понента АЦП відомого A_1 та запропонованого A_2 структурного рішення визначається згідно з виразами:

$$A_i = A_k + A_{LE} + A_{sh}; A_1 = 1 + 5 + 2 = 8; A_2 = 2 + 2 + 1 = 5.$$

Тобто, зменшення апаратної складності становить 30 % від запропонованого схемотехнічного рішення i -того компонента АЦП Хаара-Крестенсона.

Внаслідок проведення дослідження побудовано граф запропонованого мультибазисного АЦП Хаара-Крестенсона, який характеризується покращеннями часовою та апаратною складністю (рис. 8).

Рис. 8. Граф мультибазисного АЦП Хаара-Крестенсона на основі компараторів з парафазними виходами та елементами, що вилучають АБО

Проведені дослідження обґрунтовують доцільність реалізації АЦП у базисі Хаара-Крестенсона на основі запропонованих компонентів для реалізації та його використання як базового компонента спектрального спецпроцесора косинусного перетворення Фур'є.

Висновок. Формалізовані та досліджені методи аналого-цифрового перетворення сигналів у різних ТЧБ та запропонований новий метод побудови мультибазисного АЦП у базисі Хаара-Крестенсона, який характеризується мінімальною часовою складністю, а представлення цифрових даних у кодовій системі Хаара-Крестенсона забезпечує максимальне зменшення часової складності базових компонентів КСП цифрових перемножувачів на нагромаджувальних суматорах і зниження їх апаратної складності шляхом виконання операцій множення та сумування за модулем.

Література

1. Сергиенко А.Б. Цифровая обработка сигналов : учебн. пособ. / А.Б. Сергиенко. – Изд. 2-ое, [перераб. и доп.]. – СПб. : Изд-во БХВ-Петербург, 2006. – С. 91.
2. Харкевич А.А. Спектры и анализ / А.А. Харкевич. – М. : Изд-во "Физматгиз", 1980. – 246 с.
3. Сергиенко А.Б. Цифровая обработка сигналов / А.Б. Сергиенко. – СПб. : Изд-во "Питер", 2002. – 608 с.
4. Реалізація суматорів та перемножувачів у базисі Хаара-Крестенсона. (Патент 76622 матриці перемноження та сумування по модулю).
5. Бебих Н. В., Денисов А.И. Взаимная спектрально-корреляционная обработка сигналов в различных ортогональных базисах // Известия ВУЗов. – Сер.: Радиоэлектроника. – 1983. – Т. 26, № 3. – С. 54-60.
6. Николайчук Я.М. Коды поля Галуа: теория та застосування : монографія / Я.М. Николайчук. – Тернопіль : Вид-во "Тернограф", 2012. – 575 с.

Надіслано до редакції 15.02.2016 р.

Пих В.Я. Метод мультибазисного аналого-цифрового преобразователя Хаара-Крестенсона на основе компаратора с парафазными выходами

Проанализированы существующие методы формирования и кодирования технологических данных на низовых уровнях распределенных компьютеризированных систем, откуда видно, что на практике широкое применение нашли преобразователи формы информации на основе АЦП различных типов. Предложена структура АЦП по применению компараторов с парафазными выходами и реализации логического элемента исключающее ИЛИ на логических элементах И-НЕ с парафазными входами и соединены между собой инверсными выходами. Таким образом предложенное совершенствование структуры позволяет повысить его быстродействие и уменьшить временную сложность преобразований в 2,5-3 раза. При этом уменьшение аппаратной сложности составляет около 30 %.

Ключевые слова: теоретико-числовые базисы, аналого-цифровые преобразователи, квадраторы, устройства умножения, накапливающие сумматоры, шифраторы.

Pich V.Ya. The Method of Haar Christensen Multi-based Analog-to-Digital Converter based on Paraphrase Output Comparator

The existing methods of forming and encoding process data at lower levels of distributed computerized systems are analysed. They show that in practice data form transducers based on the analog-to-digital converter (ADC) of different types are widely applied. A structure for the use of ADC comparators and outputs a paraphrase implementing XOR logic gate on the logical NAND elements having paraphrase input and interconnected inverted outputs is offered. Thus the proposed improvement of the structure can improve its performance and reduce the time complexity of transformations ranging from 2.5 to 3 times. This decrease in hardware complexity constitutes approximately 30 %.

Keywords: theoretical and numerical bases, analog-to-digital converter, Quad, multiplier, adder, encoder.

