

В.М. Теслюк, Р.В. Загарюк, Алі Аль Омарі Тарік (Мох'д Тайсір), С.І. Бобало
 Національний університет "Львівська політехніка",
 кафедра систем автоматизованого проектування

РОЗРОБЛЕННЯ VHDL-AMS – МОДЕЛІ ЄМНІСНОГО АКСЕЛЕРОМЕТРА ЗУСТРІЧНО-СТРИЖНЕВОЇ КОНСТРУКЦІЇ

© Теслюк В.М., Загарюк Р.В., Тарік (Мох'д Тайсір) Алі Аль Омарі, Бобало С.І., 2008

Розроблено VHDL-AMS модель для ємнісного акселерометра зустрічно-стрижневої конструкції для схемотехнічного рівня проектування та наведено результати аналізу цієї моделі.

In this paper, is developed VHDL-AMS model for capacitive microaccelerometer of IDT construction for design on schematic level. Presented analysis results of the developed model.

Вступ

Мікроакселерометри являють собою давачі лінійного прискорення і в цій якості широко використовуються у вимірюваннях кута нахилу тіл, сил інерції, ударних навантажень та вібрацій. Вони широко застосовуються у транспорті, медицині, у промислових системах вимірювання та керування, в інерційних системах навігації. Промисловість виготовляє багато різновидів акселерометрів, які мають різні принципи дії, діапазони вимірювання прискорень, масу, габарити та ціни [1].

Зменшення ціни та часу розроблення мікроакселерометрів напряму залежить від якості розроблення та використання групових технологій виготовлення пристроїв. Тому зростає потреба для MEMS технологій у створенні автоматизованих засобів для швидкого проектування і аналізу складних систем, включаючи різноманітні фізичні області, такі, як: механіка, електростатика, магнетизм, рідини та оптика [2, 3].

У статті розглядається розроблення VHDL-AMS [4] – моделі ємнісного акселерометра зустрічно-стрижневої конструкції для схемотехнічного рівня проектування (рис. 1).

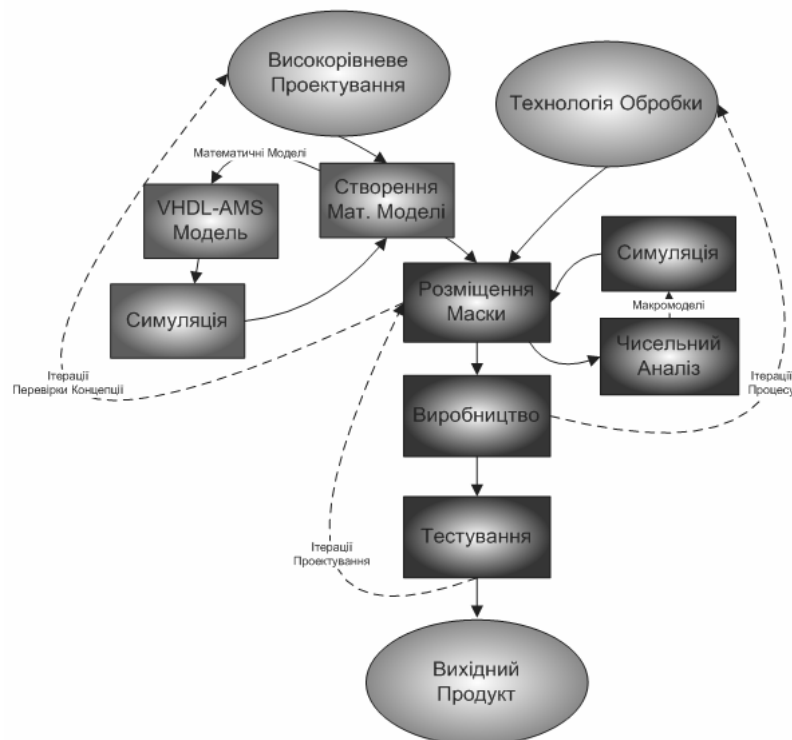


Рис. 1. Місце VHDL-AMS моделі у життєвому циклі розробки MEMS

Конструкція акселерометра

У цій роботі розглядається конструкція мікроакселерометра зустрічно-стрижневої конструкції [5] (рис. 2, 3) з балками, приєднаними до маси, які являють собою обкладинки конденсаторів. Акселерометр розміщений на монокристалічній кремнієвій підкладці, до якої він кріпиться чотирма анкерними болтами. На рис. 2 схематично зображено конструкцію акселерометра. Необхідно зауважити, що кожна фіксована обкладка формує з рухомими пластинами конденсатора схему давача прискорення. Обкладка конденсатора складається з двох підобкладок, які мають активні поверхні на сторонах, протилежних до центра конденсатора.

