

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет
імені Івана Пулюя

**Матеріали III Всеукраїнської науково-технічної
конференції**

**«ТЕОРЕТИЧНІ ТА ПРИКЛАДНІ
АСПЕКТИ РАДІОТЕХНІКИ І
ПРИЛАДОБУДУВАННЯ»**

8-9 червня 2017 року

Тернопіль
2017

УДК 681.518.3

Теоретичні та прикладні аспекти радіотехніки і приладобудування. Матеріали III Всеукраїнської науково-технічної конференції, 8-9 червня 2017 року: збірник тез доповідей. – Тернопіль: ФОП Паляниця В. А., 2017. – 244 с.

ISBN 978-617-7331-38 -3

Збірник містить матеріали III Всеукраїнської науково-технічної конференції «Теоретичні та прикладні аспекти радіотехніки і приладобудування» з таких основних напрямків: математичні моделі та інформаційні технології; обчислювальні методи та засоби в радіотехніці і приладобудуванні; супутникові та наземні системи телекомунікацій; електроживлення радіоелектронної апаратури; біомедична інженерія; автоматизація та комп'ютерні технології; світлотехніка і електроенергетика.

Ясній П.В.	Голова програмного комітету
Рогатинський Р.М.	д.т.н., проф., голова
	д.т.н., проф., заступник голови
	Науковий секретар
Чихіра І.В.	к.т.н., доц., ТНТУ
	Члени програмного комітету
Андрійчук В.А.	д.т.н., проф., ТНТУ
Біскало О.В.	д.т.н., проф., ВНТУ
Бурау Н.І.	д.т.н., проф., НТУУ “КПІ”
Гуменюк Л.О.	к.т.н., доц., ЛНТУ
Дивак М.П.	д.т.н., проф., ТНЕУ
Домнін І.Ф.	д.т.н., проф., Інститутіоносфери НАНУ і МОНУ
Драган Я.П.	д.ф-м.н., проф., НУ “ЛП”
Дубровка Ф.Ф.	д.т.н., проф., НТУУ “КПІ”
Дудикевич В.Б.	д.т.н., проф., НУ “ЛП”
Івахів О.В.	д.т.н., проф., НУ “ЛП”
Квстний Р.Н.	д.т.н., проф., ВНТУ
Ладанюк А.П.	д.т.н., проф., НУХТ
Матвійчук В.А.	д.т.н., проф., ВНАУ
Муравський Л.І.	д.т.н., проф., ФМІ ім. Г.В. Карпенка НАНУ
Наконечний М.В.	д.т.н., проф., НУ “ЛП”
Рибін О.І.	д.т.н., проф., НТУУ “КПІ”
Русин Б.П.	д.т.н., проф., ФМІ ім. Г.В. Карпенка НАНУ
Семенцов Г.Н.	д.т.н., проф., ІФНТУНГ
Сеньков І.	д.т.н., проф., НТУУ “КПІ”
Стахів П.Г.	д.т.н., проф., НУ “ЛП”
Стухляк П.Д.	д.т.н., проф., ТНТУ
Ткачук Р.А.	д.т.н., проф., ТНТУ
Юрченко О.М.	д.т.н., проф., ІЕД НАНУ
Яворський Б.І.	д.т.н., проф., ТНТУ
Яськів В.І.	к.т.н., доц., ТНТУ

Роботи друкуються в авторській редакції. Видавець не несе відповідальності за достовірність інформації, яка наведена в роботах, та залишає за собою право не погоджуватися з думками авторів на розглянуті питання.

© Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, укладання, оформлення, 2017

Секція: МАТЕМАТИЧНІ МОДЕЛІ ТА ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ
Керівники: проф. Ігор Добротвор, доц. Олена Муль

УДК621.37

Микола Бугайов

Житомирський військовий інститут імені С. П. Корольова

АЛГОРИТМ СТАБІЛІЗАЦІЇ ЙМОВІРНОСТІ ХИБНОЇ ТРИВОГИ ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ РОЗПОДІЛУ МАКСИМАЛЬНИХ ЗНАЧЕНЬ

Запропоновано алгоритм стабілізації ймовірності хибної тривоги, інваріантний до розподілу шуму та значень його параметрів. Сутність алгоритму полягає в розрахунку значення порогу, який є квантилем розподілу максимальних значень.

Ключові слова: виявлення сигналів, ймовірність хибної тривоги, розподіл максимальних значень, інтегральне перетворення.

Mykola Buhaiov

ALGORITHM FOR STABILIZATION OF FALSE ALARM PROBABILITY BY USING THE DISTRIBUTION OF MAXIMUM VALUES

Proposed algorithm for stabilization of false alarm probability that is invariant to distribution of noise and its parameters. The algorithm is based on calculation of threshold that is the cumulant of maximum values distribution.

Keywords: signal detection, probability of false alarm, distribution of maximum values, integral transform.

При проектуванні радіоелектронних систем необхідно вирішувати задачі виявлення сигналів на фоні шуму, коли їх статистичні характеристики є невідомими. Крім того дані характеристики можуть змінюватися в процесі обробки. Тому актуальною є задача розроблення і дослідження алгоритмів виявлення, стійких до зміни статистичних характеристик перешкод, показники якості яких мало відрізнятимуться від оптимальних [1]. Такі алгоритми повинні здійснювати попереднє оцінювання невідомих параметрів шуму по навчаючій вибірці з подальшим використанням цих оцінок для нормування вхідних сигналів пристроєм виявлення або для управління порогом виявлення [2].

В сучасних радіоелектронних системах для виявлення сигналів використовують різні види інтегральних перетворень (Фур'є, Уолша, Мелліна та ін.), які реалізовані, в переважній більшості випадків, в цифровій формі. З точки зору функціонального аналізу [3] при обробці одновимірного випадкового вектора (вибірок шуму) довжиною N відліків $\mathbf{x} = (x_1, x_2, \dots, x_N)$ вказані перетворення є операторами T і сигнал після перетворення також буде випадковим вектором $\hat{\mathbf{x}} = (\hat{x}_1, \hat{x}_2, \dots, \hat{x}_N)$ довжиною N , де $\hat{x}_n = T(x_n)$. Для усунення залежності характерних особливостей шуму від його потужності необхідно провести нормування вектора $\hat{\mathbf{x}}$ відповідно до такого виразу

$$\tilde{\mathbf{x}} = \hat{\mathbf{x}} \left(\sum_{n=1}^N \hat{x}_n \right)^{-1}. \quad (1)$$

Серед N відліків вектора $\tilde{\mathbf{x}}$ існує принаймі один із максимальним значенням $\tilde{x}_m = \max(\tilde{\mathbf{x}})$. Для серії із M реалізацій вектора $\tilde{\mathbf{x}}$ таких значень також буде M і з них можна утворити новий вектор $\tilde{\mathbf{x}}_m = (\tilde{x}_{m1}, \tilde{x}_{m2}, \dots, \tilde{x}_{mM})$. Максимальні значення не є

фіксованими величинами – це нові випадкові величини, які залежать від вихідного розподілу та об’єму вибірки [4]. Проте при великих N значення вектора $\tilde{\mathbf{x}}_m$ будуть підпорядковані першому типу асимптотичних розподілів екстремальних значень. Даний розподіл для максимальних значень можна записати у такому вигляді [4]

$$p(\tilde{x}_m) = \frac{1}{b} \exp\left(\frac{a - \tilde{x}_m}{b}\right) \exp\left(-\exp\left(\frac{a - \tilde{x}_m}{b}\right)\right), \quad (2)$$

де $b = 0,779\sigma_{\tilde{x}_m}$ та $a = m_{\tilde{x}_m} - 0,577b$ – параметри розподілу; $m_{\tilde{x}_m}$ і $\sigma_{\tilde{x}_m}$ – вибіркове середнє та середньоквадратичне відхилення вектора $\tilde{\mathbf{x}}_m$.

Тоді значення порогу γ для заданої ймовірності хибної тривоги P_F визначатиметься як значення квантиля розподілу максимальних значень (2) і становитиме $\gamma = a - b \ln(-\ln(1 - P_F))$.

Тобто стабілізація ймовірності хибної тривоги зводиться до розрахунку значення порогу γ при заданому значенні P_F . Для отримання стійких значень оцінок величин $m_{\tilde{x}_m}$ і $\sigma_{\tilde{x}_m}$ необхідно проаналізувати $M \geq 500$ реалізацій вектора $\tilde{\mathbf{x}}_m$. На рис. 1 наведено алгоритм стабілізації ймовірності хибної тривоги.

Шляхом статистичного моделювання при використанні швидкого перетворення Фур’є в якості оператора T було встановлено, що запропонований алгоритм є інваріантним відносно розподілу щільності ймовірностей шуму та значень його параметрів. Причому для кількості реалізацій $M = 500$ відхилення отриманого значення P_F від теоретичного складає не більше 10%. Перспективи подальших досліджень полягають у дослідженні запропонованого алгоритму для інших інтегральних перетворень.

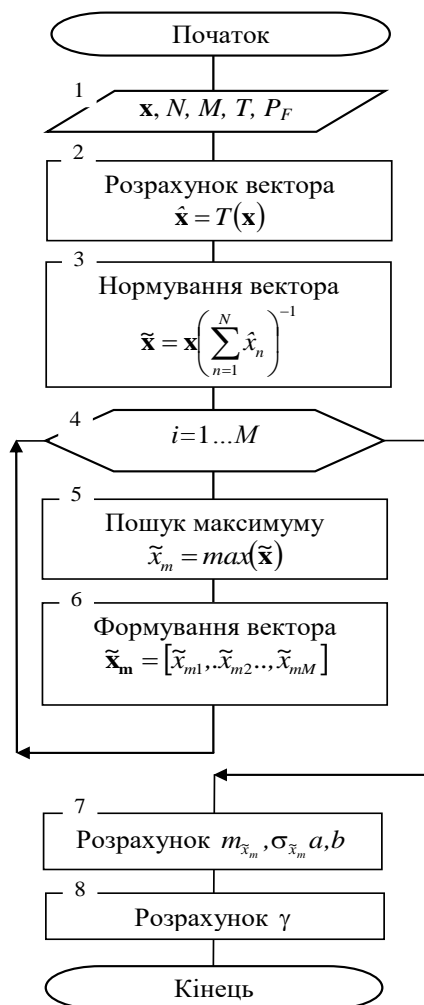


Рис. 1. Алгоритм стабілізації ймовірності хибної тривоги

Література

1. Никитенок В. И. Быстрые непараметрические алгоритмы обнаружения сигналов / В. И. Никитенок. – Минск : БГУ, 2010. – 131 с.
2. Бакулев П. А. Обработка сигналов с постоянным уровнем ложных тревог / П. А. Бакулев, Ю. А. Басистов, В. Г. Тугуши // Известия вузов. Сер. Радиоэлектроника, 1989. – Т. 32, № 4. – С. 14–15.
3. Вулих Б. З. Введение в функциональный анализ / Б. З. Вулих. – М. : “Наука”, 1967. – 415 с.
4. Гумбель Э. Статистики экстремальных значений. Пер. с англ. В. Ю. Татарского. – М. : Мир, 1965. – 453 с.

УДК 625.503.56

Ольга Данилюк, к.т.н, доцент, Ірина Данилюк, к.т.н.

Тернопільський національний педагогічний університет імені Володимира Гнатюка

СТІЙКІСТЬ ДО СТИРАННЯ КАПСУЛЬОВАНИХ ДОБРИВ

У роботі проаналізовано стійкість до стирання та запропонована математична модель дифузії компонентів добрива через нанесену на поверхню гранул оболонку. Рішенням цієї моделі є рівняння, яке дозволяє визначити вплив оболонки на поверхні гранули мінерального добрива на кінетику його розчинення.

Ключові слова: оболонка, капсула, дифузія, масопередача.

Olga Danylyuk, Iryna. Danyliuk

ABRASION RESISTANCE OF ENCAPSULATED FERTILIZERS

In the paper analyzes the abrasion resistance and the mathematical model of diffusion through the components of fertilizer granules deposited on the surface of the shell. The decision of this model is the equation to determine the impact on the surface membrane pellet fertilizer on the kinetics of its dissolution.

Keywords: shell, capsule, diffusion, mass transfer.

Оболонка на поверхні гранули добрива зменшує інтенсивність розчинення. Для забезпечення необхідної швидкості вивільнення елементів живлення з капсульованого добрива необхідно дослідити провідність отриманого покриття. Здійснюючи теоретичний опис процесу розчинення мінеральних добрив через оболонку на поверхні гранули приймаємо, що фізичні властивості покриття залишаються незмінні.

Швидкість вивільнення компонентів живлення через оболонку в середовище розчинника залежить в тій чи іншій мірі від багатьох факторів. Процес екстрагування активного компоненту через оболонку є складним. Його умовно поділяють на три стадії, що мають свої характерні особливості. Як видно з проведених раніше експериментальних досліджень процесів екстрагування активних компонентів через полімерні оболонки визначальною є друга стадія. Тому основна увага приділялася математичному опису та експериментальному дослідженню другої стадії.

Другу стадію процесу розчинення та масоперенесення активного компоненту через оболонку в середовище розчинника можна розділити на такі етапи:

- дифузія компоненту з поверхні твердої частинки, що розчиняється всередині полімерної капсули, до внутрішньої границі оболонки; при цьому концентрація компоненту на поверхні частинки дорівнює концентрації насичення C_s , а на внутрішній поверхні оболонки – C_p ;
- дифузія компоненту через оболонку до її зовнішньої границі; концентрація речовини на зовнішній поверхні оболонки – C_h ;
- масовіддача компоненту від зовнішньої границі оболонки в середовище розчинника з концентрацією – C_p .

Відстань від поверхні частинки добрива, що розчиняється всередині капсули до її внутрішньої границі є малою, тому для спрощення будемо вважати, що концентрація розчину всередині капсули дорівнює концентрації насичення. Тоді етапом другої стадії процесу розчинення можна знехтувати. З врахуванням цього швидкість розчинення можна записати у виді системи диференціальних рівнянь:

$$\begin{aligned} -\frac{dM_{\tau}}{d\tau} &= \frac{D_2}{\delta} F(C_s - C_n); \\ -\frac{dM_{\tau}}{d\tau} &= \beta F(C_n - C_p), \end{aligned} \quad (1)$$

де D_2 – коефіцієнт дифузії компонента в полімері, м²/с, b – коефіцієнт масовіддачі компонента в рідкій фазі, м/с, C_s – концентрація компонента на зовнішній поверхні оболонки, кг/м³; M_{τ} – маса добрива, що розчиняється всередині капсули в будь-який момент часу, кг, d – товщина капсули, м.

Перше рівняння системи описує кінетику проникнення розчину компонентів добрива через оболонку, друге – перенос їх від поверхні оболонки в середовище розчинника.

Рівняння матеріального балансу даного процесу можна записати у виді:

$$M_0 = M_{\tau} + W_p C_p \quad (2)$$

де M_0 – початкова маса добрива, кг, W_p – об'єм розчинника, м³.

Рівняння (1) і (2) утворюють математичну модель дифузії компонентів добрива через нанесену на поверхню гранул оболонку. Рішенням цієї моделі є рівняння, яке дозволяє визначити вплив оболонки на поверхні гранули мінерального добрива на кінетику його розчинення:

$$\ln\left(\frac{C_s}{C_s - C_p}\right) = -\frac{kF}{W_p} \tau \quad (3)$$

де k – коефіцієнт масопередачі розчину компонентів мінерального добрива з капсульованої частинки в середовище розчинника,

$$k = \frac{1}{\frac{\delta}{D_2} + \frac{1}{\beta}} \quad (4)$$

кг/(м²с):

Визначивши коефіцієнт дифузії компонентів мінерального добрива через оболонку і задавши час розчинення за допомогою рівняння (3) можна розрахувати необхідну товщину покриття на поверхні гранули.

Проникність оболонки на поверхні гранули мінерального добрива характеризує коефіцієнт дифузії D_2 . Розрахувати його можна з рівняння (4). Для цього необхідно визначити коефіцієнти k та β .

Масопередача в розчин, що покриває оболонку ззовні, проходить шляхом природної конвекції. Значення коефіцієнту масовіддачі β визначали експериментально [3]. Для цього частинку гранули аміачної селітри витримували в посудині з дистильованою водою певний час τ . Потім її виймали, висушували до постійної маси і зважуванням визначали втрату маси ΔM . Використовуючи кінетичне рівняння [2], знаходили значення коефіцієнту масовіддачі в умовах вільної конвекції:

$$\beta = \frac{\Delta M}{F C_s \tau}, \quad (5)$$

де C_s – концентрація насичення нітроамофосу, кг/м³.

Оскільки час розширення τ був невеликий, то концентрація нітроамофосу у великому об'ємі води була настільки малою, що можна було прийняти її значення рівне нулю.

Визначене таким чином середнє, з п'яти близьких, значення коефіцієнту масовіддачі $\beta = 17,85(\pm 0,03) \times 10^{-3}$ м/с. Коефіцієнт масопередачі знаходили графічно з рівняння (3). Для цього проводили дослідження процесу вивільнення компонентів нітроамофосу через оболонку, отриману з використанням суміші фосфорит - сульфатне мило - меляса, глауконіт - сульфатне мило - меляса та палигорскіт - сульфатне мило -

меляса у співвідношенні 5:1:1. Величина покриття складала 20% і 10% маси добрива. Товщина оболонки, визначена мікроскопічним методом за допомогою шліфа, відповідно була близькою до 25 і 50 мкм. З метою максимально точного розрахунку площі розчинення, для досліджень відбирали частинки правильної кулястої форми діаметром 3×10^{-3} м. За результатами досліджень будували графіки залежності величини $\ln[C_s/(C_s - C_p)]$ від часу проведення процесу τ . В результаті отримали залежності представлені на рисунках 1, 2, 3.

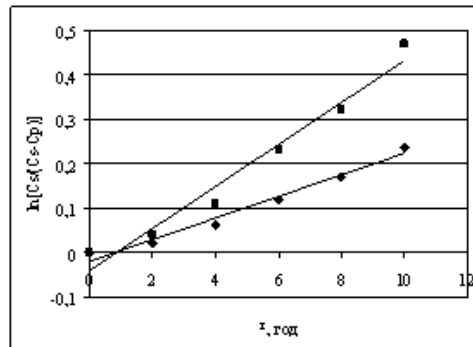


Рис. 1. Графічні залежності, використувані для знаходження коефіцієнту масопередачі через оболонку фосфорит - сульфатне мило – меляса

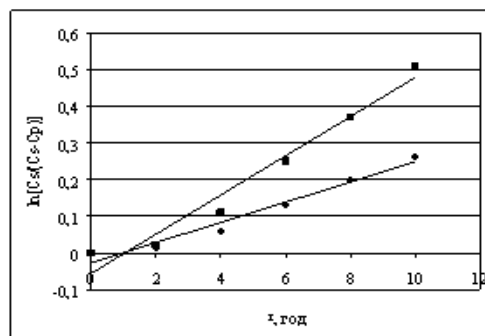


Рис. 2. Графічні залежності, використувані для знаходження коефіцієнту масопередачі через оболонку глауконіт - сульфатне мило – меляса

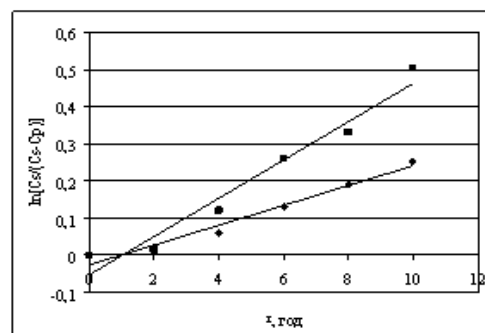


Рис. 3. Графічні залежності, використувані для знаходження коефіцієнту масопередачі через оболонку палигорскіт - сульфатне мило – меляса

УДК 667.64:678.026

Ігор Добротвор, д.т.н., доцент, Данило Стухляк, аспірант
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЯВІВ МЕЖ СТРУКТУР КОМПОЗИТІВ МЕТОДАМИ РОЗПІЗНАВАННЯ ОБРАЗІВ

Об'єкт дослідження складають методи та інструменти для виявлення межі поділу фаз мікроструктур композитів. Оператори і оброблення візуального зображення розглянуті в роботі. Аналіз цих методів показують результативність використання запропонованих методів.

Ключові слова: розпізнавання, оператор, композит, коливність.

Igor Dobrotvor, Danylo Stukhljak

THE STUDY OF COMPOSITES STRUCTURES BORDERS MANIFESTATIONS BY PATTERN RECOGNITION METHODS

The object of investigation consists methods and tools for the detection of the composite microstructures boundaries. Operators and use of the visual image processing were discussed in the paper. The analysis of these methods revealed effects and deficiencies.

Key words: recognition, operator, composite, oscillation.

Ряд задач матеріалознавства описують процеси формування мікроструктур композитних матеріалів (КМ) в ході фізико-хімічних змін у полімерах [1]. Навколо часток наповнювача утворюються зони міжфазної взаємодії (ЗМВ) значної протяжності, які за своїми фізико-механічними властивостями відрізняються від матриці КМ в об'ємі [2].

Сприйняття двовимірних цифрових зображень $A(x, y)$ тісно пов'язано із якістю представлення дрібних неспотворених деталей. Для цього необхідно, щоб із збільшенням фрагментів не відбувалося послаблення роздільної здатності зображення при виконанні 2D-інтерполяції функції $A(x, y)$ просторового розподілу інтенсивності прояву пікселів у рядках і стовпцях матриці цифрового зображення. Важливим фактором ідентифікації об'єктів є також локалізація і відображення зон однієї і тієї же яскравості або ж шкали кольорів, навіть якщо такі області мають розміри декількох пікселів.

Для вирішення меж довільно орієнтованих структур потрібні ізотропні алгоритми. Вони можуть бути непарного (градієнтні оператори) або парного (оператори Лапласа) порядку. Для двовимірної функції міри яскравості $A(x, y)$ її прирости (позитивні чи негативні) в напрямках осей Ox та Oy реєструються частинними похідними $A(x, y)_x$ і $A(x, y)_y$, що пропорційні швидкостям зміни яскравості у відповідних напрямках.

$$G = \sqrt{\left(\frac{\partial A(x, y)}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial A(x, y)}{\partial y}\right)^2} \quad (1)$$

Перпендикулярність градієнта яскравості до межі може бути використана для простежування меж об'єкту, починаючи з деякого пікселя на цій межі. Таке відслідкування використовується в гістерезисній фільтрації максимальних пікселів. Суть гістерезисної фільтрації полягає в тому, що довгий стійкий межовий контур містить пікселі із особливо великим перепадом яскравості, і, починаючи з такого пікселя, контур можна простежити, переходячи по межових пікселям з меншим перепадом яскравості.

Для двовимірного варіанту аналогом другої похідної є лапласіан (4.5) - скалярний оператор

$$\nabla^2(A) = \frac{\partial^2 A(x, y)}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 A(x, y)}{\partial y^2}. \quad (2)$$

Знаходження меж на зображенні із використанням лапласіану може проводитися по аналогії з одномірним випадком: граничними визнаються точки, у яких лапласіан дорівнює нулю і по різні сторони від неперервної лінії, яку вони утворюють, він набуває різних знаків. Оцінка Лапласіану за допомогою лінійного фільтрування також виконується застосуванням гаусівської згладжувальної фільтрації, з метою зниження чутливості алгоритму до шумів.

Згідно алгоритму Кенні на першому етапі проводиться розмивання цифрового зображення з метою видалення шумів із допомогою фільтру Гауса, дискретизоване значення якого з високою точністю наближається із допомогою маски (3):

$$M = 1/159 \begin{pmatrix} 2 & 4 & 5 & 4 & 2 \\ 4 & 9 & 12 & 9 & 4 \\ 5 & 12 & 15 & 12 & 5 \\ 4 & 9 & 12 & 9 & 4 \\ 2 & 4 & 5 & 4 & 2 \end{pmatrix} \quad (3)$$

Другим кроком є пошук модуля градієнта по формулі (1), у контурі межі залишають лише точки максимуму градієнта зображення $A(x, y)$, а не максимальні точки, які лежать поруч із межею ігноруються. Потім із допомогою двох порогів видаляють слабкі границі. Результівні межі визначаються шляхом пригнічення усіх країв, які не зв'язані із визначеними межами.

Гаусівське згладжування і пошук Лапласіану можна здійснювати одночасно, а тому знаходження границь за допомогою лінійного фільтру проводиться швидше, аніж за допомогою алгоритму Кенні. Фільтр застосовується в системах, де має значення і якість результату (зазвичай поступається алгоритмам Кенні), і швидкодія. Для зменшення чутливості до неістотних деталей, з числа межових точок також можна виключити ті, величина градієнта у яких є меншою певного порогу.

Динаміка деяких процесів зшивання епоксипластів, зокрема поширення ЗМВ при наявності дисперсного чи волокнистого наповнювачів у композитних матеріалах може бути змодельована рівняннями, змінні яких міняються в просторах постійної кривини. За звичай під ними розуміють простори з евклідовою геометрією, проте існують і інші простори з кривиною відмінною від нуля і постійною для всіх точок простору. Такі геометрії реалізуються на добре відомих поверхнях евклідового простору.

Математичні моделі реальних процесів, зокрема задачах проблем кінетики мікроструктур епоксикомполімерів часто є зручним описувати диференціальними рівняннями, змінні яких вимірюються не лише в евклідовому просторі але і в інших просторах [3]. Розв'язок $u(X)$ рівняння (4):

$$\Delta u + f(X, u, u'_x) = 0, \quad (4)$$

де $\Delta u = \nabla^2 u$ - оператор Лапласа (2) по змінних, що визначають просторові координати тонких плівок КМ, f - складова, що характеризує внутрішні напруження матеріалу. Таким чином задача зміни знаку оператора (2) зводиться до більш загальної задачі про коливність.

Розв'язок $u(X)$ рівняння (4), будемо називати коливним у деякій плоскій області, якщо у ній знайдеться замкнута вузлова лінія Γ , і неколивним у протилежному випадку.

Більш продуктивним означенням коливності для рівнянь вищих порядків на наш погляд є підхід до вивчення розв'язків на многовидах. Так, для рівнянь еліптичного типу (не залежно від його порядку) вводиться на розгляд функція усереднення

$$M_r[u(X), P_0] = \frac{1}{\omega_n r^{n-1}} \iint_{S_r} u(X) dS, \quad (5)$$

де ω_n - площа n - вимірної сфери одиничного радіуса, S_r - сфера радіуса r з центром у деякій фіксованій точці $P_0 \in D$. В подальшому, де це не викликатиме сумнівів, усереднення (5) будемо записувати коротко: $M(r)$. Тоді розв'язок $u(X)$ рівняння (4) будемо називати коливним в необмеженій області із E^n , якщо для любого r в області $E_r = \{X : |X| \geq r\}$ функція $M(r)$ є коливною.

Основним інструментом наших досліджень служитиме формула, яка пов'язує розв'язки рівнянь з частинними похідними і звичайними диференціальними рівняннями.

Має місце формула:

$$\frac{d}{dr} (r^{n-1} \frac{dM_r u}{dr}) = \frac{1}{\omega_n} \iint_{S_r} \Delta u(X) dS, \quad (6)$$

вперше доведена в роботі [3].

У сферичних координатах оператор Лапласа має вид:

$$\Delta = \frac{\partial^2}{\partial r^2} + \frac{n-1}{r} \cdot \frac{\partial}{\partial r} + \frac{1}{r} \cdot \left(\sum_{j=1}^n \frac{\frac{\partial}{\partial \theta_j} (\sin^{n-j-1} \theta_j \frac{\partial}{\partial \theta_j})}{q_j \sin^{n-j-1} \theta_j} \right), \quad (7)$$

і радіальна частина його співпадає з лівою частиною формули (5):

$$L_r = \frac{1}{r^{n-1}} \cdot \frac{\partial}{\partial r} r^{n-1} \frac{\partial}{\partial r}.$$

Якщо для усереднення $M(r)$ (5.3) розглядати лише сферично симетричні розв'язки, то застосовуючи оператор L_r до M_r , отримаємо формулу в операторному виді:

$$L_r M = M L_r. \quad (8)$$

Остання інтерпретація дозволяє застосувати означення коливності для дослідження інших типів рівнянь з частинними похідними відмінними від еліптичних. Для більш простого варіанту рівняння (4) з постійними коефіцієнтами (9) умови коливності (неколивності) отримуємо

$$Lu + pu = 0, \quad (9)$$

шляхом приведення його до відповідних звичайних рівнянь. Рівняння (9) в просторі E^n буде коливним, якщо $p > 0$, і неколивним у випадку $p \leq 0$. Останні результати дають можливість передбачення локалізації вузлових ліній (3) при деяких обмеженнях, а отже і меж мікроструктур ЗМВ у композитах.

Література

1. Stukhljak P. Investigation of the phenomenon revealed on phase interface in epoxy-composites / P. Stukhljak, I. Dobrotvor, M. Mytnyk, A. Mykytyshyn // Przetworstwo tworzyw. Polymer processing. 2017 (styczen-luty) – N1 (175)/23, - P. 53-63.
2. Стухляк П.Д. Дослідження впливу природи наповнювачів і товщини покриттів на зміну градієнта кольорів та внутрішні напруження в епоксикомпозитах. / П.Д. Стухляк, І.Г. Добротвор, Р.З. Золотий, А.В. Букетов // Вісник КНУДТ, - №5, - 2006, - С. 82-87.
3. Добротвор И.Г. Условие колеблемости решений одного класса уравнений с бигармоническим оператором в пространстве E^n . Приближенные методы исследований нелинейных колебаний. ИМАН УССР, Киев, - 1983, - С.36-45.

УДК 621.326

Дмитро Іваненко, к.т.н., доцент, Аліна Андрушкевич
Харківський національний університет радіоелектроніки

МАТЕМАТИЧНІ МОДЕЛІ СУЧАСНИХ ПОТОЧНИХ ШИФРІВ

Дана робота присвячена аналізу сучасних потокових шифрів, а також методиці оцінювання поточних шифрів за наступними критеріями: шифрування довгих повідомлень, шифрування коротких повідомлень, ініціалізація / генерація ключових параметрів.

Ключові слова: криптографія, потоковий шифр, швидкісні показники, тестування

Dmytro Ivanenko, Alina Andrushkevych THE MATHEMATICAL MODELS OF MODERNSTREAM CIPHERS

This paper devoted to the analysis of modern stream ciphers and methods of evaluation of stream ciphers on the following criteria: encrypting long messages, encrypting short messages, initialization / key generation parameters.

Key words: cryptography, stream cipher, high-speed performance, testing

Невід'ємною частиною сучасних телекомунікаційних систем є нескінчений потік, послідовність яка гіпотетично може бути нескінченної довжини. Важливою вимогою подібних систем є висока швидкість шифрування, яка може бути забезпечена тільки при застосуванні поточних шифрів.

На сьогодні поточний шифр європейського стандарту повинен відповідати досить високим показникам – сотні Мбіт/с та навіть декілька Гбіт/с, якщо дивитись у майбутнє та робити запас на декілька десятиліть. Ефективне рішення, крім високої продуктивності, повинно мати обґрунтованість, доказану надійність, простоту та масштабованість, завершеність та ясність алгоритму, забезпечувати конфіденційність у каналах передачі інформації.

Розглянемо всесвітньовідомі криптоалгоритми, які стандартизовані на міжнародному або національному рівні, які на сьогоднішній день мають найбільшу довіру та розповсюдження. Розглянемо методику дослідження характеристик поточних шифрів.

Потоковий симетричний шифр «SNOW 2.0» є генератором ключових потоків, який використовує як вхідні дані 128 або 256-бітовий секретний ключ K ; 128-бітовий вектор ініціалізації IV . Шифр є слово-орієнтованим. Алгоритм було стандартизовано у ISO/IEC 18033-4 [1]. Максимально рекомендована кількість біт ключового потоку, виробленого на одній парі (K, IV) дорівнює $23 \cdot 2^{50}$ біт. Це обмеження виправдане з точки зору забезпечення стійкості алгоритму проти криптоаналітичних атак.

Потоковий шифр «Струмок» [2] являє собою класичну схему підсумовуючого генератора. Криптоалгоритм орієнтований на 64-розрядні обчислювальні системи, і, відповідно, розмір слова в шифрі визначено рівним 64 бітам. В якості вхідних даних використовується 512 (або 1024)-бітний секретний ключ K та 512-бітний вектор ініціалізації IV . Шифр за своєю структурою подібний до алгоритму «SNOW 2.0».

Потоковий симетричний шифр «Sosemanuk» – це синхронний програмно-орієнтований потоковий шифр, який відповідає першому профілю конкурсу eESCRYPT [3]. Його довжина ключа може бути обрана між 128 і 256 бітами. Шифр працює з 128 бітовим початковим значенням, при цьому, як стверджується розробниками алгоритму, будь-яка довжина ключа досягає 128-бітного захисту.

Алгоритм Sosemanuk використовує деякі основні принципи потокового шифру «SNOW 2.0» і деякі перетворення, отримані з блокового шифру SERPENT.

Потоковий симетричний шифр «Trivium» – це симетричний апаратно-орієнтований паралельний потоковий шифр проекту eSTREAM (другий профіль) [3], що призначений для генерації 2^{64} біт ключового потоку з 80 біт секретного ключа і 80 біт вектору ініціалізації. Шифр є біт-орієнтованим.

Потоковий симетричний шифр «Eposogo» – апаратно-орієнтований криптоалгоритм [4] (також має і ефективну програмну реалізацію), що є байт-орієнтований шифром із довжиною ключа 128 біти та вектору ініціалізації 64 біти.

Потоковий симетричний шифр «HC-256» – простий, безпечний, програмно-орієнтований шифр [3] з ефективною реалізацією і може вільно використовуватися. Для ініціалізації використовується 256-бітний ключ та вектор ініціалізації довжиною 256 біт. Рекомендована максимальна довжина ключової послідовності – 2^{128} .

Потоковий симетричний шифр «Grain» – симетричний алгоритм синхронного поточного шифрування [3], який орієнтований на використання на обчислювальних машинах з обмеженою кількістю вентилів (gate), невеликими потужністю та обсягом пам'яті. В залежності від апаратної реалізації шифр Grain може бути біт-орієнтованим або слово-орієнтованим. В Grain v1 на вхід подається ключ довжиною 80 біт та вектор ініціалізації довжиною 64 біти. В основі конструкції алгоритму лежать 2 регістри зсуву – з лінійним та нелінійним зворотним зв'язком та вихідна функція. Рекомендована довжина ключового потоку, який може бути вироблено на одній парі ключ/вектор – 2^{44} біт.

Потоковий симетричний шифр «Miskey» – апаратно-орієнтований шифр [3]. Для ініціалізації початкового стану використовуються ключ довжиною 80 біт та вектор ініціалізації довжиною до 80 біт. Максимально можлива довжина ключового потоку дорівнює 2^{40} біт на одному ключі, але з використанням різних векторів ініціалізації одної довжини. Завдяки використанню нерегулярного руху регістрів зсуву, а також нових методів, забезпечується висока стійкість до певних криптоаналітичних атак.

Потоковий симетричний шифр «MUGI» – генератор ключових потоків, який було стандартизовано у ISO/IEC 18033-4 [1]. Шифр MUGI є слово-орієнтованим. У якості початкових даних MUGI використовує 128-бітовий секретний ключ, 128-бітовий вектор ініціалізації. MUGI використовує нелінійні блоки підстановки та лінійні трансформації з використанням MDS матриці алгоритму AES. Основні конструкції шифру подібні до конструкцій шифру Panama.

Потоковий симетричний шифр «Rabbit» – програмно-орієнтований алгоритм, що був представлений на конкурсі eSTREAM [3]. Алгоритм використовує 128-бітний ключ і 64-бітний вектор ініціалізації. На одній парі ключ/вектор може бути вироблено до 2^{67} бітів ключового потоку.

Потоковий симетричний шифр «Salsa 20» [3] – програмно-орієнтований алгоритм, що був переможцем на конкурсі eSTREAM в першому профілі. Для ініціалізації внутрішнього стану використовується ключ довжиною 256 біт, 64-бітний nonce та 64-бітна позиція блоку ключового потоку. Максимальна довжина псевдовипадкової ключової послідовності дорівнює 2^{70} біт.

Блоковий симетричний шифр «AES», який стандартизовано у міжнародному рівні стандартизовано у ISO/IEC 18033-3 [5]. Використовує ключ довжиною 128, 192 або 256 біт. В залежності від довжини ключа відбувається 10, 12 або 14 раундів шифрування. AES базується на принципі, відомому як мережа замін-перестановок та, завдяки цьому, має швидку апаратну та програмну реалізацію. У режимі зворотного зв'язку за виходом цей шифр можна використовувати як потоковий.

Критерієм вибору поточного шифру є зазвичай показники швидкості зашифрування довгих послідовностей та часу ініціалізації/генерації ключових параметрів. У цій роботі була розглянута методика з міжнародного конкурсу eSTREAM. За цією методикою поточні шифри порівнюються за наступними критеріями:

– Критерій зашифрування довгих потоків, поточні шифри мають найбільш потенційну перевагу над блочними шифрами при зашифруванні довгих потоків. Тому цей показник є важливим критерієм оцінки. У дослідженні вимірювався час зашифрування 1Гб даних.

– Критерій зашифрування коротких потоків, цей показник відображає швидкість зашифрування пакетів різної довжини. Кожен виклик функції включає до себе окрему установку вектору ініціалізації (IV), довжина пакетів (40, 576, и 1500 байт) були обрана так, щоб були репрезентивними для телекомунікаційного трафіку. У дослідженні вимірювався час зашифрування пакету, швидкість зашифрування байт на мікросекунду та швидкість зашифрування пакетів на мікросекунду.

– Критерій ініціалізації/генерація ключових параметрів. Окремо відображає ефективність встановлення ключа та вектору ініціалізації. Ці два параметра найменш критичні для відображення швидкості зашифрування пакетів так як зневажливо малі порівнюючи з процесом створення та відновлення ключа. . При дослідженні поточних шифрів були взяті наступні дані: для ключа – 7000 ключових установок (10 ключів на 700 установок на ключ), для вектору ініціалізації – 500 ключових установок (10 ключів на 50 установок); для цих параметрів було зафіксовано загальний час виконання операцій, скільки затрачено циклів на установку та скільки можливо зробити установок за секунду.

Література

1. ISO/IEC 18033-4:2011. Information technology – Security techniques – Encryption algorithms – Part 4: Stream ciphers. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://www.iso.org/iso/home/store/catalogue_ics/catalogue_detail_ics.htm?csnumber=54532
2. Кузнецов О.О., Іваненко Д.В., Белозерцев І.М., Андрушкевич А.В. Алгоритм потокового криптоперетворення «Струмок» // Труды научно-технической конференции с международным участием «Компьютерное моделирование в наукоемких технологиях», 26-31 мая 2016 г. – Х.: ХНУ имени В.Н. Каразина – 2016. – С. 187-190.
3. The eSTREAM Project - eSTREAM: the ECRYPT Stream Cipher Project. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.ecrypt.eu.org/stream/>
4. ISO/IEC 29192-3:2012. Information technology – Security techniques – Lightweight cryptography – Part 3: Stream ciphers. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://www.iso.org/iso/home/store/catalogue_tc/catalogue_detail.htm?csnumber=56426
5. Information technology – Security techniques – Encryption algorithms, Part 3: Block ciphers (ISO/IEC 18033-3) - 80 p.

