



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **140845** (13) **U**
(51) МПК (2020.01)
H03B 29/00

МІНІСТЕРСТВО РОЗВИТКУ
ЕКОНОМІКИ, ТОРГІВЛІ ТА
СІЛЬСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА
УКРАЇНИ

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

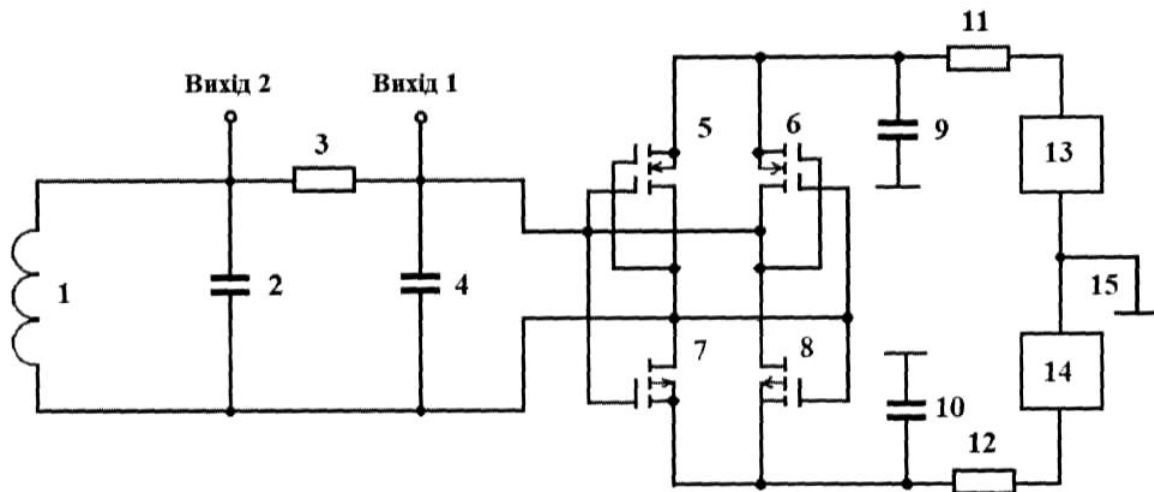
(21) Номер заявки: **u 2019 09173**
(22) Дата подання заявки: **07.08.2019**
(24) Дата, з якої є чинними права на корисну модель: **10.03.2020**
(46) Публікація відомостей про видачу патенту: **10.03.2020, Бюл.№ 5**

(72) Винахідник(и):
Осадчук Олександр Володимирович (UA),
Семенов Андрій Олександрович (UA),
Савицький Антон Юрійович (UA),
Осадчук Ярослав Олександрович (UA),
Коваль Костянтин Олегович (UA)
(73) Власник(и):
ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ
ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ,
Хмельницьке шосе, 95, м. Вінниця, 21021 (UA)

(54) ГЕНЕРАТОР ДЕТЕРМІНОВАНОГО ХАОСУ НА ОСНОВІ МДН ТРАНЗИСТОРНОЇ СТРУКТУРИ З ВІД'ЄМНИМ ОПОРОМ

(57) Реферат:

Генератор детермінованого хаосу на основі МДН транзисторної структури від'ємним опором містить котушку індуктивності, перший та другий конденсатори, резистор, перший та другий однозатворні МДН транзистори. Перший та другий двозатворні МДН транзистори, другий та третій резистори, третій та четвертий конденсатори.



Фіг. 1

UA 140845 U

Корисна модель належить до області радіотехніки та телекомунікацій і може бути використана як джерело хаотичних електричних коливань.

Відомий генератор Чуа з нелінійним опором [A. S. Elwakil and M. P. Kennedy, "Improved Implementation of Chua's Chaotic Oscillator Using Current Feedback Op Amp, " IEEE Transactions on Circuits and Systems, January 2000. - Part 1. - Vol. 47, № 1. - P. 76-79], який містить вісім МОН транзисторів, чим утворено чотири комплементарні пари: перший і другий МДН транзистори з'єднані комплементарно і формують однополюсну диференційну пару, а третій з четвертим, п'ятий з шостим та сьомий з восьмим МДН транзистори з'єднані підкладками та формують дзеркала струму, які використовуються для віднімання струмів першого та другого МДН транзистора.