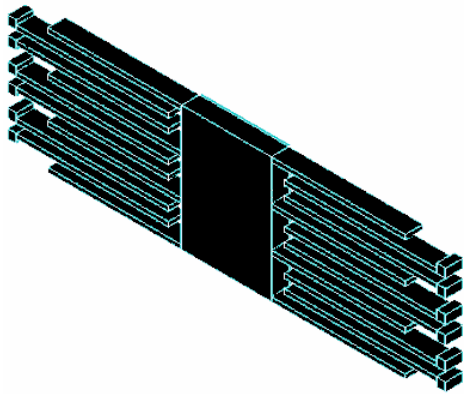


Рис. 2. Конструкція прискорення зустрічно-стрижневої конструкції

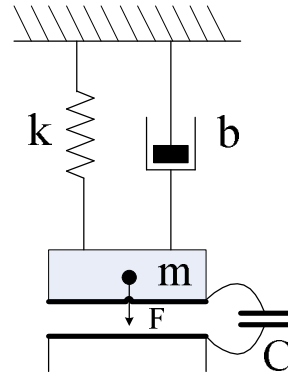


Рис. 3. Спрощена модель акселерометра ємнісного типу

Математична модель акселерометра ємнісного типу

Для опису математичної моделі побудуємо спрощену електричну модель акселерометра (рис. 4). Щоб виміряти ємність, на електроди конденсаторів C_{s1} та C_{s2} подається напруга V_0 . Ця напруга дає змогу вимірювати електростатичні сили F_1 та F_2 , які діють на рухому масу. У стані спокою ці сили рівні та компенсують одна одну [6, 7].

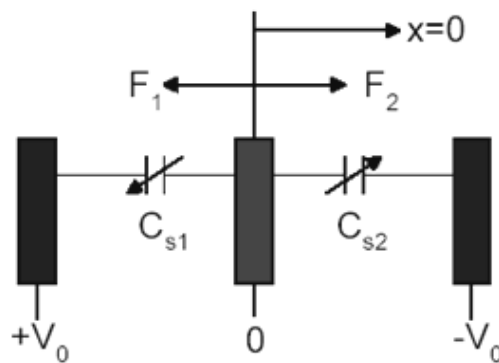


Рис. 4. Електрична схема акселерометра

Враховуючи те, що елемент сейсмічної маси є достатньо великим, ми можемо знехтувати його деформацією і припустити, що електроди рухаються паралельно. Тоді для розрахунку ємності можемо скористатись такими формулами:

$$C = e \frac{S}{x}, \quad (1)$$

де ϵ – діелектрична проникність матеріалу між пластинами акселерометра; S – площа пластини, x – відстань між обкладинками конденсатора.

З формули, що $q = CV$. Враховуючи (1), приріст заряду рухомої обкладинки при її зміщенні на відстань x буде становити:

$$dq = q_1 - q_2 = 2eSV \frac{dx}{x^2 - dx^2} \quad (2)$$

Як випливає з виразу (2), залежність приросту заряду від зміни відстані між обкладинками є нелінійною. Якщо в акселерометрі буде використовуватись підсилювач напруги (електрометричний), то заряд давача змінюватись не буде. Тоді приріст напруги на рухомій обкладинці буде лінійно залежати від зміни відстані між обкладинками

$$dV = \frac{q}{eS} dx \quad (3)$$

Оскільки акселерометр використовує ємнісний давач диференційного типу, нерухомі пластини якого живляться рівними, але протифазними напругами із значенням V_0 і частотою 1 МГц, то комплексне діюче значення напруги на середній пластині, згідно з методом двох вузлів, визначається формулою:

$$V = \frac{V_1 j\omega C_1 + V_2 j\omega C_2}{j\omega C_1 + j\omega C_2}, \quad (4)$$

де ω – кругова частота.

Можемо зробити також висновок про лінійність залежності напруги від зміщення. З урахуванням того, що $V_1 = -V_2$, а $C = e \frac{S}{x - dx}$, з (4) отримаємо:

$$V = V_1 \frac{dx}{x} \quad (5)$$

Отже, залежність напруги на рухомих обкладинках від зміщення є лінійною.