УДК 004.056.55

Александр Кузнецов¹, Бахытжан Ахметов², Анар Ташимова³

¹ Харьковский национальный университет имени В.Н. Каразина, Украина

² Казахский национальный исследовательский технический университет имени К.И. Сатпаева, Республика Казахстан

³ Актюбинский региональный государственный университет имени К.Жубанова

МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ КЛЮЧЕВОГО РАСПИСАНИЯ БЛОЧНЫХ СИММЕТРИЧНЫХ ШИФРОВ

Исследуются комбинаторные свойства ключевого расписания блочных симметричных шифров в предположении, что цикловые (раундовые) ключи формируются случайно, равновероятно и независимо друг от друга. Для абстрактного описания такого формирования используется модель случайной однородной подстановки. Результаты имитационного моделирования подтверждают достоверность и обоснованность полученных аналитических выражений.

Ключевые слова: ключевое расписание, цикловые ключи, комбинаторные свойства, блочные симметричные шифры.

Alexandr Kuznetsov, Bakhytzhhan Akhmetov, Anar Tashimova MATHEMATICAL MODELS OF THE KEY SCHEDULE OF BLOCK SYMMETRIC CIPHERS

We investigate combinatorial properties of the block symmetric ciphers key schedule in the assumption that the cyclic (round) keys are generated randomly, with equal probability and independently of each other. The model of random homogeneous substitution is used for an abstract description of this formation. The simulation results confirm the accuracy and validity of these analytical expressions.

Key words: key schedule, cyclic keys, combinatorial properties, block symmetric ciphers.

Существование и устойчивое развитие современного независимого государства неразрывно связано с обеспечением информационной безопасности, в том числе в коммерческих и государственных структурах, банковской системе, военно-промышленном и топливно-энергетическом комплексах, в телекоммуникационных и информационно-управляющих системах различного назначения. Для защиты информации в современных информационно-телекоммуникационных системах используется шифрование, под которым понимают обратимое криптографическое преобразование открытых данных для сокрытия их смыслового содержания от неуполномоченного пользователя (злоумышленника). Взаимно-однозначные процессы зашифрования-расшифрования блоков открытого текста (англ. plaintext) и блоков шифртекста (англ. ciphertext) параметризуется ключевыми данными, которые для симметричных криптопреобразований совпадают [1].

Большинство блочных симметричных шифров (БСШ) являются *итеративными* [1], в которых шифрование реализуется посредством циклически повторяющихся обратимых раундовых функций (рис. 1). На каждой итерации БСШ для параметризации раундовых преобразований используются т.н. *раундовые (цикловые) ключи* $K_1^{(x)}, K_2^{(x)}, \dots, K_t^{(x)}$. Они формируются посредством расширения (планирования, расписания) мастер-ключа $K^{(x)}$ (англ. keyscheduling) [1].



Рис. 1. Структурная схема итеративного блочного шифра

Структура ключевого расписания итеративных БСШ, простота формирования и/или взаимозависимость раундовых ключей, лежат в основе известных атак на схемы разворачивания. В частности, наибольшее развитие получили т.н. *сдвиговые атаки* (англ. *slideattack*) [2 - 4], *атаки на связанных ключах* (англ. *related-keyattack*) [5 - 7] и пр. [1]. В простейшем случае схема разворачивания может состоять в повторении мастер-ключа для каждого раунда. Подобный подход использовался при формировании цикловых ключей в советском алгоритме симметричного криптопреобразования ГОСТ 28147-89, являющегося и стандартом шифрования Украины ДСТУ ГОСТ 28147:2009 [1]. Однако в случае, когда на вход каждой раундовой функции (см. рис. 1) подается некоторый ключ, одинаковый для всех раундов, шифр становится уязвимым к сдвиговой атаке [2, 3]. К этому простейшему случаю легко сводится вариант, когда функция разворачивания предполагает циклическое повторение некоторого набора раундовых ключей (шифры с раундовым самоподобием, англ. *roundself-similarityciphers*) [4].

Для противодействия криптоаналитическим атакам на ключевое расписание современные БСШ используют усложненные схемы разворачивания раундовых ключей, построенные, например, на использовании шифроподобных преобразований. К числу таких БСШ следует отнести, в первую очередь, национальный стандарт США FIPS-197 (AES) [8, 9], принятый в 2001 году и являющийся, де-факто, международным алгоритмом, получившим наибольшее распространение в современных протоколах безопасности. Ключевое расписание БСШ AES представляет собой линейный массив 4-х байтовых слов. Первые элементы массива содержат мастер-ключ шифрования, остальные определяются рекурсивно посредством суммирования по модулю два предыдущих элементов. Для некоторых позиций массива дополнительно применяются шифроподобные преобразования, в частности, нелинейная подстановка блока данных, циклический сдвиг и пр. [8, 9]. В результате формируемая последовательность раундовых ключей $K_1^{(x)}, K_2^{(x)}, \dots, K_t^{(x)}$ нелинейно зависит от исходного мастер-ключа $K^{(x)}$, и эта дополнительно внесенная нелинейность позволяет эффективно противостоять сдвиговым атакам на ключевое расписание [1].

Атаки на связанных ключах впервые предложены в [5] и получили дальнейшее развитие в [6, 7]. В частности, в работе [7] предложена первая криптоаналитическая атака на основе связанных ключей на полнораундовые шифры AES-192 и AES-256 (варианты FIPS-197 с длиной ключа 192 и 256 бит). Следует отметить, что приведенные в [7] атаки эффективнее полного перебора мастер-ключей, т.е. можно с уверенностью утверждать о реальном снижении стойкости стандартизированного криптоалгоритма.

Таким образом, атаки на ключевое расписание непрерывно совершенствуются и их возможное использование представляет реальную угрозу безопасности современным информационным системам и технологиям [1 - 7]. Перспективные БСШ должны эффективно противостоять атакам на ключевое расписание, схема разворачивания не должна содержать уязвимостей, обусловленных простотой

формирования и взаимной зависимостью цикловых ключей. Фактически, речь идет о таком «идеальном» разворачивании раундовых ключей, при котором каждый элемент последовательности $K_1^{(x)}, K_2^{(x)}, \dots, K_t^{(x)}$ формируется случайно, равновероятно и независимо от других цикловых ключей. Только в этом случае можно с уверенностью утверждать о бесполезности атак на ключевое расписание, т.к. каждый раунд БСШ параметризируется случайно выбранным значением и будет функционировать независимо от других итераций схемы шифрования (см. рис. 1).

Для описания схемы разворачивания раундовых ключей в данной работе использовалась абстрактная модель случайной подстановки, параметризованная значением мастер-ключа шифрования. Полученные с ее помощью аналитические соотношения позволяют оценить вероятностные свойства цикловых ключей БСШ. В частности, вероятность кратного совпадения раундовых ключей при заданном числе реализаций случайной однородной подстановки (заданном числе мастер-ключей) определяется по формуле Бернулли. Это соотношение дает оценку вероятности такого события, когда на всем множестве мастер-ключей конкретный раундовый ключ будет сформирован хотя бы один раз, т.е. позволяет оценить среднее число различных раундовых ключей на выходе схемы формирования. Последний результат обобщен на последовательности раундовых ключей произвольной длины, т.е. в рамках принятой модели удастся получить численные оценки вероятностных свойств всех элементов ключевого расписания БСШ.

Литература

1. Горбенко І.Д., Горбенко Ю.І. Прикладна криптологія. Теорія. Практика. Застосування: Підручник для вищих навчальних закладів. – Харків: Вид-во «Форт», 2013. – 880с.
2. Biryukov A., Wagner D. Slide Attacks (англ.) //Fast Software Encryption. 6th International Workshop, FSE'99 Rome, Italy, March 24–26, 1999 Proceedings. - Springer Berlin Heidelberg, 1999. - С. 245-259.
3. Chalermpong Worawannotai, Isabelle Stanton A Tutorial on Slide Attacks (англ.). [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.eecs.berkeley.edu/~isabelle/slideattacks.pdf>.
4. Biryukov A., Wagner D. Advanced Slide Attacks (англ.) // Advances in Cryptology - EUROCRYPT 2000. International Conference on the Theory and Application of Cryptographic Techniques Bruges, Belgium, May 14-18, 2000 Proceedings. - Springer Berlin Heidelberg, 2000. - С. 589-606
5. Biham E. New types of cryptanalytic attacks using related keys (англ.) // Springer-Verlag : журнал. - 1994. - № 4. - С. 229-246.
6. Ciet M., Piret G., Quisquater J.-J. Related-Key and Slide Attacks: Analysis, Connections, and Improvements (Extended Abstract). // <http://citeseer.ist.psu.edu> – 2002 – Universite catholique de Louvain, Louvain-la-Neuve, Belgium
7. Biryukov A., Khovratovich D. Related-Key Cryptanalysis of the Full AES-192 and AES-256 (англ.) // Springer Berlin Heidelberg : журнал. - 2009. - С. 1-18.
8. FIPS-197: Advanced Encryption Standard (AES) // National Institute of Standards and Technology. - 2001. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://csrc.nist.gov/publications/fips/fips197/fips-197.pdf>.
9. FIPS-197: Advanced Encryption Standard (AES) // National Institute of Standards and Technology. - 2001. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://csrc.nist.gov/publications/fips/fips197/fips-197.pdf>.

УДК 621.326

Дар'я Макарова, студентка

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

АРХІТЕКТУРА МІКРОСЕРВІСІВ

Сьогоднішні підприємства стикаються з багатьма проблемами які орієнтовані на клієнта в розподільних системах. Парадигма мікросервісів стала «наступною великою річчю» для надання ІТ-результатів для підтримки сучасного підприємства, з безліччю постачальників технологій і послуг. Цей документ надає собою набір рекомендацій та кращих практик щодо ефективного використання та управління програмними компонентами підприємства, ґрунтуючись на кращих концепціях і практиці мікросервісної парадигми розробки програмного забезпечення.

Ключові слова: мікросервісна архітектура, архітектура розробки ПЗ, моноліт, стандарти.

Darya Makarova

MICROSERVICES ARCHITECTURE

Today's Enterprises are facing many challenges in the service oriented, customer experience centric and customer demand driven global environment. Microservice paradigm has emerged as the "next big thing" for delivering IT outcomes to support the modern enterprise, with many technology vendors and. This paper presents a set of recommendations and best practices on the effective use and management of enterprise software components, drawing upon the best of Microservice concepts and practice.

Key words: microservices architecture, computer architecture, monolithic architecture, standards.

Більшість сучасних програм підтримують безліч різних клієнтів, в тому числі настільних браузерів, мобільних браузерів і нативних мобільних додатків. Їм також необхідно інтегруватися з іншими додатками, або через веб-службу або брокер повідомлення. Додаток обробляє запити для виконання бізнес-логіки; доступ до бази даних; обмінюється повідомленнями з іншими системами і повертає відповіді клієнту у вигляді сформованої сторінки, яка містить в собі дані з множин сервісів.

Рішення

Нововведенням в світі розробки тяже ПО, яке вирішує більшість проблем з якими стикаються сучасні проекти стала архітектура мікросервісів Концепція якої полягає в тому, що б розбити моноліт з єдиним ядром, на сервіси, кожен з яких відповідає за свою бізнес-логіку і при необхідності його легко видозмінити без втрати великої кількості часу і без простою всього проекту.

Переваги:

- Кожен microservice є відносно невеликим:
 - Простіше для розробників, щоб зрозуміти,
 - Інструментальна швидше робить розробників більш продуктивними

- Додаток запускається швидше, що робить розробник більш продуктивним, і прискорює розгортання;
- Слабка міжсервісна залежність. Кожна команда може розробляти, розгортати і масштабувати свої послуги незалежно від всіх інших команд.
- Покращена ізоляція несправностей. Вихід з ладу одного з сервісів не впливає на роботу інших. Інші послуги будуть продовжувати обробляти запити. Для порівняння, збій одного з компонентів монолітної архітектури може зупинити всю систему.
- Кожна послуга може бути розроблена і впроваджена незалежно один від одного
- Слабка залежність від стандартів і технологій. При розробці нового сервісу можна вибрати новий набір технологій. Також при внесенні суттєвих змін в існуючу послугу можна переписати його, використовуючи інший набір технологій.

Недоліки:

- Інструменти розробника орієнтовані на будівництво монолітних додатків і не забезпечують явну підтримку для розробки розподілених систем;
- Складність тестування окремих сервісів;
- Реалізація сервісів, які охоплюють кілька послуг вимагає ретельної координації між командами;
- Складність розгортання;
- Підвищене споживання пам'яті. Кожна служба працює у своїй власній віртуальній машині, якій необхідні свої ресурси.

Коли слід використовувати архітектуру мікросервісів?

Одна з проблем, з використанням цього підходу полягає у визначенні, коли має сенс використовувати цю архітектуру. Складна розподілена архітектура, уповільнює розвиток. Це є серйозною проблемою для стартапів, їх вузьким місцем є те, що вони швидко розвиваються. Коли завдання полягає в тому, як масштабувати і використовувати функціональну декомпозицію, заплутані залежності ускладнюють декомпозицію монолітного додатку на набір послуг.

Як розбити додаток на окремі сервіси?

Ще одна проблема полягає у визначенні, як розбити систему на мікросервіси. Для цього є цілий ряд стратегій слідуючи яким можна досягти бажаного результату:

- Розкласти по бізнес процесам і визначити послуги, відповідні бізнес - можливостям.
- Розкласти по доменним областям.
- Розкласти по послугам, які відповідають за конкретні дії.
- Розкласти шляхом визначення служби, які відповідає за всі операції з юридичних ресурсів даного типу.

Ще одна аналогія, яка допомагає при проектуванні послуг є розробка Unix утиліт. Unix надає велику кількість утиліт. Кожна утиліта робить рівно один функціонал і може бути об'єднана з іншими, використовуючи скрипт для виконання складних завдань.

Як зберегти цілісність даних?

Для того, щоб забезпечити слабкий зв'язок між сервісами необхідно, що б кожна послуга мала свою власну базу даних. Підтримка цілісності даних між службами є однією з головних проблем. Мікросервісна архітектура підтримує кілька способів

надійного відновлення даних і публікації подій, включаючи Event Sourcing і журнал транзакції.

Практика відомих компаній.

Більшість великомасштабних веб - сайтів, включаючи Netflix, Amazon і eBay еволюціонували від монолітної архітектури до архітектури мікросервісів.

Netflix, який є дуже популярним відео сервісом, який відповідає за 30% інтернет-трафіку, має великий масштаб, сервіс-орієнтованої архітектури. Вони обслуговують понад мільярд дзвінків в день з більш ніж 800 різних видів пристроїв.

Amazon.com спочатку мав дворівневу архітектуру. Після збільшення вони мігрували в сервіс-орієнтовану архітектуру, що складається з сотень серверних послуг. На сайті Amazon.com додаток контактує з 100-150 послугами, щоб отримати дані, які використовуються для створення веб-сторінки.

Аукціон ebay.com сайт також еволюціонували від монолітної архітектури до сервіс-орієнтованої архітектури. Рівень додатків складається з декількох незалежних сервісів. Кожна програма реалізує бізнес-логіку для конкретної функціональної області, як покупка або продаж.

Є також безліч інших прикладів компаній, що використовують архітектуру мікросервісів.

Підводячи підсумки, то я хотіла б підкреслити, що моя основна мета при написанні цієї статті полягала в тому, щоб пояснити основні ідеї і принципи мікросервісної архітектури. Я вважаємо, що мікросервісний стиль - важлива ідея, що стоїть для розгляду для enterprise додатків. Ця архітектура була успішна протестірована на чималій кількості успішних компаній і швидко прижилася в сфері ІТ.

Література

1. Никита Цуканов. Архитектура микросервисов: [Электронный ресурс]: URL: <http://itnan.ru/post.php?c=1&p=320962>
2. Partitioning Problems in Parallel, Pipelined, and Distributed Computing / Bokhari_S. // IEEE Transactions Computers. –1988 – 57 с.
3. Алексей А.О. Переход от монолита к микросервисам [Электронный ресурс]: URL: <https://habrahabr.ru/post/305826/>.
4. Никита Цуканов. Проектирование и микросервисы для самых маленьких [Электронный ресурс]: URL: <https://habrahabr.ru/post/311208/>
5. Ньюмен С. Создание микросервисов. – СПб.: Питер, 2016. – 304 с.: ил. – (Серия «Бестселлеры O'Reilly»).

УДК 620.91

Максим Слободян, магістр, Валерій Мартинюк, д.т.н., професор
Хмельницький національний університет

МОДЕЛЬ СОНЯЧНОЇ БАТАРЕЇ В СЕРЕДОВИЩІ SIMULINK

В даній роботі представлена спрощена модель фотоелемента сонячної батареї, побудована в середовищі MATLAB/Simulink. Дана модель може бути використана при імітаційному моделюванні систем сонячної енергетики.

Ключові слова: відновлювальні джерела, сонячна енергетика, фотоелемент, сонячна батарея.

Maxim Slobodian, Veleriy Martynyuk A SIMULINK-MODEL OF SOLAR CELL

This paper introduces simple model of single photovoltaic cell developed in MATLAB/Simulink. This model could be used to analyze and simulation of solar systems.

Keywords: renewable resourced, solar energy, photovoltaic, PV-panel.

З кожним роком проблема нестачі енергії та її високої вартості все більше загострюється. Це обумовлено в першу чергу вичерпністю паливних ресурсів та зростанням потреб людства. Використання відновлювальних джерел енергії, зокрема систем сонячної енергетики, покликане вирішити дану проблему.

В основі засобів сонячної енергетики лежить принцип перетворення енергії сонячного випромінювання в інші види енергії, такі як теплова та електрична. Основним елементом таких систем є сонячна панель (батарея), яка складається із набору фотоелементів, з'єднаних послідовно та паралельно.

Сонячний елемент із деяким наближенням може бути представлений еквівалентною схемою:

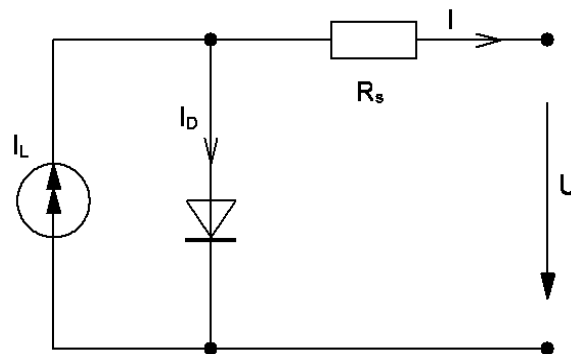


Рис. 1. Еквівалентна схема фотоелемента

$$I = I_L - I_D = I_L - I_0 \left(e^{\frac{q(U - IR_s)}{kT}} - 1 \right) \quad (1)$$

де, I та U – струм і напруга на виході сонячної панелі;

I_L – фотострум, що залежить від сонячного випромінювання;

I_D – струм, що тече через діод;

I_0 – зворотний струм насичення діода (reverse saturation current);

q – елементарний заряд ($q = 1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл);

k – постійна Больцмана ($k = 1,38 \cdot 10^{-23}$ Дж/К);

T – температура в градусах Кельвіна;

R_s – послідовний опір сонячного елемента

На рисунку 2 зображені типові криві, що відображають залежності струму (ВАХ) та потужності на виході фотоелемента від його напруги.

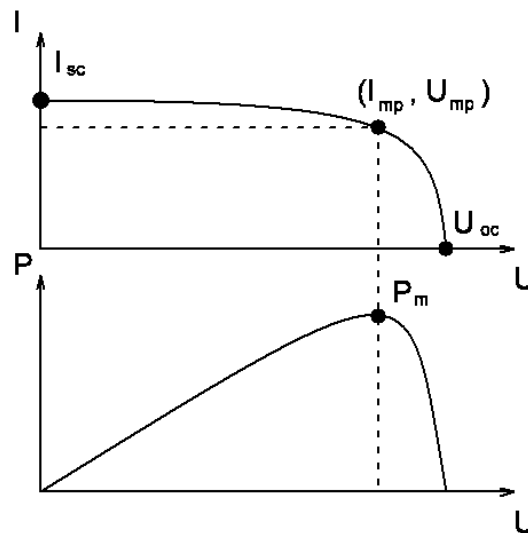


Рис. 2. Графіки залежностей струму та потужності від напруги на виході фотоелемента

Основними характеристиками фотоелементу є струм короткого замикання (short circuit current, I_{sc}), напруга холостого ходу (opencircuitvoltage, U_{oc}), точка максимальної потужності (maximumpowerpoint, P_m), максимальна ефективність (η) та коефіцієнт заповнення (fill factor, f) [1].

Струм I_{sc} – максимально можливе значення струму на виході фотоелемента, що досягається при короткому замиканні ($U = 0$); наближено рівне фотоструму I_L :

$$I_{sc} \approx I_L \quad (2)$$

Значення напруги холостого ходу можна отримати із виразу (1) поклавши $I = 0$ та знехтувавши опором R_s :

$$\frac{U_{oc} \approx \frac{kT}{q} \ln I_L}{I_0} \quad (3)$$

Максимальна потужність, яку може виділити фотоелемент досягається в точці ВАХ, де добуток значень $I \cdot U$ є максимальним (див. рис. 2).

$$P_m = I_{mp} \cdot U_{mp} \quad (4)$$

Точка максимальної потужності змінюється в залежності від потужності сонячного випромінювання (solar irradiance) та температури фотоелемента. На сьогоднішній день існує багато способів відслідковування точки максимальної потужності (maximum power point tracking, MPPT). Одним із найбільш популярних є метод відхилень та спостережень (Perturb and Observe, P&O) [2].

На рисунку 3 зображена імітаційна модель, побудована в середовищі Simulink, яка реалізує ВАХ фотоелемента, визначено рівнянням [1]. Результати моделювання для трьох різних значень сонячного випромінювання ($200, 600$ і $1000 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2}$).

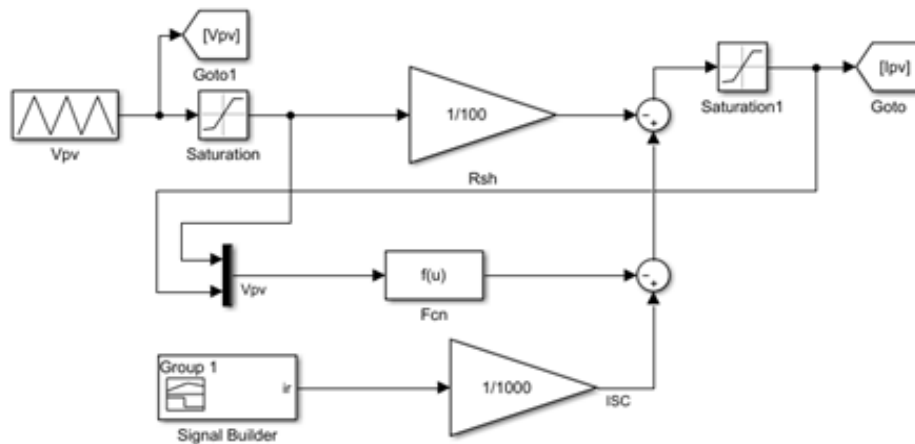


Рис. 3. Модель фотоелемента

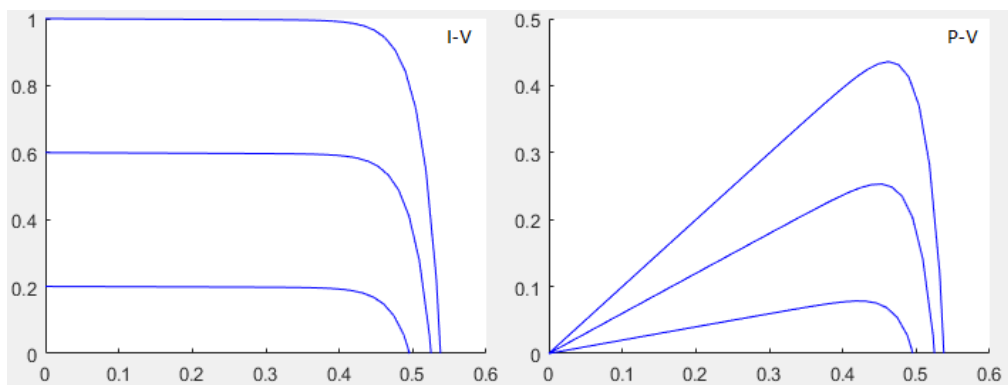


Рис. 4. Результати моделювання: вольт-амперна та вольт-ватна характеристики фотоелемента

Представлена модель може бути використана примодельювання систем сонячної енергетики, наприклад для проектуванні алгоритмів МРРТв середовищі MATLAB/Simulink.

Література

1. Hansen, A. D., Sørensen, P. E., Hansen, L. H., & Bindner, H. W. (2001). Models for a stand-alone PV system. (Denmark. Forskningscenter Risoe. Risoe-R; No. 1219(EN)).
2. S. Sumathi, L. Ashok Kumar, P. Surekha. Solar PV and Wind Energy Conversion Systems. Springer International Publishing Switzerland 2015.
3. Aryuanto Soetedjo, Abraham Lomi, Yusuf Ismail Nakhoda, Awan Uji Krismanto. Modeling of Maximum Power Point Tracking Controller for Solar Power System. TELKOMNIKA, Vol.10, No.3, July 2012, pp. 419~430.

УДК 004.94

Павло Струбицький, к.т.н., доцент, Катерина Пришляк, викладач-стажист
Тернопільський національний економічний університет

АНАЛІЗ ПЛАТІЖНИХ СИСТЕМ ЗА ДОПОМОГОЮ ІМІТАЦІЙНОЇ МОДЕЛІ

Запропоновано нову відмовостійку он-лайн електронну платіжну систему. На основі методу Монте-Карло проведено моделювання поведінки системи електронних платежів, яке дозволило провести аналіз впливу різних факторів на швидкість проведення платежів. Після аналізу всіх можливих сценаріїв відмов, у кожному конкретному випадку пропонується рішення, яке базується на механізмах відкату і відновлення.

Ключові слова: імітаційна модель, платіжна система, відмовостійкість.

Pavlo Strubytskyi, Kateryna Pryshliak

ANALYSIS PAYMENT SYSTEMS USING A SIMULATION MODEL.

Failover A new online electronic payment system. Based on Monte Carlo Simulation conduct electronic payment system that allowed an analysis of various factors on the rate of payments. After analyzing all possible scenarios of failures in each case the proposed solution, which is based on the rollback and recovery mechanisms.

Keywords: A simulation model, payment systems, fault tolerance.

Основна відмінність між он-лайн і оф-лайн електронними платіжними системами полягає в тому, що протокол оплати у випадку он-лайн системи контролюється, перевіряється і авторизується довіреною третьою стороною. В автономних системах оплати протокол виконується тільки між клієнтом і магазином, без довіреної третьої сторони. Таким чином, цей вид електронних платіжних систем може гарантувати більшу свободу для клієнтів, ніж он-лайн системи електронних платежів, але їх головним недоліком є те, що виявлення шахрайства може відбутися тільки після оплати, на основі протоколів депозиту. Це одна з причин, чому он-лайн платіжні системи все частіше використовуються в якості автономних систем. Можна сказати, що в он-лайн електронні платіжні системи забезпечують профілактичну цілісність проведення повноцінних платежів, тоді як оф-лайн системи мають підвищений рівень небезпеки.

На сьогоднішній день реалізовано багато он-лайн систем електронних платежів, і головна мета їх розвитку полягає в забезпеченні рівня необхідної безпеки. Аналіз існуючих систем електронних платежів показав, що реальні системи мають дуже мало вбудованих механізмів відмовостійкості, або вони зовсім відсутні. Пропонується нова он-лайн система електронних платежів, яка аналогічна до існуючих (наприклад, Visa, PayPal), але забезпечує реалізацію механізмів відмовостійкості.

Запропонована он-лайн система електронних платежів використовує транзакції між трьома видами об'єктів: клієнт (платник), електронний магазин (одержувач) і банк (довірена третя сторона). Діаграма послідовностей використання даної системи електронних платежів запропонованої системи показаний на Рис 1.

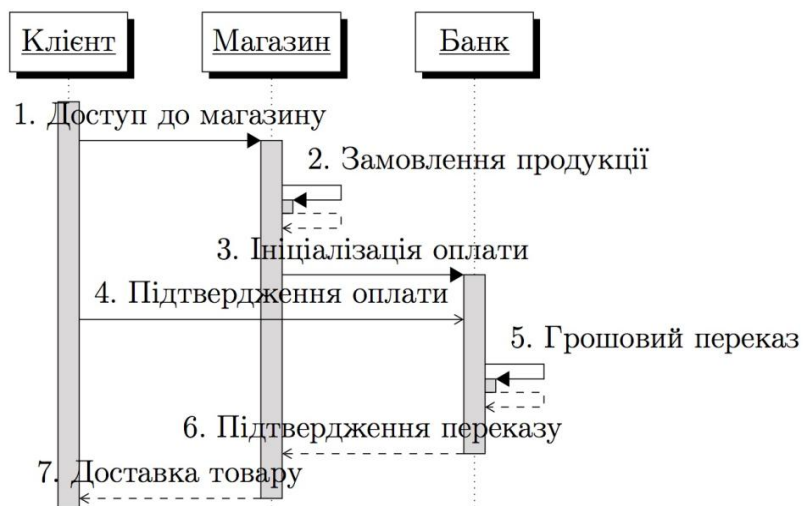


Рис. 1. Архітектура використання системи

Хронологічний порядок подій у випадку інтернет-магазину наступний:

1. Клієнт, використовуючи веб-браузер, отримує доступ до віртуального магазину.
2. Клієнт вибирає один, або кілька продуктів чи послуг магазину, використовуючи свою корзину, і запускає процес оплати.
3. Магазин збирає деяку інформацію для доставки продукції (наприклад, адресу), породжує ID транзакції, зберігає всі дані в базі даних, і перенаправляє браузер клієнта на сайт банку. Магазин відправляє у банк зашифровані ID транзакції, суму грошей і назву магазину.
4. Банк просить клієнта заповнити форму безпеки для аутентифікації: ім'я, номер кредитної картки, дата видачі, строк дії та пароль.
5. Грунтуючись на цих даних, банк перевіряє особу клієнта, терміну дії картки, сума грошей на рахунку, і просить клієнта підтвердити переказ грошей.
6. Якщо банк отримує підтвердження від клієнта, то перераховує запрошену і підтвержену суму грошей на рахунок магазину, зберігає угоду в базі даних, і відправляє підтвердження, використовуючи повідомлення з цифровим підписом.
7. Магазин доставляє оплачений продукт або послугу клієнтові.
8. Магазин зберігає отримані повідомлення підтвердження, які підписані банком. Це повідомлення може бути використана пізніше в якості підтвердження оплати.
9. Клієнт може будь-коли перевірити особистий архів оплати через доступ до сайту банку, використовуючи свої логін і пароль.

Дана система забезпечує анонімність, тому що клієнт не повинен подавати свої реальні особисті дані в магазин, наприклад, своє ім'я, або номер кредитної картки. Клієнт запускає платіж за допомогою банку і тільки банк може ідентифікувати його. Магазин не відправляє в банк всю докладну інформацію покупки (наприклад, перелік замовлених товарів), тільки ID транзакції і суми грошей. Таким чином, магазин не буде знати справжню особу клієнта, і банк не буде знати, що клієнт купує. Магазин знає тільки адресу доставки, і банк знає, магазин і суму грошей, яку використовує клієнт.

Для встановлення заходів необхідного рівня безпеки та стійкості до відмов, проаналізуємо в хронологічному порядку події, які можуть відбуватися в системі, щоб можна було виявити вразливі місця системи електронного платежу.

Для забезпечення безпеки основними рішеннями є:

1. Щоб уникнути небажаного доступу магазину до конфіденційних даних клієнта, пропонується використовувати перенаправлення ідентифікації клієнта та угод оплати сервером банку на сайт відповідних магазинів.

2. Для взаємного ототожнення між клієнт-банк та магазин-банк використовувати нові протоколи ідентифікації наведені в [1].
3. Зв'язки магазин-банк і клієнт-банк проводити у зашифрованому вигляді (Open SSL).

Для забезпечення відмовостійкості проаналізовано всі можливі сценарії відмов і для кожного випадку пропонується рішення, яке базується на механізмах відкату та відновлення.

На основі методу Монте-Карло було проведено моделювання поведінки системи, для того, щоб отримати порівняння ефективності системи електронних платежів з забезпеченням відмов у порівнянні з системою, яка не обробляє втрати зв'язків між клієнтом і банком та магазином і банком. Для цього визначимо події «успіх» і «збій» по відношенні послуг, які надаються електронною платіжною системою:

$$\begin{aligned} \text{Success} &= (\text{payment} \wedge \text{devivery}) \vee (\overline{\text{payment}} \wedge \overline{\text{devivery}}), \\ \text{Malfunction} &= (\text{payment} \wedge \overline{\text{delivery}}) \vee (\overline{\text{payment}} \wedge \text{delivery}) \end{aligned}$$

Щоб заповнити таблиці істинності для "SuccessU" (успіх в простій системі) і "SuccessT" (успіх у відмовостійкій системі) при роботі системи в цілому, проаналізуємо архітектуру послідовностей роботи системи. Усі можливі ситуації збоїв у випадках втрати повідомлень між об'єктами або помилковими повідомленнями можна згрупувати у вигляді таблиці. При аналізі використано чотири логічних змінні M_1, M_2, M_3 і M_4 { $M_i = 1$ – доставлене повідомлення, $M_i = 0$ – втрачене або помилкове повідомлення), які описують основні зв'язки між об'єктами платіжної системи: M_1 – клієнт-магазин; M_2 – магазин-банк; M_3 – клієнт-банк; M_4 – банк-магазин.

Проаналізувавши отримані дані можна спостерігати цікаву річ: перша змінна не впливає на значення двох функцій. Це можна пояснити тим, що операції людини можна розглядати у будь-якому випадку як «відмовостійкий фактор» – вона може повторити свої останні виконані дії, або може переслати повідомлення, або навіть може заповнити відповідну форму заново. Змінні M_2 і M_4 описують той же канал зв'язку, тільки напрямком повідомлень відрізняється. Алгоритм обчислення успішності в обох випадках використовує три змінні M_2, M_3 і M_4 .

Програмна реалізація моделі генерує послідовно різні випадки збоїв в системі на двох ділянках: магазин-банк і клієнт-банк, сканування всіх наявних можливостей. Для кожної обраної комбінації типу `shoprate – clientbankmessagelossrate`, програма багаторазово обчислює значення функцій $f1 = \text{successU}$ і $f2 = \text{successT}$, відповідно, за допомогою генератора випадкових чисел.

Можна спостерігати 10% збільшення швидкості успіху операцій в відмовостійкої випадку, в основному викликані успішним уникненням збоїв, що виникли в стороні клієнта.

Література.

1. Poszet O., Vári-Kakas S., Novac O., Drăgan H., Ignat I.: Efficiency of Identification Protocols in Electronic Payment Systems, Annals of the University of Oradea, Volume Electrotechnics, Session Computer Science and Control Systems, 2005, pp. 118-121

УДК 519.816

Надія Тимофієва, д.т.н., ст. наук. співр.

Міжнародний науково-навчальний центр інформаційних технологій та систем НАН та МОН України

ОДИН ЕВРИСТИЧНИЙ АЛГОРИТМ КОНТРОЛЮ ТОПОЛОГІЇ ДРУКОВАНИХ ПЛАТ, ЩО ҐРУНТУЄТЬСЯ НА РОЗПІЗНАВАННІ ВХІДНОЇ ІНФОРМАЦІЇ

Описано евристичний алгоритм контролю топології друкованих плат, що ґрунтується на розпізнаванні структури вхідної інформації. В ньому реалізовано підхід, який використовується в ручному режимі та неявно моделюється функція зору людини.

Ключові слова: Комбінаторна оптимізація, комбінаторна конфігурація, контроль друкованого монтажу, евристичні алгоритми.

Nadija Tymofijeva

ONE HEURISTIC ALGORITHM CONTROL OF TOPOLOGY PLATES BASED ON RECOGNITION OF INPUT DATA

The heuristic algorithm of control of topology plates based on the recognition of structure of input data is described. In it realized the method which used in manual mode and implicitly modeled the function of the sight of human.

Keywords: combinatorial optimization, combinatorial configuration, control of the topology plate, heuristic algorithms.

Вступ. Розглядається проблема контролю друкованого монтажу, яка виникає при проектуванні обчислювальної апаратури. При величезних масивах вхідної інформації ця задача є *NP*-повною. Для її розв'язання в реальному часі використано евристичний алгоритм, який ґрунтується на розпізнаванні вхідної інформації так, як це проводиться в ручному режимі.

Основна частина. Для розв'язання задач із класів задач комбінаторної оптимізації виділимо такі основні підходи: а) ітераційні методи та алгоритми, що ґрунтуються на частковому переборі варіантів, б) методи та алгоритми, що ґрунтуються на розпізнаванні структури вхідної інформації.

Підходи, які ґрунтуються на розпізнаванні структури вхідної інформації, називають евристичними, такими, в яких моделюються правила вибору оптимального рішення людини в ручному режимі. Тобто, під евристичними алгоритмами розуміють способи прийняття рішень подібні до того, як це робить людина, та побудовані на інтуїтивних міркуваннях, що спираються на попередній досвід. Якщо проаналізувати методи, що ґрунтуються на розпізнаванні структури вхідної інформації, то можна побачити, що в них неявно моделюється функція зору людини. До них відносять підходи, які складно формалізувати та неможливо довести їхню точність. Використання евристичних алгоритмів дуже поширене в задачах розпізнавання різної природи. Для багатьох практичних проблем ці алгоритми чи не єдиною можливий шлях для отримання задовільного рішення в реальному часі. Іноді такий алгоритм може бути точним, тобто він знаходить дійсно найкраще рішення, але його називають евристичним із-за неможливості довести їхню точність. Ці методи ефективні за швидкістю, але досить часто результат, одержаний за їхньою допомогою, далекий від оптимального. З цієї причини методам б), незважаючи на те, що саме їхнє використання ефективно при розв'язанні задач обчислювального інтелекту, в літературі достатньої уваги не приділяють.

Нижче опишемо евристичний алгоритм розв'язання прикладної задачі з автоматизованого проектування друкованих плат, в якому використано метод, що ґрунтується на розпізнаванні структури вхідної інформації.

При внесенні змін у результати автоматичного проектування обчислювальної апаратури особливо важливою є задача контролю топології, тобто встановлення відповідності друкованого монтажу заданій електричній схемі. Як правило, її розв'язують таким чином. Спочатку за топологією друкованого монтажу формують список електричних зв'язків. Потім утворений список порівнюють із заданим. Оскільки ця задача відноситься до перебірних, то описаний спосіб контролю вимагає додаткових ресурсів на оперативну пам'ять та збільшує час обчислень. У проектуванні великих інтегральних мікросхем актуальною є проблема оптимізації затраченого на розв'язок поставленої задачі часу. При великих об'ємах вхідної інформації вона може бути нерозв'язною. В цьому разі її необхідно звести до розв'язної.

У запропонованому підході контролю топології друкованого монтажу реалізовано принцип "прозвонки" електричних зв'язків, який використовують при його провірці вручну, тобто розв'язок задачі ґрунтується на розпізнаванні структури вхідних даних. На першому етапі проводиться розфарбування компонент графа, яким задається топологія друкованого монтажу. Кожній компоненті присвоюється свій символ. На другому кроці розпізнаються символи, які знаходяться на місці монтажних отворів плати. Якщо для j -го електричного зв'язку на місці усіх монтажних отворів знаходиться один і той же символ, то друкований провідник відповідає заданому електричному зв'язку, тим самим друкований монтаж відповідає заданій електричній схемі. Розроблений алгоритм виключає процедуру порівняння двох списків, завдяки чому він характеризується величезною швидкістю.