Недоліком даного приладу є висока енергозалежність параметрів та високі струми керування, що призводить до звуження фазового портрета вихідного сигналу даного приладу.

Найбільш близьким є генератор Чуа на активному елементі з кубічною формою вольтамперної характеристики, що побудований на чотирьох однозатворних МДН транзисторах [Keith O'Donoghue, Michael Peter Kennedy, Peadar Forbes, Min Qu, and Stephanie Jones, "A fast and simple implementation of chua's oscillator with cubic-like nonlinearity, " International Journal of Bifurcation and Chaos in Applied Sciences and Engineering, September 2005. - Vol. 15, Issue 09. - P. 2959-2971, <https://doi.org/10.1142/S0218127405013800>] та [Keith O'Donoghue, Michael Peter Kennedy, Peadar Forbes. A fast and simple implementation of Chua's oscillator using a "cubic-like" Chua diode. Proceedings of the 2005 European Conference on Circuit Theory and Design. 2 Sept. 2005. Cork, Ireland. - Volume 2. - P. 1-3. DOI: 10.1109/ECCTD.2005.1522998], який складається з першого та другого резисторів, першого та другого конденсаторів, котушки індуктивності, першого, другого, третього та четвертого однозатворних МДН транзисторів та двополярного джерела постійної напруги, причому перший вивід першого резистора з'єднаний з другим виводом котушки індуктивності, перший вивід котушки індуктивності з'єднаний з першими выводами першого конденсатора та другого резистора та утворюють другу вихідну клему, другий вивід другого резистора з'єднаний з першим виводом другого конденсатора, затворами першого та третього однозатворних МДН транзисторів і стоками другого й четвертого однозатворних МДН транзисторів й утворюють першу вихідну клему, другий вивід першого резистора з'єднаний з другими выводами першого та другого конденсаторів, стоками першого та третього однозатворних МДН транзисторів і затворами другого й четвертого однозатворних МДН транзисторів, перший вивід двополярного джерела постійної напруги з'єднаний з витоками першого й другого однозатворних МДН транзисторів, другий вивід двополярного джерела постійної напруги з'єднаний з витоками третього й четвертого однозатворних МДН транзисторів.

Недоліком даного приладу є необхідність застосування особливих комплементарних однозатворних МДН транзисторів, що серійно не виготовляються, параметри PSPICE моделі яких наведені в п. 3 [Keith O'Donoghue, Michael Peter Kennedy, Peadar Forbes. A fast and simple implementation of Chua's oscillator using a "cubic-like" Chua diode. Proceedings of the 2005 European Conference on Circuit Theory and Design. 2 Sept. 2005. Cork, Ireland. - Volume 2. - P. 1-3. DOI: 10.1109/ECCTD.2005.1522998], а також неможливість електричного керування динамікою хаотичних коливань.

В основу корисної моделі поставлена задача створення генератора детермінованого хаосу на основі МДН транзисторної структури з від'ємним опором, в якому за рахунок зміни типу МДН транзисторів і введення нових зв'язків забезпечується працездатність пристрою в широкому діапазоні перелаштування напруг живлення, активний елемент якого складатимуть серійно виготовлені однозатворні та двозатворні МДН транзистори, а також забезпечується керування напругою динаміки електричних коливань і режимів генерації.

Поставлена задача вирішується тим, що у генератор детермінованого хаосу на основі МДН транзисторної структури від'ємним опором, який містить котушку індуктивності, перший та другий конденсатори, резистор, перший та другий однозатворні МДН транзистори, введено перший та другий двозатворні МДН транзистори, другий та третій резистори, третій та четвертий конденсатори, перше та друге однополярні джерела постійної напруги та загальну шину, причому перший вивід котушки індуктивності з'єднаний з першими выводами першого конденсатора та першого резистора й утворюють клему другого виходу, другий вивід першого резистора з'єднаний з першим виводом другого конденсатора, першим затвором першого двозатворного МДН транзистора, другим затвором і стоком другого двозатворного МДН транзистора, затвором першого однозатворного МДН транзистора та стоком другого однозатворного МДН транзистора й утворюють клему першого виходу, другий вихід котушки індуктивності з'єднаний з другими виходами першого й другого конденсаторів, стоками першого двотранзатворного та першого однозатворного МДН транзисторів, першим затвором другого

