\leq 5\%$. Розрядність АЦП 10біт, діючий струм при пікфакторі ≤ 2 – 0-250А, частота струму 50-60Гц.

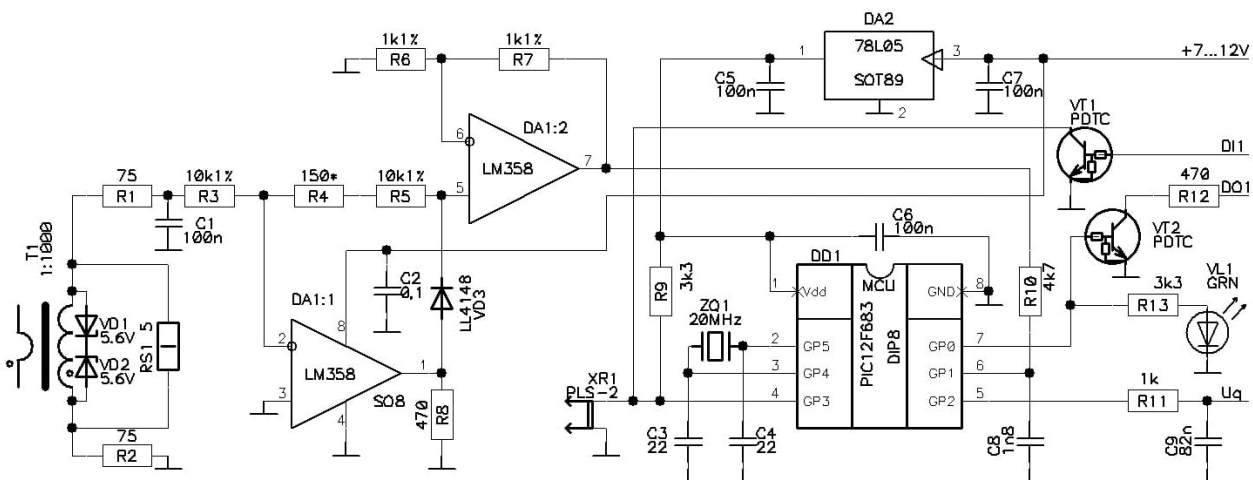


Рис.5. Схема експериментального датчика діючого значення струму

Іспити експериментального датчика на рис.5 довели ефективність запропонованого способу визначення діючих значень, який було прийнятно реалізовано навіть на малопотужному периферійному контролері.

Висновки. Запропоновано новий спосіб визначення діючих значень сигналів, який має більшу швидкодію в порівнянні з обчисленням по класичній формулі завдяки скороченню обчислювальних процедур без втрати точності і не прив'язаний до конкретної частоти сигналу завдяки експоненціальному усередненню квадрату величини.

ЛІТЕРАТУРА

1. Овчаренко Н.И. Аппаратные и программные элементы автоматических устройств электросистем. – М.: Изд-во НЦ ЭНАС, 2004. – 512 с.: ил.

2. S. P. Venkateshan Mechanical Measurements (2nd Edition). Second Edition: John Wiley & Sons Ltd, The Atrium, Southern Gate Chichester, West Sussex PO19 8SQ, United Kingdom. 2015.
3. Обрубов А. В. Своя схемотехніка. Режим доступу: <https://www.facebook.com/svojaschema/>
4. Измерения в промышленности. Справ. изд. В 3-х кн.. Кн. 1. Теоретические основы. Пер. с нем./Под ред.. Профоса П. 2 — изд., перераб. и доп., М.: — Металлургия, 1990. 492 с.
5. Гольденберг Л.М. Цифровая обработка сигналов: Справочник / Л.М. Гольденберг, Б.Д. Матюшкин, М.Н. Поляк. — М.: Радио и связь, 1985. — 312с., ил.

Digital signal converter of ship's electrical systems to efficient value

Obrubov Andrii

Admiral Makarov National University of Shipbuilding, Mykolayiv, Ukraine

Abstract. The paper presents a digital sensor-meter of effective values of signals taken from the elements of ship electrical systems. The proposed sensor-meter has improved performance characteristics and is designed for use in automated control systems for distribution and conversion of electricity, and for monitoring the electricity parameters of marine power systems. The paper also presents the results of research on a new method for determining the effective values of signals.

Keywords: current value, effective value, digital meter, digital filter, digital signal converter.

УДК 621.314.58

МОДЕЛЮВАННЯ РОБОТИ ЗВОРТНЬОХОДОВОГО ПЕРЕТВОРЮВАЧА ДЛЯ БЕЗКОНТАКТНОЇ ПЕРЕДАЧІ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ

Павлов Г.В.¹, Вінниченко І.І.², Покровський М.В.³

¹ доктор технічних наук, професор, проректор з наукової роботи Національного університету кораблебудування імені адмірала Макарова,
м. Миколаїв, Україна;

ravlov.gv.nik@gmail.com (якщо вказаний),

² кандидат технічних наук, доцент кафедри комп'ютеризованих систем управління Національного університету кораблебудування імені адмірала Макарова, м. Миколаїв, Україна
i.i.vinnichenko@gmail.com (якщо вказаний),

³ кандидат технічних наук, доцент кафедри комп'ютеризованих систем управління Національного університету кораблебудування імені адмірала Макарова, м. Миколаїв, Україна
variable@inbox.ru

Анотація. Проведено моделювання роботи квазірезонансного зворотньоходового перетворювача для індуктивної безконтактної передачі електроенергії за допомогою пакета прикладних програм LTSpice. Побудовано часові діаграми струму і напруги резонансного контуру, утвореного власними параметрами трансформатора при розбитті основного циклу перетворення на малі цикли.

Ключові слова: квазірезонансні зворотньоходові перетворювачі, резонансний контур, безконтактна передача електроенергії.

В процесі розробки зарядного пристрою, в тому числі і бездротового, розробник базується на його здатності забезпечувати задану форму кривої напруги зарядки та ефективно контролювати цю форму. Найпопулярнішими в наш час з точки зору управління є імпульсні методи управління, які також використовуються у зворотних перетворювачах, широко