Запропонований підхід для розв'язання поставленої задачі не вимагає додаткової оперативної пам'яті для збереження величезних масивів інформації, а виключення процедури порівняння двох списків прискорює весь хід обчислювального процесу. Вхідними даними в цій задачі є електрична схема та результат трасування провідників, виконаних згідно з заданою схемою. Адреса елементів друкованого монтажу на поверхні задаються ортогональною координатною сіткою, яка нанесена на поверхню.

Електричну схему подамо у вигляді зв'язного неорієнтованого графа G . Його вершинами є номери входів (виходів) модулів (координати x, y), а ребрам поставлено у відповідність електричні зв'язки, які їх з'єднують. Позначимо Φ_G множину, значення якої визначають функціональні характеристики заданої схеми. Відповідно топологію друкованого монтажу подамо у вигляді графа \tilde{G} , вершинами якого є номери вузлів координатної сітки, в яких розміщено монтажні отвори для встановлення виводів модулів. Ребрами цього графу є електричні зв'язки, виконані у вигляді друкованих провідників. Множина $\Phi_{\tilde{G}}$ визначає функціональні характеристики друкованого монтажу. Задача полягає в установленні ізоморфізму графів G та \tilde{G} за необхідності виконання такої умови

$$\Phi_G = \Phi_{\tilde{G}}. \quad (1)$$

Якщо умова (1) виконується, то друкований монтаж відповідає заданій електричній схемі. В іншому разі в топології друкованого монтажу є помилки.

Граф \tilde{G} складається з підграфів $\tilde{G}_j \in \tilde{G}$, $j \in \{1, \dots, K\}$, вершини яких мають між собою електричні зв'язки, але між вершинами різних підграфів такі зв'язки відсутні; де K – кількість $\tilde{G}_j \in \tilde{G}$. З метою збільшення швидкодії та зменшення необхідного об'єму

оперативної пам'яті уведемо процедуру розфарбування усіх елементів $\tilde{G}_j \in \tilde{G}$ різними кольорами. Ця процедура полягає в тому, що всім елементам певного підграфа \tilde{G}_j присвоюється свій символ. Тобто \tilde{G}_j має свій колір. Для зручності j -му кольору поставимо у відповідність певне число $1, 2, \dots, K$. В результаті елементи підграфа $\tilde{G}_j \in \tilde{G}$, який являє собою замкнутий шлях для електричного току мають однакові кольори. Такий підграф являє собою дерево Штейнера. Отже, для виконання умови (1) необхідно, щоб граф \tilde{G} був взаємно однозначним відображенням графа G .

Подамо обчислювальну схему розв'язання задачі контролю топології друкованого монтажу.

1. Перепишемо спискову інформацію про електричні зв'язки, якими задається електрична схема таким чином. Адреси, які відповідають номеру модуля та номеру вивода модуля задамо координатами x, y , які визначаються при розміщенні модулів на друкованій платі певною програмою.

2. Покладемо $j = 1$. Перехід до п. 3.

3. На друкованій платі розпізнаємо друковані елементи (монтажні отвори та друковані провідники), завдяки яким проводиться зв'язок між модулями. Усім друкованим елементам, зв'язаним з j -м монтажним отвором присвоюємо число j . Перехід до п.4.

4. Покладаємо $j = j + 1$. Якщо $j \geq n$ (n – кількість монтажних отворів), переходимо до п. 5. В іншому разі перехід до п.3.

5. Перевіряємо умову (1). Використовуючи спискову структуру електричної схеми, для кожної електричної цепочки у визначених координатах x, y розпізнаємо символ. Якщо в такій точці символ відсутній, то електрична схема не має зв'язку між іншими елементами. Програма виводить інформацію про помилку. В іншому разі перевіряються усі координати x, y електричної цепочки, що знаходяться на платі. Якщо вони мають однакові символи, то дана цепочка з'єднує усі виводи модулів і для неї виконується умова (1). В іншому разі друкований монтаж має помилки. Перехід до п 6.

6. Виведення результатів роботи алгоритму. Перехід до п. 7.

7. Кінець роботи алгоритму.

Отже, використання підходів для розв'язання задач з автоматизованого проектування, що ґрунтуються на розпізнаванні структури вхідної інформації та які називають евристичними, дозволяє знайти глобальний розв'язок поліноміально. За точністю вони не гірші від відомих точних методів, які при збільшенні розмірності задачі є експоненціальними.

Література

1. Климко Э.И. Система автоматизированного контроля топологии многослойных коммутационных плат / Э.И. Климко, А.А. Романов // Электронная пром-сть. – 1987. - №4. – С. 6-8.
2. Тимофеева Н.К. Проблемы контроля топологии печатного монтажа / Н.К. Тимофеева // Численные методы и технология разработки пакетов прикладных программ: Сб. науч. тр. – К., 1990. – С.42–47.

УДК 004.932

Владислав Худов, Ростислав Худов, Ірина Хижняк

Харківський національний університет радіоелектроніки, м. Харків
Харківський національний університет імені В.Н.Каразіна, м. Харків
Харківський національний університет Повітряних Сил ім. Івана Кожедуба

МЕТОД СЕГМЕНТУВАННЯ ЗОБРАЖЕНЬ, ЩО ОТРИМАНІ З БОРТОВИХ СИСТЕМ ОПТИКО-ЕЛЕКТРОННОГО СПОСТЕРЕЖЕННЯ

Робота присвячена сучасним розробкам у галузі сегментування зображень. Встановлено, що основна складність при сегментуванні зображень – врахування різних видів додаткових факторів, таких як: різномірний фон, змінність різних частин зображення, наявність шумів. У зв'язку з цим, з використанням відомих методів сегментування зображень не завжди вдається забезпечити стійкість до різних варіацій параметрів зображень (топологічним, геометричним, фотометричним). Теоретично обґрунтована можливість використання еволюційного методу сегментування оптико-електронних зображень та визначені оптимальні агенти сегментування на оптико-електронних зображеннях.

Ключові слова: сегментування, оптико-електронне зображення, бортові системи, еволюційний метод, агент, маршрут руху.

Vladislav Khudov, Rostislav Khudov, Irina Khizhnyak

METHOD SEGMENTATION OF IMAGES OBTAINED BOARD SYSTEMS OF OPTIC-ELECTRONIC OBSERVATIONS

The given work is devoted to the modern developments in the field of image's segmentation. It is established that the main difficulty with the image's segmentation – accounting various kinds of additional factors, such as: diverse background, variability of different parts of the image, the presence of noise. In connection with this, using known methods of image segmentation is not always possible to provide resistance segmentation methods to the different variations of the image parameters (topological, geometric, photometric). Theoretically proved the possibility of using the evolutionary method of segmentation of optic-electronic images and determined the optimal path segmentation agents in optic-electronic images.

Keywords: segmentation, optic-electronic image, onboard systems, evolution method, the agent route.

В теперішній час результат обробки зображень, що отримані з бортових систем оптико-електронного спостереження, залежить від якості методу сегментування зображення [1, 2]. З аналізу сучасних методів сегментування зображення [2, 3] встановлено, що в теперішній час не існує загальної теорії сегментування зображень, що отримані з бортових систем оптико-електронного спостереження, яка дозволяє отримати вичерпні рекомендації щодо оптимального вибору методу сегментування та набору вхідних даних.

Для сегментування зображення в роботі розглядається еволюційний метод (ЕМ). В найпростішому випадку сегментування зображення можна представити як сукупність наступних ділянок (рис. 1): вихідна точка маршруту (ВТМ), прямі ділянки, кінцева точка маршруту (КТМ). Прямі ділянки проходять через поворотні точки маршруту (ПТМ), в яких відбувається зміна напрямку руху. В простішому ЕМ в кожній ітерації ітераційного процесу m агентами здійснюється пошук рішення та оновлення феромонів на знайденому маршруті. Кожний m -й агент при сегментуванні зображення

починає шлях з ВТМ, послідовно проходить вибрані методом ПТМ і завершує шлях в одній з КТМ. Вибір ПТМ з J можливих здійснюється на основі ймовірнісного правила (1), що визначає ймовірність $P_i^m(t)$ переходу m -го агента в i -у ПТМ з врахуванням привабливості i -ї ділянки маршруту L_i та концентрації феромонів на цій ділянці F_i в момент часу t :

$$P_i^m(t) = \frac{F_i(t)^\alpha \cdot L_i^\beta}{\sum_{j=1}^J F_j(t)^\alpha \cdot L_j^\beta}, \quad (1)$$

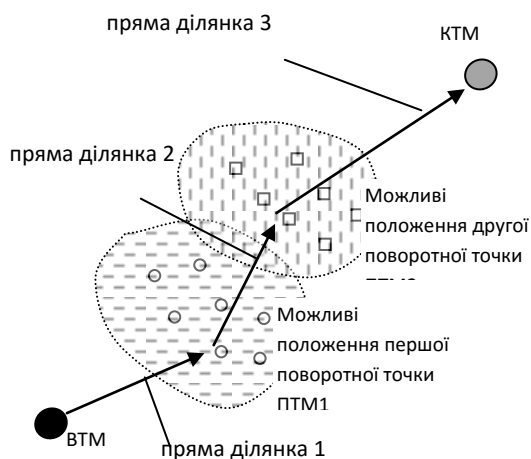


Рис. 1. Приклад представлення маршруту руху на зображенні при сегментуванні зображення

де: $\rho \in [0,1]$ – швидкість випаровування феромону; ΔF_i^m – концентрація феромону на i -й ділянці маршруту, що створюється проходженням m -го агента.

Наводяться результати сегментування оптико-електронного зображення, що отримане з бортової системи оптико-електронного спостереження, з використанням ЕМ.

Література

1. Махно Т.А. Автоматизированная система обработки ультразвуковых изображений сонных артерий на основе эволюционных алгоритмов / Т.А.Махно // Электротехнические и компьютерные системы, 2015. – № 18 (94). – С. 92–99.
2. Худов В.Г. Генетичні алгоритми для сегментування зображень систем оптико-електронного спостереження / В.Г.Худов, О.М.Маковейчук // Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України. – 2016. – № 2. – С. 142–145.
3. Стругайло В.В. Обзор методов фильтрации и сегментации цифровых изображений // Наука и образование. Научное издание МГТУ им. Н.Э.Баумана. [Электронный ресурс]. – URL: <http://technomag.edu.ru/doc/411847.html/> (дата обращения 11.03.2017).

УДК 621.391:519.22

Роман Юзефович¹, к.т.н., доц.; Ігор Яворський^{1,2}, д.ф.-м.н., проф.; Іван Мацько¹, к.т.н.; Оксана Дзерин, магістр

¹Фізико-механічний інститут ім. Г. В. Карпенка НАН України, Львів, Україна

²Інститут телекомунікації Технологічно-природничого університету, Бидгощ, Польща

ДОСЛІДЖЕННЯ ЗМІЩЕННЯ ОЦІНКИ ВЗАЄМОСПЕКТРАЛЬНОЇ ГУСТИНИ ПРИ КОГЕРЕНТНОМУ СПЕКТРАЛЬНОМУ АНАЛІЗІ ВІБРАЦІЙНИХ СИГНАЛІВ

Показано, що когерентна оцінка взаємоспектральної густини є зміщеною. Встановлено, що коли точка усічення корелограми є набагато меншою від значення періоду, то величини зміщень будуть достатньо малими. Однак, при зменшенні точки усічення буде розширятися пік спектрального вікна, що збільшує похибку оцінювання.

Ключові слова: періодично корельований випадковий процес, вібраційний сигнал, взаємна спектральна густина, когерентний аналіз, зміщення оцінки, корелограма.

Roman Yuzefovych¹, Igor Javorskyj^{1,2}, Ivan Matsko¹, Oksana Dzeryn

¹Karpenko Physico-mechanical institute NAS Ukraine, Lviv, Ukraine

²University of Science and Technology Institute of Telecommunication, Bydgoszcz, Poland

INVESTIGATION OF THE BIAS OF THE CROSS-SPECTRAL DENSITY ESTIMATOR FOR THE COHERENT SPECTRAL ANALYSIS OF VIBRATION SIGNALS

It is shown that coherent estimator of cross-spectral density is biased. It is established that in the case when point of correlogram cutoff is significantly less than the period, the values of the biases are quite small. However, decreasing point of correlogram cutoff leads to expanse of spectral windows peak and to increasing of the estimation error.

Key words: periodically correlated random proces, vibration signal, cross-spectral density, coherent analysis, estimator bias, correlogram.

У процесі виявлення та встановленні характеру дефектів обертових механізмів спектральний аналіз вібраційних сигналів відіграє важливу роль [1–4]. Поява дефектів приводить до суттєвих змін властивостей сигналу у спектральній області, а саме до корельованості відповідних гармонічних складових [1, 3]. Ступінь та характер такої корельованості описується спектральними характеристиками періодично корельованих випадкових процесів (ПКВП). Взаємоспектральний аналіз сигналів, відібраних у різних точках механічної системи, дає змогу досліджувати залежності між гармонічними складовими вібрацій і завдяки цьому більш успішно розв'язувати задачі локалізації та типізації дефектів [5]. Для оцінювання взаємоспектральних характеристик за експериментальними даними можуть бути використані як періодограмний, так і корелограмний методи [1]. За останнім оцінки взаємоспектральних характеристик знаходяться на основі інтегральних перетворень Фур'є згладжених оцінок взаємоспектральних характеристик. Для оцінки взаємоспектральної густини тоді маємо:

$$\hat{f}_{\xi\eta}(\omega, t) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} \hat{b}_{\xi\eta}(t, u) k(u) e^{-i\omega u} du, \quad (1)$$

де $k(u)$ – функція вікна: $k(-u) = k(u)$, $k(0) = 1$, $k(u) = 0$ при $|u| > u_m$, u_m – точка усічення корелограми. Для знаходження оцінки взаємкореляційної функції $\hat{b}_{\xi\eta}(t, u)$ можуть бути використані як когерентний, так і компонентний методи. Вибір того чи іншого методу приводить до специфічних властивостей оцінки (1) [6]. Розглянемо

аналіз оцінки (1) для випадку, коли оцінка взаємкореляційної функції обчислюється за когерентним методом, тобто

$$\hat{b}_{\xi\eta}(t, u) = \frac{1}{N} \sum_{n=0}^{N-1} \xi(t+nT) \eta(t+u+nT) - \hat{m}_{\xi}(t) \hat{m}_{\eta}(t+nT),$$

де

$$\hat{m}_{\xi}(t) = \frac{1}{N} \sum_{n=0}^{N-1} \xi(t+nT),$$

$$\hat{m}_{\eta}(t) = \frac{1}{N} \sum_{n=0}^{N-1} \eta(t+nT).$$

Проаналізуємо зміщення оцінки (1). Оскільки [7]

$$E\hat{b}_{\xi\eta}(t, u) = b_{\xi\eta}(t, u) - \frac{1}{N} \sum_{n=-N+1}^{N-1} \left(1 - \frac{|n|}{N}\right) b_{\xi\eta}(t, u+nT),$$

то математичне сподівання оцінки (1) дорівнює

$$E\hat{f}_{\xi\eta}(\omega, t) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} k(u) \left[b_{\xi\eta}(t, u) - \frac{1}{N} \sum_{n=-N+1}^{N-1} \left(1 - \frac{|n|}{N}\right) b_{\xi\eta}(t, u+nT) \right] e^{-i\omega u} du.$$

Використовуючи подання

$$k(u) = \int_{-\infty}^{\infty} \lambda(\omega_2) e^{i\omega_2 u} d\omega_2,$$

$$b_{\xi\eta}(t, u) = \int_{-\infty}^{\infty} f_{\xi\eta}(\omega_1, t) e^{i\omega_1 u} d\omega_1,$$

отримуємо

$$E\hat{f}_{\xi\eta}(\omega, t) = \int_{-\infty}^{\infty} f_{\xi\eta}(\omega_1, t) h(\omega_1 - \omega, u_m) [1 - g(\omega_1, N)] d\omega_1,$$

де

$$g(\omega, N) = \frac{1}{N} \sum_{n=-N+1}^{N-1} \left(1 - \frac{|n|}{N}\right) e^{i\omega n T}. \quad (2)$$

Функцію $g(\omega, N)$ подамо у вигляді $g(\omega, N) = \frac{1}{N^2} \sum_{m,n=0}^{N-1} e^{i\omega(m-n)T}$ і врахуємо, що

$$\sum_{n=0}^{N-1} e^{i\omega n T} = \frac{e^{i\omega N \frac{T}{2}} \sin \frac{\omega}{2} NT}{e^{i\omega \frac{T}{2}} \sin \frac{\omega}{2} T}.$$

Тоді

$$g(\omega, N) = \frac{\sin^2 \frac{\omega}{2} NT}{N^2 \sin^2 \frac{\omega}{2} T}.$$

Функція $g(\omega, N)$ є періодичною з періодом ω_0 : $g(\omega + k\omega_0, N) = g(\omega)$. При цьому $g(k\omega_0, N) = 1$. Якщо $N \rightarrow \infty$, то для всіх $\omega \neq k\omega_0$, $k \in Z$ $g(\omega, N)$ прямує до нуля.

Згладжувальні вікна вибирають так, що при великих u_m функції $\lambda(\omega)$ мають вигляд гострих піків на частоті $\omega = 0$. Якщо взаємоспектральна густина мало змінюється

за частотою на інтервалі, де $\lambda(\omega)$ суттєво відрізняється від нуля, то

$$E\hat{f}_{\xi\eta}(\omega, t) = f_{\xi\eta}(\omega, t) - f_{\xi\eta}(\omega, t) \int_{-\infty}^{\infty} \lambda(\omega - \omega_1) g(\omega_1, N) d\omega_1.$$

Зміщення оцінки (1) при $N \rightarrow \infty$, оскільки функція $g(\omega_1, N)$ в асимптотиці вироджується в одиничні сигнали, прямує до нуля для всіх $\omega \in R$.

Беручи до уваги формулу (2) і подання

$$\lambda(u) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} k(u) e^{-i\omega u} du,$$

вираз для зміщення запишемо у вигляді

$$\varepsilon \left[\hat{f}_{\xi\eta}(\omega, t) \right] = -f_{\xi\eta}(\omega, t) \int_{-\infty}^{\infty} \lambda(\omega - \omega_1) g(\omega_1, N) d\omega_1 = -\frac{f_{\xi\eta}(\omega, t)}{N} \sum_{n=-N+1}^{N-1} \left(1 - \frac{|n|}{N} \right) e^{-i\omega n T} k(nT).$$

Звідси випливає, що зумовлені скінченною довжиною відрізка реалізації зміщення будуть тим меншими, чим на меншому інтервалі $[-u_m, u_m]$ не рівним нулю є кореляційне вікно $k(u)$. Коли точка усічення корелограми u_{\max} є набагато меншою від значення періоду T , то величини зміщень будуть достатньо малими. Однак при зменшенні u_m буде розширятися пік спектрального вікна $\lambda(\omega)$, що збільшує похибку, котрою ми раніше нехтували, покладаючи

$$\int_{-\infty}^{\infty} \lambda(\omega_1 - \omega) f_{\xi\eta}(\omega_1, t) d\omega_1 \approx f_{\xi\eta}(\omega, t).$$

Отже, дослідження оцінки зміщення взаємоспектральної густини при когерентному спектральному аналізі показує, що намагання зменшити зміщення оцінок змінної взаємоспектральної густини приводить до двох протилежних вимог. Взяти до уваги якусь одну з них чи відразу обидві, намагаючись при цьому знайти компромісне рішення, – це залежить від конкретної задачі взаємоспектрального аналізу.

Література

1. Яворський І.М. Математичні моделі та аналіз стохастичних коливань. – Львів : ФМІ НАН України, 2013. – 802 с.
2. Вібродіагностична система “ВЕКТОР” для оцінювання технічного стану енергообладнання методами нестационарного аналізу / Яворський І.М., Юзефович Р.М., Мацько І.Й., Семенов П.О., Сторожук Я.В., Стецько І.Г. // Енергетика та електрифікація. – 2014. – № 11. – С. 50–58.
3. Віброакустична система ВАС-1 для ранньої вібраційної діагностики обертових механізмів / Яворський І.М., Кравець І.Б., Юзефович Р.М., Мацько І.Й., Стецько І.Г., Луферчик П.П. // Наука та інновації. – 2013. – № 3. – С. 31–38.
4. Javors'kuj I., Matsko I., Yuzefovych R., Zakrzewski Z. Discrete estimators of characteristics for periodically correlated random processes // Digital Signal Processing. – 2016. – 53. – P. 25–40.
5. Javorskyj I. Periodically correlated random processes: Application in early diagnostics of mechanical systems / I. Javorskyj, I. Kravets, I. Matsko, R. Yuzefovych // Mechanical Systems and Signal Processing. – 2017. – 83. – P. 406–438.
6. Взаємкореляційний когерентний аналіз періодично нестационарних випадкових сигналів / Яворський І.М., Юзефович Р.М., Кравець І.Б., Мацько І.Й. // Відбір і обробка інформації. – 2012. – № 36 (112). – С. 5–13.

Секція: ОБЧИСЛЮВАЛЬНІ МЕТОДИ ТА ЗАСОБИ В РАДІОТЕХНІЦІ І ПРИЛАДОБУДУВАННІ

Керівники: проф. Богдан Яворський, доц. Василь Дунець

УДК 621.326

Андрій Абрамчук студент, Віталій Добровольський студент, Олег Ратушний студент, Ігор Зелінський к.ф-м.н. доцент
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

S-МОДЕЛЬ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ АВТОГЕНЕРАТОРА НА ПОЛЬОВОМУ ТРАНЗИСТОРИ

Розроблено S-модель для дослідження динамічних режимів в автоколивних системах.

Ключові слова: рівняння Релея, фазовий портрет, LS-автогенератор, RS-автогенератор, блокінг-генератор

Andrii Abramchuk, Vitalii Dobrovolskyi, Oleg Ratushnyi, Igor Zelinsky
S-MODEL FOR RESEARCH OF THE OSCILATOR ON FIELD-EFFECT TRANSISTOR

S-model for the study of dynamical regimes in autooscillating systems is developed.

Keywords: Rayleigh equation, phase traectory, LS-oscillator, RS-oscillator, blocking oscillator

Математичну модель автогенератора (рис.1) можна представити нелінійним диференціальним рівнянням Релея:

$$\ddot{x} - \alpha \dot{x} + \beta \dot{x}^3 + w^2 x = 0, \quad (1)$$

де коефіцієнти $\alpha = 10^9$, $\beta = 2700$, $w^2 = 99100$ -- виражені через параметри елементів схеми (рис.1) і представлені у безрозмірній формі. Параметри кубічної апроксимації характеристики транзистора, прийняті за умови що робоча точка знаходиться на середині робочої характеристики:

$$i_c(U) = I_0 + SU - \frac{SU^3}{3K^2}.$$

Властивості цих коливань мало залежать від початкових умов і визначаються властивостями самої системи.

Аналітично наближений розв'язок рівняння (1) можна знайти для окремих випадків – малих і великих значень α . В загальному ж випадку зручно скористатися запропонованою нижче S-моделлю в середовищі МАТЛАБ, яка дозволяє в наглядний спосіб спостерігати автоколивний процес за різних значень параметрів схеми, задаючи при цьому різні режими його симулювання (чисельні методи інтегрування (1)). Блок-схема S –моделі представлена на рис.1(б), результати симулювання для $\alpha = 10^9$ і $\alpha = 10^{12}$ та $\beta = 2700$, $w^2 = 99100$ показані на рис. 2 (а,б,в,г).

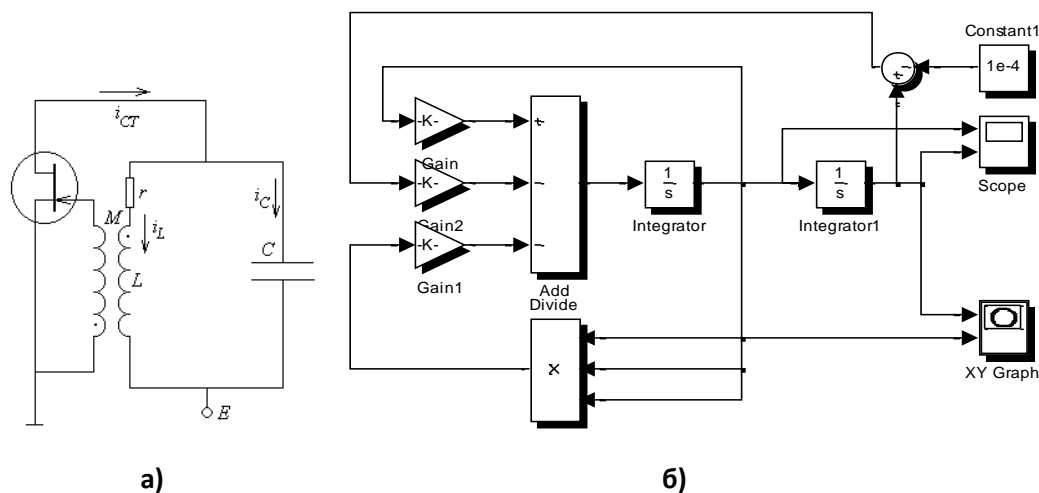
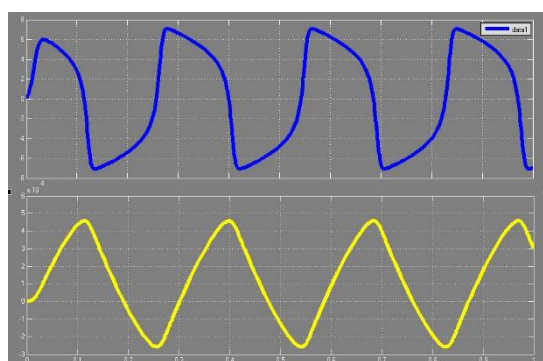
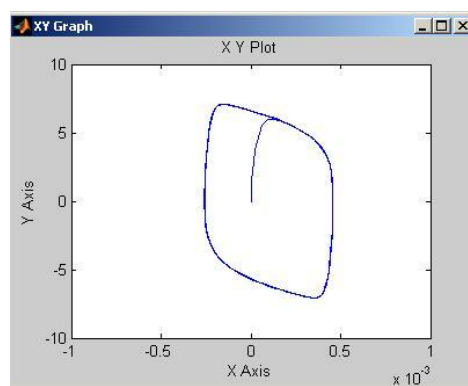


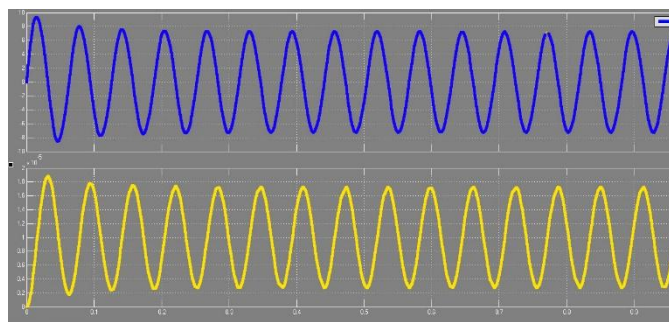
Рис 1. Генератор автоколивань (а) і його S-модель (б)



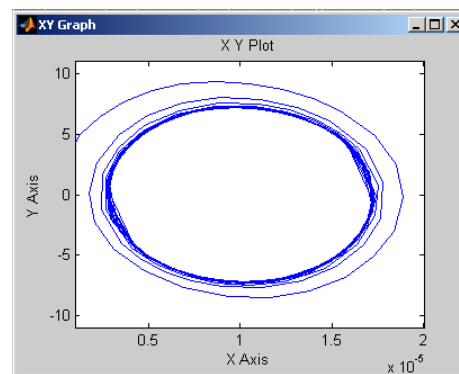
а)



б)



в)



г)

Рис. 2. Результати моделювання за різних значень параметра α .

Слід зазначити, що на запропонованій моделі можна відтворити та досліджувати коливні процеси в механічних та електронних годинниках, LC-автогенераторах, RC-автогенераторах, Рис 2. Динамічні режими (а,в) і фазові портрети системи (б,г) за різних значень мультивібраторів в автоколивному режимі. блокінг-генераторах а також відоме в авіації явище флатера (вібрація крила, що виникає при перевищенні деякої критичної швидкості польоту і може призвести до руйнування літака).

УДК 629.7.615.3

Наталія Ащепкова, к. т. н., Сергій Капера, асп.
Дніпровський національний університет ім. О. Гончара

МОДЕЛЮВАННЯ РУХІВ РОБОТА НАВАНТАЖУВАЧА

Запропоновано метод моделювання взаємодії рухів маніпулятора та рухів шасі робота-навантажувача.

Ключові слова: робот, шасі, маніпулятор, схват, об'єкт маніпулювання

Natalia Ashchepkova, Sergiy Kapera DESIGN OF MOTIONS OF ROBOT OF LOADER.

The method of design of co-operation of motions of manipulator and motions of undercarriage of robot-loader is offered.

Key words: robot, undercarriage, manipulator, kinematics

Об'єкт дослідження робот-навантажувач – керований візок з маніпулятором та вантажним відсіком. Маса та розподіл вантажу змінює інерційні характеристики об'єкту керування під час руху і обумовлює виникнення збурюючих моментів на криволінійних ділянках траєкторії.

Метою дослідження є використання перехресних зв'язків каналів керування рухомими об'єктами. Досягнення цієї мети передбачає:

- складання математичної моделі динаміки робота-навантажувача,
- моделювання та експериментальні дослідження динаміки робота-навантажувача,
- розробка алгоритмів керування шасі та маніпулятором робота-навантажувача.

Завдання системи керування робота:

- ідентифікація перешкод (визначення їх координат і лінійних розмірів);
- синтез траєкторії та розробка законів руху для кожного мотор-колеса;
- контроль руху шасі робота від точки старту до точки фінішу,
- формування керуючих впливів для мотор-колес шасі робота,
- формування керуючих впливів для приводів узагальнених координат маніпулятора

$q_i(t)$.

Методи дослідження. Як приклад, розроблена конструкція й створена модель робота - навантажувача. Синтез системи керування моделі робота - навантажувача здійснений на базі мікропроцесорного блоку Lego NXT.

Якщо маса вантажу порівнянна з масою маніпулятора, то під час руху з приростом вантажу змінюються елементи тензору інерції які є «ваговими» коефіцієнтами взаємного впливу каналів керування.

Методами кінетичного аналізу можна розрахувати значення узагальнених координат маніпулятора $q_i(t)$, що забезпечують кореляцію каналів керування шасі і маніпулятора. При реалізації «бажаної» конфігурації маніпулятора подача керуючого впливу на приводи маніпулятора буде викликати зміну швидкості, прискорення або напрямку руху шасі робота. Пропонований алгоритм заснований на автоматичному самонастроюванні коефіцієнтів підсилення зворотнього зв'язку. Мікропроцесорний блок у режимі реального часу:

- аналізує кореляцію каналів керування,
- переводить маніпулятор в «корисну» конфігурацію,
- синтезує керуючий вплив для забезпечення маневрів робота-навантажувача.

УДК 62.2

Наталя Ащепкова, к. т. н., доцент, Сергій Петров, студент
Дніпровський національний університет ім. О. Гончара

МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ СХВАТОМ ВИРОБНИЧОГО РОБОТУ

Запропоновано метод моделювання системи керування схватом як слідкуючої системи з комбінованим каналом керування.

Ключові слова: виробничий робот, схват, об'єкт маніпулювання, кінематика.

Natalia Ashchepkova, Sergiy Petrov DESIGN OF CONTROL SYSTEM BY A GRIPPER OF MANIPULATOR.

The method of design of control system gripper of manipulator is offered as a tracker system with the combined channel of control.

Keywords: robot, gripper of manipulator, object of manipulation, kinematics.

Схват (загарбний пристрій) виробничого роботу зазвичай являє собою відкритий кінематичний ланцюг, тверді ланки якого з'єднані кінематичними парами п'ятого класу [1]. Положення ланок кінематичного ланцюга маніпулятора визначають за допомогою узагальнених координат $q_i(t)$, ($i=1,2,\dots,n$), що характеризують відносні переміщення у кінематичних парах [1, 2]. Система керування має забезпечити послідовність рухів схвату маніпулятора. Система керування схватом містить ланцюги сигналів "Обертання", "Розжим", "Захват" та ланцюгів у режимах "Навчання" та "Автомат". В режимі "Навчання" здійснюється формування програми руху схвату з послідовністю дій у заданих точках траєкторії, та визначення інтервалу витримки схвату у точці захоплення.

Моделювання системи керування схватом здійснюється на основі рівнянь динаміки за допомогою Mathcad. Систему керування схватом, за наявності датчиків зворотнього зв'язку, можна визначити як слідкуючу систему з комбінованим каналом керування. Для моделювання системи керування схватом [3]:

- визначимо початкові дані;
- сформуємо вектор шуканих параметрів (керуючих впливів) та задамо проміжок часу;
- сформуємо вектор - стовпець правих частин системи диференціальних рівнянь у математичній моделі;
- обираємо метод розв'язання системи диференціальних рівнянь;
- здійснюємо аналіз та можливу корекцію обчислень.

Моделювання системи керування схватом дозволяє на етапі проектування: визначити необхідну кількість датчиків зворотнього зв'язку, сформувати керуючі впливи, обчислити контактні зусилля між губками схвату та об'єктом, обрати кінематичну схему та вдосконалити конструкцію.

Література

1. Механика промышленных роботов. Кн.1. Кинематика и динамика: учеб. пособие / Е. И. Воробьев, С. А. Попов, Г. И. Шевелёва. / под. ред. К. В. Фролова, Е. И. Воробьева. – К.: Вища школа, 1988. – 304 с.
2. Бурдаков С. Ф. Проектирование манипуляторов промышленных роботов и роботизированных комплексов / С. Ф. Бурдаков, В. А. Дьяченко, А. Н. Тимофеев // М.: Высшая школа, 1986. – 264 с.
3. Кудрявцев Е. М. Mathcad 2000 Pro / Е. М. Кудрявцев – М.: ДМК Пресс. – 2001. – С. 530–540.

УДК 629.7.615.3

Наталія Ащепкова, к. т. н., доцент, Тимур Чулков, студент
Дніпровський національний університет ім. О. Гончара

МОДЕЛЮВАННЯ ВЗАЄМОДІЇ «ЗАГАРБНИЙ ПРИСТРІЙ - ОБ'ЄКТ»

Запропоновано метод моделювання взаємодії елементів кінематичного ланцюгу «загарбний пристрій - об'єкт- прилаштування». Правильний підбір губок загарбних пристроїв, покращує контакт та зменшує деформації.

Ключові слова: виробничий робот, схват, об'єкт маніпулювання, кінематика

Natalia Ashchepkova, Timur Chulkov

MODELING OF CO-OPERATION A «GRIPPER OF MANIPULATOR - OBJECT».

A method is offered design of co-operation of kinematic chain's elements a «gripper of manipulator - object - rigging». Correct selection of sponges of manipulator's gripper, improves contacts and diminishes deformations.

Keywords: robot, gripper, object, kinematics

Взаємодія загарбного пристрою з об'єктом маніпулювання і технологічним прилаштуванням передбачає необхідність компенсації неточностей їхнього взаємного положення.

У випадку ідеального взаємного положення об'єкту 2 і губок загарбного пристрою 1, при захопленні на об'єкт діє тільки зусилля затискання (рис. 1, а, поз. I). Однак у реальних умовах через зовнішні збурення, похибки орієнтації захвату і неточності переносних рухів виникають погіршеності розташування об'єкта щодо затискних елементів (губок) загарбного пристрою. Це обумовлює небезпечні навантаження (зокрема, момент M_k) у кінематичному ланцюгу «загарбний пристрій 1 - об'єкт 2 - прилаштування 3» (рис. 1,а, поз. II) [1].

З метою запобігання цього небажаного явища при взаємодії загарбного пристрою з об'єктом довільної форми, закріпленим у нерухливому оснащенні, необхідно забезпечити піддатливість у ланцюзі по шести напрямках: уздовж трьох взаємно перпендикулярних осей і навколо них. Число напрямків може бути зменшене завдяки особливостям взаємодіючих форм об'єкта й губок, умовам закріплення об'єкта й піддатливості елементів оснащення (рис. 1, б) [2].

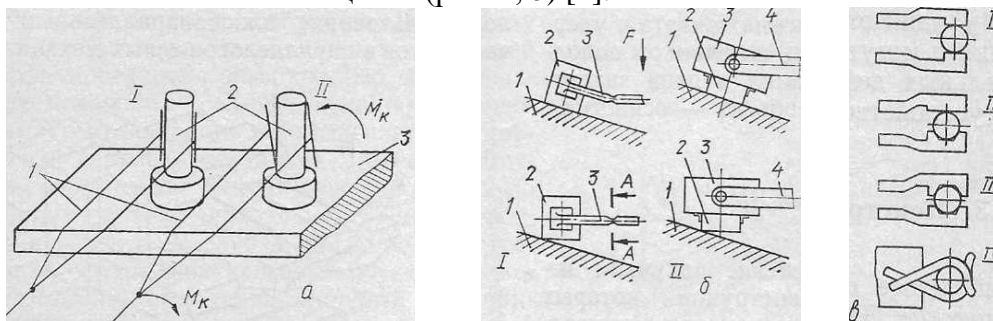


Рис. 1. Схеми взаємодії загарбного пристрою з об'єктом (а, б) і найпоширеніші форми губок (в)

Зокрема, при установці об'єкта 2 на похилу поверхню 1 настановне зусилля F (рис. 1, б, поз. I) може стати джерелом деформації в елементах конструкції загарбного пристрою 3, внаслідок чого відбудеться його ушкодження (наприклад, у перетині А-А).

Наявність шарнірного з'єднання корпуса 3 загарбного пристрою з рукою 4 виробничого роботу (рис. 1, б, поз. II) дозволяє уникнути цього явища.

Збільшувати піддатливість інших ланок кінематичного ланцюга маніпуляційної системи виробничого роботу із метою виключення деформації недоцільно, тому що піддатливість, наведена до загарбного пристрою буде залежати від розташування (далекості) цих ланок. Тому прагнуть забезпечити піддатливість за рахунок елементів загарбних пристроїв [3].

Запропонований метод моделювання взаємодії елементів кінематичного ланцюгу «загарбний пристрій - об'єкт- прилаштування» дозволяє на етапі проектування визначити контактні сили і моменти і обрати оптимальну конструкцію губок схвату. Для вибору конструктивного виконання затискного елемента розглядають оптимальні умови реалізації кінематичного зв'язку «загарбний пристрій - об'єкт», щодо забезпечення достатніх і не надлишкових зв'язків на об'єкт при його захопленні й утриманні. Найпоширеніші форми контактних наконечників (губок) загарбних пристроїв представлені на рис. 1, в (I - плоскі; II, III - призматичні; IV -циліндричні).

Моделювання здійснюється у середовищі Mathcad на основі математичної моделі динаміки взаємодії елементів кінематичного ланцюгу «загарбний пристрій - об'єкт- прилаштування» для наступних режимів руху:

- захоплення об'єкту;
- відрив від базової поверхні;
- утримання об'єкту у критичних точках траєкторії;
- гальмування;
- базування об'єкту.

При наявності твердих губок загарбний пристрій теоретично може контактувати з поверхнею об'єкта не більш, ніж у трьох крапках, які і є крапками накладення зв'язків на захоплюваний об'єкт. Важливо, щоб кількість зв'язків була достатня для втримання об'єкту, а місця їхнього накладення не стали перешкодою для виконання технологічної операції. На практиці непрямолінійність утворюючих, неточність виготовлення й погрішності форми об'єкту приводять до збільшення кількості крапок контакту.