двозатворного МДН транзистора та затвором другого однозатворного МДН транзистора, перший вивід третього конденсатора з'єднаний з витоками першого й другого двозатворних МДН транзисторів і першим виводом другого резистора, другий вивід другого резистора з'єднаний з першим виводом першого однополярного джерела постійної напруги, перший вивід третього резистора з'єднаний з першим виводом четвертого конденсатора та витоками першого й другого однозатворних МДН транзисторів, другий вивід четвертого резистора з'єднаний з другим виводом другого однополярного джерела постійної напруги, при цьому другий вивід першого однополярного джерела постійної напруги з'єднаний з першим виводом другого джерела постійної напруги та підключені до загальної шини, до якої також підключені другі виводи третього та четвертого конденсаторів.

Суть корисної моделі пояснюють креслення.

На фіг. 1 представлено електричну схему генератора детермінованого хаосу на основі МДН транзисторної структури з від'ємним опором.

На фіг. 2 подано апроксимовану вольт-амперну характеристику активного елемента генератора детермінованого хаосу на основі МДН транзисторної структури з від'ємним опором.

На фіг. 3 подано фазовий портрет генератора детермінованого хаосу в площині нормованих напруг першого та другого виходів.

На фіг. 4 подано діаграму нормованої хаотичної напруги першого виходу відносно нормованого часу.

На фіг. 5 подано діаграму нормованої хаотичної напруги другого виходу відносно нормованого часу.

Пристрій містить перше джерело постійної напруги 13, другий вивід якого приєднано до першого вивода другого джерела живлення 14 та утворюють загальну шину 15 до якої також підключені другі виводи третього 11 та четвертого 12 конденсаторів, перший вивід першого джерела живлення 13 з'єднано з другим виводом другого резистора 11, перший вивід другого резистора 11 з'єднаний з першим виводом третього конденсатора 9, витоками першого 5 та другого 6 двозатворних МДН транзисторів, другий вивід другого джерела постійної напруги 14 з'єднаний з другим виводом третього резистора 12, перший вивід третього резистора 12 з'єднаний з першим виводом четвертого конденсатора 10, витоками першого 7 та другого 8 однозатворних МДН транзисторів, перший вивід котушки індуктивності 1 з'єднаний з першими виводами першого конденсатора 2 і першого резистора 3 та утворюють клему першого виходу, другий вивід першого резистора 3 з'єднаний з першим виводом другого конденсатора 4, першим затвором першого двозатворного МДН транзистора 5, затвором першого однозатворного МДН транзистора 7, другим затвором другого двозатворного МДН транзистора 6, стоком другого двозатворного МДН транзистора 6 і стоком другого однозатворного МДН транзистора 8 та утворюють клему першого виходу, другий вивід котушки індуктивності 1 з'єднаний з другими виводами першого 2 і другого 4 конденсаторів, стоками першого двозатворного 5 і першого однозатворного 7 МДН транзисторів, першим затвором другого двозатворного МДН транзистора 6 і затвором другого однозатворного транзистора 8.

Генератор детермінованого хаосу на основі МДН транзисторної структури з від'ємним опором, схема якого представлена на фіг. 1, працює наступним чином. Підвищення напруги живлення джерел постійної напруги 13 і 14 до величин, що відповідають встановленню робочої точки на спадній ділянці ВАХ (фіг. 2) зумовлює виникнення від'ємного диференційного опору активного елемента генератора, що побудований на основі першого 5 і другого 6 двозатворних МДН транзисторів та першого 7 і другого 8 однозатворних МДН транзисторів. При перевищенні величини від'ємного диференційного опору значення опору втрачає коливальна система, яка складається з котушки індуктивності 1, першого резистора 3, першого 2 та другого 4 конденсаторів, у генераторі детермінованого хаосу виникають незатухаючі в часі електричні коливання. Другий резистор 11 спільно з третім конденсатором 9 та третій резистор 12 спільно з четвертим конденсатором 10 утворюють фільтри для запобігання проходження змінного струму крізь джерела постійної напруги 13 і 14 відповідно. Зміна величини постійної напруги джерел постійної напруги 13 і 14 зумовлює зміну положення робочої точки на вольт-амперній характеристиці активного елемента генератора детермінованого хаосу на основі МДН транзисторної структури з від'ємним опором (фіг. 2). Це зумовлює електричне керування динамікою генерованих електричних коливань і режимами генерації.