УДК 534.1

ВПЛИВ СУЦІЛЬНОГО СЕРЕДОВИЩА НА КОЛИВАННЯ ТРУБЧАСТИХ ТІЛ, ЯКІ ВЗАЄМОДІЮТЬ ІЗ ПРУЖНОЮ ОСНОВОЮ

М.Б. Сокіл¹, І.І. Верхола², О.І. Хитряк³

Досліджено коливання гнучких трубчастих тіл, вздовж яких рухається зі сталою за величиною швидкістю суцільний однорідний потік середовища (рідина, сипке середовище тощо). Отримано математичну модель динаміки вказаної системи, яка являє собою диференціальне рівняння із частинними похідними другого порядку та однорідними крайовими умовами. Особливістю зазначеного диференціального рівняння є те, що воно містить мішану похідну лінійної та часової змінних. Саме вказана похідна частково враховує рух суцільного середовища вздовж трубчастого тіла, і з нею пов'язані основні труднощі побудови розв'язку диференціального рівняння руху системи. Що стосується зовнішньої дії, то вона описується найпростішим (лінійним) співвідношенням. Показано, що для цього випадку: а) одночастотний динамічний процес системи можна трактувати як накладання хвиль різних довжин, але однакових частот (одночасно отримано основні параметри хвиль як функції фізико-механічних характеристик трубчастого тіла та середовища); б) існує таке значення швидкості руху середовища, за якої проходить зрив динамічного процесу.

Ключові слова: суцільне середовище, дисперсійне співвідношення, хвильове число, частота.

¹ доц. М.Б. Сокіл, канд. техн. наук – НУ "Львівська політехніка";

² доц. І.І. Верхола, канд. техн. наук – Національна академія сухопутних військ ім. гетьмана Петра Сагайдачного;

³ доц. О.І. Хитряк, канд. техн. наук – Національна академія сухопутних військ ім. гетьмана Петра Сагайдачного

Вступ. Трубчасті тіла широко використовують для транспортування рідин і сипких середовищ, з їх допомогою забезпечують функціонування гідравлічних чи пневматичних приводів. Як показують експериментальні дослідження, рух середовища вздовж трубчастого тіла впливає на основні характеристики коливань останнього, а отже, і на динамічні зусилля та динамічні реакції (у разі взаємодії гнучкого тіла із зовнішніми об'єктами). Урахування вказаного руху призводить до якісно нової математичної моделі динаміки системи гнучке тіло-суцільний потік середовища. Для її дослідження, навіть за значних спрощень, не вдається застосувати відомі класичні методи інтегрування крайових задач [1]. У роботі для вирішення поставленої задачі використано ідею описання коливального процесу поздовжньо-рухомих одновимірних тіл, у вигляді накладання хвиль різних довжин [2-4] та однакових частот. Вказане дає змогу визначити основні параметри хвиль залежно від базових характеристик суцільного середовища, гнучкого тіла та зовнішніх сил взаємодії останнього із пружною основою.

Постановка задачі та математична модель динаміки системи гнучке трубчасте тіло, яке взаємодіє із пружною основою, та суцільний потік середовища, що рухається вздовж нього. Під час розгляду динаміки зазначеної системи будемо вважати, що трубчасте тіло є гнучким із рівномірно розподіленою масою вздовж всієї довжини, нерухомо закріпленими кінцями та сталою величиною сили натягу. Воно повністю заповнене суцільним однорідним середовищем, яке рухається зі сталою за величиною швидкістю у поздовжньому напрямку. Пружними властивостями вказаного середовища нехтуємо. Силу дії пружної основи описуємо лінійною функцією. У такому разі за розрахункову модель об'єкта дослідження можна прийняти одновимірне гнучке тіло, що взаємодіє із пружною основою і вздовж якого рухається зі сталою швидкістю рівномірно розподілений потік маси (рис. 1, а).

Рис. 1. Розрахункова модель і розподіл сил, які діють на елемент системи трубчасте тіло-суцільне середовище

Для отримання диференціального рівняння, яке описує рух досліджуваної системи, використаємо основне співвідношення динаміки [5] для умовно виділеного елемента довжиною dx . Якщо позначити $u(x, t)$ – переміщення центра перерізу елемента трубчастого тіла, заповненого суцільним середовищем з координатою x у напрямку, перпендикулярному до його недеформованого (горизонтального) положення (див. рис. 1, б) у довільний момент часу t , то маємо

$$\frac{d^2}{dt^2}[(m_c + m_m)dxu(x, t)] = -S_1 \sin \theta + S_2 \sin(\theta + d\theta) - dP - dF, \quad (1)$$

де: m_m , m_c – маса одиниці довжини трубчастого тіла та суцільного середовища відповідно; $Pdx = (m_c + m_m)gdx$ – вага виділеного елемента; $dF = kxdx$ – сила дії пружної основи (k – коефіцієнт пропорційності у пружній силі в'язі); S_1 , S_2 – зусилля, які відповідно діють на лівий та правий кінці виділеного елемента з боку відсіченої частини; θ та $\theta + d\theta$ – кути, які утворюють дотичні до правого та лівого кінців виділеного елемента з віссю OX .