Правильний підбор губок загарбних пристроїв сприяє знищенню надлишкових зв'язків, покращує контакт при захопленні й утриманні об'єкту та зменшує деформації у ланцюзі «загарбний пристрій - об'єкт - прилаштування».

Література

1. Механика промышленных роботов. Кн.1. Кинематика и динамика: учеб. пособие / Е. И. Воробьев, С. А. Попов, Г. И. Шевелёва. / под. ред. К. В. Фролова, Е. И. Воробьева. – К.: Вища школа, 1988. – 304 с.
2. Бурдаков С. Ф. Проектирование манипуляторов промышленных роботов и роботизированных комплексов / С. Ф. Бурдаков, В. А. Дьяченко, А. Н. Тимофеев // М.: Высшая школа, 1986. – 264 с.
3. Шахинпур М. Курс робототехники. Пер. с англ. / М. Шахинпур. –М.: Мир, 1990.– 527 с.
4. Кудрявцев Е. М. Mathcad 2000 Pro / Е. М. Кудрявцев – М.: ДМК Пресс. – 2001. – С. 530–540.

УДК 621.326

**Віра Пастернак аспірант, Степан Машталяр аспірант, Юрій Баліцький студент,
Давид Мариненко студент**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

МОДЕЛЮВАННЯ ПРИВІДНИХ ЗУСИЛЬ ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЗАДАНОГО ПЕРЕМІЩЕННЯ ДВОЛАНКОВОГО МАНІПУЛЯТОРА

Відтворено процес зміни керуючих моментів для забезпечення заданого переміщення роботи деталі дволанковим маніпулятором в горизонтальній площині
Ключові слова: Дволанковий маніпулятор, привідні моменти, принцип Лагранжа

**Vira Pasternak, Stepan Mashtaliar, Yuri Balitsky, Davyd Marynenko
DRIVE EFFORTS MODELING TO ACHIEVE A NECESSARY TWO-LINK
MANIPULATOR MOVEMENT**

Reproduced process for the control actuators changing to provide working details of a given two-link manipulator in the horizontal plane

Keywords: two-link manipulator, control actuators, Lagrange rule.

На прикладі дволанкового маніпулятора із двома степенями вільності, що функціонує у горизонтальній площині і забезпечує задане переміщення деталі за умови м'якого контакту з обмежувачами руху розглянуто моделювання процесів, які відтворюють зміну поступального і обертового керуючих моментів протягом часу виконання заданої операції. Задача моделювання включає наступні етапи:

- 1) синтез закону кутового переміщення ланки 1 протягом заданого часу з дотриманням умов нульових кутових швидкості і прискорення при контакті з обмежувачами:

$$\varphi(t) = \varphi_0 + (\varphi_\tau - \varphi_0) \left(\frac{t}{\tau} - \frac{\sin \left[\frac{2\pi t}{\tau} \right]}{2\pi} \right),$$

де τ – час виконання операції, φ_0, φ_τ – початкове і кінцеве кутове положення ланки .

- 2) представлення в аналітичній формі математичної моделі поступального і кутового переміщення ланок на основі принципу Лагранжа:

$$\frac{d}{dt} \left(\frac{\partial W}{\partial \dot{x}} \right) - \frac{\partial W}{\partial x} = Q,$$

Де W – кінетична енергія системи, x – узагальнена координата, стосовно конкретної степені вільності, Q – привідне зусилля.

- 3) представлення отриманих аналітичних залежностей для керуючих зусиль лінійною суперпозицією сталої складової і гармонічних компонент з періодами кратними тривалості операції.

На рис.1 приведено процеси необхідної зміни поступального (а) і обертового (б) моментів для забезпечення виконання операції та їх апроксимацію суперпозицією сталої складової і гармонік до третього порядку кратності включно.

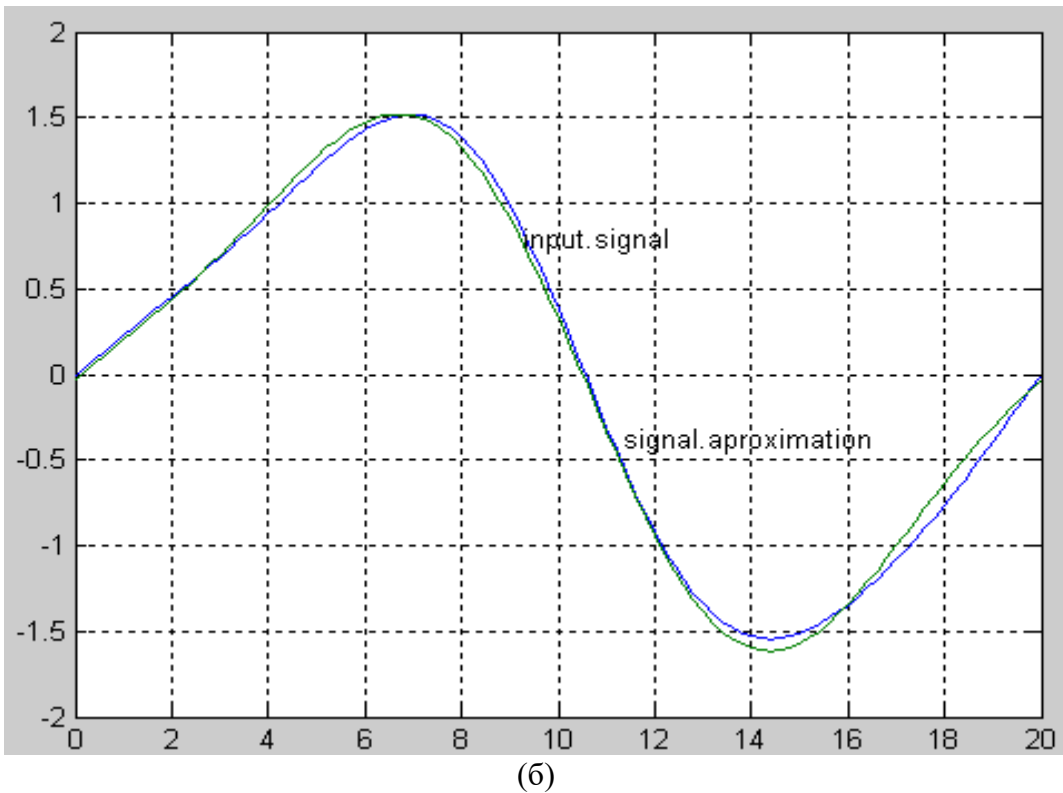
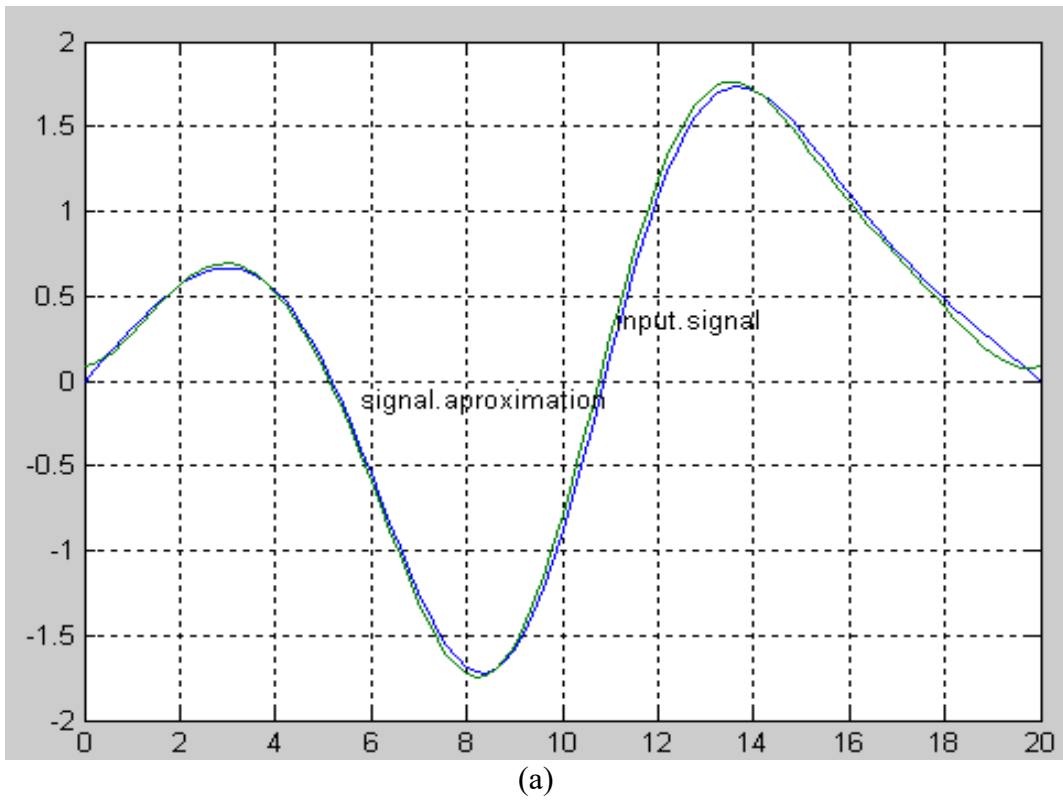


Рис. 1. Модельовані привідні моменти і їх апроксимація: поступальний момент (а) і обертовий (б)

УДК 629.735.083.2:620.179.1:004.032.26

Надія Бурау, д.т.н., професор, Сергій Рупіч, аспірант
Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ БАГАТОКЛАСОВОГО НЕЙРОМЕРЕЖЕВОГО РОЗПІЗНАВАННЯ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ОБ'ЄКТІВ ЗА ДІАГНОСТИЧНИМИ ОЗНАКАМИ РІЗНИХ ПОРЯДКІВ

Роботу присвячено дослідженню ефективності класифікатора на основі імовірнісної нейронної мережі для багатокласової діагностики складних просторових об'єктів з багатоосередковими пошкодженнями. Для розпізнавання технічного стану використовуються багатовимірні вектори діагностичних ознак, які, в загальному випадку, можуть мати значення різних порядків. У результаті навчання та тестування нейромережевого класифікатора визначено інтервал значень параметру впливу мережі для безпомилкового багатокласового розпізнавання технічного стану об'єкта.

Ключові слова: багатокласова діагностика, розпізнавання стану, вектор діагностичних ознак, нейромережевий класифікатор, параметр впливу, ефективність розпізнавання.

Nadiia Bouraou, Sergii Rupich
COMPARATIVE ANALYSIS OF EFFICIENCY OF THE NEURAL MULTI-CLASS RECOGNITION OF OBJECTS TECHNICAL CONDITION FOR DIAGNOSTIC FEATURES OF DIFFERENT ORDERS

The work is devoted to research efficiency classifier based on probabilistic neural network to multi-class diagnosis of complex spatial objects at the presence of multi-site damages. Multidimensional vectors of diagnostic features are used for recognition of technical condition, features are values of different order. The classifier is trained and tested, the values range of network influence parameter is obtained for correct multi-class recognition.

Key words: multi-class diagnosis, recognition, diagnostic features, neural network.

Оперування великими масивами нелінійної інформації є невід'ємною частиною розвитку сучасних інтелектуальних та / або інтелектуалізованих систем моніторингу складних технічних об'єктів, що вимагають використання інтелектуальних інформаційних інструментів (технологій). Розроблені методи, методики та технології діагностування як окремих елементів конструкції, так і об'єктів в цілому, надають можливість створити діагностичні системи нового класу – багатоканальні системи моніторингу. Важливим етапом моніторингу є розпізнавання технічного стану (ТС) об'єкта контролю (ОК) за результатами вимірювань та аналізу діагностичної інформації. Якщо зародження та розвиток пошкоджень в елементах конструкції складного просторового об'єкта призводять до багатокласовості об'єктів як у часовому, так і в просторовому вимірах, то для безаварійної та ефективної експлуатації таких об'єктів необхідно забезпечити багатокласову діагностику для своєчасного виявлення пошкоджень та моніторингу їхнього розвитку. Для вирішення цієї задачі пропонується розробка класифікатора стану ОК на основі імовірнісної нейронної мережі.

Розглядається задача багатокласової діагностики. Технічний стан складного об'єкту описується деяким вектором діагностичних ознак A_0 . Елементи вектору A_0 - діагностичні ознаки, визначені в результаті обробки діагностичної інформації. Загалом, стан ОК може характеризуватися різними ознаками a_i , такими як спектральні, кореляційні, фрактальні, статистичні характеристики вимірюваних сигналів.

У роботі розглянуто вектор діагностичних ознак A_0 , що містить 5 елементів. Відповідно, у загальному випадку ТС описується 6-ма класами: один бездефектний стан (S_0) та інші стани ($S_1 - S_5$), які характеризують появу та розвиток пошкодження. Діагностичні ознаки у векторі A_0 для різних класів характеризуються відхиленнями своїх значень, зокрема для дефектних станів відхилення перевищує допустиме значення $\Delta_0 = \pm 5\%$ від a_i , за якого ТС об'єкту вважається бездефектним.

Розглядається 2 випадки векторів діагностичних ознак, коли діагностичні ознаки відрізняються на порядок. У першому випадку величини діагностичних ознак a_i належать проміжку значень від 1 до 10. У другому – до проміжку значень від 0 до 1.

Для кожного випадку було сформовано вектори навчальних та тестових множин. Навчальними відхиленнями значень діагностичних ознак прийнято $\pm \Delta_M$: $\pm 5,5\%$; $\pm 10\%$; $\pm 15\%$; $\pm 20\%$; $\pm 25\%$; $\pm 50\%$. Було згенеровано вектори тестових множин з такими відхиленнями значень діагностичних ознак δ : $\pm 2,5\%$; $\pm 6\%$; $\pm 9\%$; $\pm 10\%$; $\pm 12\%$; $\pm 15\%$. Деякі з них ($\delta = \pm 10\%$; $\pm 15\%$) співпадають з навчальними Δ_M для того, щоб відтворити правильність класифікації за навчальними векторами.

Проведено навчання та визначено діапазон значень параметру впливу класифікатора (*spread*), за якого відбувається безпомилкове розпізнавання ТС об'єкту. Параметр *spread* накладає функціональні обмеження на точність та якість класифікації, його значення завжди лежить в межах діапазону $[0; 1]$ та визначається експериментально. Ефективність класифікатора оцінюємо коефіцієнтом K , який визначається у відсотках як відношення кількості векторів, які правильно класифікуються N_1 , до загальної кількості вхідних векторів N_0 . Результати досліджень наведено на рис. 1 та рис. 2.

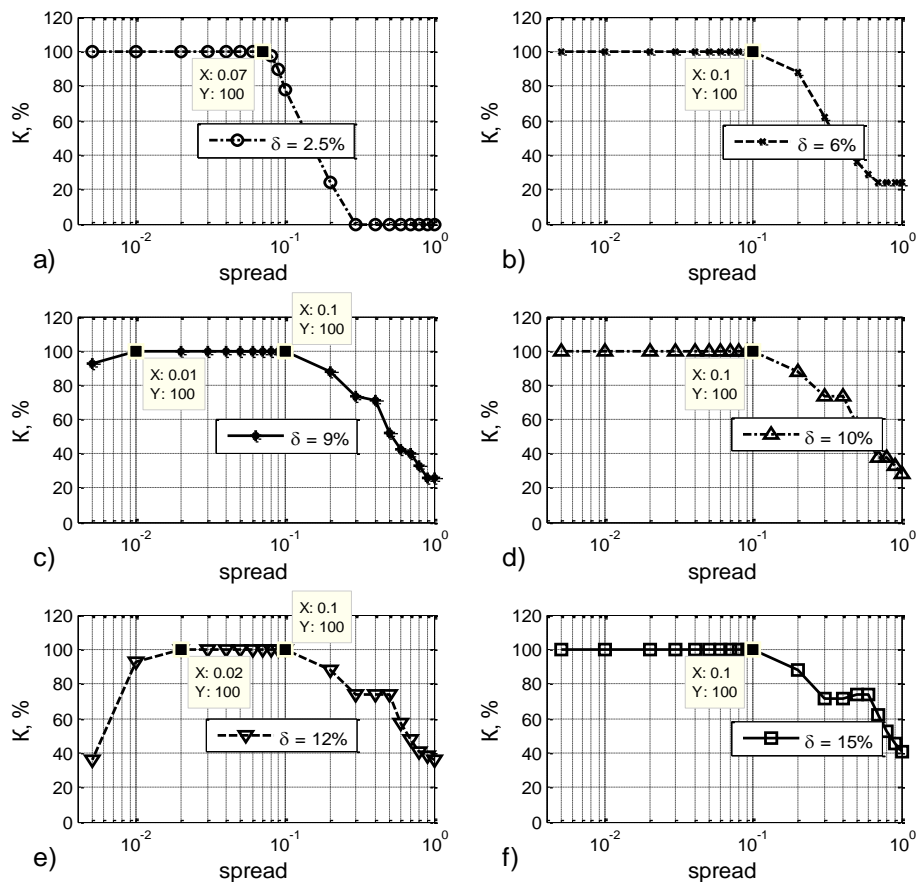


Рис. 1. Залежність параметра ефективності класифікатора від параметра впливу *spread* для діапазону значень діагностичних ознак a_i у від 1 до 10

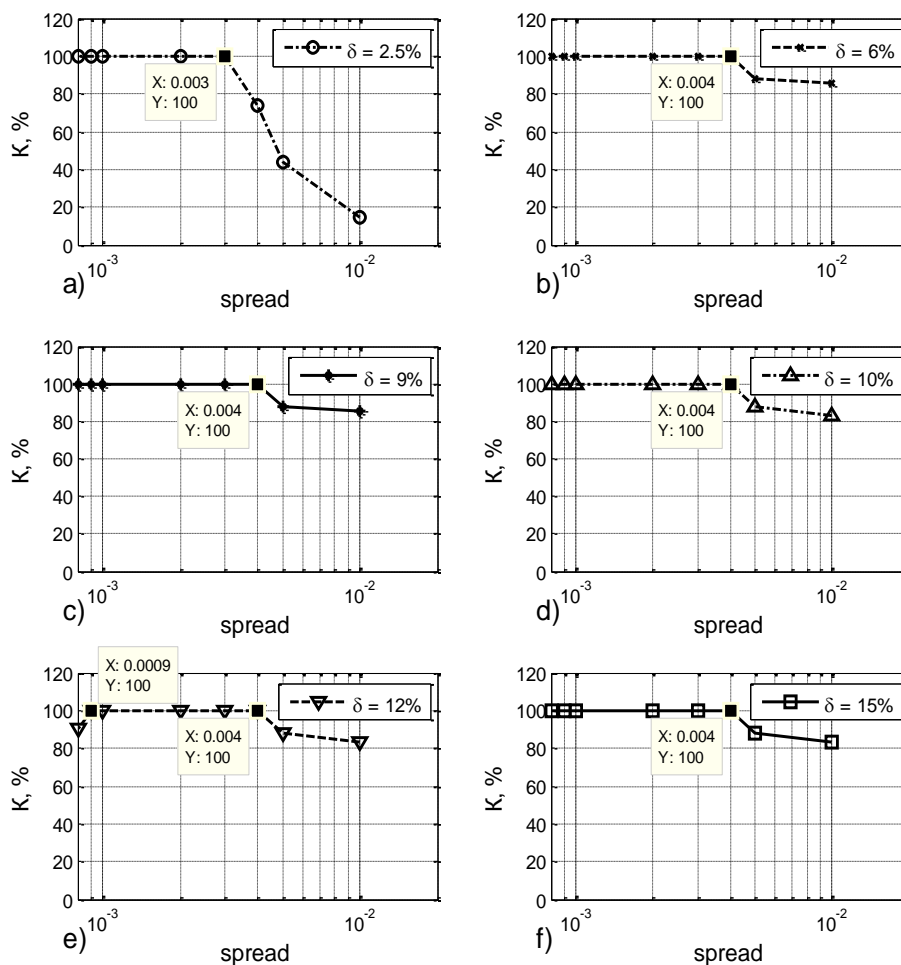


Рис. 2. Залежність параметра ефективності класифікатора від параметра впливу $spread$ для діапазону значень діагностичних ознак a_i від 0 до 1

Як видно з наведених на рис. 1 та рис. 2 графіків, параметр ефективності класифікатора залежить від інтервалів значень діагностичних ознак у вхідних векторах, величини відхилення значень діагностичних ознак δ та від параметру впливу $spread$ імовірнісної нейронної мережі. Для діагностичних ознак a_i , які можуть приймати значення від 1 до 10, безпомилкове розпізнавання станів ($K=100\%$) забезпечується при значеннях параметра мережі $spread$ в діапазоні від 0,02 до 0,07. Для діагностичних ознак a_i , які можуть приймати значення від 0 до 1, класифікатор виконує безпомилкове багато класове розпізнавання при значеннях параметра $spread$ в діапазоні від 0,0009 до 0,004. Проміжки значень параметра $spread$ не перекриваються між собою.

Отримані результати свідчать про те, що для векторів діагностичних ознак різних порядків необхідно мати окремо налаштований класифікатор для забезпечення безпомилкового багато класового розпізнавання ТС контрольованих об'єктів. Іншим шляхом може бути перетворення чи нормалізація діагностичних ознак. У будь-якому випадку для систем моніторингу та багатокласової діагностики складних просторових об'єктів в експлуатації важливим буде формування вимог до методів обробки діагностичної інформації та визначення діагностичних ознак.

УДК 620.179

**Любомир Жовтуля, Мар'яна Рибіцька, Віталій Цих, к.т.н.,
Андрій Яворський, к.т.н, доцент**

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

ВИЗНАЧЕННЯ ДІЛЯНОК ПРОТЯЖНИХ ІНЖЕНЕРНИХ СПОРУД З ПІДВИЩЕНОЮ НЕБЕЗПЕКОЮ В ЗОНАХ ІЗ ЗНАЧНОЮ ГЕОДИНАМІЧНОЮ АКТИВНІСТЮ

Проаналізовано підходи щодо отримання інформації про стан геодинамічної зони, яку перетинає протяжна інженерна споруда. Запропонована методика дослідження впливу границь геодинамічних блоків на умови експлуатації підземних інженерних об'єктів.

Ключові слова: геодинамічна зона, трубопровід, ризик, методика, дослідження

Lubomyr Govtulya, Maryana Rybitska, Vitaliy Tsyh, Andriy Yavorskyi

DETERMINATION THE SECTION OF EXTENDED ENGINEERING STRUCTURES WITH INCREASED DANGER IN AREAS WITH SIGNIFICANT GEODYNAMIC ACTIVITY

Approaches for obtaining the information about the geodynamic zone that is crossed by an extended engineering structure are analyzed. Technique for studying the geodynamic block boundaries effect on the operating of buried engineering structures is proposed.

Key words: geodynamic zone, pipeline, hazard, technique, investigation

На сьогодні у багатьох країнах протягом останнього десятиріччя наслідки техногенних і природних катастроф та аварій стають все відчутнішими як для населення, так і для значної кількості інженерних споруд і навколишнього середовища загалом. Аварії на потенційно небезпечних протяжних спорудах здатні стати причиною як величезного матеріального збитку, так і великих забруднень навколишнього середовища. Величини таких втрат, які несе держава внаслідок аварій, є одним з основних показників, які мають вирішальне значення при розробці стратегій зниження ризиків під дією різноманітних природних та техногенних чинників.

В зонах з інтенсивною геодинамічною активністю існує значна ймовірність руйнування наявних протяжних інженерних об'єктів. Найбільш інтенсивно це проявляється у тому випадку, коли основна частина об'єкта знаходиться на різних блоках гірського масиву – тобто, об'єкт перетинає геодинамічну зону (ГДЗ), або коли об'єкт знаходиться безпосередньо в межах геодинамічної зони. Для інженерних споруд великої протяжності (трубопроводи, тунелі, авто та залізничні магістралі, канали, ЛЕП, шахтні виробки і т. ін.) місця перетину з геодинамічними зонами є аварійно-небезпечними ділянками. Порушення міцності, цілісності і руйнування інженерних об'єктів в переважній кількості випадків обумовлено дією геодинамічних чинників. Підтоплення і заболочування територій, забруднення поверхневих водойм та водотоків, а також підземних вод здійснюється через наявність геодинамічних зон.

Найбільш чутливими до дії деформованого ґрунту є трубопровідні системи, які потребують першочергової уваги щодо безпечної експлуатації в таких умовах [1].

Виходячи з наведеного вище, актуальним завданням є створення спеціальної системи раннього попередження на аварійно-небезпечних ділянках пролягання протяжних інженерних споруд для управління геодинамічними ризиками.

Згідно з концепцією «безпечної експлуатації складних технічних систем» [2] оцінка технічного стану протяжних потенційно небезпечних інженерних споруд здійснюється за параметрами технічного стану, які забезпечують їх надійну та безпечну експлуатацію. Аналіз працездатності і оцінки залишкової міцності базується на

параметрах технічного стану, зміна яких може вивести з ладу споруду. Визначення цих параметрів реалізуються методами і засобами неруйнівного контролю.

Для отримання інформації про стан геодинамічної зони, яку перетинає інженерна споруда великої протяжності, існують два наступних підходи.

Перший, полягає в реалізації комплексу різноманітних методів дослідження властивостей ГДЗ, в основі якого лежить оцінка об'єкта в цілому в певний момент часу. До цих методів належать: фотограмметрія, аерофотозйомка в інфрачервоному спектрі, технології ідентифікації на базі геоінформаційних систем, оцінка гравітаційних і магнітних полів в зонах прогнозованих ГДЗ, визначення рівня ґрунтових вод і зон можливих зсувів.

Недоліками такого підходу є: необхідність забезпечення ідентичності всього комплексу вимірювань щодо загальної площі об'єкта через певний період часу, тривалість якого важко однозначно обґрунтувати; тривалість і висока вартість виконуваних робіт, необхідність залучення значних матеріальних і людських ресурсів, значні обсяги даних вимірювань і складність обробки інформації.

Другий підхід базується на контролі зміни параметрів ГДЗ на локальних ділянках, де існує висока ймовірність непрогнозованої зміни характеристик ГДЗ і обмеження цих ділянок зоною розміщення інженерних споруд великої протяжності. Тоді значно зростає вірогідність моніторингу за рахунок виконання автономних вимірів у всіх визначених точках контролю, строго синхронізованих в часі. Синхронізація досягається застосуванням електронних модулів реєстрації в реальному часі і збереження їх значень разом з цільовими вимірюваними параметрами для ГДЗ. Наступна перевага автономного методу контролю базується на, як правило, неоднорідності впливу різних типів перешкод на сенсори і процес контролю параметрів в ГДЗ. Це дає можливість в процесі первинної обробки даних вимірювань в пристроях контролю мінімізувати або виключити вплив сигналів перешкод на процес контролю. Основним недоліком методу є необхідність індивідуального зчитування інформації з кожного поста контролю і поповнення енергією джерел живлення автономних пристроїв. Але враховуючи, що контрольовані процеси порівняно інерційні, а об'єми модулів електропрограмованої пам'яті є значними, зазначений недолік усувається шляхом використання сучасної елементної бази і алгоритмів обробки інформації. Проблему автономного живлення, на наш погляд, доцільно вирішувати шляхом переведення вимірювальних модулів в стан мінімального енергоспоживання («засинання») між моментами вимірювань.

Для опису небезпеки прояву геологічних процесів і явищ в даний час розроблені і застосовуються різні методи оцінки ризиків [3, 4]. Усі ці методи розроблені на основі геологічного вивчення властивостей порід, практичних спостережень і спираються на розрахунки конкретних аварійних ситуацій.

З існуючих методів оцінки геодинамічного ризику найбільш відомими є підхід [5, 6], який базується на результатах геодинамічного районування надр. У роботах по геодинамічному районуванню надр показано, що земну кору можна представити у вигляді ієрархічної системи взаємодіючих блоків, межі яких є зонами підвищеного геодинамічного ризику для різних інженерних об'єктів. У роботі [7] оцінка геодинамічного ризику базується на зміні величин деформацій земної поверхні в районах інженерних об'єктів і спрямована на розрахунки конкретних аварійних ситуацій. Проте на практиці границь геодинамічних активних блоків зустрічається досить багато і неможливо точно сказати на якому їх перетині з інженерними об'єктами відбудеться чергова аварія. Крім того, наприклад, в гірській місцевості, на території якої пролягають протяжні інженерні мережі, досить важким та трудомістким процесом є прив'язка на місцевості меж блоків, що обумовлено складним рельєфом.

Методика дослідження впливу границь блоків на умови експлуатації підземних інженерних об'єктів може бути представлена у вигляді блок-схеми (рис. 1). Геодинамічно небезпечні зони вважаються границями геодинамічно активних блоків земної кори та місць їхніх перетинів.

При оцінці геодинамічного ризику слід враховувати всі можливі випадки активізації існуючих і виникнення нових геологічних небезпек під впливом природних і техногенних факторів, а також їх негативні наслідки в межах оцінюваних об'єктів і на суміжних територіях.

Прогнозування розвитку геодинамічних небезпек, оцінка вразливості і ризиків втрат від цих небезпек, а також верифікація (визначення достовірності) підсумкових оцінок ризику повинні базуватися на аналізі всіх доступних матеріалів і даних про випадки прояву геодинамічної активності.

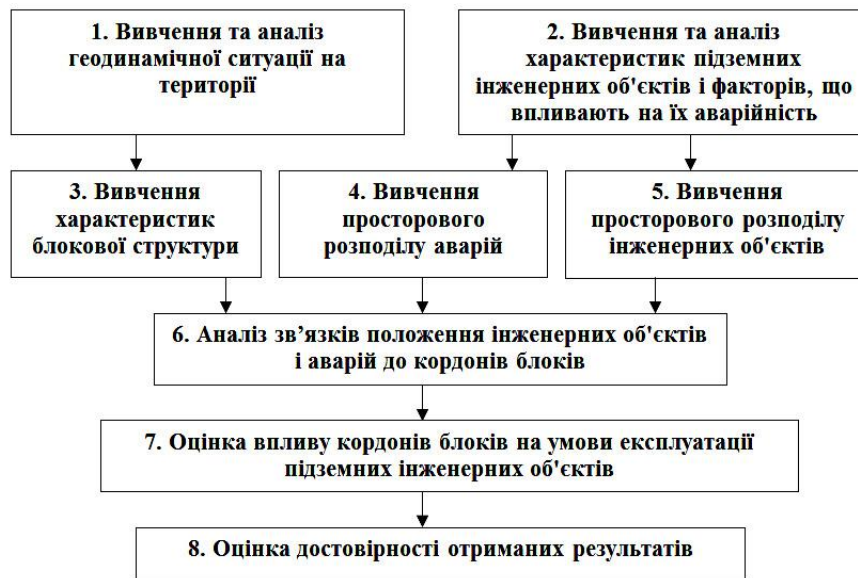


Рис. 1. Методика дослідження впливу границь геодинамічних блоків на умови експлуатації підземних інженерних об'єктів

Література

1. Guidelines for Constructing Natural Gas and Liquid Hydrocarbon Pipelines Through Areas Prone To Landslide and Subsidence Hazards (PRCI L52292e), [Електронний ресурс], режим доступу: <http://prci.org>.
2. Мазур И.И., Безопасность трубопроводных систем / И.И. Мазур, О.М. Иванцов. – М.: ИЦ «ЕЛИМА», 2004. – 1104 с., ил. – ISBN 5-89674-011-5.
3. Аникеев А.В. Изучение карстово-суффозионных провалов на моделях из термопластических материалов / А. В. Аникеев // Геозкология. Инженерная геология. Гидрогеология. Геокриология. – 2008. - № 5. – С. 420-435. – ISSN 0869-7803.
4. Кофф Г.Л. Сейсмический риск (виды, оценка, управление) / Г.Л. Кофф, Е.В. Рюмин // Ин-т литосферы окраинных и внутренних морей РАН. – М. : ПОЛТЕКС, 2003. – 108 с. – ISBN 5-87413-033-0.
5. Петухова М.В. Совершенствование системы оценки и управления рисками в секторе розничного кредитования: автореф. дисс. канд. экон. наук : спец. 08.00.10 / М. В. Петухова. – Новосибирск, 2012. – 22 с.
6. Батугина И.М. Геодинамика недр. Методические указания / И.М. Батугина, И.М. Петухов и др. – Л. : ВНИМИ, 1990. – 118 с.
7. Кузьмин Ю.О. Оценка геодинамического риска объектов нефтегазового комплекса / Ю.О. Кузьмин // Фундаментальный базис новых технологий нефтяной и газовой промышленности // Сб. под ред. Дмитриевского А.Н. – М., Наука. - 2000. – с. 334-344.

УДК 621.376.3

**Володимир Кругльов, аспірант, Михало Паламар, д.т.н., проф.,
Андрій Чайківський, к.т.н.**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

ОСОБЛИВОСТІ МОДЕЛЮВАННЯ ЦИФРОВОГО РАДІОПРИЙМАЧА НА ОСНОВІ DDC AD6620

Наведено результати синтезу і моделювання роботи цифрового приймача на основі цифрового перетворювача частоти (DDC, Digital Down Converter), та цифрового сигнального процесора (DSP), що використовуються для опрацювання вхідних сигналів. Розглянуто спосіб побудови вузькосмугового приймача із цифровою фільтрацією, демодуляцією та опрацюванням сигналів.

Ключові слова: цифровий приймач, сигнальний процесор DSP, Digital Down Converter (DDC), квадратурний демодулятор, частотна модуляція (ЧМ).

Volodymyr Kruhlov, Mykola Palamar, Andriy Chaikovskiy MODELLING OF DIGITAL RADIO RECEIVER BASED ON DDC AD6620

It was represented the results of synthesis and modeling of work of digital receiver based on the digital down converter (DDC), and a digital signal processor (DSP), which are used to process received signals. The method of constructing narrow-band receiver with digital filtering, demodulation and signal processing, the results of its use in digital radio.

Keywords: Digital receiver signal processor DSP, Digital Down Converter (DDC), quadrature demodulator, frequency modulation (FM)

Багато сучасних архітектур радіоприймачів містять етапи перетворення з пониженням частоти, які перетворюють високочастотний (ВЧ) або надвисокочастотний (НВЧ) - діапазон частот аж до нижчої проміжної частоти для обробки у основній смузі частоти. Незалежно від застосування у різних галузях зв'язку такі як: аерокосмічна або оборонна промисловість працюють у ВЧ і СВЧ діапазонах частот. Одним з можливих рішень для радіоприймачів є використання більшого числа перетворення з пониженням і фільтрацією частоти, для даних задач більш ефективним рішенням є використання радіочастотних (РЧ) АЦП з інтегрованим цифровим перетворювачем (DDC) та сигнальним процесором DSP або FPGA для демодуляції вхідного сигналу.

Аналіз використання DDC

Для забезпечення прийнятної достовірності при передачі інформації в системах зв'язку застосовують спеціальні все складніші і затратні методи і засоби, як наприклад: збільшення потужності передавачів, використання методів рознесення частот передачі, перемішування інформації (скремблювання), впровадження в інформаційний потік надлишкової інформації із застосуванням завадостійкого кодування з виправленням помилок і т.п.

Багато сучасних архітектур радіоприймачів містять етапи перетворення з пониженням частоти, які перетворюють високочастотний (ВЧ) або надвисокочастотний (НВЧ) діапазон частот до нижчої проміжної частоти для роботи у основній смузі частоти. Залежно від галузі застосування (як напр. аерокосмічна, оборонна промисловість, комерційний зв'язок) системи зв'язку працюють у ВЧ і НВЧ діапазонах частот. Поширеним рішенням для радіоприймачів є використання більшого числа перетворень з пониженням і фільтрацією частоти. Для таких задач ефективнішим сучасним рішенням є використання радіочастотних (РЧ) АЦП з інтегрованим

цифровим перетворювачем (DDC) та сигнальним процесором DSP або використання програмованих логічних інтегральних схем (FPGA) для демодуляції вхідного сигналу.

Математичне моделювання радіоканалу

Для вибору і дослідження параметрів каналу зв'язку синтезуємо модель цифрового радіоканалу за допомогою пакету MathLab/Multisim (рис. 1). Для цього використовуємо блок генератора низькочастотного (НЧ) сигналу (sin), блок частотного модулятора (FM Modulator Passband), блок моделі каналу (channel, рис. 2), блок цифрового конвертора DDC AD6620, блок демодулятора (Demod) та НЧ фільтра (RxDemod).

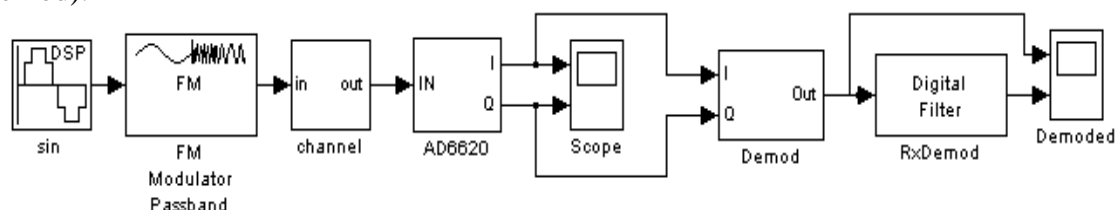


Рис.1. Модель каналу зв'язку

Канал зв'язку моделюється обмеженням смуги пропускання, накладанням адитивного гаусового шуму. Блок насичення моделює використання модуля автоматичного регулювання підсилення в каналі приймача.

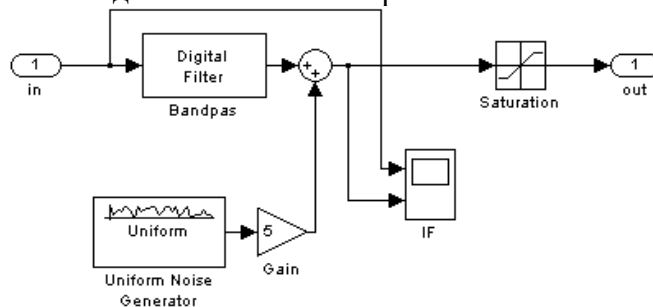


Рис. 2. Модель каналу поширення сигналу

Опис та математичне моделювання DDC AD6620

Принцип роботи DDC AD6620 базується на квадратурній обробці сигналу, при якій вхідний сигнал помножується на дві опорні частоти, зсунутих по фазі на 90°

$$y_I(t) = s(t)\cos\omega_0 t = A\cos(\omega_0 t + \varphi(t))\cos\omega_0 t = \frac{A}{2}\cos\varphi(t) + \frac{A}{2}\cos(2\omega_0 t + \varphi(t)) \quad (1)$$

$$y_Q(t) = s(t)\sin\omega_0 t = A\cos(\omega_0 t + \varphi(t))\sin\omega_0 t = \frac{A}{2}\sin\varphi(t) + \frac{A}{2}\sin(2\omega_0 t + \varphi(t)) \quad (2)$$

В результаті множення отримуємо сигнали I та Q, з яких після фільтрації та опрацювання квадратурним демодулятором виділяється оригінальний сигнал.

Схема DDC AD6620 складається з керованого цифрового генератора NCO, двох змішувачів та цифрових фільтрів CIC2, CIC5 та FIR (рис. 3). Програмно керований генератор гетеродина NCO з опорної частоти формує два гармонічних сигнали, зміщених по фазі на 90° . Вхідний цифровий сигнал на двох змішувачах паралельно множиться на сигнали генератора NCO в результаті чого формується сигнали I та Q, які відфільтровуються та проріджуються (дицимація) на CIC-фільтрах (Cascaded Integrator-Comb) другого та п'ятого порядків, фільтр не вимагають операцій множення та дозволяє істотно знизити частоту дискретизації, що забезпечує зменшення апаратних і обчислювальних ресурсів. Збільшення порядку фільтра на одиницю дозволяє зменшити рівень бічної пелюстки на 11..13 дБ. Оскільки АЧХ CIC фільтра нерівномірна, то для коригування її в смузі пропускання використовується FIR – фільтр (Finite Impulse Response) що забезпечує лінійність в смузі пропускання та високу вибірковість

сигналу. Графіки вихідних сигналів I та Q приведені на рис. 4. Відфільтровані та проріджені сигнали опрацьовуються квадратурним демодулятором та НЧ фільтром.