Розробка VHDL-AMS – моделі ємнісного акселерометра зустрічно-стрижневої конструкції

Приклад частини VHDL-AMS моделі для електростатичного акселерометра на основі зустрічно-стрижневої конструкції наведено на рис. 5. Робота наведеної вище спрощеної моделі описується диференціальним рівнянням другого порядку [8–10]

$$m \frac{d^2 X}{dt^2} + b \frac{dX}{dt} + kX = F, \quad F = F_a + F_{el}, \quad (6)$$

де X – зміщення; F_a – механічна сила; F_{el} – сила, зумовлена електростатичним полем.

Електрична ємність визначається за допомогою таких виразів

$$C_1 = \frac{\epsilon_0 \epsilon S}{(\delta + x)} \quad \text{та} \quad C_2 = \frac{\epsilon_0 \epsilon S}{(\delta - x)},$$

де C_1 та C_2 – ємність між верхнім та нерухомим електродами, ємність між нижнім та нерухомим електродами, відповідно.

```

----- Module ACCEL_COMB -----
library Disciplines;
use Tutorial.extra_functions.all;
use Disciplines.electrical_system.all;

entity ACCEL_COMB is
generic (
    M : real := 1.2e-7;
    D : real := 4.0e-6;
    K : real := 2.6455;
    eps : real := 1.0006;
    epsVak : real := 8.85419;
    Area : real := 1.0e-6;
    d : real := 5.0e-5;
    Volt : real := 10.0 );
port (
terminal Fin : electrical );
end entity ACCEL_COMB;

architecture archACCEL_COMB of ACCEL_COMB is
    quantity x : real := 0.0;
    quantity R : real := 0.0;
    quantity V : real := 0.0;
    quantity F across Fin to GROUND;
    quantity C1 : real := 0.0;
    quantity Q1 : real := 0.0;
    quantity I1 : real := 0.0;
    quantity C2 : real := 0.0;
    quantity Q2 : real := 0.0;
    quantity I2 : real := 0.0;
begin
    V'dot == (F-R)/M;
    R == D*V+K*x;
    x'dot == V;
    C1 == Area*eps*epsVak/(d-x);
    Q1 == C1*Volt;
    Q1'dot == I1;
    C2 == Area*eps*epsVak/(d+x);
    Q2 == C2*Volt;
    Q2'dot == I2;
end architecture archACCEL_COMB;

```

Рис. 5. Приклад частини VHDL-AMS моделі для електростатичного акселерометра на основі зустрічно-стрижневої конструкції

Результати аналізу

Приклад аналізу акселерометра зустрічно-стрижневої конструкції зображено на рис. 5–12. На рис. 6. зображено форму прикладеної до інерційної маси сили. Викликані зміщення інерційного елемента зображені на рис. 8, а зміни ємності конденсаторів C_1 та C_2 – на рис. 9–10. Зміни струмів показано на рис. 11 та 12.