Для опису динамічного процесу досліджуваної механічної системи введемо такі допущення:

- видовження гнучкого трубчастого тіла, зумовлене дією розтягувального зусилля, є малим і ним можна знехтувати. Тому величина сили натягу у довільному перерізі є сталою і дорівнює S ;
- середовище рухається зі сталою швидкістю V вздовж трубчастого тіла, а значить

$$\frac{d}{dt}[(m_c)u(x, t)] = m_c \frac{\partial u(x, t)}{\partial x} V + m_c \frac{\partial u(x, t)}{\partial t}, \quad (2)$$

$$\frac{d^2}{dt^2}[(m_c)u(x, t)] = m_c \frac{\partial^2 u(x, t)}{\partial x^2} V^2 + 2m_c \frac{\partial^2 u(x, t)}{\partial t \partial x} V + m_c \frac{\partial^2 u(x, t)}{\partial t^2};$$

- для малих за величиною прогинів гнучкого трубчастого тіла (саме такий випадок розглядаємо у роботі) можна вважати, що $\sin \theta = \tan \theta = \partial u / \partial x$.

Враховуючи зазначене вище, диференціальне рівняння коливаний системи гнучке трубчасте тіло-суцільний потік середовища трансформуємо до вигляду

$$\frac{\partial^2 u(x, t)}{\partial t^2} + \frac{1}{m_c + m_m} \left(2m_c \frac{\partial^2 u(x, t)}{\partial x \partial t} V - (S - m_c V^2) \frac{\partial^2 u(x, t)}{\partial x^2} + ku(x, t) \right) = 0. \quad (3)$$

До диференціального рівняння (3) долучаємо крайові умови, які узгоджуються із способом закріплення гнучкого трубчастого тіла на кінцях. У випадку, коли кінці залишаються нерухомими, крайові умови набувають вигляду

$$u(x, t)|_{x=0} = u(x, t)|_{x=l} = 0. \quad (4)$$

Отже, дослідження динаміки розглядуваної задачі звелось до побудови розв'язку рівняння (3) за крайових умов (4).

Методика розв'язування. Виходячи із того, що силу опору у розглядуваній моделі системи не враховуємо, динамічний процес у ній вважаємо ізохронним, причому амплітуду коливань визначають за початковими умовами. Що стосується частоти, то вона залежить від фізико-механічних, кінематичних характеристик системи та крайових умов. Для знаходження основних параметрів динамічного процесу системи використаємо основну ідею робіт [2, 3]. Відповідно до неї, одночастотний розв'язок диференціального рівняння (3) за крайових умов (4) подамо у вигляді

$$u(x, t) = a \cos(\kappa x + \omega t + \phi) + b \cos(\chi x - \omega t + \psi), \quad (5)$$

де хвильові числа κ та χ (прямої та відбитої хвилі) зв'язані із частотою динамічного процесу ω такими дисперсійними співвідношеннями:

$$\omega^2 + \frac{1}{m_c + m_m} (2m_c \omega \kappa V - (S - m_c V^2) \kappa^2 - k) = 0, \quad (6)$$

$$\omega^2 - \frac{1}{m_c + m_m} (2m_c \omega \chi V + (S - m_c V^2) \chi^2 + k) = 0.$$

До того ж, співвідношення (5) має задовольняти крайові умови, які випливають із (4). Ці співвідношення будуть мати місце, якщо $a = -b$, $\psi = -\phi$ і хвильові числа зв'язані залежністю $\kappa + \chi = 2n\pi / l$, $n = 1, 2, \dots$. У сукупності наведене визначає основні параметри хвильового процесу незбуреного руху:

$$\kappa = \frac{n\pi}{l} + \frac{m_c V}{l \sqrt{S - m_c V^2}} \sqrt{\frac{(n\pi)^2 (S - m_c V^2) + kl}{(m_c + m_m)(S - m_c V^2) + (m_c V)^2}},$$

$$\chi = \frac{n\pi}{l} - \frac{m_c V}{l \sqrt{S - m_c V^2}} \sqrt{\frac{(n\pi)^2 (S - m_c V^2) + kl}{(m_c + m_m)(S - m_c V^2) + (m_c V)^2}},$$

$$\omega = \frac{\sqrt{(S - m_c V^2)}}{l} \sqrt{\frac{(n\pi)^2 (S - m_c V^2) + kl}{(m_c + m_m)(S - m_c V^2) + (m_c V)^2}}. \quad (8)$$

На рис. 2 представлено залежності власної частоти коливань розглядуваної системи від швидкості руху та маси середовища.