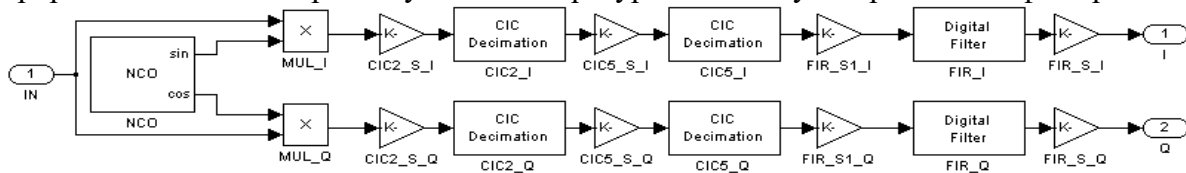


Рис. 3. Функціональна схема DDC AD6620

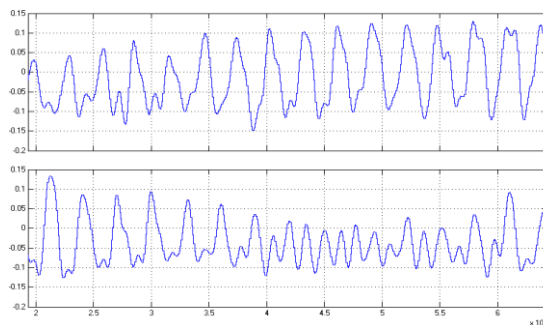


Рис. 4. Графік сигналів I та Q по виходу DDCAD6620

Модель квадратурного демодулятора

Математична модель квадратурного демодулятора ЧМ-сигналу (3) реалізована в пакеті Multisim з допомогою блок-схеми зображеної на рис. 5, а. Графік вихідного сигналу демодулятора (рис. 5, б) та після НЧ фільтру.

$$X(t) = -\frac{d}{dt} \arg(y_I'(t) + jy_Q'(t)) = -\frac{d}{dt} \arctg \frac{y_Q'(t)}{y_I'(t)} = \frac{\frac{dy_I'}{dt} y_Q'(t) - \frac{dy_Q'}{dt} y_I'(t)}{y_I'^2(t) + y_Q'^2(t)} \quad (3)$$

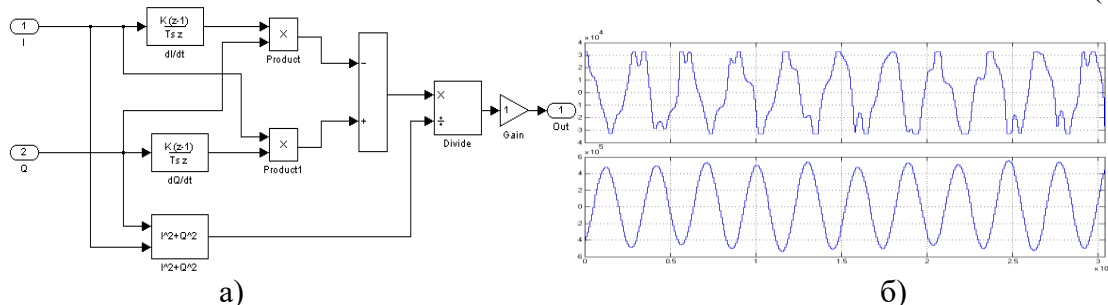


Рис. 5. Математична модель квадратурного демодулятора

а) блок-схема квадратурного демодулятора; б) графік вихідного сигналу демодулятора

Розроблено імітаційну модель каналу зв'язку з використанням цифрового приймача на основі DDC AD6620 та квадратурного демодулятора ЧМ сигналу на сигнальному процесорі DSP. Проведено імітаційне моделювання розрахованих фільтрів DDC AD6620 та квадратурного демодулятора ЧМ сигналу. За результатами імітаційного моделювання розроблено алгоритм роботи, функціональну схему та програмне забезпечення сигнального процесора TMS320VC5502 (Texas Instruments)

Перенесення основної фільтрації сигналу із аналогової області у цифрову дає змогу зменшити вимоги до аналогової фільтрації сигналу, гнучко переналаштовувати смугу пропускання приймача та покращити технічні характеристики радіостанції в цілому.

УДК 621.376.3

Олександра Литвинець, Андрій Булашенко, ст. викл.

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського»

ХМАРНІ СХОВИЩА

Існує велика кількість «хмарних» платформ, що розрізняються послугами, цінами, швидкістю загрузки та іншими характеристиками. Хмарні сховища – це модель онлайн-сховища, в якому данні зберігаються на чисельних розподілених в мережі серверах.

Ключові слова: хмарне сховище, хмарні обчислення, онлайн-сховища, Dropbox, GoogleDrive, Mail.Ru.

Alexandra Litvinets, Andriy Bulashenko CLOUD STORAGE

There are a number of "cloud" platforms, different with services, prices, loading speed and other characteristics. Cloud storage - a model online repository where data is stored on numerous servers distributed in the network.

Keywords: cloud storage, cloud computing, online storage, Dropbox, Google Drive, Mail.Ru.

Останнім часом великого поширення набули хмарні технології[1]. Хмарні технології (обчислення) – це технології розподіленої обробки даних, в яких комп'ютерні ресурси і потужності надаються користувачеві як Інтернет-сервіс[4].

Хмарні обчислення (cloudcomputing) забезпечують відправлення повідомлень електронною поштою, прослухування музики, зберігання фотографій та інших файлів у мережі, перегляд фільмів та інше[2]. Перші хмарні обчислювальні служби виникли лише 10 років назад, але вже сьогодні велика кількість організацій та компаній використовують ці технології у абсолютно різних сферах.

Одним із найважливіших об'єктів хмарних технологій є хмарні сховища – це модель онлайн-сховища, в якому данні зберігаються на чисельних розподілених в мережі серверах[3]. Вони надаються у користування клієнтам третьою стороною. Дані зберігаються та обробляються у «хмарі», що є одним великим віртуальним сервером, але насправді фізично ці сервера знаходяться один від одного географічно віддалено.

Хмарні сервера зберігання мають ряд переваг, завдяки чому вони такі широко використовуються у суспільстві[5]:

1. Надають можливість доступу до власних даних з будь-якого комп'ютера або іншого девайсу, що має вихід до Інтернету.
2. Висока ймовірність збереження даних у випадку раптового збою.
3. Клієнт платить лише за те місце у сховище, яке використовує, а не орендує увесь сервер, можливості та ресурси якого він може не використовувати.
4. Використання хмарних сховищ може скоротити споживання енергії на 70%, що робить їх «зеленішим» бізнесом.
5. Хмарні сховища підходять майже під всі операційні системи, як ПК, так і мобільні технології.
6. Усі процедури резервування і збереження цілісності даних проводяться хмарним центром, що не втягує в цей процес клієнта.

Всього за кілька років хмарні сховища стали масово використовуються у різних сферах діяльності[6]. Крім зберігання даних, хмарні сервіси надають послугу швидкого надсилання великих файлів, оскільки зазвичай електронною поштою можна надсилати файли до 25 Гігабайт.

Сьогодні існують десятки хмарних сховищ, але не всі мають високий рівень за деякими важливими характеристиками. Тому проаналізуємо найпопулярніші сервіси, що використовуються у суспільстві за останні роки: Dropbox, Google Drive, Mail.Ru [3].

Dropbox:

Цей сервіс має великий ряд переваг. Він надзвичайно простий у використанні, підтримує будь-який тип файлів, дозволяє працювати з великою кількістю файлів на папок одночасно. Для початку надаються у використання 2Gb, але надалі цю область можна збільшувати шляхом додаткової оплати або наприклад запрошення інших людей до цього сервісу. Також у будь-який момент можна закачати необхідні файли або відновити попередні їх версії. Це дуже зручно, якщо випадково був видалений або перезаписаний необхідних файл.

Google Drive:

Google запустив свій хмарний сервіс, що насправді являє собою Google Docs для роботи з документами, що просто трансформували у хмарний сервіс та добавили 5ГБ. Тут можна зберігати не лише документи, а і фотографії, музику, відео та інші файли – всього 30 типів. Сервіс відслідковує усі зроблені вами зміни, тому при зберіганні створюється нова версія, це надає можливість повернутися до попереднього стану файлу. Над документами одночасно може працювати відразу кілька людей, а зміни видно миттєво.

Mail.Ru:

Хмарний сервіс від Mail.ru можна назвати рекордсменом: клієнту надається аж безкоштовних 100 ГБ простору. Але, якщо цього буде замало, то розширити йому не вдасться, оскільки Mail.ru не пропонує пакетів гігабайтів для свого хмарного сервісу. Також з самого початку роботи сервісу була доступна функція автозагрузки фотографій з телефону. Фото, зроблені з телефону, миттєво завантажуються до сховища, що надає можливість користувачам економити час для їх завантаження.

Існує велика кількість «хмарних» платформ, що розрізняються послугами, цінами, швидкістю загрузки та іншими характеристиками. Хоч на сьогодні і продовжують твердити, що зберігати свої власні дані на невідомому сервері – ненадійно, та це надзвичайно зручно, оскільки не треба замислюватися на якому комп'ютері цей файл був збережений, та чи не залишилася флешка з фотографіями на столі. Користувачі можуть вільно користуватися, редагувати, ділитися необхідними даними у будь-який момент часу. Так що немає нічого дивного у швидкому росту користувачів хмарних сховищ.

Література

1. Романченко В. Облачные вычисления на каждый день. 3DNews (6 сентября 2009 года). Схема доступа <https://3dnews.ru/579318>
2. Черняк Л. Интеграция – основа облака. Открытые системы. СУБД (16 сентября 2011). Схема доступа: <https://www.osp.ru/os/2011/07/13010473>.
3. Онлайн-хранилища данных // ComputerBild : журнал. – 2010. – № 4. – С. 62–67.
4. Федотов Е.А. Администрирование программных и информационных систем. Белгород: Изд-во БГТУ, 2012. – 133 с.
5. Широкова Е.А. Облачные технологии // Современные тенденции технических наук: материалы междунар. науч. конф. – Уфа. – 2011. – С. 30–33.
6. Булашенко А.В., Литвинець О.Л. Аналіз можливостей хмаринних технологій // II Всеукраїнська науково-методична конференція, м. Шостка, 20 квітня 2017 року. – Суми: Сумський державний Університет. – С. 188 – 191.

УДК 621.326

Андрій Матусів студент, Дмитро Магдій студент, Сергій Шевчук аспірант
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

S-МОДЕЛЬ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАЛЕЖНОСТІ ПОВЕДІНКИ СТАЦІОНАРНИХ ДИНАМІЧНИХ СИСТЕМ ТРЕТЬОГО ПОРЯДКУ ВІД ЗМІНИ ВНУТРІШНІХ ПАРАМЕТРІВ СИСТЕМИ ТА ПОЧАТКОВИХ УМОВ

Розроблено S-модель для дослідження поведінки стаціонарної динамічної системи третього порядку при статистичній зміні внутрішніх параметрів системи в деякому околі.

Ключові слова: динамічна система, фазовий портрет, аттрактор Лоренца.

Andrii Matusiv, Dmytro Mahdii, Sergiy Shevchuk

S-MODEL FOR THE STUDY OF BEHAVIOR OF THIRD ORDER DYNAMIC SYSTEMS DEPENDENCE ON CHANGE OF THE INTERNAL PARAMETERS AND INITIAL CONDITIONS

S-model for study of behavior of the stationary dynamic system of the third order under statistical change of internal parameters in some vicinity is worked out.

Keywords: dynamic system, phase traectory, Lorenz attractor.

Розглянутий клас динамічних систем, математичну модель яких можна привести до виду:

$$\begin{aligned}\frac{dx}{dt} &= -\sigma x + \sigma y & (1) \\ \frac{dy}{dt} &= \alpha x - y - xz \\ \frac{dz}{dt} &= -\beta z + xy\end{aligned}$$

де значення коефіцієнтів α , β , σ обчислюються через внутрішні параметри конкретного досліджуваного явища.

Особливостями систем даного типу є непередбачувана зміна їх станів при неперервній зміні значень параметрів (зокрема параметра α) – від звичайних незатухаючих коливань до автоколивань із сталим граничним циклом і стохастичних коливань, асимптотика яких непередбачувана. З огляду на те, що в реальних задачах як початкові умови, так і внутрішні параметри системи визначаються із деякими похибками (вимірювання, округлення, обчислення, тощо), важливо досліджувати процес не при конкретних значеннях параметрів, а при їх зміні в деякому околі.

На рис.1 приведено S-модель для оперативного відтворення розв'язків (1) та фазового портрета системи

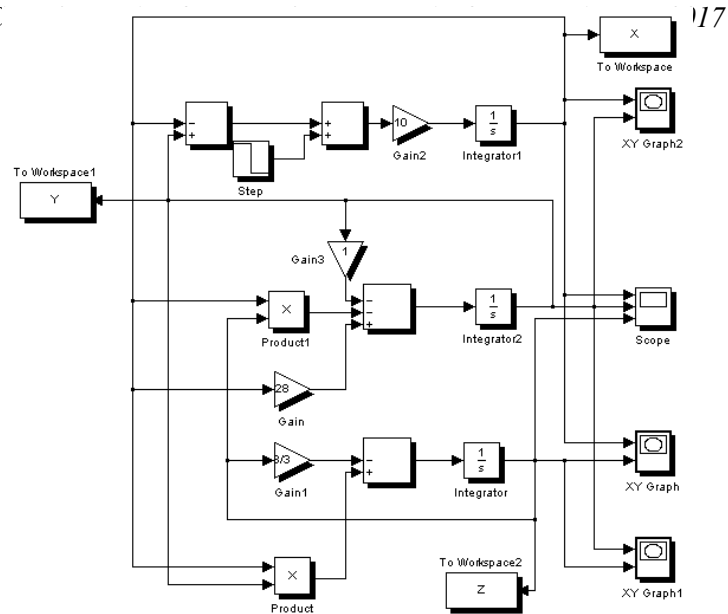
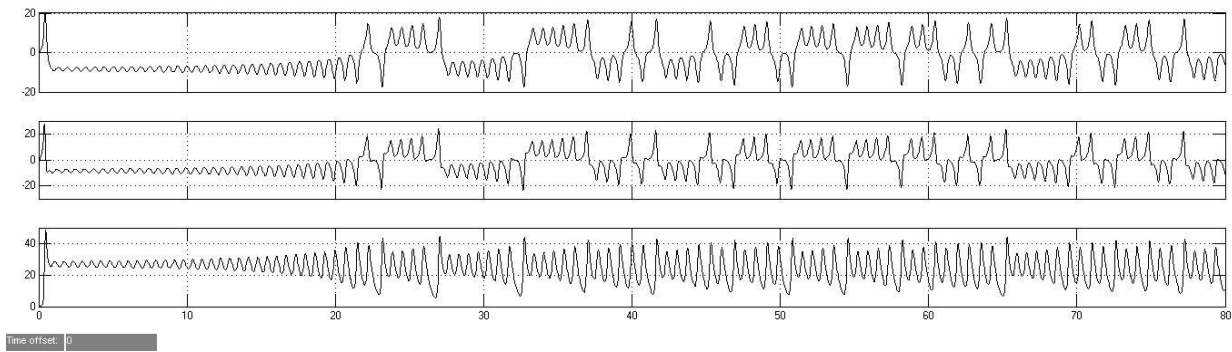
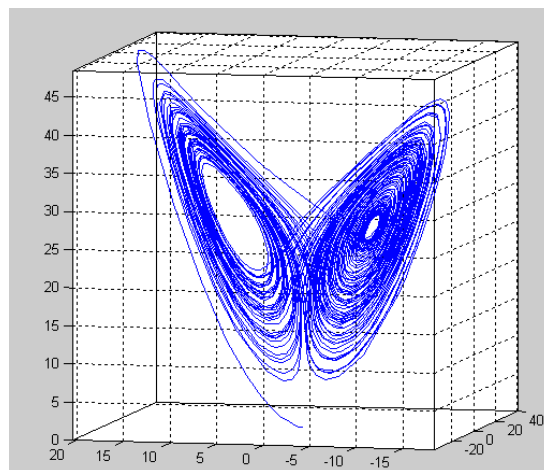


Рис. 1. S-модель для дослідження (1) у часовому і фазовому просторі. Результати моделювання показано на рис.2(а,б).



а)



б)

Рис. 2. Результат моделювання: $x(t)$, $y(t)$, $z(t)$ і фазовий портрет системи (б)

Задаючи параметри блоків моделі можна наочно моделювати процеси в системі (1) – від аперіодичного до коливного і до режиму із непередбачуваною асимптотикою.

УДК 519.723

Назар Парадюк, студент, Зіновій Горбань, студент, Богдан Чернецький, студент,
Мирослава Яворська, к.т.н., доцент

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

**ПРОГРАМНА РЕАЛІЗАЦІЯ ПОБУДОВИ СТИСКАЮЧОГО КОДУ ДЛЯ
ОПТИМІЗАЦІЇ ОБРОБКИ ДАНИХ**

Реалізовано принцип побудови коду Шенона-Фано для кодування масиву даних що носять стохастичний характер.

Ключові слова: оптимальне кодування, префіксний код, ентропія повідомлення.

**Nazar Paradiuk, Zinovii Horban, Bohdan Chernetskyi, Myroslava Yavorska
SOFTWARE IMPLEMENTATION OF COMPRESSIVE CODE TO DATA
PROSESING OPTIMIZATION**

Shannon-Fano code software implementation for encoding of stochastic data was realized.

Keywords: optimal encoding, prefix code, entropy of message.

Реалізовано програмне забезпечення в середовищі MATLAB для статистичної обробки масиву вихідних даних та їх кодування префіксним кодом із стискаючими властивостями. Алгоритм використовує коди змінної довжини: символ, який часто зустрічається, кодується кодом меншої довжини, а той що рідше зустрічається – кодом більшої довжини. Таким чином досягається стискання записуваної в пам'ять інформації. Префіксність коду дозволяє однозначно декодувати будь-яку послідовність кодових слів без використання розділювачів оскільки жодне коротше кодове слово не є префіксом коду більшої довжини. Неоднозначність при побудові коду регламентується обмеженням, сформульованим в I теоремі Шенона:

$$l_{сер} \geq -\sum_{i=1}^n p_i \log_2 p_i \text{ де, } p_i - \text{імовірність слідування } i\text{-го символу в повідомленні, } l_{сер} -$$

середня довжина кодової комбінації.

В табл. 1 приведені отримані при допомозі розробленого програмного забезпечення результати статистичного аналізу та коди символів для набору даних [1 3 7 4 1 0 9 6 7 3 2 8 1 4 3 0 9 7 5 5 9 1 3 5 4 4 2 8 5 4 7 8 9 1 3 4 1 2 1 6 8 5 3 4 7 6 2 3 9 1].

Символи	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Частота появи	0.16	0.14	0.14	0.10	0.10	0.10	0.08	0.08	0.06	0.04
Код	11	101	100	011	010	0011	0010	0001	00001	00000

Кодований запис даного набору матиме вигляд:

1010110001010101110000000100001011100000011010100111100000001001100110
000010101100110100101000000100110100001000010000011011010111001100100000100
11011010000100101000110000011

При ентропії $H = 3.23$ середня довжина кодової комбінації $L_{сер} = 3.3$ біт, довжина кодового повідомлення 165 біт тоді як нестиснений запис потребуватиме 200 біт.

УДК 620.179.16: 620.179.17

Сергій Плєснецов, к.т.н.

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»,

БЕЗКОНТАКТНИЙ УЛЬТРАЗВУКОВИЙ ПЕРЕТВОРЮВАЧ ДЛЯ КОНТРОЛЮ ТРУБЧАТИХ НЕФЕРОМАГНІТНИХ МЕТАЛОВИРОБІВ

Розроблено електромагнітно-акустичний перетворювач для збудження ультразвукових недиспергуючих крутильних коливань в трубчатих металовиробах з неферомагнітного матеріалу. Перетворювач дозволяє підвищити достовірність діагностики.

Ключові слова: ультразвуковий перетворювач; недиспергуючий; електромагнітно-акустичний; металовиріб; неферомагнітний

Sergey Plesnetsov

NON-CONTACT ULTRASONIC TRANSDUCER FOR TUBULAR NONFERROMAGNETIC METAL PRODUCT TESTING

An electromagnetic - acoustic transducer for ultrasonic excitation of new nondispersive torsional vibrations in hardware with tubular nonferromagnetic material is developed. The converter allows to increase the diagnosis reliability.

Keywords: ultrasonic transducer; nondispersive; electromagnetic-acoustic; metal product; nonferromagnetic

Сталеві трубки малого діаметра широко застосовуються в різних галузях промисловості і підлягають обов'язковому ультразвуковому неруйнівному контролю. Застосування для такого контролю традиційних контактних методів складно і дорого. Для виявлення в стінках трубок дефектів типу тріщин, розшарувань, пор, областей з аномаліями фізико-механічних характеристик та ін., ефективно застосування недиспергуючих крутильних хвиль [1], які можливо ефективно збуджувати тільки за допомогою безконтактного електромагнітно-акустичного (ЕМА) способу збудження і прийому ультразвукових імпульсів [2]. Такі хвилі мають високу чутливість до дефектів і значну стійкість до впливу перешкод різного виду при ультразвуковому контролі феромагнітних трубок малого діаметра [3]. Тому необхідно розробляти нові пристрої для збудження та прийому недиспергуючих крутильних хвиль ЕМА перетворювачами (ЕМАП), наприклад в виробах, які виготовлені з нержавіючих сталей аустенітного класу.

За результатами виконаного математичного моделювання запропоновано конструкцію ЕМАП (рис. 1), для контролю трубчатих неферомагнітних металовиробів з перетином у вигляді кола. На рисунку позначені: 1 – корпус; 2 – джерело постійного

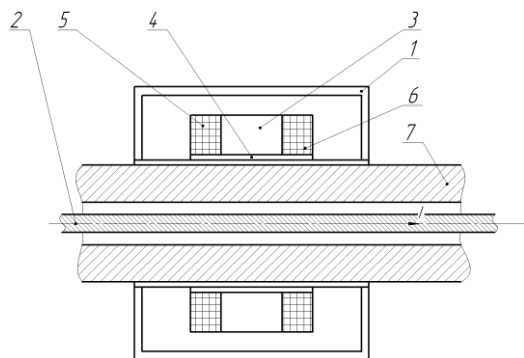


Рис. 1. Спрощена конструкція ЕМАП

магнітного поля у вигляді окремого провідника; 3 – прохідна високочастотна котушки індуктивності; 4 – протектор; 5 – перша секція прохідної високочастотної котушки індуктивності; 6 – друга секція прохідної високочастотної котушки індуктивності; 7 – ОК; I – постійний електричний струм.

В ЕМА перетворювачі, що має корпус, джерело постійного магнітного поля, прохідну високочастотну котушку індуктивності та протектор, прохідна

високочастотна котушка індуктивності виконана з двох секцій, які електрично включені по відношенню одна до одної зустрічно по магнітному полю, а джерело постійного магнітного поля виконано в вигляді окремого провідника, який встановлено у внутрішньому об'ємі трубчатого виробу так, що його вісь співпадає з віссю трубчатого виробу. ЕМАП працює наступним чином. У порожнині стрижня 7, співвісно з ним, розташований провідник 2, по якому протікає постійний електричний струм I . Струм $I_в$ провіднику 2 є в тілі ОК 7 джерелом постійного поляризованого магнітного поля, вектор напруженості якого в циліндричній системі координат має один круговий компонент. Прохідна високочастотна котушки 3 індуктивності закріплена в корпусі 1 і живиться високочастотним струмом. Високочастотний струм в секції 5 і в секції 6 високочастотної котушки індуктивності 3 протилежні за напрямком відносно один одного. За рахунок взаємодії магнітного поляризованого поля кругової форми, що формується струмом I в ОК 7, і високочастотного електромагнітного поля, що формується секціями 5 і 6 високочастотної котушки індуктивності 3, та дії сили Лоренца, в тілі ОК 7 збуджуються зсувні деформації. В результаті в ОК 7 розповсюджуються крутильні бездисперсійні ультразвукові коливання. При наявності в ОК 7 дефектів, ультразвукові коливання відбиваються від них і фіксуються за рахунок ефекту електромагнітної індукції. Протектор 4 захищає високочастотну котушки індуктивності 3 від пошкодження при скануванні ОК.

Перевірку працездатності розробленого ЕМАП проведено за допомогою спеціального стенда. В ньому для живлення перетворювача використано потужний генератор [4] зондуючих імпульсів, який формував пакетний сигнал з 3–6 періодів частоти збудження в діапазоні 0,5...2,5 МГц. Пікова величина високочастотного струму живлення досягала 200А. Для формування поляризованого магнітного поля використано імпульсне живлення струмом 200 А з часовою тривалістю 1 мс. Інші блоки стенду ідентичні тим, що були використані в роботі [5]. В якості ОК використано тонкостінні трубки діаметром 16, 20, 26 та 32 мм з аустенітних марок сталей.

В результаті проведення досліджень встановлено, що розроблений електромагнітно-акустичний перетворювач дозволяє збуджувати високочастотні ультразвукові недиспергуючі імпульси з відношенням амплітуд корисного сигналу до завад більше 10...15 разів. Очевидно, що дослідження, направлені на розробку засобів для ультразвукового контролю трубок невеликого діаметру, є надзвичайно перспективними і важливими для промисловості.

Література

1. Буденков Г.А., Недзвецкая О.В., Злобин Д.В., Лебедева Т.Н. Эффективность использования стержневых и крутильных волн для контроля пруткового проката. - Дефектоскопия, 2004, №3, с. 3–9.
2. Сучков Г.М., Петрищев О.Н., Плеснецов С.Ю. Разработка основ электромагнитно-акустического возбуждения крутильных волн в трубчатых металлоизделиях // Тези XXII Міжн. н.-пр. конф. «Фізичні та комп'ютерні технології», 7-9 грудня 2016 р. Харків. – С.469–473.
3. Муравьев О.В., Леньков С.В., Мурашов С.А. Крутильные волны, возбуждаемые электромагнитно-акустическими преобразователями, при акустическом волноводном контроле трубопроводов. – Акустический журнал, 2016, т. 62, №1, с. 117-124.
4. Suchkov G.M., Petrishchev O.N., Cherednichenko I.V., Fedorov V.V., Desyatnichenko A.V., Khashchina S.V., Maslova M.S. A Generator of Probing Pulses for EMA Flaw Detectors // Russian Journal of Nondestructive Testing, 2012, Vol.48, No.9, pp. 537–540.
5. Мигущенко Р.П. и др. Теория и практика электромагнитно-акустического контроля. Часть 5. Особенности конструирования и практического применения ЭМА устройств ультразвукового контроля изделий. - Харьков: ТОВ «Планета-принт», 2016. – 230 с.

УДК 621.326

Павло Пришляк студент, Віталій Гасса студент, Мирослава Яворська к.т.н.,
доцент

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

ГЕНЕРАТОР АПРОКСИМУЮЧОГО ПОЛІНОМІАЛЬНОГО СПЕКТРУ СИГНАЛУ НА ЗАДАНОМУ ІНТЕРВАЛІ

Розроблено S-модель для поліноміального представлення довільного сигналу на заданому часовому інтервалі.

Ключові слова: S-модель, поліноміальна апроксимація, спектр сигналу.

Pavlo Pryshliak, Vitalii Hassa, Myroslava Yavorska APPROXIMATING POLYNOMIAL GENERATOR OF THE SIGNAL ON SAME INTERVAL

S-model to represent an arbitrary signal on same time interval by polynomial function is developed. The model proposed can be used as autonomy SIMULINK subsystem.

Keywords: S-model, polynomial approximation, signal spectrum.

Запропоновано – модель генератора апроксимуючого поліноміального спектру для представлення сигналу $x(t)$ на певному часовому інтервалі у вигляді

$$x(t)_a = \sum_{k=0}^n x_k f_k(t),$$

де $f_k(t)$ – система апроксимуючих функцій, заданих на тому ж інтервалі, x_k – відповідна система коефіцієнтів (апроксимуючий спектр),

Коефіцієнти x_k визначаються як такі, що мінімізують норму відхилення апроксимованого сигналу від заданого за методом найменших квадратів.

Норма помилки апроксимації оцінюється за виразом

$$\sum(t) = \frac{1}{T} \int_0^T r(t)(x(t) - x_a(t)) dt,$$

де, $r(t)$ – деяка вагова функція на інтервалі апроксимації.

Коефіцієнти X_k визначається як $X = W^{-1}Q$, де

$$\omega_{ij} = \int_0^T r(t) f_{i-1}(t) \cdot f_{j-1}(t) dt,$$

$$q_i = \int_0^T r(t) f_{i-1}(t) \cdot x(t) dt,$$

$i, j = 1, \dots, n + 1.$

На рис. 1. приведено блок-схему генератора поліноміального спектру.

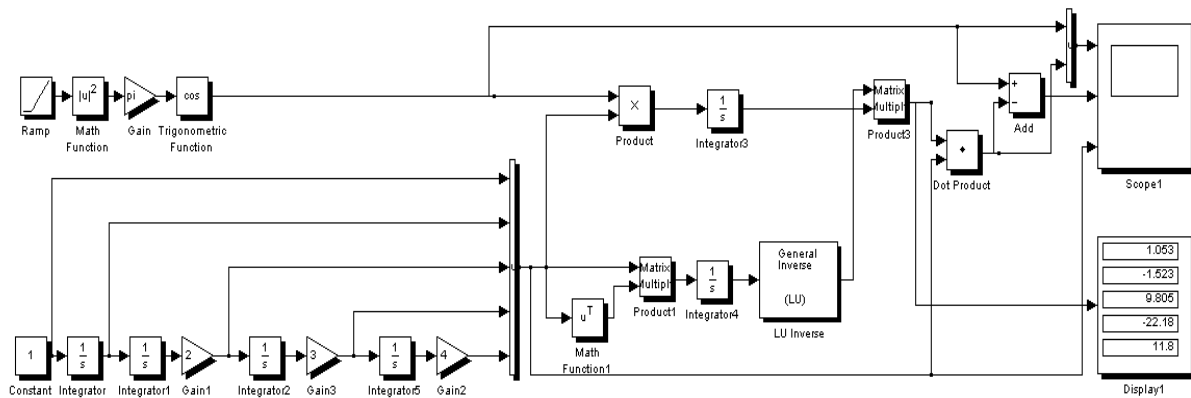


Рис.1 Блок-схема –генератора

Коефіцієнти розкладу висвітлюються у блоці дисплею. На рис.2 показано результати поліноміальної апроксимації для сигналу $x(t) = \cos|x|^2 * \pi$ поліномом четвертої степені:

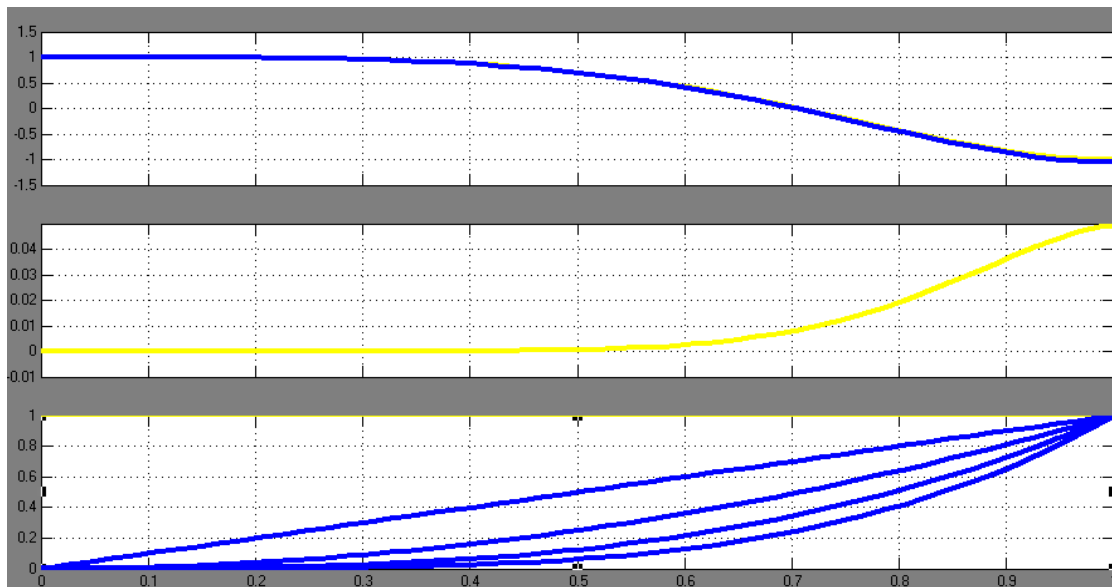


Рис. 2. Вигляд заданої і апроксиматичної кривих (а), похибка апроксимації (б) і апроксимуючі функції (в).

Розроблена S-модель відкрита для заміни вхідного сигналу і може бути використана як самостійний елемент бібліотеки SIMULINK.

УДК 621.326

Ілля Савенко, студент

Національний технічний університет “Київський політехнічний інститут
ім. І. Сікорського”

ВПЛИВ ПРОМІЖНОГО СПОЛУЧНОГО ШАРУ CR-AU-IN-AU-CR НА ХАРАКТЕРИСТИКИ АКУСТООПТИЧНОГО МОДУЛЯТОРА

Представлені дослідження впливу ширини проміжного сполучного шару Cr-Au-In-Au-Cr для ніобату літію та парателуриту на діапазон робочих частот. Вперше для приєднання пьезоперетворювача з ніобата літію до світлозвукопроводу з парателлурифта використано послідовне напилення атомів золота, а потім атомів індію, причому напилення півки In проводиться і на кристал парателлурифта, і на пьезопластинку без развакуумірювання установки для холодної дифузійної зварювання. Ця технологія є перспективною при виробництві електричних схем модуляторів, дефлекторів, фільтрів і процесорів, що мають широкий спектр застосування в науці, народному господарстві, медицині і обороною промисловості.

Ключові слова: акустооптичний фільтр, світлозвукопровід, пьезоперетворювач, парателлурит, ніобат літію, вакуумне холодне дифузійне зварювання, коефіцієнт стоячесті хвилі, акустичний імпеданс, інтердифузія атомів, сполучні нанощари.

Ilia Savenko

INFLUENCE INTERMEDIATE BINDER LAYER CR-AU-IN-AU-CR ON ACOUSTO-OPTIC MODULATORS CHARACTERISTICS

Presented study the influence width intermediate binder layer Cr-Au-In-Au-Cr for lithium niobate and paratelluritu a range of operating frequencies.

Keywords: acousto-optical filter, cold vacuum diffusion bonding, connecting nanolayers, paratellurit, lithium niobate

Виготовлення акустооптичного елемента методом вакуумної інтердифузії атомів в нанощарах золота-індію складається з двох технологічних етапів. На першому етапі здійснюється вакуумне напилення шарів золота на кристал і пьезопластинку методом магнетронного розпилення зі швидкістю 0,05-0,1 нм в сек. Товщина напилюваного золота 50-100 нм. Золото напилюється на підшар хрому товщиною 10-30 нм.

На другому етапі кристал і пьезопластинку переміщують під вакуумний прес і на них одночасно розпилюється індій зі швидкістю 0,2-0,3 нм в сек. Після розпилення кристал і пьезопластинку спресовуються в вакуумі і витримуються під тиском понад 50-100 кг / см², протягом декількох десятків хвилин до повного завершення хімічної реакції і утворення стабільного з'єднання.

Таким чином утворюється сполучний шар Cr-Au-In-AuCr товщиною 100-300 нм. Збільшення сумарної товщини сполучних шарів зменшує найважливіший параметр акустооптичного модулятора - діапазон робочих частот або широкополосність. З іншого боку, зменшення сумарної товщини сполучних шарів погіршує їх електропровідність, а також зменшує надійність роботи акустооптичного модулятора.

Суттєвою технічною проблемою з товстими шарами є завдання електричного узгодження. Відомо, що для приладів з надлишковим шаром індію характерні високі втрати акустичної енергії в шарі. В цьому випадку, при електричному узгодженні імпедансів пьезоперетворювача, навіть використання найсучаснішої метрологічної

апаратури (такої як векторні аналізатори ланцюгів Agilent) не дає можливості визначити, яка частина акустичної енергії потрапила в кристал, а яка частина поглинулася сполучним шаром. В результаті акустооптичний модулятор може бути формально узгоджений з заданим коефіцієнтом стоячесті хвилі в широкому діапазоні частот, але не тільки на опір випромінювання звуку в кристал, але і на опір втрат.

Іншим граничним випадком, який представляє практичний інтерес, є використання ультратонких шарів. Розроблений алгоритм обчислення комплексного вхідного електричного імпедансу односторонньо навантаженого пьезоперетворювача з урахуванням параметрів проміжного сполучного шару виявляється ефективним для розгляду і цього граничного випадку. Розрахунки показують, що товщина ультратонкого сполучного шару між пьезопластинкою і акустооптичним кристалом дійсно впливає на широкополосність приладу.

Пьезоперетворювач акустооптичного модулятору є односторонньо навантаженою коливальною системою, в нашому конкретному випадку навантаженою на акустооптичний кристал. Діапазон ультразвукових акустичних коливань, які пьезоперетворювач ефективно передає в кристал, визначається величиною навантаженої добротності пьезоперетворювача Q_p . Пьезоперетворювач ефективно передає акустичне випромінювання в кристал, якщо його навантажена добротність Q_p мала, і отже, ширина антирезонансної кривої активної складової, або діапазон частот, великий. Іншим граничним випадком є відсутність передачі акустичного випромінювання в кристал.

Тут добротність пьезоперетворювача велика, ширина антирезонанса мала. Вона визначається внутрішніми втратами в пьезопластинці і електродах.

На рис. 1 показана залежність дійсної $R(f)$ частини вхідного імпедансу від частоти в декартовій системі координат для різної товщини сполучного шару. Залежність розрахована для комбінації пьезоперетворювач - акустооптичний середовище: ніобат літію LiNbO_3 36° YZ-зрізу, що формує поздовжню акустичну хвилю, і парателлурита TeO_2 вздовж напрямку осі Z. Такий випадок акустооптичного взаємодії широко використовується в акустооптичних модуляторах. У розрахунках прийнято:

$k = 0.49$, $V_0 = 7.2 \cdot 10^5 \frac{\text{cm}}{\text{сек}}$, $V_m = 4.2 \cdot 10^5 \frac{\text{cm}}{\text{сек}}$, $V_b = 3.0 \cdot 10^5 \frac{\text{cm}}{\text{сек}}$, та три різних значення товщини проміжного шару $l_b = 10$ нм, $l_b = 100$ нм і $l_b = 300$ нм.

З Рис. 1 видно, що навантажена добротність пьезоперетворювача в разі проміжного шару завтовшки 100 нм більше, ніж у випадку більш тонкого шару 10 нм. Відповідно, ширина смуги ефективно проходять в акустооптичний кристал акустичних частот менше на 20%. У разі проміжного шару завтовшки 300 нм, ширина смуги акустичних частот, що ефективно проходять в акустооптичний кристал зменшується на третину: 32%. Рис. 1 виявляє і інші особливості, пов'язані зі зміною товщини сполучного шару, наприклад: зростання активної складової на частоті антирезонанса в разі (б) на 10% по порівняно з випадком (а), і явище зсуву частоти антирезонанса з 430 МГц в разі (б) до 460 МГц в разі (а).