Динаміка електричних коливань генератора детермінованого хаосу на основі МДН транзисторної структури з від'ємним опором описується відомою математичною моделлю [Anshan Huang, Ladislav Pivka, Chai Wah Wu, Martin Franz. Chua's Equation With Cubic Nonlinearity. International Journal of Bifurcation and Chaos in Applied Sciences and Engineering. December 1996. - Volume 06, Issue 12a. - P. 1-41. <https://doi.org/10.1142/S0218127496001454>];

$$\begin{cases} \frac{dx_1}{dT} = \alpha(x_2 - x_1^3 - c \cdot x_1), \\ \frac{dx_2}{dT} = x_1 - x_2 + x_3, \\ \frac{dx_3}{dT} = -\beta \cdot x_2, \end{cases} \quad (1)$$

у нормованих динамічних змінних

$$x_1 = \frac{V_{C_4}}{E} \sqrt{|a|}, \quad x_2 = \frac{V_{C_2}}{E} \sqrt{|a|}, \quad x_3 = \frac{I_L R}{E} \sqrt{|a|}, \quad (2)$$

відносно нормованого часу

5 $T = \frac{t}{|R \cdot C_2|}, \quad (3)$

де α і β - коефіцієнти автоколивної системи генератора Чуа

$$\alpha = \frac{C_2}{C_4}, \quad \beta = \frac{R^2 C_2}{L},$$

10 де C_2 і C_4 - ємності першого 2 та другого 4 конденсаторів, напруги на яких V_{C_4} , V_{C_2} - відповідно, L - це індуктивність котушки індуктивності 1 струм крізь яку I_L , R - це опір першого резистора 3, g і h - це параметри рівняння апроксимації кубічної ВАХ активного елемента генератора детермінованого хаосу на основі МДН транзисторної структури з від'ємним опором вигляду

$$f(x) = -g \cdot x + h - x^3.$$

15 На фіг. 2 подано апроксимовану вольт-амперну характеристику активного елемента генератора детермінованого хаосу на основі МДН транзисторної структури з від'ємним опором при $g=4,65$ мА/В, $h=0,29$ мА/В³.

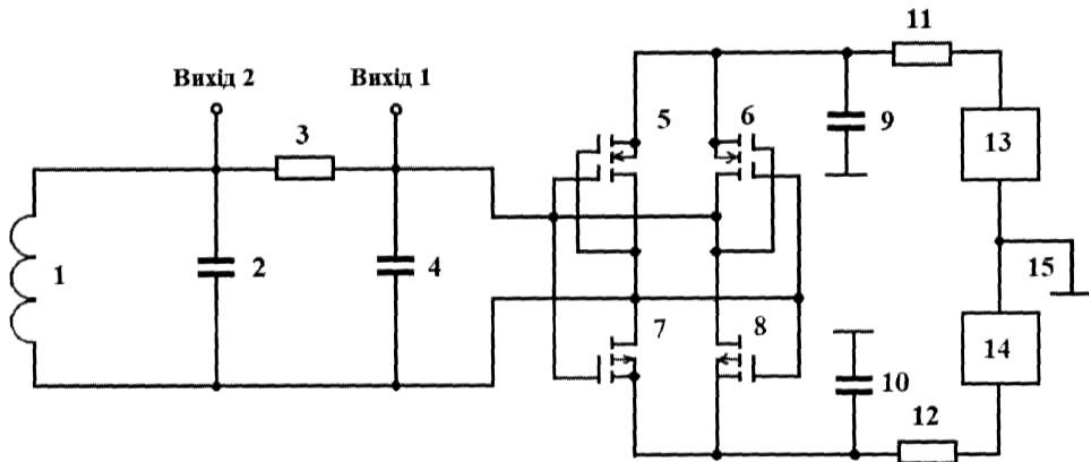
20 Значення величини параметрів елементів коливальної системи генератора, яка складається з котушки індуктивності 1, першого резистора 3, першого 2 та другого 4 конденсаторів, повинні відповідати зазначеним співвідношенням за умови $\alpha = 10$, $\beta = 16$, $c = -0,143$ для забезпечення режиму розвинутого хаосу з фазовим портретом типу "подвійний завиток", який наведений на фіг. 3. Діаграми хаотичних напруг на першому 2 та другому 4 конденсаторах у нормованих величинах (2) відносно нормованого часу (3) наведені відповідно на фіг. 4 і на фіг. 5.

ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

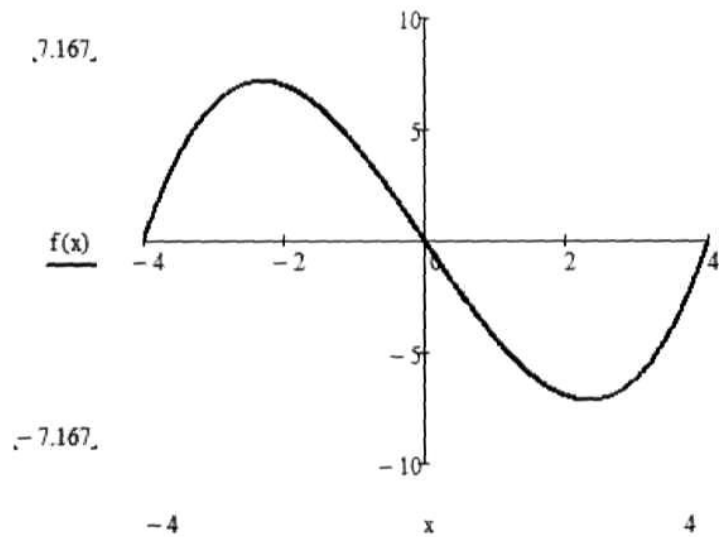
25

Генератор детермінованого хаосу на основі МДН транзисторної структури від'ємним опором, що містить котушку індуктивності, перший та другий конденсатори, резистор, перший та другий одностаторні МДН транзистори, причому перший вивід котушки індуктивності з'єднаний з першими виводами першого конденсатора та першого резистора й утворюють клему другого виходу, другий вивід першого резистора з'єднаний з першим виводом другого конденсатора й утворюють клему першого виходу, другий вихід котушки індуктивності з'єднаний з другими виводами першого й другого конденсаторів, стоком першого одностаторного МДН транзистора та затвором другого одностаторного МДН транзистора, і, який **відрізняється** тим, що введено перший та другий двозаторні МДН транзистори, другий та третій резистори, третій та четвертий конденсатори, перше та друге однополярні джерела постійної напруги та загальну шину, причому перший вивід котушки індуктивності з'єднаний з першими виводами першого конденсатора та першого резистора й утворюють клему другого виходу, другий вивід першого резистора з'єднаний з першим виводом другого конденсатора, першим затвором першого двозаторного МДН транзистора, другим затвором і стоком другого двозаторного МДН транзистора, затвором першого одностаторного МДН транзистора та стоком другого одностаторного МДН транзистора й утворюють клему першого виходу, другий вихід котушки індуктивності з'єднаний з другими виводами першого й другого конденсаторів, стоками першого двозаторного та першого одностаторного МДН транзисторів, першим затвором другого двозаторного МДН транзистора та затвором другого одностаторного МДН транзистора, перший вивід третього конденсатора з'єднаний з витоками першого й другого двозаторних МДН транзисторів і першим виводом другого резистора, другий вивід другого резистора з'єднаний з першим виводом першого однополярного джерела постійного напруги, перший вивід третього резистора з'єднаний з першим виводом четвертого конденсатора та витоками першого и другого одностаторних МДН транзисторів, другий вивід четвертого резистора

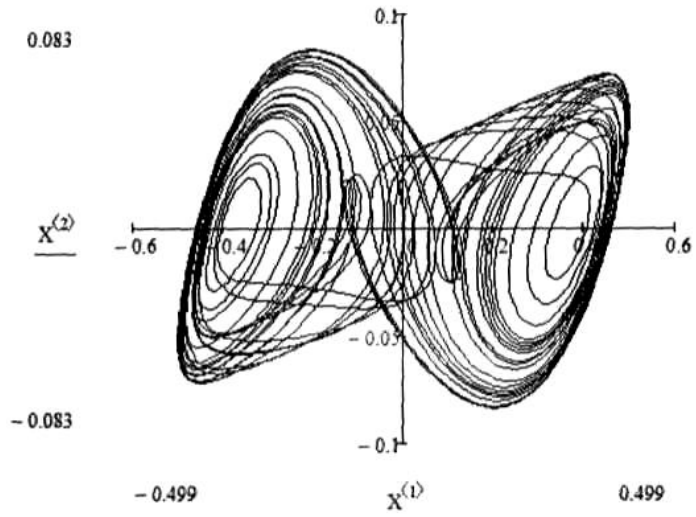
з'єднаний з другим виводом другого однополярного джерела постійної напруги, при цьому другий вивід першого однополярного джерела постійної напруги з'єднаний з першим виводом другого джерела постійної напруги та підключені до загальної шини, до якої підключені другі виводи третього та четвертого конденсаторів.