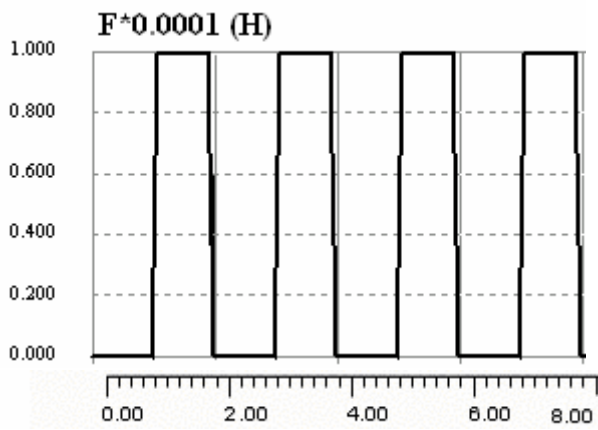


Рис. 6. Приклад зміни сили, прикладеної до акселерометра

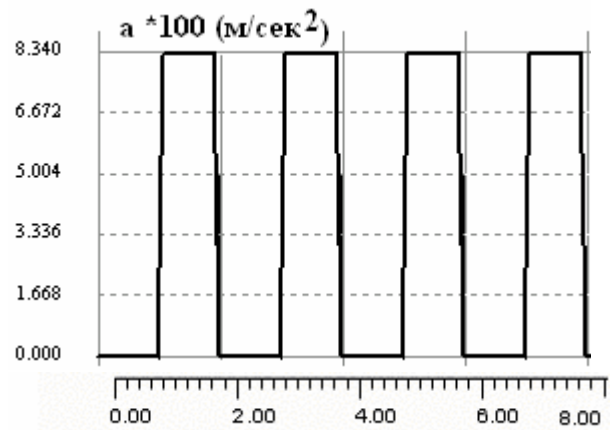


Рис. 7. Приклад зміни прискорення від прикладеної сили

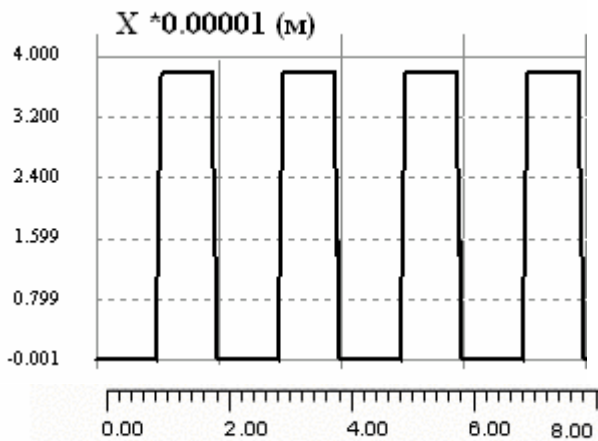


Рис. 8. Зміна зміщення від прикладеного прискорення

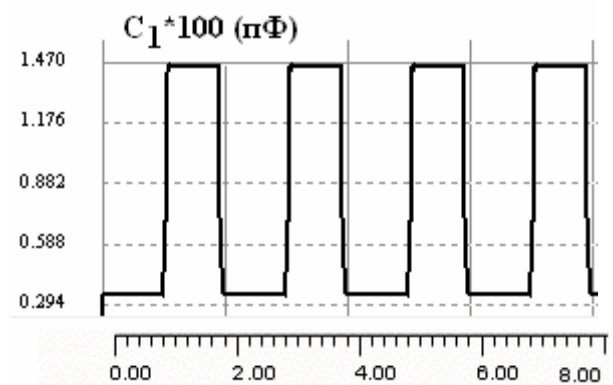


Рис. 9. Зміна ємності C_1 від прикладеного прискорення

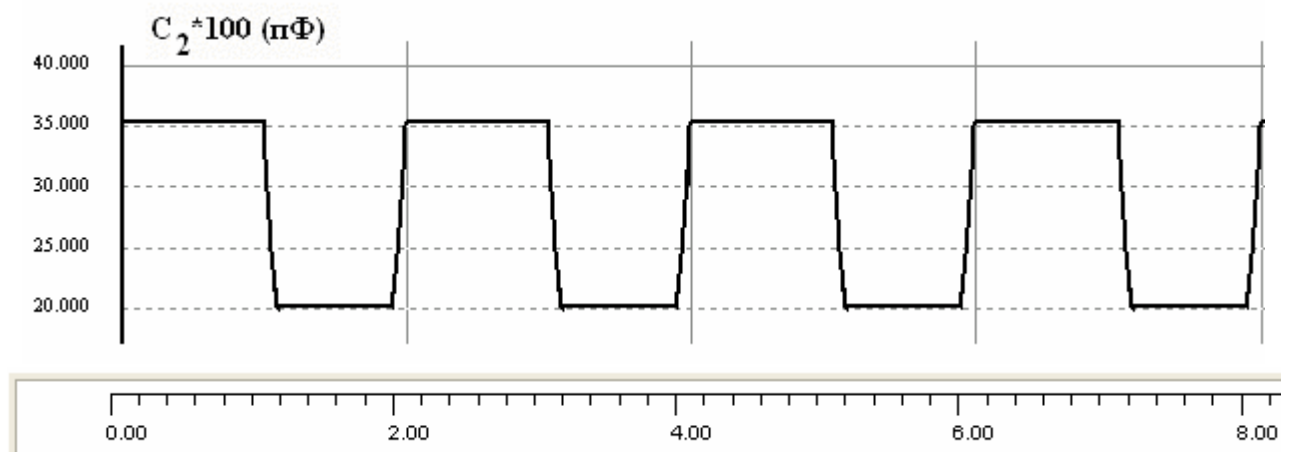


Рис. 10. Зміна ємності C_2 від прикладеного прискорення