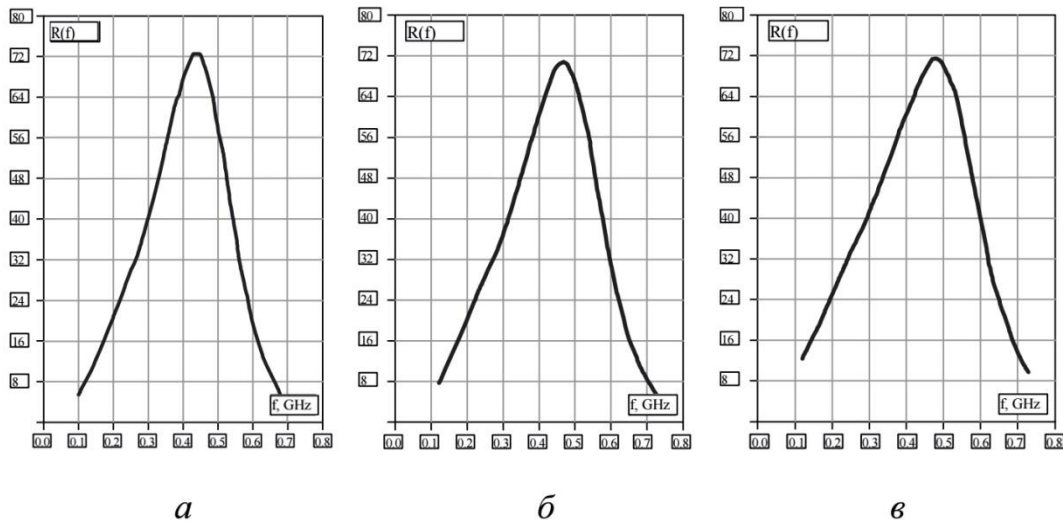


Рис. 1. Залежність дійсної R частини вхідного імпедансу пьезоперетворювача від частоти. (А) товщина сполучного шару 10 нм; (Б) товщина сполучного шару 100 нм; (В) товщина сполучного шару 300 нм.

Якщо зсув частоти антирезонанса є ефектом нейтральним і може бути враховано розрахунковим шляхом, то ефект звуження смуги переданих в кристал акустичних частот при застосуванні більш товстих шарів є ефектом негативним, що погіршує таку найважливішу характеристику будь-якого акустооптичного пристрою, як широкополосність. Зі сказаного випливає, що слід формувати як можна більш тонкі проміжні сполучні шари.

Була відпрацьована технологія холодного інтердифузійного зварювання світлозвукопровода і пьезоперетворювача через проміжне напilenня наночарами індію і золота з'єднаних в вакуумі.

Література

1. А.Н. Торгашин, О.Г. Габараев. Технология оптического контакта и его использование в акустооптике. В сборнике «Акустооптические приборы и их применение», СОГУ, г. Орджоникидзе, СССР, с.56-62 (1989).
2. V.Ya. Molchanov and O.Yu. Makarov, Phenomenological method for broadband electrical matching of acousto-optical device piezotransducers // J. Opt. Eng. 38, No. 7, 1999. – P. 1127-1135.

УДК 681.51.3

Михайло Паламар д.т.н., професор, Роман Сіправський
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

КОМП'ЮТЕРНИЙ АНАЛІЗ РОСТУ ТА РОЗПОВСЮДЖЕННЯ СПОР ТЕРМОФІЛЬНИХ ТА МЕЗОФІЛЬНИХ МІКРООРГАНІЗМІВ.

Розглянуто реалізацію автоматизованого зчитування і опрацювання відеоінформації для дослідження ефективних алгоритмів відслідковування динаміки росту та розповсюдження спор термофільних та мезофільних мікроорганізмів. Висвітлено основні етапи на основі яких спроектований

алгоритм автоматичного підрахунку та слідкування за колоніями спор в реальному часі. Ключові слова: мікроорганізми, системи розпізнавання зображень, комп'ютерна сегментація.

Mykhaylo Palamar, Roman Sipravskyi

SYSTEM IDENTIFICATION OF DYNAMICS SPREAD OF MICROORGANISMS IN DAIRY PRODUCTS BASED ON PATTERN RECOGNITION

Realization of automated reading and video processing to study efficient algorithms for tracking the dynamics of growth and spread of spores of mesophilic and thermophilic microorganisms were studied. The basic steps based on the algorithm of automatic counting and tracking spore colonies in real time were investigated.

Keywords: microorganisms, image recognition systems, computed segmentation.

Дотримання вимог сучасних все зростаючих стандартів якості і безпечності продуктів при їх виробництві в харчовій промисловості вимагає вирішення низки спеціалізованих задач автоматизації контролю якості із впровадженням інформаційних технологій. Зокрема часто виникає необхідність впровадження систем автоматизації контролю технологічних процесів функціонування яких вимагає використання програмно-технічних засобів обробки та розпізнавання зображень.

В харчовій промисловості, зокрема виробництві молочних продуктів, для підвищення якості і безпечності продукції дуже важливим є відслідковування динаміки росту та розповсюдження спор термофільних та мезофільних мікроорганізмів у тестових (пробних) зразках. Оскільки в залежності від температури розвитку, спори даних мікроорганізмів можуть культивуватись на протязі 72 годин, причому максимальна кількість колоній може бути досягнута як на середині періоду досліджень так і в кінці. Під час утворення колоній на поверхні поживного агару спори мають властивість повзучого росту. Для отримання коректного аналізу мікробіолог зобов'язаний кожні декілька (6) годин переглядати чашки Петрі і окреслювати зони росту, щоб визначити точну кількість спор на момент зчитування результату. При масовому виробництві при наявності великої кількості зразків, лаборанти не мають змоги перевіряти зразки надто часто, а відповідно і результати аналізу стають не актуальні, тому що колонії мікроорганізмів зростаються і стає не можливо порахувати їхню кількість, як це показано на (рис 1).

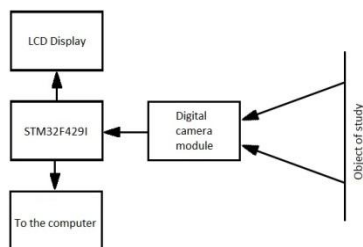


Рис. 1. Колонія

Для отримання стабільно достовірного аналізу запропоновано метод автоматизованого відслідковування та аналізу, який унеможливить момент пропущення

фази з максимальною кількістю колоній спор, оскільки комп'ютерна система в реальному часі буде слідкувати за всіма чашками Петрі котрі будуть знаходитись в полі зору камери.

Для цього було розроблено експериментальну систему автоматизованого зчитування і опрацювання відеоінформації для дослідження ефективних алгоритмів аналізу і прийняття рішень (рис.2).



Системи розпізнавання зображень розвиваються і досліджуються не одне десятиліття і на даний момент існує багато методів і підходів до реалізації, котрі мають принципові відмінності, тому в ході експериментальних досліджень було розроблено відповідний математичний та програмний апарат, який базується на обробці та сегментації зображень, отриманих під час автоматичного стеження за дослідними зразками.

Рис.2. Система зчитування

Для реалізації даного алгоритму було підібрано найбільш точніший метод – сегментація оператором Canny. Хоча цей оператор це є набір алгоритмів тому його швидкодія поступаєтья більш простим градієнтним операторам, але він також має підвищене співвідношення сигнал/шум, та хорошу локалізацію та єдиний відклик на одну границю. Такі показники роботи оператора досягаються завдяки тому, що він являє собою дуже близьке наближення до першої похідної Гаусса.

Сегментація відбувається із застосуванням оператора виділення границь зображення для зменшення кількості даних для опрацювання. Відфільтрована частина даних являється менш значимою, але найбільш важливі структурні деталі зберігаються. В результаті виділення границь формується набір зв'язаних кривих, котрі позначають границі об'єктів.

Оператор Canny був порівняний з градієнтними операторами, котрі представляють собою матричні маски. До них відносять три наступні оператори: Робертска, Превітта, Собеля. Вони мають високу швидкодію, прості у використанні, але дуже чутливі до завад та шумів.

Для дослідження алгоритму сегментації зображень було співставлень результати його роботи у порівнянні із підрахунком колоній стандартною методикою та визначено, що саме від роботи операторів виділення границь залежить якість сегментації. Визначено, що оператор Canny задовольняє необхідну точність підрахунку клітин, яка складає 97,3% до кількості колоній за котрими слідкували і прораховували лаборанти.

На реальних зображеннях, крім колоній спор, існує багато шумів, неоднорідностей, забруднень та можлива присутність сторонніх об'єктів, які необхідно ідентифікувати. Для розпізнавання контурів сфотографовану картинку, (рис.3, а) алгоритм переводить у напівтонове зображення, перетворюючи кольорові складові в відповідні для них значення яскравості чорно-білого зображення після чого підвищується контраст зображення при допомозі розтягнення значень інтенсивностей динамічного діапазону (рис. 3, б)

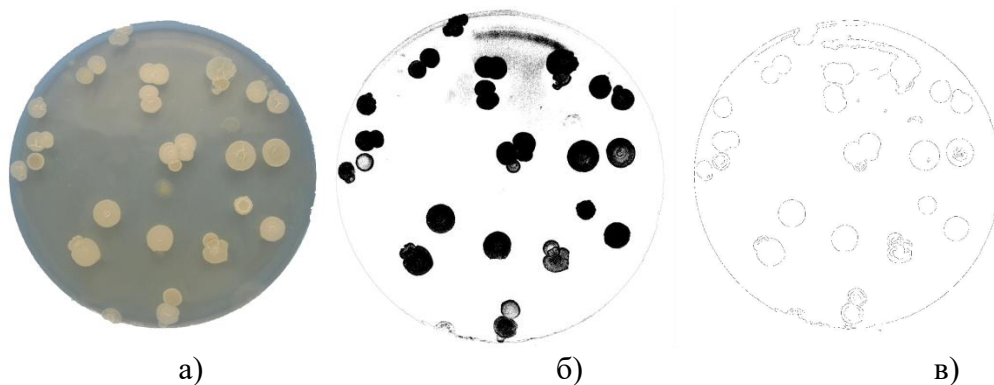


Рис. 3. Схема обробки аналізованих зображень

Оскільки зображення інколи мають недоліки фрагментації (криві границі не з'єднані між собою, відсутність в деяких місцях границь взагалі, або наявність хибних границь) після спрацювання операторів сегментації (рис.3, в). З метою їх усунення після сегментації використовується функція нарощування (рис. 4, а).

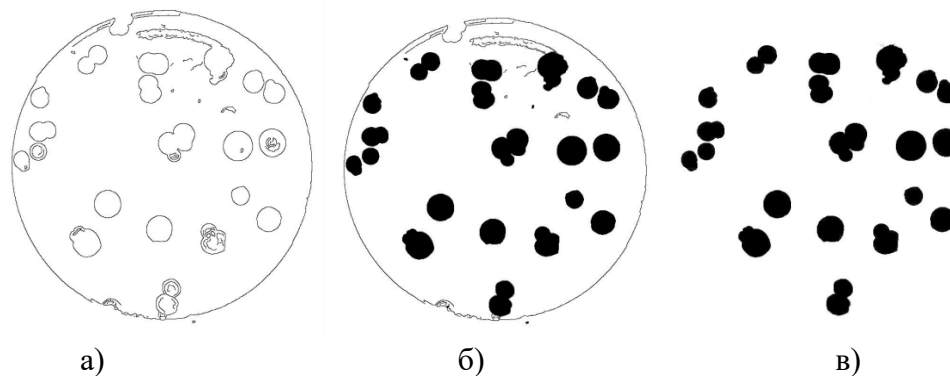


Рис. 4. Результати застосування функції нарощування

Для подальшої обробки зображення алгоритм заповняє отвори на бінарному зображенні (рис.4,б). За допомогою даного підходу ми отримуємо масив із дископодібною структурою з двійкового досліджуваного поля та опрацьовуємо його, при цьому обводячи контур та вираховуючи радіуси об'єктів. Оскільки після застосування функції заливання отворів на бінарному зображенні залишаються неоднорідності використовуємо морфологічну операцію перевідкриття бінарного зображення із наперед заданим дископодібним структурним елементом (рис. 4, в).

На основі запропонованих алгоритмів спроектована комп'ютерна система, яка складається з наступних етапів:

- аналізу зображення отриманого з модуля відео захвату;
- зміна контрасту зображення;
- оброблення зображення медіальним фільтром для зменшення шумів;
- сегментація;
- визначення та покращення контурів об'єктів;
- перебір в циклі всіх знайдених об'єктів для обрахунку їх кількості, радіусу.

Розроблена комп'ютерна система та алгоритм опрацювання інформації дає змогу автоматизувати проведення обрахунків, мінімізувати людський фактор та максимально зменшити кількість зразків котрі приходять у невідповідність. Як показали дослідження система задовольняє необхідну точність обрахунків яка склала 97,3%.

УДК 621.371

Старушенко Тарас, студент
НТУУ “КПІ ім. Ігоря Сікорського”

ОЦІНКА ФАЗИ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОГО СИГНАЛУ ДЛЯ ВИЯВЛЕННЯ ЛЮДИНИ ЗА ОПТИЧНО НЕПРОЗОРОЮ ПЕРЕШКОДОЮ

В роботі розглянуто питання, щодо характеристики сигналу, що проходить крізь стіни та відбитий від людини. Проведено оцінку фаз електромагнітних сигналів відбитих від різних перешкод для вирішення задачі моніторингу біологічних об'єктів за оптично непрозорими перешкодами.

Ключові слова: радіолокація, фаза сигналу, діелектрична проникність, коефіцієнт відбиття, коефіцієнт проходження.

Taras Starushenko

THE ASSESSMENT OF ELECTROMAGNETIC SIGNAL PHASE FOR HUMAN DETECTION BEHIND OPTICALLY OPAQUE OBSTACLES

The characteristics of the signal that passes through the wall and beats off the human were reviewed in the current study. The assessment of electromagnetic signal's phase reflected from different barriers for human detection behind optically opaque obstacles was done.

Keywords: radar, signal phase, dielectric constant, reflection coefficient, transmission coefficient.

Для виявлення людини за перешкодою необхідно оцінити фазу електромагнітної хвилі. Електромагнітна хвиля з передавача потрапляє на перешкоду після чого частина сигналу відбивається від неї зі зміною фази, а частина проходить.

У нескінченному однорідному середовищі можливе існування лише хвилі, яка розповсюджується від джерела збудження. Відбивання спостерігається тільки при наявності неоднорідності, зміни параметрів середовища. Для дослідження основних закономірностей і параметрів відбивання розглянемо найпростішу модель відбивання плоскої хвилі від границі розділу двох середовищ.[1]

Відбита від перешкоди хвиля представляє собою добуток хвилі що потрапила на перешкоду та комплексного коефіцієнту відбиття. Таким чином для оцінки фази відбитої електромагнітної хвилі необхідно розрахувати коефіцієнт відбиття, його аргумент.[2]

Розрахована фаза як міра інформативності надасть нам можливість стверджувати сигнал від якого об'єкту потрапляє на приймач від перешкоди чи від людини.

На рисунку 1 показано відбиття сигналу від перешкоди. Перешкода являє собою суцільну цегляну стіну товщиною d .

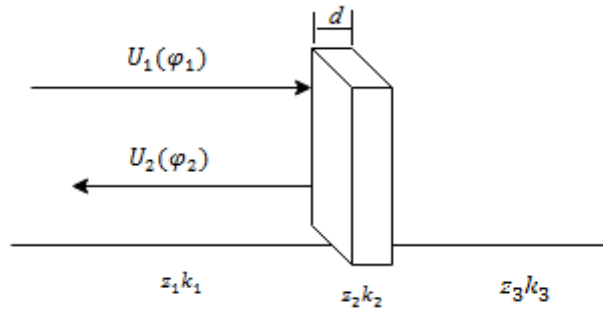


Рис. 1. Схематичне відбиття сигналу від перешкоди

Комплексний коефіцієнт відбиття розраховано за формулою:[3]

$$\dot{\Gamma} = \frac{z_2(z_3 - z_1) + j(z_2^2 - z_1 z_3) \operatorname{tg} k_2 d}{z_2(z_3 + z_1) + j(z_2^2 + z_1 z_3) \operatorname{tg} k_2 d} \quad (1.1)$$

де z_1, z_3 - хвильові опор середовища повітря, k_2 - хвильове число середовища перешкоди, d - товщина перешкоди.

У випадку $z_3 = z_1$ формула набуває вигляду:

$$\dot{\Gamma} = \frac{j(z_2^2 - z_1^2) \operatorname{tg} k_2 d}{z_2 z_1^2 + j(z_2^2 + z_1^2) \operatorname{tg} k_2 d} \quad (1.2)$$

Для розрахунку використані наступні данні $d = 0.3$ м, частота випромінювання $f = 5$ ГГц, що відповідає довжині хвилі $\lambda = 0.06$ м, діелектрична проникність середовища $\varepsilon = 5.86$, магнітна проникність $\mu = 1$.

Хвильові опори розраховуються за формулою:[2]

$$z_i = \sqrt{\frac{\mu_i}{\varepsilon_i}} \quad (1.3)$$

де μ - магнітна проникність, ε - діелектрична проникність, i - номер середовища.

Хвильове число k_2 для другого середовища розраховано за формулою:

$$k = \frac{2\pi}{\lambda_2} \quad (1.4)$$

де λ_2 - довжина хвилі в середовищі перешкоди і розраховується як:

$$\lambda_2 = \frac{\lambda}{\sqrt{\mu \varepsilon}} \quad (1.5)$$

Для визначення фази необхідно знайти аргумент комплексного коефіцієнту відбиття. Для цього помножимо його на спряжене.

$$\dot{\Gamma} = \frac{j(z_2^2 - z_1^2) \operatorname{tg} k_2 d}{z_2 z_1^2 + j(z_2^2 + z_1^2) \operatorname{tg} k_2 d} * \frac{z_2 z_1^2 - j(z_2^2 + z_1^2) \operatorname{tg} k_2 d}{z_2 z_1^2 - j(z_2^2 + z_1^2) \operatorname{tg} k_2 d} \quad (1.6)$$

Спростимо вираз для виділення дійсної та явної частин.

$$\dot{\Gamma} = \frac{(z_2^2 - z_1^2)(\operatorname{tg} k_2 d)^2 (z_2^2 + z_1^2) + j(z_2^2 - z_1^2) \operatorname{tg} k_2 d z_2 z_1^2}{(z_2 z_1^2)^2 + (z_2^2 + z_1^2)^2 (\operatorname{tg} k_2 d)^2} \quad (1.7)$$

Виділимо дійсну та уявну частини.

$$\dot{\Gamma} = \frac{(z_2^2 - z_1^2)(\operatorname{tg} k_2 d)^2 (z_2^2 + z_1^2)}{(z_2 z_1^2)^2 + (z_2^2 + z_1^2)^2 (\operatorname{tg} k_2 d)^2} + j \frac{(z_2^2 - z_1^2) \operatorname{tg} k_2 d z_2 z_1^2}{(z_2 z_1^2)^2 + (z_2^2 + z_1^2)^2 (\operatorname{tg} k_2 d)^2} \quad (1.8)$$

Підставивши використані для розрахунку дані отримаємо:

$$\dot{\Gamma} = -0.55 + j0.28 \quad (1.9)$$

Отримаємо аргумент даного числа:

$$\varphi = \operatorname{arctg} \frac{-0.55}{0.28} + \pi = 153^\circ \quad (1.10)$$

Таким чином можна зробити висновок, що при відбитті електромагнітної хвилі з частотою $f = 5$ ГГц від перешкоди у вигляді цегляної стіни завтовшки $d = 0.3$ м фаза сигналу зміниться на величину 153° .

Біологічний об'єкт такий як людина на відміну від стіни має інші характеристики, а саме діелектричну проникність, яка впливає на фазу хвилі відбитої від неї. На рисунку 1.2 показано відбиття електромагнітної хвилі від людини.

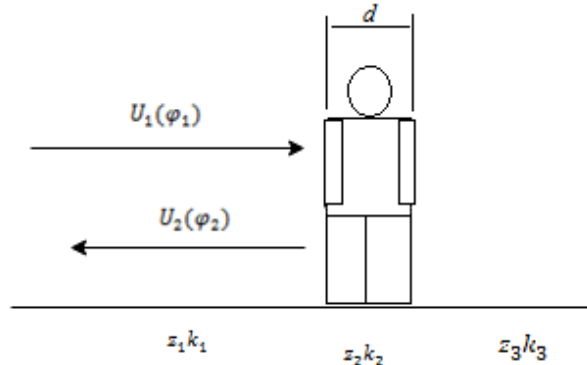


Рис. 2. Схематичне відбиття сигналу від людини

Тому аналогічно до випадку з перешкодою розрахуємо фазу електромагнітної хвилі від людини для того щоб показати її відмінність від фази хвилі відбитої від перешкоди.

Для розрахунку використані наступні дані $d = 0.3$ м, частота випромінювання $f = 5$ ГГц, що відповідає довжині хвилі $\lambda = 0.06$ м, діелектрична проникність об'єкту $\varepsilon = 44$, магнітна проникність $\mu = 1$.

Скориставшись формулою (1.8) з попередніх розрахунків

$$\dot{\Gamma} = \frac{(z_2^2 - z_1^2)(tgk_2d)^2(z_2^2 + z_1^2)}{(z_2z_1^2)^2 + (z_2^2 + z_1^2)^2(tgk_2d)^2} + j \frac{(z_2^2 - z_1^2)tgk_2dz_2z_1^2}{(z_2z_1^2)^2 + (z_2^2 + z_1^2)^2(tgk_2d)^2}$$

Отримаємо:

$$\dot{\Gamma} = -0.93 + j0.175 \quad (1.11)$$

Отримаємо аргумент даного числа:

$$\varphi = \arctg \frac{-0.93}{0.175} + \pi = 169^\circ \quad (1.12)$$

При відбитті електромагнітної хвилі з частотою $f = 5$ ГГц від людини завтовшки $d = 0.3$ м фаза сигналу зміниться на величину 169° .

Розраховані дані показують, що електромагнітні хвилі відбиті від перешкоди та від людини різні за фазою, тому при моніторингу біологічних об'єктів за перешкодами враховують фазу одержаного на приймач сигналу.

Література

1. Родос Л. Я. Электродинамика и распространение радиоволн (Распространение радиоволн): учеб.-метод. комплекс (учебное пособие) / Л. Я. Родос. – СПб.: Изд-во СЗТУ, 2007. – 90 с.
2. Баскаков С. И. Электродинамика и распространение радиоволн / С. И., Баскаков. – М: Высшая школа, 1992. – 416с.
3. Електронний курс лекцій КПІ «Теорія поля» [Електронний ресурс]

УДК 621.326

Володимир Стрембіцький, Михайло Стрембіцький к. т. н. , Михайло Паламар
д.т.н., проф..

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

АДАПТИВНА СИСТЕМА УПРАВЛІННЯ МОБІЛЬНИМ РОБОТОМ

У тезах наводяться результати дослідження системи керування мобільним роботом на основі ANFIS моделі. У процесі дослідження отримано характеристики управління мобільним роботом.

Ключові слова: робот, нечітка логіка, самонавчання, нейро – нечітка мережа.

Volodymyr Strembitskyi, Mykhailo Strembitskyi, Mykhailo Palamar. ADAPTIVE MOBILE ROBOT CONTROL

In theses presents the results of research control system based on mobile robot ANFIS model. During the study characteristics of mobile robot control.

Keywords: robot, fuzzy logic, learning, neuro - fuzzy network.

Система автономного мобільного робота (АМР) повинна забезпечити переміщення по розрахованій траєкторії в невідомому середовищі. Важливим завданням науки - це розробка моделей наближених по структурі до мислення людини [1]. Найважливішою складовою частиною усіх сучасних роботів є система сенсорів. Її завдання полягає у сприйнятті інформації про стан зовнішнього середовища та опрацювання даних. Це забезпечує розпізнавання роботом об'єктів які можна розцінювати як перешкоди. Задачею такої системи є переміщення АМР відповідно до розрахованої траєкторії. Здатність приймати правильні рішення в середовищі неповної та нечіткої інформації є очевидною для людського інтелекту. Одним з головних критеріїв, якому повинен відповідати АМР є прийняття рішень на основі формалізованих даних.

Вирішення поставленої задачі проведено за допомогою нечіткої логіки та нечітких баз знань. Нечітка модель процесу конструюється на базі знань експерта про процес (систему). Даний метод забезпечує математичну формалізацію нечіткої інформації та дозволяє виконати її математичне моделювання [2]. Для роботи використаємо нейро-нечітку систему. Особливістю якої є поєднання нечіткої системи і нейронної мережі [3]. Структура гібридної нейро-нечіткої мережі показана на рис.1.

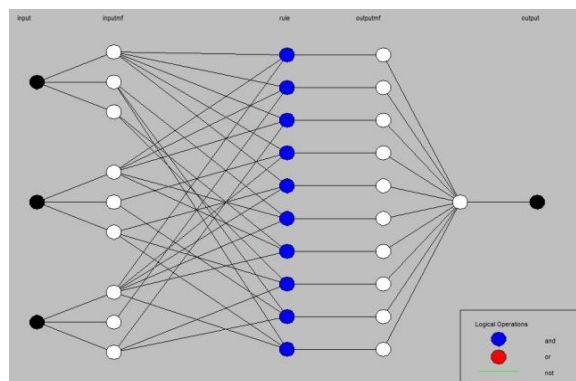


Рис. 1. Структура гібридної нейро-нечіткої мережі

Нечіткі гібридні нейронні мережі є логічно прозорими, тому вони отримують нові знання. Нечіткі нейронні мережі легко адаптуються до навколишнього середовища. Таку систему можна ефективно використовувати для автономних

роботехнічних систем. Опис множини ознак лінгвістичних змінних має наступний вигляд.

Нехай $Y = (y_1, y_2, y_3, \dots, y_p)$ – множина ознак, описуючих стан в якому знаходиться об'єкт керування. Кожна з ознак $y_i (i \in j = \{1, 2, 3, \dots, p\})$ описується відповідною лінгвістичною змінною $\langle y_i, T_i, D_i \rangle$ де $T_i = \langle T_1^i, T_2^i, \dots, T_m^i \rangle$ - терм-множина лінгвістичної змінної y_i (набір лінгвістичних значень ознаки, m_i – число значень ознаки); D – базова множина ознаки y_i . Для описання термів $T_j^i (j \in L = \{1, 2, 3, \dots, m_j\})$, відповідні значення ознаки y_i , використаємо нечіткі змінні $\langle T_j^i, D_i, C_j^i \rangle$, значення T_j^i описується нечіткою множиною C_j^i в базовій множині D_i : $C_j^i = \{ \langle \mu_{C_j^i}(d)/d \rangle, d \in D_i$.

$$s = \{ \langle \mu_{C_j^i}(y_i)/y_i \rangle \} y_i \in Y, \quad (1)$$

$$\mu_s(y_i) = \{ \mu_{C_j^i}(y_i)(T_j^i)/T_j^i \} \quad (2)$$

Систему реалізовано у вигляді нейроподібної структури, що складається з 5 шарів.

Шари утворюють функціональну структуру, що виконує такі задачі:

- ідентифікація ступенів належності вхідних сигналів нечітким множинам,
- ідентифікація істинності правил,
- нормалізація правил,
- формування вихідної нечіткої множини, формування керуючого рішення.

Дослідження проведено за допомогою моделей ANFIS в якій реалізовані правила Такагі-Сугено.

Процес навчання проводився у два етапи. Спочатку на вхід модуля управління подавали значення сигналу, що входить у навчальну вибірку. На його основі формувалася вихідна (керуюча) дія. Цей сигнал розповсюджується по мережі в прямому напрямку, і послідовно розраховується значення вихідних сигналів проміжних шарів і вихідного сигналу. Другий етап включає зворотне поширення похибки. При цьому вихідна реакція у порівнюється з еталонним значенням, і за наслідками порівняння модифікує значення ваг. Далі проводиться модифікація ваг зв'язків і параметрів елементів мережі і здійснюється перехід до наступного навчального зразка. Ітерації повторюються до коректного навчання штучної нейро-нечіткої мережі. При навчанні ставиться задача мінімізації похибки нейронної мережі, яка визначається методом найменших квадратів. Для мережі з одним виходом(як в нашому випадку) помилка визначається відношенням:

$$\Sigma = \frac{1}{2} \sum_{j=1}^p (y_i - b_i)^2 \quad (3)$$

де y_i – значення виходу нейромережі для кожного компоненту вихідного вектора, а b_i – бажане значення виходу нейромережі.

Після завершення навчання нейронна мережа створила ряд додаткових правил (rule) і встановила відповідні додаткові зв'язки. Структура гібридної нейро-нечіткої мережі після навчання

Навчання нейро-нечіткої мережі було здійснено за 2500 циклів. Помилка навчання за такої кількості циклів для заданої послідовності становила 4,3 % (рис. 2).



Рис. 2. Помилка за результатами навчання нейро-нечіткої мережі

Дослідження відбувалося за допомогою порівняння двох методів управління робо-технічною системою за допомогою нечіткої логіки і алгоритму Мандмані та ANFIS моделі де реалізовані правила Такагі-Сугено.

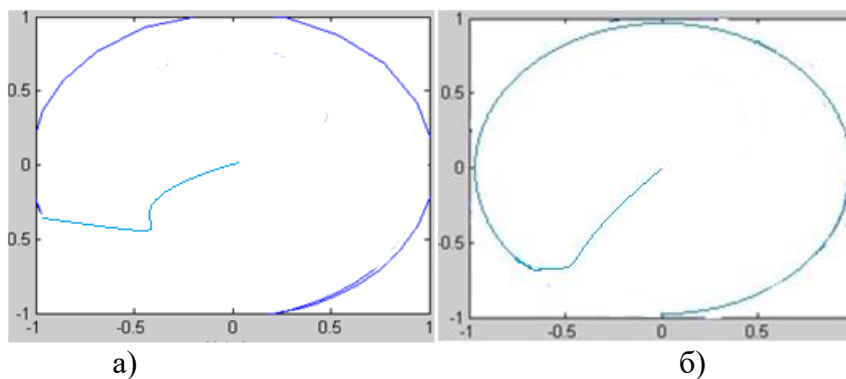


Рис. 3. Змодельована траєкторія руху автономної моделі за допомогою нечіткої логіки на основі алгоритму Мандмані (а), траєкторія руху автономної моделі за допомогою ANFIS моделі де реалізовані правила Такагі-Сугено (б).

Використання ANFIS моделі у побудові системи керування показує кращі якісні характеристики рис.3 про що свідчить мінімальне відхилення від заданої траєкторії руху. Забезпечено зменшений на 40% час виходу моделі на задану траєкторію у порівнянні системи керування реалізованої за допомогою нечіткої логіки на основі алгоритму Мандмані. Середнє відхилення руху моделі від еталонної траєкторії становить 5%, що вдвічі менше відносно класичного алгоритму, який використовує кінцевий автомат для розрахунку керованої дії.

Результатом виконаної роботи є приведений варіант вирішення задачі обминання перешкод (АМР). Розвитком даної роботи є введення додаткових вхідних значень і правил для підвищення точності управління. Таким чином, розглянутий підхід дозволяє побудувати систему управління роботом на основі нейро-нечіткої (гібридної) мережі, яка має адаптивні властивості.

Література

1. Клебанова Т.С., Чаговець Л.О., Панасенко О.В., Нечітка логіка та нейронні мережі в управлінні підприємством: Монографія.-Х.: ВД «ІНЖЕК», 2011. – 240 с.
2. Кофман А. Введение в теорию нечетких множеств / Кофман А. - М.: Радио и связь, 1982. - 432с.
3. Поспелов Д. А. Логико-лингвистические модели в системах управления / Поспелов Д. А. - М.:Энергоиздат, 1981.-232 с.

УДК 621.317.7

Богдан Трембач, аспірант
Національний університет "Львівська політехніка"

ДОСЛІДЖЕННЯ СИСТЕМНИХ ХАРАКТЕРИСТИК КОМПОНЕНТІВ ЦИФРОВОГО КОРЕЛЯТОРА

Анотація. Викладені теоретичні засади розрахунку оцінок системних характеристик компонентів, що виконується з метою порівняння системних характеристик відомих та удосконалених оптимізованих рішень цифрових пристроїв та проблемно – орієнтованих процесорів (спецпроцесорів) при однакових та заданих вхідних та вихідних системних характеристиках

Ключові слова: апаратна складність; логічні елементи; процесор.

Bogdan Trembach STUDY SYSTEM CHARACTERISTICS OF COMPONENT DIGITAL CORRELATOR

Theoretical foundations calculating estimates of system performance components performed to compare the known system characteristics and improved digital devices optimized solutions and problem - oriented processors (special processors) and under the same set of input and output characteristics of the system

Keywords: hardware complexity; logic elements; processor.

В роботі показано, що основними найбільш загальними системними характеристиками компонентів цифрової комп'ютерної техніки є наступні оцінки складності: A – апаратної, τ - часової, S – структурної та функціональної. Розрахунок названих оцінок виконується з метою порівняння системних характеристик відомих та удосконалених оптимізованих рішень цифрових пристроїв та проблемно – орієнтованих процесорів (спецпроцесорів) при однакових та заданих вхідних та вихідних системних характеристиках. При цьому розрахунок апаратної складності A цифрового компонента або процесора визначається як сума апаратних складностей його мікрокомпонентів, найчастіше це число логічних елементів, вентилів ПЛІС або , якщо це стосується топології мікрокристала, числом транзисторів [1-4]. Тобто обчислення виконується згідно виразів

$$A_n = \sum_{i=1}^r A_k ; A_k = \sum_{j=1}^l A_{mk}, \quad (1)$$

де A_n, A_k, A_{mk} - відповідно оцінки апаратної складності пристрою, компонента та мікрокомпонента.

Розрахунок оцінки часової складності процесора, його компонентів та мікрокомпонентів виконується шляхом обчислення суми часових затримок сигналів при проходженні послідовності логічних елементів чи у пристрої або компоненті конвеєрного переключення вентилів у кристалі ПЛІС

$$\tau_n = \max \sum_{i=1}^{r_{\max}} \tau_k ; \tau_k = \max \sum_{j=1}^{l_{\max}} \tau_v, \quad (2)$$

тобто визначається число мікротактів (ν) необхідних для реалізації заданого алгоритму обчислень на базі мікроелектронної структури.

Слід зауважити, що числові значення експертних оцінок можуть у деяких межах змінюватися у залежності в мікротехнології та топології кристалів різних реалізацій транзисторів, конденсаторів, резисторів та ін. Наприклад ТТЛ, ЕЗЛ, КМОН, оптоелектронні та ін.

Але при принципово нових та радикальних оптимізаційних рішеннях вдосконалення цифрових компонентів та процесорів обчислювальної техніки порівняльні системні характеристики є достатньо адекватними і аргументованими. У той же час при відносно великій апаратній складності певного компонента, наприклад АЦП паралельного типу з виходом у вигляді k – розрядних двійкових кодів, як слідує з його структури [], включає наступний розрахунок

$$A_{АЦП} = 2^k (A_R + A_K + A_{ЛЕ} + A_{Ш}),$$

де, відповідні апаратні складності 2^k - розрядних лінійок: A_R - прицевійних резисторів; A_K - компараторів; $A_{ЛЕ}$ - логічних елементів; $A_{Ш}$ - шифратора.

У загальному випадку розрахована апаратна складність такого АЦП у структурі спецпроцесора може становити 60-80%, що потребує коректування оцінки його апаратної складності визначенням та введенням у розрахунки його комерційної складності. З врахуванням суттєво меншої собівартості виготовлення та тиражування кристалів такого типу АЦП та масовому випуску великими (10^5 - 10^6) тиражами. Тобто оцінка апаратної складності окремих тиражованих компонентів проєктованих та вдосконалюваних процесорів можуть множитись на певні коефіцієнти, які враховують комерційну вартість такого компонента.

Література

1. Кочан Р.В. Концепція розподіленої автоматичної системи звукової артилерійської розвідки на базі стільникового зв'язку. / Р.В. Кочан, Б.Р. Трємбач // Сучасні інформаційні технології у сфері безпеки та оборони. – 2016. – №1 (25). – С. 59–63.
2. S. T. Birchfield and D. K. Gillmor. Acoustic Localization by Accumulated Correlation. Original: <http://www.ces.clemson.edu/~stb/research/acousticloc/>
3. S. T. Birchfield. A Unifying Framework for Acoustic Localization, Proceedings of the 12th European Signal Processing Conference (EUSIPCO) .– Vienna, Austria.–2004.
4. Bohdan Trembach. The method of correlation investigation of acoustic signals with priority placement of microphones./Bohdan Trembach, Roman Kochan, Rostyslav Trembach/CADSM 2017, 21-25 February, 2017, Polyana-Svalyava (Zakarpattya), UKRAINE.

УДК 621.396.965

Сергій Шевчук, аспірант

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

**АНАЛІЗ ПЕРЕДУМОВ СТВОРЕННЯ МУЛЬТИ-СЕНСОРНОЇ
ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНА СИСТЕМА ДЛЯ МОНІТОРИНГУ ТА
РОЗПІЗНАВАННЯ МАЛИХ ОБ'ЄКТІВ**

Проаналізовано основні передумови для створення мульти-сенсорної інформаційно-вимірювальна система для моніторингу та розпізнавання малих об'єктів. Розглянуто основні напрями розвитку системи.

Ключові слова: аналіз спектру, інформаційно-вимірювальна, мульти-сенсорна.

Sergiy Shevchuk

**ANALYSIS OF THE ESTABLISHMENT OF MULTI-SENSORY INFORMATION-
MEASURING SYSTEM FOR MONITORING AND DETECTION OF SMALL
OBJECTS**

The basic prerequisites for the creation of multi-sensory information-measuring system for monitoring and detection of small objects. The main directions of development of the system.

Keywords: spectral analysis, information-measuring system, sensor fusion

Протягом останніх років Основне призначення вимірювальної інформаційної системи – цілеспрямоване оптимальне проведення вимірювального процесу і забезпечення суміжних систем вищого рівня достовірною інформацією. Виходячи з цього основні функції ВІС наступні: отримання вимірювальної інформації з об'єкту дослідження; обробка, передача і подання вимірювальної інформації оператору або ЕОМ; запам'ятовування і зберігання вимірювальної інформації; формування керувальних сигналів управління процесом вимірювання. Вимірювальна інформаційна система є складним об'єктом техніки, що має ряд характеристик, основними з яких є інформаційні і метрологічні.

Мульти-сенсорна система має перевагу над своїми попередниками і конкурентами в співвідношенні визначення місцезнаходження джерела звуку. Ця технологія є оптимальним варіантом для визначення місцезнаходження джерела звуку, побудови траєкторії переміщення в просторі об'єкта.

Галузі використання ВІС До основних сфер використання інформаційних-вимірювальних систем відносяться: контроль та керування технологічними процесами; контроль та керування рухомими об'єктами; моніторинг навколишнього середовища; контроль якості продукції; випробування та діагностика складної техніки; автоматизація наукових досліджень; метрологічні випробування засобів вимірювання тощо.

Література

1. Иванов-Цыганов А.И. Электропреобразовательные устройства РЭС: Учебник для вузов по специальности "Радиотехника".-М: Высш. школа, 1991.
2. Spectral Analysis of Signals/Petre Stoica and Randolph Moses. Prentice Hall, Inc.
3. Ленюк, Михаил Павлович. Исследование основных краевых задач для диссипативного волнового уравнения Бесселя / М. П. Ленюк. - Киев : ИМ, 1983.