Рис. 2. Залежності власної частоти коливань системи від: а) швидкості руху середовища; б) маси середовища ($m_m = 0,5 \text{ кг}$, $l = 2 \text{ м}$, $S = 400 \text{ Н}$)

Висновки. Отримані аналітичні співвідношення та побудовані графічні залежності свідчать, що для більших значень швидкості відносного руху середовища та його погонної маси власна частота коливань системи є меншою. Існує таке значення швидкості відносного руху середовища вздовж трубчастого тіла $V = \sqrt{S / m_c}$, за якого проходить зрив коливань системи і динамічний процес набуває якісно нового характеру. Отримані результати можуть бути базою для дослідження випадків впливу зовнішнього періодичного збурення коливань.

Література

1. Кошляков Н.С. Уравнения в частных производных математической физики / Н.С. Кошляков, Э.Б. Глинер, М.М. Смирнов. – М. : Изд-во "Высш. шк.", 1970. – 710 с.

2. Мартинців М.П. Хвильові процеси в однорідних нелінійно-пружних системах і методи їх дослідження / М.П. Мартинців, Б.І. Сокіл, М.Б. Сокіл // Лісове господарство, лісова, паперова і деревообробна промисловість : міжвідомч. наук.-техн. зб. – Львів : Вид-во УкрДЛТУ. – 2003. – Вип. 28. – С. 81-89.

3. Сокіл М.Б. Згинні коливання гнучких елементів систем приводів і структура розв'язку їх математичних моделей / М.Б. Сокіл // Науковий вісник НЛТУ України : зб. наук.-техн. праць. – Львів : РВВ НЛТУ України. – 2012. – Вип. 22.1. – С. 144-147.

4. Хитряк О. Асимптотичний метод у дослідженні впливу періодичних сил на нелінійні коливання гнучких елементів приводу / О. Хитряк, М. Сокіл // Вісник Національного університету "Львівська політехніка". – Сер.: Динаміка, міцність та проектування машин і приладів. – Львів : Вид-во НУ "Львівська політехніка". – 2011. – Вип. 45. – С. 57-61.

5. Айзерман М.А. Классическая механика / М.А. Айзерман. – М. : Изд-во "Наука", 1980. – 368 с.
6. Павловский М.А. Теоретическая механика : учеб. пособ. [для студ. ВТУЗов] / М.А. Павловский, Т.В. Путята. – К. : Изд-во "Высш. шк.", 1985. – 328 с.

Надіслано до редакції 21.02.2016 р.

Сокил М.Б., Верхола И.И., Хитряк О.И. Влияние сплошной среды на колебания трубчатых тел, которые взаимодействуют с упругим основанием

Исследованы колебания гибких трубчатых тел, вдоль которых движется с постоянной по величине скоростью сплошной однородный поток среды (жидкость, сыпучая среда и т.д.). Получена математическая модель динамики указанной системы, которая представляет собой дифференциальное уравнение в частных производных второго порядка с однородными краевыми условиями. Особенностью указанного дифференциального уравнения является то, что оно содержит смешанную производную линейной и временной переменных. Именно указанная производная частично учитывает движение сплошной среды вдоль трубчатого тела и с ней связаны основные трудности построения решения дифференциального уравнения движения системы. Что касается внешнего воздействия, то оно описывается простым (линейным) соотношением. Показано, что для этого случая: а) одночастотный динамический процесс системы можно трактовать как наложение волн различных длин, но одинаковых частот (одновременно получены основные параметры волн как функции физико-механических характеристик трубчатого тела и среды); б) существует такое значение скорости движения среды, при которой происходит срыв динамического процесса.

Ключевые слова: сплошная среда, дисперсионное соотношение, волновое число, частота.

Sokil M.B., Verkhola I.I., Khytriak O.I. The Influence of Continuous Environment on Vibrations of Tubular Bodies Cooperating with Resilient Basis

The vibrations of flexible tubular bodies, along which the continuous homogeneous stream of environment such as liquids, friable environment etc., moves with permanent size of speed, are investigated. The mathematical model of dynamics of the indicated system, which is differential equalization itself with the derivatives of part of the second order and homogeneous regional terms, is got. The feature of the indicated differential equalization is that it contains the mixed derivative of linear and time variables. Exactly the indicated derivative partly takes into account motion of continuous environment along a tubular body and with it basic difficulties of construction of decision of differential equalization of motion of the system are related. Concerning an external action, it is described by the simplest (linear) correlation. It is showed that for this case: a) the one-frequency dynamic process of the system can be interpreted as imposition of waves of different lengths, but identical frequencies (at the same time the basic parameters of waves as functions of physical-mechanical characteristics of tubular body and environment are got); b) there is such value of speed of movement of environment, when a dynamic process is destroyed.

Keywords: continuous environment, dispersion correlation, wave-number, frequency.