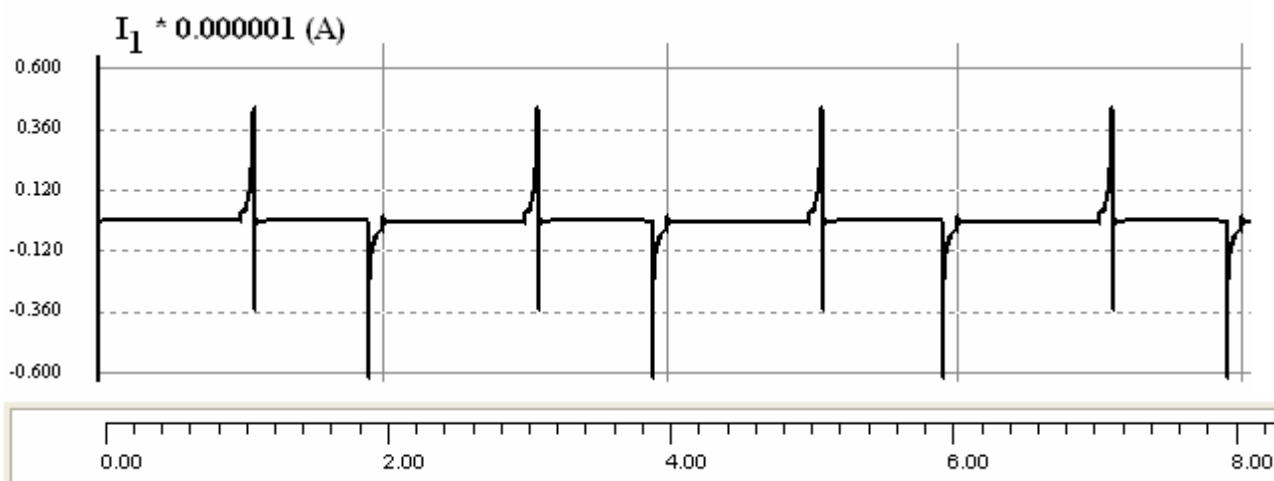


Рис. 11. Зміна струму I_1 від прикладеного прискорення

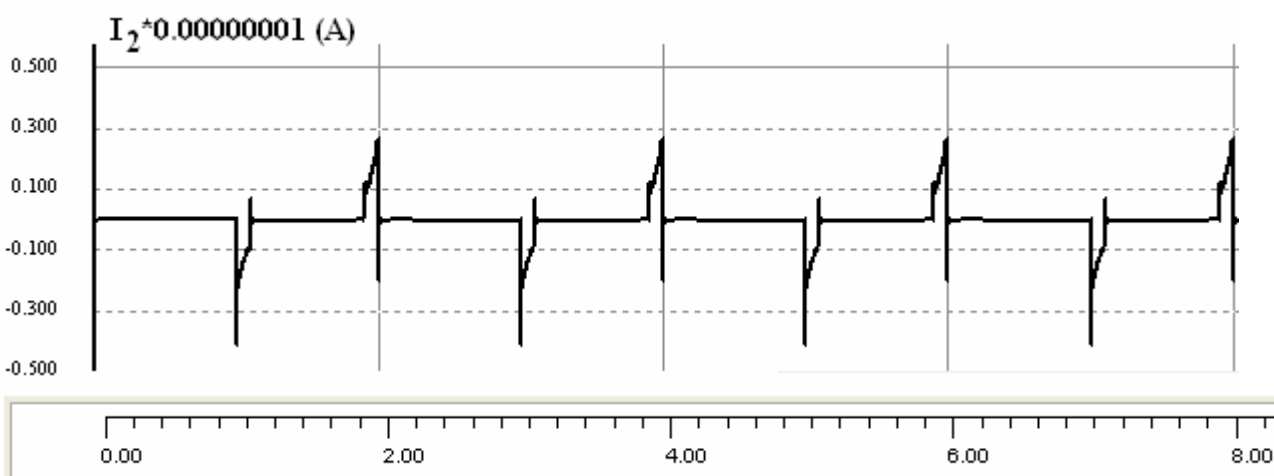


Рис. 12. Зміна струму I_2 від прикладеного прискорення

Висновок

Наведені результати дослідження елементів MEMC за допомогою розроблених VHDL-AMS моделей, які побудовані на основі спрощених механічної та електричної моделей і дають змогу виконати комплексний аналіз роботи MEMC та трансформувати зміни у навколишньому середовищі в коливання вихідних електричних параметрів елементів MEMC.