Секція: СУПУТНИКОВІ ТА НАЗЕМНІ СИСТЕМИ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙ
Керівники: проф. Михайло Паламар

УДК 314.628

Ірина Дедів, к.т.н.

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

ОПТИМІЗАЦІЯ ПРОЦЕСУ ПРОЕКТУВАННЯ ПУСКО-РЕГУЛЮЮЧИХ ПРИБОРІВ ЛАМП ДЕННОГО СВІТЛА

Анотація. Обґрунтовано фактори, що впливають на якість електронних пуско-регулюючих пристроїв ламп денного світла та повинні бути враховані на етапі їхнього проектування.

Ключові слова: пуско-регулюючий пристрій, лампа денного світла, електромагнітні завади, шуми

Iryna Dediv

OPTIMIZATION OF THE DESIGN PROCESS STARTING-REGULATING DEVICES OF FLUORESCENT LIGHT

Abstract. The factors affecting the quality of the electronic starting-regulating devices of fluorescent lamps, that should be taken into account during their design, are grounded.

Keywords: starting-regulating device, fluorescent lamps, electromagnetic interference, noise.

Для забезпечення значного терміну роботи люмінесцентних освітлювальних ламп, з метою їх запуску та підтримання стабільного режиму світіння в їхній конструкції сьогодні застосовуються електронні пуско-регулюючі пристрої (ПРП). При цьому процес проектування їх є складний та включає значну кількість етапів. Актуальною є задача оптимізації самого процесу проектування електронних ПРП.

Відомо [1,2], що електронні ПРП являють собою імпульсні перетворювачі постійного струму, які працюють в імпульсному режимі із частотами перетворення, які перевищують 50 кГц. В такому режимі роботи електронний ПРП стає значним джерелом електромагнітного випромінювання [3,4], оскільки в його структурі використовуються накопичувальні дроселі та трансформатори, що працюють в імпульсному режимі. Також сам друкований вузол ПРП стає чутливим до впливів зовнішніх електромагнітних завад. Зазначені фактори впливають на якість кінцевого продукту (електронного ПРП) та повинні обов'язково бути враховані в процесі проектування ПРП.

В роботі проведено класифікацію схем ПРП ламп денного світла та розглянуто класифікацію режимів і розрахункових задач при їх проектуванні. Встановлено, що основними розрахунковими завданнями при проектуванні пуско-регулюючих пристроїв є: розрахунок схем включення ламп денного світла в пусковому режимі, розрахунок усталених режимів схем включення з нормально працюючою лампою, розрахунок схем включення з аномально працюючою лампою як в режимі розгоряння, так і в сталому режимі. Оскільки перше завдання вирішується традиційними електротехнічними методами без урахування специфіки розрядної лампи, друге і третє завдання по суті вирішуються однаковими методами, проте є відмінність в підході до оцінки режимів роботи. На сьогодні, для розрахунків режимів роботи вузлів електронних ПРП використовуються автоматизовані програмні продукти (наприклад програмний продукт BallastDesigner компанії InternationalRectifier), що працюють на основі методів Штрауха та диференціальної апроксимації електричних параметрів розрядних ламп. Однак на результат проектування впливають додаткові фактори, які повинні бути обов'язково враховані на етапі схемо-технічного проектування ПРП. Одним із таких факторів є рівень випромінюваних ПРП електромагнітних завад та стійкість до їхнього зовнішнього впливу, фактори, які ставлять обмеження щодо ефективного використання енергії в ПРП, та фактори, що визначають типи шумів,

створювані ЕПРП. Проведений аналіз показав, що завади, які генерують ПРП, характеризують високі рівні 70...120 дБ (в окремих випадках до 140 дБ), широкий частотний спектр (від одиниць...десятків кілогерц до десятків...сотень мегагерц, одиниць...десятків гігагерц). Таким чином, застосування ЕПРП, разом зі зменшенням маси й габаритних розмірів, призводить до генерації завад, що погіршує несприятливу в сучасних умовах насичення радіоелектронними засобами різних сфер діяльності людини, електромагнітну обстановку – сукупність електромагнітних явищ, наявних в даному місці. У зв'язку з цим дослідження джерел і шляхів поширення ЕМЗ, які генерують ЕПРП, з метою розроблення ефективних засобів зниження їх рівнів до встановлених відповідними нормувальними документами, стають не менш важливими, а в деяких випадках головними у проектуванні електронної апаратури різного призначення. Важливо, щоб заходи та засоби забезпечення ЕМС були впроваджені саме на етапі проектування апаратури. Також проведений аналіз показав, що електронні ПРП є джерелами акустичних шумів. Їх можна умовно розділити на низькочастотні і високочастотні. Низькочастотний шум в діапазоні частоти від 50 до 700 Гц створюється корпусом світильника і спричинений вібрацією і магнітними полями розсіювання ПРП. ПРП має малі розміри в порівнянні із довжиною звукових хвиль в цьому частотному діапазоні і практично не випромінює шуму. Боротьба з низькочастотним шумом здійснюється шляхом зменшення вібрацій, що передаються від ПРП до світильника. Високочастотний шум світильників обумовлений шумом ПРП. Пуско-регулюючий апарат залежно від конструкції може випромінювати значні шуми в області частот від 0,5 до 10 кГц. Корпус світильника, як правило, впливає на високочастотний шум ПРП незначно.

Аналіз програмних продуктів показав, що при проектуванні використовуються лише методи розрахунку та оцінювання значень струмів та напруг в режимі включення та роботи ламп денного світла. Однак обмеженою є елементна база, що використовується для реалізації окремих вузлів ПРП. Крім того не враховується при проектуванні забезпечення електромагнітної сумісності та способи екранування. Також не враховується оцінювання теплових режимів роботи силових елементів схеми та оптимальне їх компонування на друкованій платі при конструюванні друкованого вузла.

Для оптимізації процесу проектування ПРП пропонується проводити проектування з використанням автоматизованої системи, яка мала б можливість використовувати як методи розрахунку режимів роботи ламп денного світла так і факторів, що впливають на якість кінцевого продукту (ефективне використання електроенергії, електромагнітна сумісність, теплові режими роботи, степінь випромінювання акустичних шумів в процесі роботи).

Література

1. Семенов Б.Ю. Силовая электроника для любителей и профессионалов. / Б.Ю. Семенов. – М.:СОЛОН Р, 2001. – 321с.
2. Семенов Б.Ю. Силовая электроника: от простого к сложному. / Б.Ю.Семенов. – М.:СОЛОН-Пресс, 2005. – 416 с.
3. Межгосударственный стандарт. Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения / ГОСТ 13109-97
4. Електромагнітна сумісність у системах електропостачання: Підручник / І. В. Жежеленко, А. К. Шидловський, Г. Г. Півняк, Ю. Л. Саєнко.-Д, Нац. гірнич. ун-т, 2009.-319 с.: іл.
5. Горобец А.И. Справочник по конструированию радиоэлектронной аппаратуры / А.И. Горобец, А.И. Степаненко, В.М. Коронкевич. – К.: Техніка,1985. – 312 с.
6. Конструкторско-технологическое проектирование электронной аппаратуры : Учебник для вузов / К.И. Билибин, А.И. Власов, Л.В. Журавлева и др.; Под ред. В.А. Шахнова. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2002. – 528 с.

УДК 519.246

Василь Дунець, к.т.н.

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ СПЕКЛ-ШУМУ ДЛЯ ЗАДАЧ СЕГМЕНТАЦІЇ ТА КЛАСИФІКАЦІЇ РАДІОЛОКАЦІЙНИХ ЗОБРАЖЕНЬ

Для задач аналізу радіолокаційних зображень запропоновано структуру математичної моделі спекл-шуму та надано фізичний зміст її параметрам.

Ключові слова: спекл-шум, радіолокаційне зображення, математична модель.

Vasyl Dunets

DEFINITIONS OF STATISTICAL RHYTHM CARDIOVASCULAR SYSTEM FOR ELECTROCARDIOSIGNAL

For the problem of analysis radar images structure for the speckle-noise mathematical model are proposed. Parameters of model the physical meaning are obtained.

Keywords: speckle-noise, radar images, mathematical model.

Для побудови автоматизованих експертних систем ідентифікації ділянок Земної поверхні, відведених, зокрема, під ті чи інші сільськогосподарські посіви необхідні адекватні математичні моделі, які у своїй структурі повинні враховувати особливості відповідних ділянок на радіолокаційних зображеннях. Радіолокаційні зображення містять шум, відомий як спекл-шум (speckle-noise – англ.). Спекл-шум є своєрідним «відбитком» поверхні, на зображенні якої він присутній [1]. В роботі пропонується ця властивість використати для отримання додаткових параметрів розрізнення областей на зображенні Земної поверхні. Задачею побудови моделі спекл-шуму займалися, зокрема Білінський Й.Й. і авт. (Україна), Chen J.F., Wagner R.F. (США), Yang Yibing, He Zhenya (Китай), Евтюшкин і авт. Запропоновані авторами математичні моделі спекл-шуму призначені для вирішення, як правило, задач фільтрації зображень і лише за спектральним складом (або ж текстурно) такі моделі відповідають реальному спекл-шуму.

Для задач сегментації та класифікації радіолокаційних зображень з врахуванням спекл шуму необхідна математична модель останнього, яка б максимально відтворювала реальний шум на радіолокаційному зображенні. Таким чином, побудова адекватної математичної моделі спекл-шуму для задач сегментації радіолокаційних зображень є актуальною науково-практичною задачею.

Поява спекл-шуму на радіолокаційних зображеннях обумовлена тим, що якщо навколо однорідної ділянки цілі існує велике число розсіювачів, то яскравість такої ділянки буде промодульована по простору випадковим чином. Причиною цього є інтерференція когерентних хвиль, що супроводжується взаємним підсиленням і ослабленням хвиль, відбитих від розсіювачів. Шляхом усереднення багатьох зображень, які отримані при різних умовах сканування (час, відносна орієнтація, частота випромінювання) можна добитися часткового усунення шумів, але при цьому погіршується просторова роздільна здатність самого зображення.

Найпростіша модель взаємодії когерентних хвиль – модель інтерференції від двох джерел. Розглянемо її докладніше. Нехай маємо два джерела радіохвиль, однакової інтенсивності, які спостерігаються приймачем, розміщеному на відстані l від досліджуваної ділянки Земної поверхні (рис. 1).

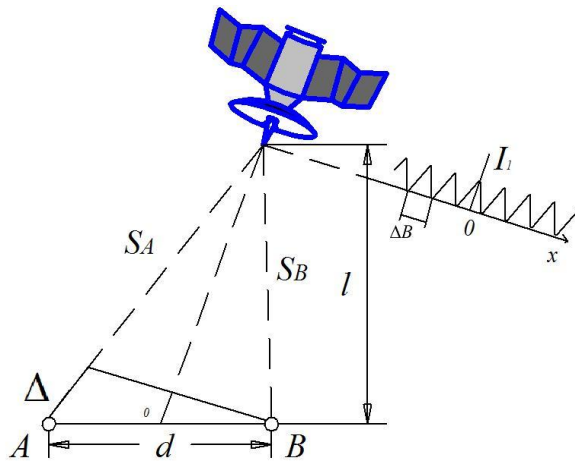


Рис. 1. Інтерференція від двох джерел

Вважаємо, що показник заломлення середовища дорівнює n . Відбиті від A та B хвилі збираються приймачем. Площина екрану приймача є полем інтерференції. У полі інтерференції є місця, де хвилі джерел складатимуться у фазі. У цих місцях відзначатимуться максимуми інтенсивності поля. Там же, де хвилі складатимуться в протифазі спостерігатиметься мінімальна інтенсивність. Якщо в полі інтерференції помістити непрозорий екран, яким є чутливий елемент приймача, то буде спостерігається чергування світлих і темних смуг, що є інтерференційною картиною.

Параметрами інтерференційної картини є положення її максимумів x_{\max} і

мінімумів x_{\min} , а також пов'язана з ними ширина смуг інтерференційної картини ΔB (див. рис. 1).

У праці [6], автори використовують модель зображення, двохвимірної функції $F(x, y)$ у вигляді суми адитивної $n_a(x, y)$ та мультиплікативної $n_m(x, y)$ складових:

$$F(x, y) = g(x, y)n_m(x, y) + n_a(x, y), \quad (1)$$

де $g(x, y)$ – незашумлене зображення, $F(x, y)$ – зашумлене зображення, Оскільки вплив адитивної складової порівняно малий у порівнянні з мультиплікативною, модель шуму для задач фільтрації спрощено представляють як:

$$F(x, y) = g(x, y)n_m(x, y)). \quad (2)$$

У праці [7] авторами зауважено, що відома математична модель (2) описує шум у кожній окремій точці зображення, не враховуючи при цьому значення показника шуму в сусідніх точках. Спекл-шум на радіолокаційних зображеннях є корельованим і розподіляється між кількома сусідніми пікселями у вигляді «зерна». Тому автори пропонують як математичну модель спекл-шуму використовувати модель спекл-шуму, що описує шум у поточному оброблюваному пікселі із урахуванням значень шуму в сусідніх піселях [7]. Математичну модель вони представляють виразом:

$$\begin{cases} F(x, y)_{x \in 0..a, y \in 0..b} = g(x, y)_{x \in 0..a, y \in 0..b} + g(x, y)_{x \in 0..a, y \in 0..b} \times k_m(x, y) \\ k(x, y) = \frac{\sigma}{(l-a)^2 + (m-b)^2} \\ l = 0..a, m = 0..b, \end{cases}, \quad (3)$$

де $F(x, y)$ – зашумлене зображення, $g(x, y)$ – незашумлене зображення, $k(x, y)$ – показник шуму, a, b – розміри матриці «зерна» спекл-шуму, випадкова величина, вибирається в діапазоні 0..9, σ – коефіцієнт поширеності шуму.

Математична модель у вигляді (3) дає змогу отримати зашумлене зображення з грубозернистою структурою шуму.

Як бачимо, пропонувані моделі не використовують фізичної природи утворення спекл-шуму і, тому, не містять параметрів, котрі б характеризували умови отримання радіолокаційних зображень. Тому, запропоновано математичну модель спекл-шуму, для мультиплікативної суміші $F(x, y) = g(x, y)n_m(x, y)$ у такому вигляді:

$$\begin{cases} n(x, y) = \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J n_{ij}(x, y) = I_0 \cos\left(4\pi \frac{\sqrt{(i-x)^2 + (j-y)^2}}{\lambda d}\right), \\ i = f_{\mu, \sigma}\{x_1, x_2, \dots, x_n\}, \quad j = f_{\mu, \sigma}\{y_1, y_2, \dots, y_n\} \end{cases}, \quad (4)$$

тут i та j – випадкові індикаторні функції елементів растру (координати центрів джерел вторинного випромінювання).

Запропонована математична модель спекл-шуму містить як детерміновану так і стохастичну складові та пов'язує у своїй структурі параметри імпульсної радіолокаційної зйомки і параметри поверхні цілі. Для верифікації запропонованої математичної моделі необхідними є реалізація відповідної їй імітаційної моделі, побудова критерію верифікації та, власне, сама верифікація з застосуванням експериментальних даних.

Література

1. Білинський Й.Й. Математична модель спекл-шуму та аналіз фільтрів обробки ультразвукових зображень / Й.Й. Білинський, А.О. Мельничук, О.А. Павлюк // Біомедичні вимірювання і технології. - №2. – 2011р. – С. 152-157.
2. Евтюшкин А.В. Сегментация многовременных радарных изображений земных покровов / А.В. Евтюшкин, В.М. Брискин, А.Е. Данилова, А.В. Філатов // Вестник Балтийского федерального университета им. И. Канта. – 2014. Вип. 10. – С. 125-132.
3. Форсайт Д.А., Понс Ж. Компьютерное зрение. Современный подход.: Пер. сангл. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2004. – 928 с.
4. Верлань А.Ф. Моделирование процессов формирования и обработки акустических когерентных изображений / А.Ф. Верлань, В.Ф. Миргород, И.М. Гвоздева // Электронное моделирование. – 2004. – Том 26, №5. – С. 111-118.
5. Соифер В.А. Теоретические основы цифровой обработки изображений [Текст] / В.А. Соифер, В.В. Сергеев, С.Б. Попов, В.В. Мясников. – Самарский государственный аэрокосмический университет, Самара, 2000 г. – 256 с.
6. Chen J.F. Non-Gaussian Versus Non-Rayleigh Statistical Properties of Ultrasound Echo Signals. / J.F.Chen, J. A. Zagzebski, E. L. Madsen // IEEE transactions on ultrasonics Ferroelectrics and frequency control. – 1994.– vol 41. – № 4 – P. 435– 440.
7. Білинський Й.Й. Математична модель спекл-шуму та аналіз фільтрів обробки ультразвукових зображень / Й.Й. Білинський, А.О. Мельничук, О.А. Павлюк // Біомедичні вимірювання і технології. - №2. – 2011. – С. 152-157.

УДК 681.51, 621.3.07

Михайло Паламар, д.т.н., проф., Юрій Наконечний, ст.викл.,
Юрій Апостол, ст.викл.

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

АНАЛІЗ ПОХИБОК КУТОВОГО ВИМІРЮВАЛЬНОГО ПРИСТРОЮ СУПУТНИКОВОЇ АНТЕННОЇ СИСТЕМИ

Приведені результати розрахунку сумарної похибки відпрацювання кута повороту кутомірного пристрою супутникової антени. На основі аналізу розрахунку запропонована оптимальна конструкція кутомірного пристрою, в якій сумарна похибка відпрацювання кута повороту не буде перевищувати 4'.

Ключові слова: Супутникова антена, азимутальна вісь, давач кута, пружний мертвий хід, похибка кута повороту.

Mykhailo Palamar, Yuriy Nakonetchnj, Yuriy Apostol THE ERRORS ANALYSIS OF THE ANGLE MEASURING DEVICE OF SATELLITE ANTENNA SYSTEM

The results of calculating the total error testing support rotation angle satellite antenna system. The analysis suggested calculating the optimum design rotation device, in which the total working angle of rotation error will not exceed 4'.

Satellite antenna azimuthal axis angle sensor, resilient backlash, rotation angle error.

Для прецизійного вимірювання кутів повороту антенної системи з діаметром рефлектора 5 м спроектовано кутовий вимірювальний пристрій (рис.1), що включає кутовий сенсор і механізм спряження з віссю антени.

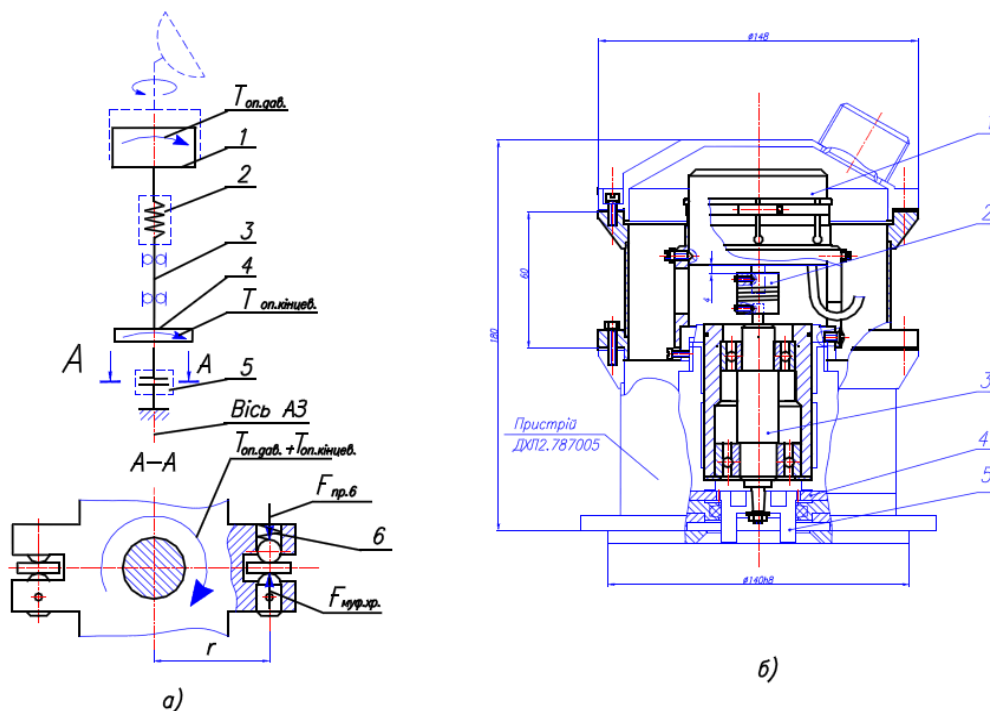


Рис. 1. Схема а) та конструкція б) кутового вимірювального пристрою

Пристрій монтується на опорно-поворотній платформі антени і контролює кути повороту кожної осі безпосередньо на валу без застосування будь-яких додаткових

механічних передач. Згідно із технічними вимогами похибка відпрацювання кутів не повинна перевищувати 4' (кутових мінут). У спроектованому пристрої використовується оптоелектронний кутовий сенсор, розроблений на каф. ПВ ТНТУ з роздільною здатністю 20 кут. сек., та загальною похибкою до 2'. Тому сумарна кінематична похибка механізму з'єднання валу кутового сенсора з нерухомим корпусом антени (приводу давача кута) не повинна перевищувати 2'.

Спроекований пристрій складається з оптоелектронного кутового сенсора з вбудованим мікроконтролером для опрацювання інформації 1 (інтелектуальний сенсор) [1], пружної муфти 2, яка компенсує можливу радіальну та кутову неспіввісність вихідного валу давача та жорсткого підшипникового валу 3, і шарнірно-хрестової муфти 5. Конструкція приводу давача виконана безлюфтовою. Кінематичні похибки при вимірюванні кута повороту антени виникають тільки внаслідок пружних деформацій муфти 2 від дії моменту тертя $T_{оп.дав}$ в опорах давача кута 1 та деформації пружин 6 в шарнірно-хрестовій муфті 5 від дії сумарного моменту $T_{оп.дав}$ та моменту опору $T_{оп.кінцев.}$, що виникає в механізмі кінцевих вимикачів 4. При реверсивному русі антени ці пружні деформації подвоюються.

Результати оцінки джерел похибок приведені в табл.1. Розрахунки виконані для двох варіантів конструкції муфти 2: з пружним елементом у вигляді спіральної циліндричної нарізки та з кільцевими надрізами до половини діаметру муфти (має більшу крутильну жорсткість). Також розглядаються два варіанти виконання кутових вимірювальних пристроїв: з підшипниками ковзання (а) та манжетою для ущільнення вихідного валу у випадку додаткового захисту від впливів атмосферного середовища (б). Експериментально досліджено, що ущільнення мають власний момент сил опору 0,075 Нм, а підшипники кочення мають додатковий власний момент сил опору 0,015 Нм.

Таблиця 1 – Розрахунок сумарної кінематичної похибки відпрацювання кута повороту по осі АЗ кутомірного пристрою супутникової антени діаметром 5м

1. Момент сил опору давача кута 1 (зусилля зрушення)	$T_{оп.дав.}$	З втулками ковзання і ущільненнями		З підшипниками кочення	
		0,075 Нм		0,015 Нм	
2. Жорсткість при крученні пружної муфти	$C_{муф.пр.}$	Спіральна нарізка	Кільцеві надрізи	Спіральна нарізка	Кільцеві надрізи
		40 Нм/рад	250 Нм/рад	40 Нм/рад	250 Нм/рад
3. Зусилля пружини хрестової муфти 5	$F_{пр.}$	10 Н			

Продовження таблиці 1

4. Плече хрестової муфти 5	r	14 мм			
5. Момент сил опору механізму кінцевих вимикачів 4	$T_{\text{оп.кінцев.}}$	0,075 Нм			
6. Мінімальне необхідне зусилля пружини 6 при передачі хрестовою муфтою 5 обертового моменту $T_{\text{оп.дав.}} + T_{\text{оп.кінцев.}}$	$F_{\text{муф.хр.}} = \frac{T_{\text{оп.дав.}} + T_{\text{оп.кінцев.}}}{2r}$	5,36 Н ($F_{\text{муф.хр.}} < F_{\text{пр.}}$, тоді деформація пружини 6 і пружний мертвий хід муфти 5 рівні нулю)			
7. Кут закручування пружної муфти 2	$\varphi_{\text{муф.пр.}} = \frac{T_{\text{оп.дав.}}}{C_{\text{муф.пр.}}}$	6,4', або 0,0019рад	1,03', або 0,0003рад	1,2', або 0,00037рад	0,2', або 0,00006рад
8. Пружний мертвий хід при реверсивному русі	$\Delta_{\text{м.х.}} = 2\varphi_{\text{муф.пр.}}$	12,9'	2'	2,4'	0,4'

Висновок. Отже сумарна похибка відпрацювання кута повороту в спроектованому кутовому вимірювальному пристрої не буде перевищувати 4' тільки у випадку застосування пружної муфти 2 з кільцевими надрізами, а зусилля пружин 6 в шарнірно-хрестовій муфті 5 повинно бути не меншим 5,36 Н.

Література

1. MykhayloPalamar Improvement metrological characteristics of the antenna system using smart angle sensor [Text] / Mykhaylo Palamar, Andrii Chaikovskiy, Yuriy Pasternak, Yaroslav Palamar // Proceedings of the 2015 IEEE 8th International Conference on Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems: Technology and Applications (IDAACS): - 24-26 September 2015, Warsaw, Poland. IEEE, P. 131–135. ISBN: 978-1-4673-8359-2, IEEE Catalog Number: CFP15803-PRT

УДК 621.326

Кирило Соколов, студент РТФ
Національний технічний університет «КПІ ім. І. Сікорського»

ОБМІН ІНФОРМАЦІЄЮ У ОПТИЧНОМУ ДІАПАЗОНІ З ВИКОРИСТАННЯМ ТЕХНОЛОГІЇ LI-FI

Розглянуто основні засади технології Li-Fi та наведена загальна структурна схема, що відображає основні функціональні вузли системи. Наводиться порівняльна характеристика технології Li-Fi та Wi-Fi. Як результат, виявлено переваги та недоліки використання видимого спектра частот для передачі інформації на невелику відстань.

Ключові слова: Li-Fi, VLC, оптичний діапазон, передача інформації.

Kyrylo Sokolov **INFORMATION EXCHANGE IN THE OPTICAL BAND USING TECHNOLOGY LI-FI**

The basic principles of Li-Fi technology and the general diagram that shows the major functional components of the system. An comparative characteristics of Li-Fi and Wi-Fi. Identified the advantages and disadvantages of using the visible light to transmit information.

Key words: Li-Fi, VLC, optical range, communication.

Технології передачі інформації бездротовими шляхами, що використовують радіочастоти мають ряд недоліків. По-перше – це невелика смуга частот, що відводиться під різні протоколи і підлягає ліцензуванню, по-друге, обмежена швидкість передачі інформації, яку варто підвищувати. Пошуком альтернативних технологій бездротових комунікацій зайнявся у 2011 році Гаральд Хаас. Він запровадив нову технологію Li-Fi (Light-Fidelity), основою якої є використання оптичного діапазону для передачі даних. Основою такої системи є випромінювання звичайного світлового потоку, який створюється світлодіодами та іншими джерелами світла. Популярні зараз світлодіоди економічніші за звичайні лампи розжарювання, але на цьому покращення світловіддачі не завершується. Тому йде пошук нових джерел випромінювання видимого світла. Наступним кроком голова відділу мобільних комунікацій Единбурзького університету Гаральд Хаас вважає використання лазерних діодів [1].

Li-Fi ще називають «оптичною версією» Wi-Fi, що базується на принципі використання VLC (Visible Light Communication), яка працює у частотних межах від 400 ТГц до 800 ТГц. Дана ширина спектру більша ніж ширина радіоспектру у 10000 разів. Це надає можливість широкого застосування даної технології там, де радіохвилі заборонені, наприклад у салонах літаків. Малі довжини хвилі означають мініатюризацію друкованих плат та елементів, що фактично дає можливість вмістити передавач або приймач у корпус порівняний зі звичайною електричною лампочкою [2].

Основний принци роботи системи Li-Fiє використання пари фото випромінювач – фотоприймач.. Передатчик встановлюється на стелі і генерує сигнал у двійковому кодуванні високою частотою. Наприклад перемикання у стан випромінювання це логічна «1», навпаки це логічний «0» [3]. Бездротова комунікаційна система передбачає наявність основних структурних елементів зображена на рис.1. Інформація що надходить з сервера або інтернету поступає на модулятор (драйвер) після чого модульований світловий потік випромінений світлодіодом приймає фотодетектор. Надалі сигнал зазнає підсилення та відповідного оброблення і в результаті відтворюється початкова інформація джерела. Межі роботи – невелике приміщення.

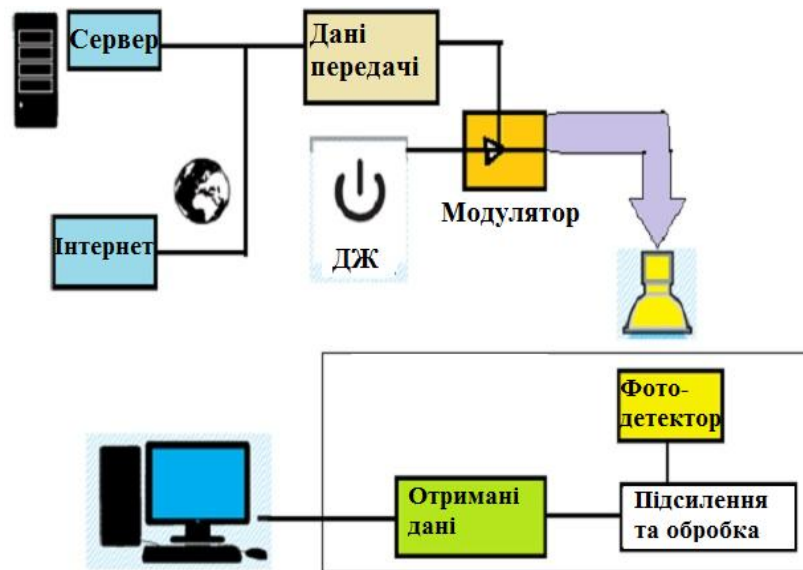


Рис. 1. Технологія Li-Fi

Як бачимо технологія Li-Fi має велику кількість переваг та має великий потенціал щодо розвитку її у майбутньому. Основним недоліком є використання Li-Fi лише у приміщеннях. Але це забезпечує надійну безпеку каналу зв'язку, оскільки доступ до інформаційних потоків матимуть лише ті, хто є у кімнаті. Наочне порівняння технологій Wi-Fi та Li-Fi представлено у табл. 1 [4]. Можливе також використання мультиплексування на основі розділення довжин хвиль, за якої кожна довжина хвилі використовується як окремий комунікаційний канал [1].

Таблиця 1. Порівняння технологій Wi-Fi та Li-Fi

Характеристики	Li-Fi	Wi-Fi
Швидкість передачі даних	>1 ГБ/с	150 МБ/с
Використання спектру	Видиме світло	Радіочастоти
Ширина спектру	В 10 000 р. більше ніж у радіочастот	До 3 ТГц
Ціна	Дешевше за Wi-Fi (не передбачає ліцензування частот)	Дорожче так, як використовує певну з дозволених смуг
Мережева топологія	Від точки до точки	Від точки до точки
Робочі частоти	Сотні ТГц	2.4 ГГц

Література

1. Лазерные Li-Fi-технологии смогут достичь скорости свыше 100 гигабит в секунду [Електронний ресурс]. Режим доступу до статті.: <http://www.novostiit.net/lazernyie-li-fi-tehnologii-smogut-dostich-skorosti-svyishe-100-gigabit-v-sekundu-00018914> – Назва з екрана
2. S.Patil, S.Velankar, A.Khachane Li-Fi: The Optical Version of Wi-Fi. // International Journal of Science and Research.- 2014 .- Vol.3, №12.- pp 77-79.
3. M. Mutthamma A survey on Transmission of data through illumination - Li-Fi. // International Journal of Research in Computer and Communication Technology.- 2013 .- Vol.2, №12.- pp 1427-1430.
4. A. Shetty A Comparative Study and Analysis on Li-Fi and Wi-Fi. // International Journal of Computer Applications.- 2016 .- Vol.150, №6.- pp 454-460.

УДК 681.51, 621.3.07

Сергій Дуда, Григорій Химич, Юрій Умзар, к.т.н., доц., Олег Байдак
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

ПОЛЯРИЗАТОР ДЛЯ КА – ДІАПАЗОНУ

Анотація. У статті розглянуті проблеми вибору одного із елементів антенно – хвилеводного тракту, поляризатору, антенної системи, яка використовується у телекомунікаційних мережах для організації передачі інформації. Проведений аналіз варіантів конструювання та дослідження технічних характеристик поляризаторів на основі хвилеводів круглого перетину для роботи в Ка-діапазоні. Опрацьовано кілька основних варіантів існуючих рішень з конструктивно-технологічної точки зору, покращення технологічності та радіотехнічних характеристик (динамічні втрати, коефіцієнт стоячої хвилі, коефіцієнт еліптичності, шумова температура).

Ключові слова: телекомунікаційна мережа, поляризатор, коефіцієнт еліптичності, хвилевід круглого перетину.

Sergey Duda, Hryhorij Khymych, Jurij Umzar , PhD, associate professor, Oleg Baydak

POLARIZER FOR KA – RANGE

Summary. The problems of polarizer`s construction over the basis of the circular waveguide for a work in Ka – range are highlighted in the article and improve compliance with specifications (dynamic loss, standing wave ratio, noise temperature).

Keywords: telecommunications network, polarizer, elliptical ratio, circular waveguide

Одним із варіантів збільшення об'ємів інформації, що передається без розширення частотного спектру є передача сигналів одночасно у двох площинах поляризації. Крім цього, суттєво розширюється частотний спектр при організації зв'язку на вищих надвисокочастотних (НВЧ) діапазонах, особливо у Ка – діапазоні. Враховуючи ці чинники, в антенно-фідерних трактах (АФТ) антенних систем (АС) радіорелейного та супутникового зв'язку для поляризаційної передачі та оброблення сигналів широко застосовуються хвилевідні поляризатори круглого перетину.

Як відомо, такі хвилевідні пристрої конструктивно є відрізком круглого перетину, в якому під кутом 45 градусів до площини поляризації падаючої хвилі, розташовані певні поздовжні неоднорідності, які створюють фазовий зсув між складовими електричного поля. У загальному випадку, значення фазового зсуву в поляризаторах визначається наступним чином

$$\Theta = (\beta_1 - \beta_2)l \quad (1)$$

де, $\beta_{1,2}$ - фазові постійні складових вектора Е,

l- довжина фазозсувної секції.

У залежності від типу і призначення АС, фазовий зсув між складовими має набувати значення 90 кут. градусів (кругова поляризація), чи 180 кут. градусів (лінійна поляризація).

Основна задача, яка вирішується при проектуванні подібних пристроїв, зводиться до компенсації дисперсії фазового зсуву в заданій смузі робочих частот, що впливає з заданих значень коефіцієнта еліптичності, чи крос-поляризаційної розв'язки АС.

На даний момент в антенно - фідерних трактах (АФТ), найширше застосування знайшли конструкції поляризаторів метало – стрижневого, діелектричного і метало - діелектричного типів, рис. 1a,b,c.

Джон Пуле описав методику розрахунку поляризатора з фіксованою смугою частот для кругової поляризації.[1] Прототип конструкції поляризатора показаний на рис. 1. У конструкції використовувались тільки фазозсувні металеві паралельні вставки.

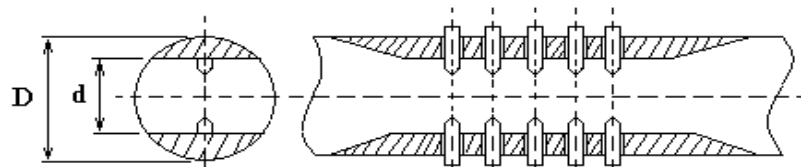


Рис. 1а. Поляризатор метало – стрижневого типу
Figure 1a. Polarizer metal - rod type

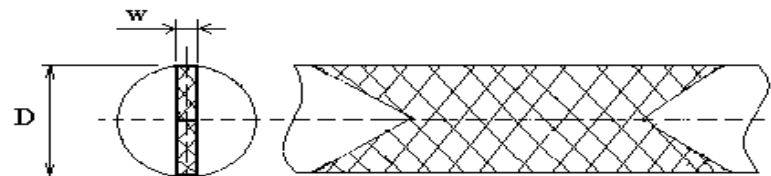


Рис. 1b. Поляризатор діелектричного типу
Figure 1b. Polarizer dielectric type

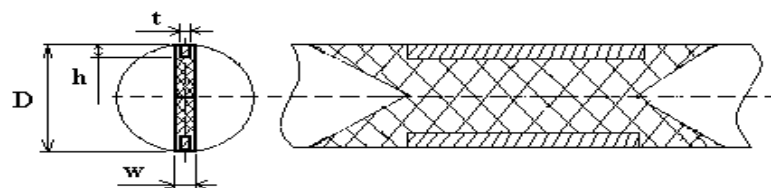


Рис. 1. Поляризатор метало – діелектричного типу

Принципи побудови і розрахунку конструктивних розмірів фазозсувних секцій наведених типів поляризаторів, описані теоретично, спроектовані та перевірені на реальних пристроях, які знайшли застосування у різних робочих діапазонах, на частотах від 3 ГГц до 30 ГГц для традиційних мереж зв'язку на основі супутникових та радіорелейних систем.

При конструюванні пристроїв, які призначені для роботи в робочих діапазонах (20/30 ГГц), виникають певні складнощі, пов'язані з наступними чинниками:

- зростають вимоги до необхідної геометричної точності виготовлення елементів;
- зменшуються геометричні розміри самих елементів;
- зростає вплив неоднорідності на радіотехнічні характеристики пристроїв.

Попередній розрахунок основних конструктивних розмірів фазозсувних секцій дає наступні результати:

- внутрішній діаметр хвилеводів рівний $D=22$ мм;
- оптимальне співвідношення між фазовим зсувом, що створюється звуженою частиною хвилеводу, показаного на рис. 1а, і стрижневою структурою, визначене як:

$$\left(\frac{D-d}{2}\right)/R \times 0,095 \quad (2)$$

де R – радіус хвилеводу, який визначає розмір d рівним приблизно 20 мм.

- товщину діелектричної пластини, яка показана на рис. 1b, обираємо за умови виконання співвідношення $w < 2R$, що демонструє наближення до нуля коефіцієнтів взаємного зв'язку між найближчими до основного типами хвиль H_{mn}, E_{mn} .

- умови визначення товщини діелектричної пластини, є вірними і для конструкції поляризатора наведеної на рис.1с. Очевидно, що при $w < 2$ мм, товщина металеві пластини не повинна перевищувати одного міліметра.

Аналіз отриманих результатів засвідчує, що застосування конструкцій поляризаторів метало - стрижневого і метало - діелектричного типів, у заданому частотному діапазоні, є досить проблематичним. З метою усунення вищенаведених технологічних складностей та покращення радіотехнічних характеристик приладу, пропонується модифікований варіант поляризатора діелектричного типу, рис.2.

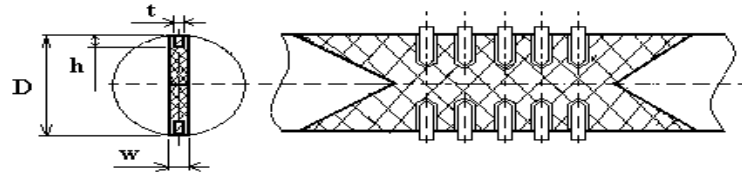


Рис. 2. Поляризатор діелектрично – стрижневого типу
Figure 2. Polarizer dielectric - rod type

Таке конструктивне рішення дозволяє забезпечити надійну механічну фіксацію пластини у хвилеводі і не потребує значної технологічної підготовки при виготовленні.