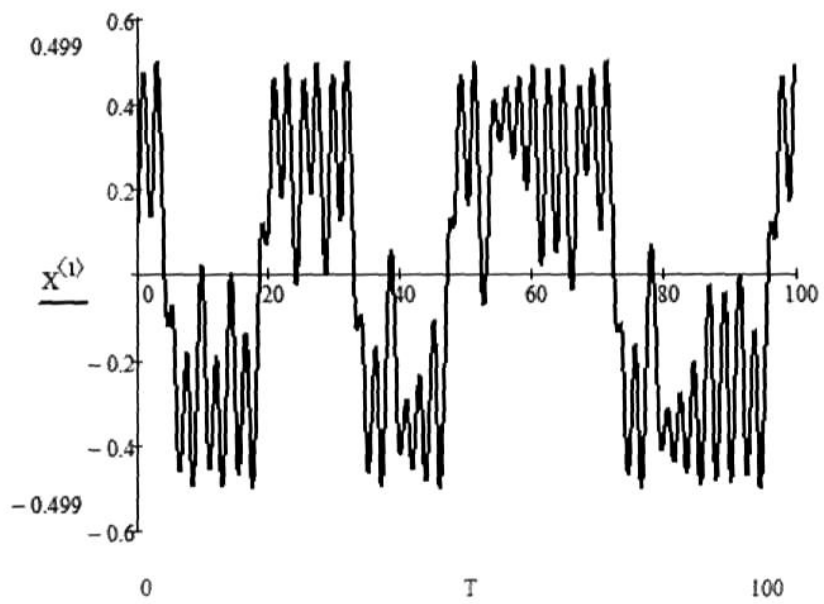
Фіг. 1



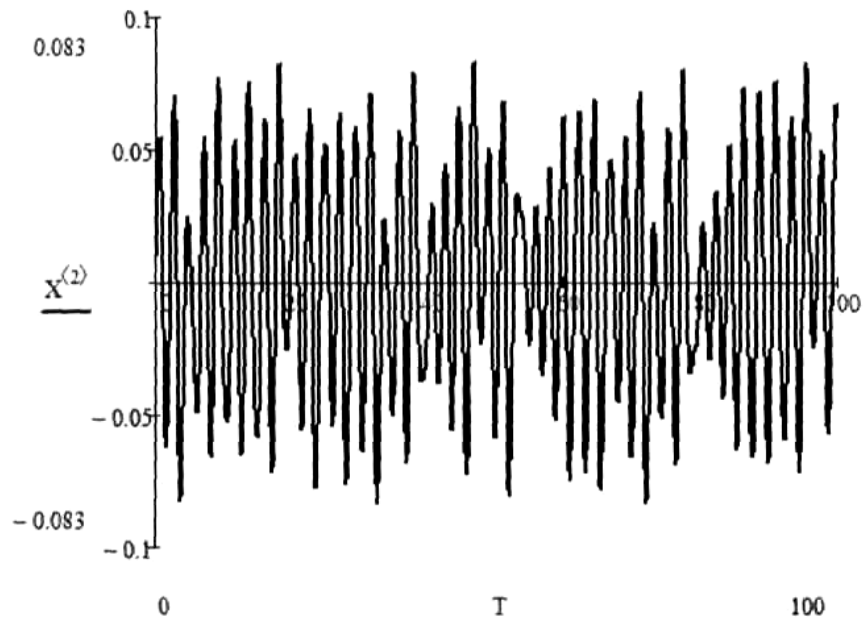
Фіг. 2



Фиг. 3



Фиг. 4



Фиг. 5

Комп'ютерна верстка Г. Паяльніков

Міністерство розвитку економіки, торгівлі та сільського господарства України,
вул. М. Грушевського, 12/2, м. Київ, 01008, Україна

ДП "Український інститут інтелектуальної власності", вул. Глазунова, 1, м. Київ – 42, 01601