Отримані дані дають змогу стверджувати, що необхідно використати схему керування давачем прискорення, яка повинна мати високу чутливість до вхідного сигналу.

1. Волович А., Волович Г. *Интегральные акселерометры // Компоненты и технологии.* – 2000.
2. Gary K. Fedder, *A Vision of Structured CAD for MEMS, Carnegie Mellon University, Pittsburg, 2000.*
3. *Structured Design Methods for MEMS, Final Report, California Institute of Technology, 1995.*
4. <http://www.wikipedia.org/VHDL/> 5. Varadan V.K. and Varadan V.V., *Microelectro- mechanical Systems (MEMS), 2000.*
6. Bernhard E. Boser, *Capacitive Interfaces for Monolithic Integrated Sensors, Chapter in "RF Analog-to-Digital Converters; Sensor and Actuator Interfaces; Low-Noise Oscillators, PLLs and Synthesizers", Kluwer Academic Publishers, November 1997.*
7. Jacob W. Zechmann, *Investigation of a Noise-Shaping Accelerometer Interface Circuit for Two-Chip Implementation, Master of Science Thesis, Oregon State University, 2005.*
8. Teslyuk V., Zagaryuk R., Pereyma M. *Mathematical Model of The Capacitive Accelerometer // Proc of the VIII-th Intern. Conf. on The Experience of Designing and Application of CAD Systems in Microelectronics (CADSM'2005).* – Lviv – Polyana, Ukraine, 2005. – P. 525–526.
9. Teslyuk V., Zaharyuk R., Chura I., Karkulyovskyy V. *Modeling Of Capacitive*

Accelerometer // Proc. of the 1st Inter. Conf. of Young Scientists “Perspective Technologies and Methods in MEMS Design” (MEMSTECH 2005). – Lviv–Polyana, Ukraine, 2005. – P. 52–53. 10. Teslyuk V., Zaharyuk R. Model of Capacitive Microaccelerometer // Proc. of the 2nd Inter. Conf. of Young Scientists “Perspective Technologies and Methods in MEMS Design” (MEMSTECH 2006). – Lviv–Polyana, Ukraine, 2006. – P. 86.

УДК 681.518:681.327.8

В.А. Висоцька

Національний університет “Львівська політехніка”,
кафедра інформаційних систем та мереж

УМОВНА ЕНТРОПІЯ ТА ЕНТРОПІЯ КОНТЕНТУ В СИСТЕМАХ ЕЛЕКТРОННОЇ КОМЕРЦІЇ

О Висоцька В.А., 2008

Проаналізовано основні проблеми електронної комерції контенту та запропоновано методи вирішення цих проблем. Інтернет-система електронної комерції – цілеспрямована множина об’єктів довільної природи з набором зв’язків між ними та між їхніми властивостями. Інакше кажучи, Інтернет-система електронної комерції – все, що складається з взаємопов’язаних частин. Проаналізовано основні моделі систем електронної комерції. Запропоновано узагальнену модель таких систем.

In the given article main problems of electronically commercial of content are analyzed. New methods for solution of discussed problems are proposed. The Internet-system of electronic commerce – purposeful set of objects of the any nature with a set of connections between them and between their properties. In other words, the Internet-system of electronic commerce – everything, that consists of the interconnected parts. Some problems of electronic commerce are analyzed in proposed paper. Generalized model of such kind systems are proposed.

Вступ. Загальна постановка проблеми

Більшість Internet- і Intranet-додатків систем електронної комерції визначаються як “статистичні” або “динамічні” залежно від змісту і доступу до даних (рис. 1). Системи публікації баз даних систем електронної комерції забезпечують простий статичний доступ до динамічних даних (контроль складських залишків через Internet або перегляд статусу замовлення через Intranet). Обидва класи додатків (нарівні з простими додатками накопичення даних) розвинені в транзакційні бізнес-додатки. Клас WebOLTP – кероване діалогове опрацювання запитів (Online Transaction Processing – OLTP), а Web – як засіб доступу. Такі додатки є не простими програмами для перегляду даних, а додатками для обробки в реальному режимі часу важливої ділової інформації, наприклад, операції в банку, приймання замовлень, роботи з клієнтами [1–3].



Рис. 1. “Статичні” та “динамічні” додатки