Рис. 3. Дослідний взірець поляризатора

Принцип побудови фазозсувної секції у розробленій конструкції, полягає у поєднанні фазового зсуву, що створюється діелектричною пластинною і рядом регульованих стрижнів. На підставі отриманих результатів виготовлений взірець поляризатора, рис.3.

Кінцева довжина поляризаційної пластини була визначена, як сума довжин її регулярної частини і одного плавного переходу.

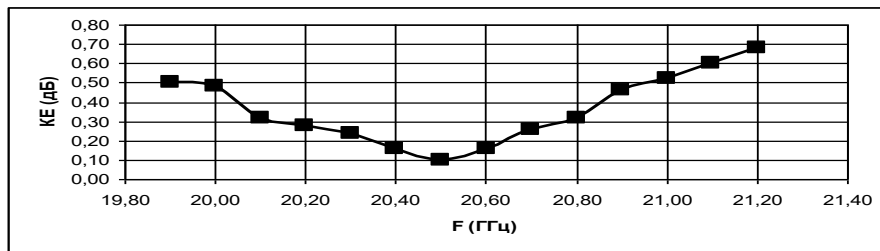


Рис. 4. Результати вимірювання коефіцієнту еліптичності поляризатора

На рис. 4 показані результати вимірювання коефіцієнту еліптичності, а на рис. 5 результати вимірювання коефіцієнту стоячої хвилі за напругою (КСХн) дослідного взірця поляризатора.

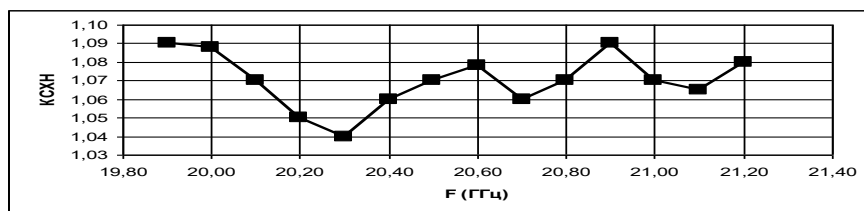


Рис. 5. Результати вимірювання КСХн поляризатора

Експериментально виміряні, досліджені та отримані характеристики підтверджують можливість застосування запропонованої конструкції для побудови високотехнологічних поляризаторів Ка – діапазону.

Література

1. John R.Pyle. Circular Polarizers of fixed bandwidth/John R.Pyle. IEEE Transactions on microwave theory and technsques - 1964.

УДК 681.51, 621.3.07

Анатолій Поіхало¹, Юрій Наконечний², Андрій Паламар², Юрій Пастернак²

¹Національний центр управління і випробування космічних засобів, м. Київ

²Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

ЗАСТОСУВАННЯ ЧАСТОТНО РЕГУЛЬОВАНИХ АСИНХРОННИХ ДВИГУНІВ У СИСТЕМІ ПРЕЦИЗІЙНОГО УПРАВЛІННЯ АНТЕННИМ КОМПЛЕКСОМ

Приведені кінематичні розрахунки модернізованого азимутального приводу супутникової антени із застосуванням асинхронних електродвигунів з частотним регулюванням швидкості. Обґрунтована доцільність застосування таких двигунів в приводах супутникових антен.

Ключові слова: Супутникові антени, азимутальний привід, кінематична точність, асинхронні електродвигуни з частотним регулюванням.

Anatolii Poikhalo, Yuriy Nakonetchnyj, Andriy Palamar, Yuriy Pasternak APPLICATION OF FREQUENCY VARIABLE ASYNCHRONOUS MOTORS TO PRECISION CONTROL OF SATELLITE ANTENNA

Resulted kinematic calculations upgraded azimuth drive satellite antenna using asynchronous motors with variable frequency speed control. Expediency the use of these engines in drives satellite dishes.

Keywords: Satellite antenna, azimuthal drive, kinematic accuracy, asynchronous motors with frequency regulation.

Побудова високоточних систем керування масивними об'єктами з метою їх наведення на задані координати, супроводу по заданих траєкторіях або слідкування за рухомим об'єктом є актуальною для багатьох галузей машинобудування, військової сфери. Зокрема це актуально для синтезу систем керування антенними комплексами супроводу низькоорбітальних супутників дистанційного зондування Землі (ДЗЗ), або систем радіомоніторингу, в яких несуча конструкція опорно-поворотної платформи з великогабаритним рефлектором має вагу від одиниць до десятків тонн [1]. Важливим елементом систем керування антенами є виконавчий електропривод великої потужності, який повинен забезпечити широкий динамічний діапазон регулювання з високою точністю та стабільним моментом[2].

При модернізації азимутального електроприводу (АЗ) опорно-поворотної платформи супутникової антени з діаметром рефлектора 5 м штатний безконтактний моментний електродвигун ДБМ-185-16-0,3-2 було замінено недорогим асинхронним чотириполюсним електродвигуном ТВ80В4ФМ з частотним керуванням [3,4]. Така заміна обумовлена тим, що в даний час електродвигуни серії ДБМ, що розроблені і виготовляються в Росії, є застарілими, для них закінчився ресурс експлуатації і для їхнього використання необхідна складна і громіздка система керування. Оскільки номінальні швидкості обертання обох типів двигунів різні (ДБМ-185-16-0,3-2 має $n_{ном}=300$ об/хв, а ТВ80В4ФМ - $n_{ном}=1420$ об/хв), то виникла необхідність у заміні конструкції штатного приводного механізму АЗ з метою забезпечення необхідного діапазону регулювання швидкостей обертання по азимутальній осі, що становить від мінімальної $n_{АЗmin}=4'$ /с до максимальної $n_{АЗmax}=15^0$ /с (2,5 об/хв).

Привід складається з наступних механічних вузлів, які залишаються незмінними в модернізованій конструкції (рис. 1): 1 – циліндрична зубчаста передача з передатним відношенням $i_{цил.}=17,55$; 2 – планетарний редуктор з передатним відношенням

$i_{ред.планет.}=16$. Для забезпечення заданого діапазону регулювання швидкостей обертання застосовано додатковий редуктор 3 з понижувальною зубчастою передачею. Необхідне передатне відношення цієї передачі знаходиться з умови забезпечення максимальної швидкості обертання по осі АЗ $n_{АЗmax}=2,5об/хв$. Прийmemo, що на двигун при цьому буде подаватись напруга живлення з частотою 75 Гц і його швидкість буде відповідно рівною $n_{дв(75)} = 1420 \frac{75}{50} = 2130 об/хв$. Тоді загальне передатне відношення АЗ:

$$i_{АЗ заг} = \frac{n_{дв(75)}}{n_{АЗ max}} = i_{цил.} \cdot i_{ред.планет.} \cdot i_{ред.дод.}$$

$$i_{ред.дод.} = \frac{n_{дв(75)}}{n_{АЗ max} \cdot i_{цил.} \cdot i_{ред.планет.}} = \frac{2130}{2,5 \cdot 17,55 \cdot 16} = 3,03$$

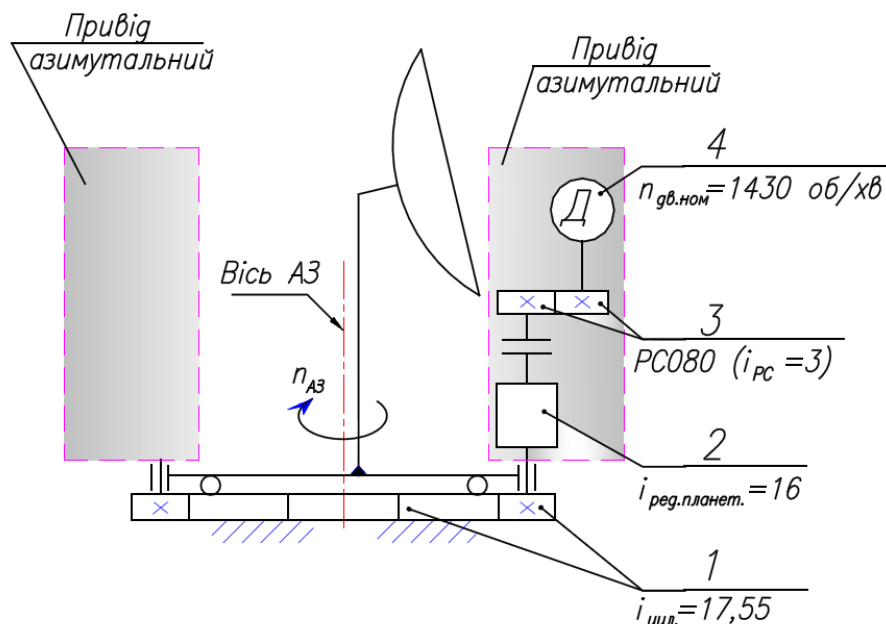


Рис. 1. Кінематична схема модернізованого приводу АЗ

В штатній конструкції азимутального приводу для усунення мертвого ходу (бокового зазору) в зубчастій передачі 1, який безпосередньо передається на вісь АЗ і тому найбільш суттєво впливає на точність відпрацювання кутів наведення по цій осі, застосований спеціальний люфтовибираючий торсіонний механізм з електромагнітним фрикційним гальмом і два конічних редуктори. Такий механізм суттєво ускладнює конструкцію приводу, збільшує його вартість і, як показує практика, має не надто високу надійність. В розробленій конструкції функцію люфтовибираючого механізму виконують два ідентичних приводи АЗ, що обертають зубчасте колесо (див. рис.1). Ці приводи працюють паралельно і синхронно. Оскільки абсолютно ідентичних механізмів не буває, то, як показує практика, крутні моменти і втрати на тертя (ККД) обох приводів хоч незначно, але будуть відрізнятись. Тоді, завдяки різниці крутних моментів обох цих приводів, будуть вибиратись бокові зазори (мертвий хід) в зубчастому зачепленні 1 між двома шестірнями та зубчастим колесом. Фактично, два приводи по осі АЗ, які працюють паралельно, виконують крім усього іншого ще й функцію люфтовибираючого механізму.

Результати кінематичного розрахунку модернізованого приводу АЗ при різних частоті струму живлення асинхронного електродвигуна 4 приведені в табл.1.

Таблиця 1. Швидкості обертання по азимутальній осі модернізованого приводу при різній частоті струму живлення

Частота струму живлення в Гц	80	75	50	25	1	0,5	0,33
Швидкість обертання вала двигуна в об/хв	2272	2130	1420	710	28,4	14,2	9,3
Швидкість обертання по осі АЗ в об/хв	2,71	2,53 (15,2 ⁰ /с)	1,68	0,84	0,034	0,017 (6,1'/с)	0,011 (3,96'/с)

Як показали експериментальні дослідження для прецизійного регулювання частоти обертання АД кожної осі у модернізованій системі керування АС [4] важливо, щоб частотні регулятори забезпечували підтримку стабільного моменту обертання на низьких обертах [5], для чого було використано датчики швидкості обертів двигунів.

Випробування в експлуатаційних умовах свідчать, що застосування асинхронних електродвигунів з частотним регулюванням швидкості обертання в приводах опорно-поворотних пристроїв супутникових антен забезпечує широкий діапазон регулювання робочих швидкостей обертання необхідних для супроводу траєкторій низькоорбітальних супутників ДЗЗ та разом з тим підвищує надійність системи керування, зменшуючи її вартість.

Література

1. M. Palamar Designing of new antenna stations to the communication with low-orbital Earth remote sensing satellites // Proceedings of the XI International Conference “Modern Problems of Radio Engineering, Telecommunications and Computer Science”, TCSET’2012, Lviv-Slavske, Ukraine, February 21-24, 2012 – p. 92.
2. Козярук, А.Е. Современное и перспективное алгоритмическое обеспечение частотно-регулируемых электроприводов [Текст] / А.Е. Козярук, В.В. Рудаков // С.-Петербургская электротехническая компания. – 2004. – С.352.
3. Паламар, М. Моделивання схеми векторного керування асинхронного електроприводу антенної системи супроводу низькоорбітальних космічних апаратів [Текст] / М. Паламар, А. Хом’як // Вісник Тернопільського державного технічного університету ім. І.Пулюя. - 2008. - том № 1 .- С.135-144.
4. MykhayloPalamarImprovement Metrological Characteristics of the Antenna System Using Smart Angle Sensor [Text] / MykhayloPalamar, AndriiChaikovskiy, YuriyPasternak, YaroslavPalamar // Proceedings of the 2015 IEEE 8th International Conference on Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems: Technology and Applications (IDAACS): - 24-26 September 2015, Warsaw, Poland. IEEE, P.: 131–135. ISBN: 978-1-4673-8359-2, IEEE Catalog Number: CFP15803-PRT.
5. Shneiderelectric [Electronicresource] / Accessmode: WWW. – URL : <http://www.schneider-electric.com/products/ww/en/2900-motion-drives/2905-compact-drives/704-altivar-31/>

УДК 621.372.2

Григорій Химич

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

АДАПТАЦІЯ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИХ МЕРЕЖ МІСТА ТЕРНОПОЛЯ ДЛЯ ТЕХНОЛОГІЇ «SMART CITY»

У статті розглянуті проблеми запровадження технологій «розумне місто», «розумний регіон» для міста Тернополя, як центра агломерації. Проведений аналіз існуючих телекомунікаційних мереж міста. Опрацьовані можливі варіанти запровадження технології «розумного міста» на основі вже існуючих телекомунікаційних мереж.

Ключові слова: технологія «розумне місто», «розумний регіон», стільниковий зв'язок, телекомунікаційна мережа, оператор.

Hryhorij Khymych

ADAPTATION OF TELECOMMUNICATIONS NETWORKS IN CITY TERNOPIL FOR TECHNOLOGY FOR SMART CITY

In the article the problem of the introduction of technology "smart city", "intelligent region" for the city of Ternopil, a metropolitan center. The analysis of existing telecommunication networks of the city. Worked out the possible introduction of technology "smart city" based on existing telecommunication networks.

Keywords: technology "smart city", "intelligent region", cell communication, telecommunication network operator.

Телекомунікаційні мережі у XXI столітті відіграють одну із найважливіших ролей у інформаційній компоненті життя суспільства. Із збільшенням об'ємів інформації швидкими темпами розвиваються широкосмугові цифрові мережі та системи зв'язку. Розвиток та складність телекомунікаційних широкосмугових цифрових мереж залежить від класифікації мегаполісів, міст (сіл, селищ) за основними принципами містобудівних ознак, існуючих телекомунікаційних мереж та мереж, об'ємів інформації, швидкодії, рівня захисту від кібератак і завадного електромагнітного середовища, кількості периферійних пристроїв та цифрових давачів, які планується проектувати під інфраструктуру міських комунікацій.

Одне із міст, де проводились дослідження стану телекомунікаційних мереж з точки зору подальшого впровадження технології «розумного міста» вибране місто Тернопіль, яке згідно класифікації поселень за чисельністю населення належить до середніх міст. Розвиток у місті Тернополі телекомунікаційних мереж різного рівня складності, архітектури та функціональної придатності відбувався та відбувається з пріоритетним врахуванням:

- максимального залучення населення до систем зв'язку, передачі даних, мереж ІНТЕРНЕТ, корпоративних та локальних мереж як стаціонарного так і мобільного варіантів;

- максимально ефективного покриття території міста Тернополя та пригородних зон.

При впровадженні технології «розумного міста» у інфраструктуру міста на основі існуючих телекомунікаційних мереж та систем, необхідно враховувати:

- специфіку інженерних та транспортних комунікацій;
- характеристики, архітектура існуючих телекомунікаційних мереж;
- територіальне розташування на території міста та приміських зон;
- створення локальних CALL- центрів;
- електромагнітну та завадну обстановку по відношенні до існуючих телекомунікацій;
- пропускну здатність та швидкодію існуючих мереж;

- варіанти використання існуючих телекомунікаційних мереж;
- навігаційну прив'язку різного роду здавачів та інфраструктурних мереж.

Для повноцінного, гармонійного функціонування всіх комунікацій необхідно створити інтегрований комплекс контролю за всіма «артеріями» міста з функціями:

- контроль за роботою комунікаційних мереж міста;
- безпека життєдіяльності населення та інфраструктури міста;
- швидке оповіщення та реагування;
- моніторинг за функціонуванням всіх мереж міста;
- моніторинг за заторами на проблемних ланках міських доріг (роз'їзди, розгалуження, кільцеві розв'язки, пішохідні переходи, тощо);
- цифрова обробка, поточний та статистичний аналізи, зберігання інформації;
- створення баз даних за тематичними напрямками роботи;
- взаємодія зі службами екстреного виклику;
- on-line візуалізація інформації об'єктів спостереження;
- організація доступу до інформації;
- впровадження єдиної служби екстреного виклику.

Враховуючи такі функціональні можливості, на рис.1 представлена загальна структура такого інтегрованого комплексу.

Основна ланка у цій структурі – CALL – центр, який об'єднує всі складові частини інтегрованого комплексу, координує роботу, створює статистичну базу даних, організовує зворотній зв'язок з громадянами міста, забезпечує взаємодію з службами екстреного виклику, виконує «on – line» візуалізацію стаціонарних та мобільних об'єктів спостереження.

У межах міста та області впроваджена велика кількість телекомунікаційних мереж (стаціонарних та мобільних), які обслуговують державні, комерційні, приватні структури. Типи, можливості, функціональні особливості, технічні параметри (частотні діапазони, потужність випромінювання), методи, варіанти передачі інформації різних телекомунікаційних мереж, як стаціонарних так і мобільних. Мобільні мережі, запуск яких швидше і менш витратний, забезпечують зростання кількості абонентів мобільного широкопasmового доступу (ШСД).

У м. Тернополі діють уже наступні інтернет – сервіси та додатки на основі технології «розумне місто»:

- система пошуку та відображення маршрутів громадського транспорту на базі EASY WAY із супутниковою системою навігації GPS. Цю послугу можна бачити на стаціонарному комп'ютері, стільниковому смартфоні у режимі реального часу при умові підключення до мережі Інтернет.

- системи розумних зупинок, де на інтерактивному табло відображається інформація про рух транспорту (час), допоміжна інформація про кліматичні показники, курси валют, світлини, реклама, тощо. Системою обладнані 10 зупинок.

- вуличний зарядний пристрій мобільних гаджетів (телефонів, смартфонів, планшетів, ноутбуків та ін.) від сонячних фотомодулів, назване як «сонячне дерево»;

- бездротовий WI-FI у багатьох публічних місцях (сквери, парки, площі, великі торгові центри, кафе, ресторани, ПАБИ, навчальні заклади) ;

- відображення on-line відеоінформації від веб-камер, які розташовані у різних місцях міста (перехрестя, школи, двори будинків, зупинки громадського транспорту, кафе). У місті налічується понад 360 веб-камер. Багато з них є універсальними.

- створюється на програмному та апаратному рівнях система електронного урядування (е-урядування) для вирішення актуальних та нагальних проблем у різних сферах життєдіяльності міста через зручний web-сервіс.

Багато з додатків ґрунтуються та передаються за допомогою широкопasmових телекомунікаційних мереж.

Місто Тернопіль одне із перших міст України почало створювати проекти (Науковий парк «Інноваційно-інвестиційний кластер Тернопілля, Тернопільський

національний технічний університет імені Івана Пулюя) з розвитку інфраструктури міста та прилеглих територій для впровадження технології «розумне місто», зокрема: «Цифровий Тернопіль», «Автоматизована система обліку та контролю енергоносіїв (газ, вода, електроенергія, тепло)», «Транспортно – логістичний центр (hub) на базі Тернопільського аеропорту», «Гідроенергетика Тернопільського регіону». Дані проектні пропозиції можуть стати основою проектування та впровадження технології «розумне місто».

Враховуючи світові тенденції розвитку глобальних мереж міст, регіонів за технологією «розумне місто», первинними мережами є волоконно – оптичні мережі, виходячи з збільшення об'ємів інформації, швидкості передачі цієї інформації, швидкодії та системами стандартного спряження з другими мережами та периферійними пристроями. Такими прикладами можуть бути: Швеція з столицею Стокгольм, регіон Сінгапур.

Оптоволоконні мережі - високошвидкісні сучасні мережі передачі даних, з'єднані волоконно-оптичними каналами 100Мб/с, 1Гб/с і 10Гб/с.

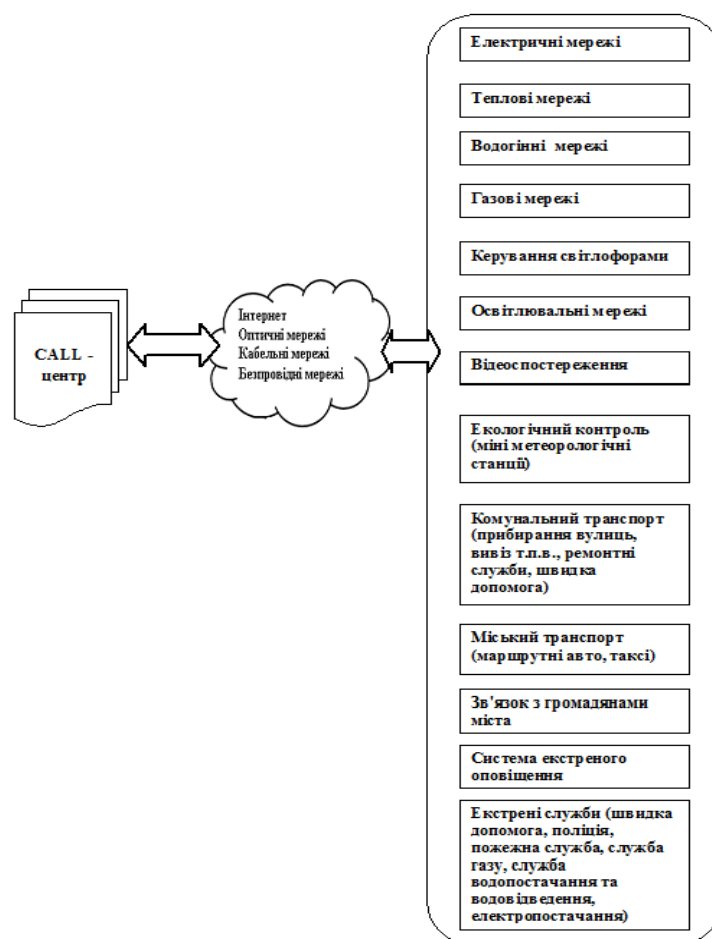


Рис. 1. Структура інтегрованого комплексу цифрового контролю та моніторингу комунікацій інфраструктури міста

У місті Тернополі та районах Тернопільщини є магістральні та локальні волоконно-оптичні мережі. Це дає можливість використовувати дані мережі для створення системи передачі даних, контролю за інженерними комунікаціями й енергоносіями, статистичним аналізом на основі технології «розумне місто».

УДК 621. 396.229

Григорій Химич, Ноемія Морайш, Олександр Швець

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

СУПУТНИКОВІ СИСТЕМИ ЗВ'ЯЗКУ Й ПЕРЕДАЧІ ДАНИХ У «SMART CITY»

У даній статті представлені результати досліджень характеристик VSAT, USAT систем. Проведена структуризація систем за типами. Описані переваги даних систем передачі даних та зв'язку у порівнянні з наземними системами зв'язку.

Ключові слова: технологія «розумного міста», супутниковий зв'язок, VSAT системи зв'язку, USAT системи зв'язку.

Hryhorij Khymych, Noemiya Moraysh, Alexander Shvets

SATELLITE COMMUNICATIONS SYSTEMS AND DATA TRANSMISSION IN «SMARTCITY»

This article presents the results of research performance VSAT, USAT systems. Conducted by type of structuring. The benefits of these systems and data communication compared with terrestrial communications systems.

Keywords: technology "smart city", satellite communications, VSAT communication system, USAT communication system.

На протязі останніх 20 років у світовій практиці технології «розумного міста» впроваджуються у процеси управління міськими, кластерними, регіональними структурами з метою оптимізації управління інфраструктурою соціополісу, енергоефективного та енергоощадного використання ресурсів, екологічного моніторингу та контролю за навколишнім середовищем. Для передачі даних, відео, аудіо використовують телекомунікаційні платформи наземного (мобільного, стаціонарного) та супутникового сегментів мереж.

Супутниковий сегмент, а особливо VSAT (VerySmallApertureTerminal) і USAT (UltraSmallApertureTerminal), використовують для передачі інформації від віддалених інфраструктурних мереж, або передачі даних на віддалені центри прийому та обробки інформації. Дані наземні системи працюють з геостаціонарними супутниками - ретрансляторами зв'язку, відносяться до фіксованої супутникової служби (ФСС) і відповідають вимогам Регламенту радіозв'язку, Рекомендаціям МСЕ-Р S.725-S.729. Для роботи використовуються діапазони частот, виділені для ФСС (14, 18, 30 і 6 ГГц на лінії "нагору", 11-12, 21 і 4 ГГц на лінії "униз". Швидкість передачі інформації зі станції знаходиться у межах 1,2 Kbit/s - 8 Mbit/s. Структура такого терміналу (станції) показана на рис. 1.

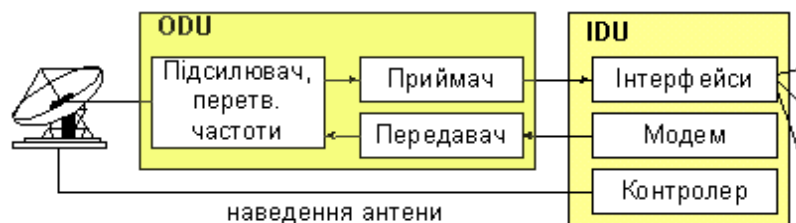


Рис. 1. Структурна схема VSAT, USAT супутникової станції зв'язку
Такі станції можуть:

- встановлюватись безпосередньо у місці збору інформації від сенсорів або других пристроїв, причому щільність розміщення їх на обмеженій території може бути дуже високою;
- працювати автономно, контроль і керування роботою станцій у мережі здійснюються централізовано;

- застосовуватися для передачі даних і телефонії у цифровому вигляді та в режимах роботи: тільки на прийом (симплекс) чи на прийом/передачу (дуплекс).

Існує чотири типи (покоління) земних станцій VSAT.

Перше покоління характеризується частотним С-діапазоном, використанням тільки в мережах мовного зв'язку, де абонентські термінали лише приймають потоки даних і режим передачі в них не передбачався. Мережі мовного зв'язку дотепер широко використовуються для розподілу фінансової, ділової інформації, біржових зведень, передачі газетних смуг, у системах асиметричного доступу до Інтернет.

Друге покоління характеризується двостороннім (дуплексним) зв'язком. Використовуються банківськими, фінансовими організаціями в мережах обміну даними, мережами роздрібною й оптовою торгівлі, промисловими підприємствами для зв'язку з філіями і постачальниками, а також для організації високошвидкісного двостороннього доступу до Інтернет, операторами зв'язку для створення виділених магістральних каналів між віддаленими вузлами з великим обсягом обміну даними. Крім С-діапазону, працюють у Ku-діапазоні.

Третє покоління характеризується антенами діаметром 1,2м і менше. Термінали використовуються у великих мережах з низьким рівнем непостійного трафіку між ними. Вони прості конструктивно, відрізняються низькою ціною і працюють у Ku-діапазоні.

Четверте покоління характеризується USAT терміналами для мультимедійних додатків. Вони працюють у Ku- і Ka-діапазонах, забезпечують швидкість передачі даних до кількох мегабіт у секунду. Розміри їхніх антен (у Ka-діапазоні) є не більше 70 см.

Архітектура мереж VSAT, USAT супутникового зв'язку розрізняються за конфігурацією трафіку структурою керування і поділяється на:

- топологію "крапка - крапка", яка дозволяє забезпечувати прямий дуплексний зв'язок між двома віддаленими абонентськими станціями виділеними каналами. Така схема зв'язку найбільш ефективна при великому завантаженні каналів (більше 30 - 40%). Перевагою такої архітектури є простота організації каналів зв'язку, їхня повна прозорість для різних протоколів обміну, не вимагає системи керування.

- топологію типу "зірка", рис.2, яка є найбільш розповсюдженою архітектурою побудови супутникових систем зв'язку з абонентськими станціями різними методами доступу (TDMA, DAMA, FTDMA) до космічного сегменту. Віддалений абонентський термінал має наступні характеристики: - прийом до 8 Mbit/s, зворотний канал до 128 Kbit/s. Мережа забезпечує багатонаправлений радіальний трафік між центральною наземною станцією (HUB) і віддаленими периферійними терміналами. Недоліком архітектури "зірка" є наявність подвійного стрибка при зв'язку між терміналами мережі, що приводить до помітних затримок сигналу. Широко використовуються для побудови корпоративних мереж різних транспортних, виробничих і фінансових установ для організації інформаційного обміну між великим числом віддалених терміналів (що не мають істотного взаємного трафіку) і центральним офісом. Функції контролю і керування у мережі зазвичай централізовані і зосереджені в центральній керуючій станції. Ємність таких мереж до 10 тис. терміналів.

- топологія типу "кожний з кожним" або повнозв'язні мережі, які забезпечують прямі з'єднання між будь-якими абонентськими станціями ("односкачковий" режим зв'язку). Кількість необхідних дуплексних радіоканалів дорівнює,

$$N \times (N-1)$$

де, N - число абонентських станцій у мережі.

При цьому кожна абонентська станція повинна мати (N-1) каналів прийому-передачі. Така архітектура оптимальна для мереж передачі даних з відносно невеликим числом віддалених терміналів. У таких мережах реалізується децентралізований варіант керування мережею - центральна керуюча станція відсутня, а елементи системи

керування входять до складу кожної VSAT станції. Ця схема керування доцільна при створенні невеликих мереж (до 100 терміналів) з високим трафіком між абонентами.

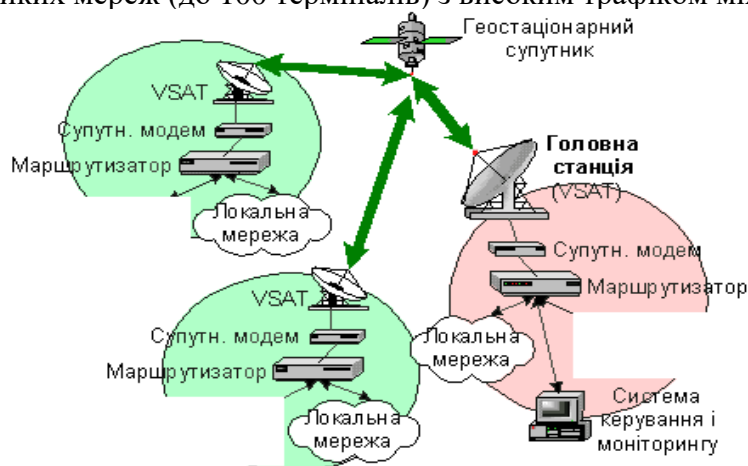


Рис. 2. Структура мережі за топологією типу «зірка»

Враховуючи свої переваги і недоліки у реальних ситуаціях зв'язок (передача даних) реалізується у різних топологіях за змішаними варіантами. При проектуванні таких мереж вибір технічного рішення доцільно здійснювати за трьома етапами:

- вибір технології (TDM/TDMA (Time Division Multiplexing/Time Division Multiple Access), SCPC (Single Channel Per Carrier), MCPC (Multi Channel Per Carrier), MF-TDMA (Multi Frequency-Time Division Multiple Access), DAMA (Demand Assigned Multiple Access), FTDMA (Frequency Time Division Multiple Access) чи ін.);

Технологія	Максимальна швидкість передачі даних, Kbit/s	Число терміналів у мережі
SCPC/MCPC	2048	2 - 16
MF-TDMA	3800	10-200
TDM/TDMA	128	30-1500
FTDMA	128	15-3000

- вибір супутника-ретранслятора (ціна оренди космічного сегмента, енергетичні параметри транспондера, зона покриття);

- вибір конкретної системи (топології).

Виконавши загальний аналіз характеристик супутникових систем на основі VSAT, USAT структуруємо переваги використання таких терміналів для віддаленого доступу у технології «розумного міста»:

- можливість автономної роботи терміналу віддаленого доступу;
- низька потужність передавача, (1 до 8) wt;
- малий діаметр антен (0,3 – 1,8)м, проста конструкція кріплення терміналу;
- мала вага терміналу (4 – 30) кг.;
- висока економічна доцільність (низька ціна) та практичність;
- будівництво не потребує прокладання кабельних ліній і окремих комунікацій;
- зв'язок (передача даних) не обмежуються відстанню;
- мережа може містити (200 – 500) невеликих станцій у віддалених районах;
- основні напрями застосування у технології «розумного міста», «розумного регіону»: мережі водопостачання, газопостачання, електропостачання, метеорологія, зміна кліматичних умов, запобігання гідрологічних змін, безпека, транспортні мережі, попередження та контроль надзвичайних ситуацій, екстрений зв'язок.

- передача інформації у реальному мірілі часу.

УДК 621.396.946, 533.9.072

Олександр Шефер, к.т.н., доцент

Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка

ПРО МОЖЛИВІСТЬ ЧАСТКОВОГО ПРОСВІТЛЕННЯ ПЛАЗМИ НАВКОЛО КОСМІЧНОГО АПАРАТУ ДЛЯ ПОКРАЩЕННЯ ЯКОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ НАЗЕМНИХ ТА СУПУТНИКОВИХ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙ

Запропоновано спосіб просвітлення плазми в околі антенного відсіку КА. Він ґрунтується на генерації імпульсного штучного низькотемпературного плазмового середовища, котре сприяє проходженню електромагнітних хвиль.

Ключові слова: космічний апарат, ударна хвиля, плазма, супутникові телекомунікації, завадостійкість.

Oleksandr Shefer

ABOUT THE POSSIBILITY OF PLASMA PARTIAL ENLIGHTENMENT AROUND THE SPACECRAFT TO IMPROVE QUALITY OF GROUND AND SATELLITE TELECOMMUNICATIONS OPERATION

The way of plasma enlightenment in the vicinity of spacecraft antenna compartment is offered. It is based on generating pulsed artificially created low temperature plasma environment which facilitates the electromagnetic waves passage.

Keywords: spacecraft, shockwave, plasma, satellite telecommunications, noise immunity.

Ділянка виведення космічного апарату (КА) на орбіту найбільш складна з усіх етапів польоту. За допомогою наземних та супутникових систем зв'язку вирішується задача обміну інформацією між КА та центром керування польотом.

Під час руху КА на швидкості більше 5 М в щільних шарах атмосфери, навколо його конструкції утворюється ударна хвиля високотемпературної плазми, котра спотворює електромагнітні хвилі, спричиняє затримку радіосигналу, або перешкоджає проходженню радіохвиль. Як наслідок, утворюється частотно-селективне середовище завмирання, непроникне для сигналів систем супутникового телекомунікаційного зв'язку, в результаті чого КА не в змозі здійснювати телеметричний зв'язок протягом кількох хвилин.

Однак, вирішення поточних завдань, наприклад, отримання оперативного зв'язку із КА, супроводження, видача команд керування, вимагає забезпечення безперервної телеметрії.

Основним способом зв'язку із КА є застосування систем супутникових телекомунікацій. Принцип дії їх полягає у використанні супутникових ретрансляторів сигналу, через які здійснюється зв'язок із наземними станціями. Станції зв'язку розташовують на поверхні Землі, в атмосфері, або в космосі на різних орбітах, рис. 1.

Вагомим фактором стабільності телеметричного зв'язку із КА є вплив іоносферного середовища на спектр та енергетику радіосигналу [1, 2]. Тому в супутникових системах зв'язку із КА необхідно враховувати негативний вплив іоносферних ефектів і максимально зменшувати такий вплив.

Існують методи розв'язання даної проблеми, котрі базуються на підсиленні потужності сигналів та перенесенні їх спектрів на інші частоти [3]. Цей підхід суттєво підвищує вартість зв'язку із КА, суттєво погіршує електромагнітну сумісність. Існують способи покращення телеметрії засновані на використанні термозахищених зовнішніх антен, або зовнішніх конструкцій для зменшення впливу високотемпературної плазми [4].

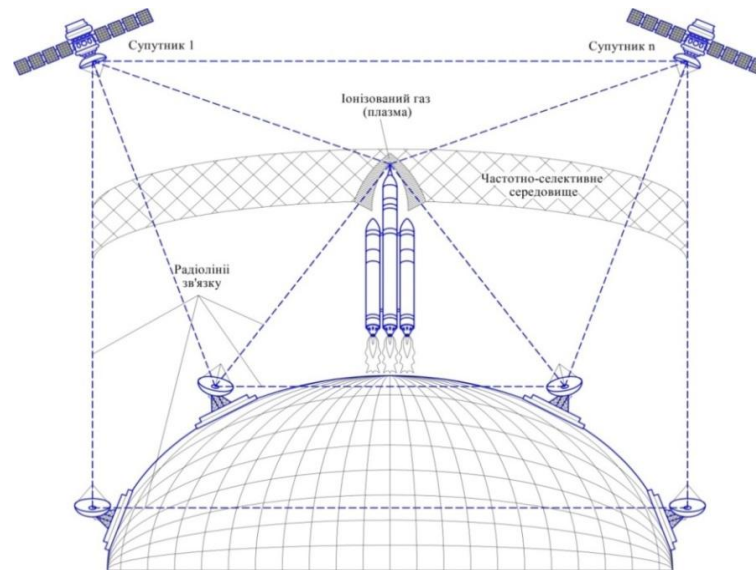


Рис. 1. Система наземного та супутникового телеметричного зв'язку із КА

Так в [4] розглянуто оригінальне рішення створення пристрою для здійснення радіозв'язку через плазму. Недоліком таких пристроїв є відносно невисока надійність, високі енерговитрати та погіршення аеродинаміки КА.

Новітнім методом підвищення завадостійкості супутникових телекомунікацій є вплив на зовнішнє плазмове середовище з метою просвітлення плазми. У відповідності з [3] пропонується спосіб передачі інформації через плазму, заснований на одночасному впливові на плазму електронним потоком, акустичної хвилею і інформаційним сигналом. Зміна властивостей плазми пов'язана зі зміною діелектричної проникності, котра стає більшою одиниці, тому з'являється можливість проходження сигналу зв'язку з частотою меншою, за плазмову частоту. Але запропоновані методи не враховують умов, за яких відбувалися б мінімальні спотворення і загасання сигналу. Ефективність їх залежить від товщини та щільності плазми ударної хвилі.

Автором пропонується спосіб просвітлення плазми в околі антенного відсіку КА. Цей спосіб заснований на генерації штучного низькотемпературного плазмового імпульсного середовища в середині КА, котре зменшує вплив зовнішньої іонізованої оболонки на проходження електромагнітних хвиль. Практичне застосування сучасних бортових засобів навігації КА, вимагає розробки та впровадження випромінювачів плазми зі зручними експлуатаційними параметрами та геометричними формами.

Проведені дослідження розряду, що жевріє, показали, що найбільш зручна форма компланарного розрядного проміжку, коли електродна система розташовується в одній площині у одного із торців розрядної камери, а області розряду займають весь об'єм. Створені тут ускладнені умови діють лише безпосередньо в проміжку між анодом та катодом. Така форма розрядного проміжку зручна для розташування в околі щільової антени КА. Торець плазми, звернений до площини електродів, має різкий кордон випромінювання, а зворотний торець має малоконтрастний кордон сферичної форми.

У ході проведення досліджень встановлено, що загальний діаметр компланарних електродів у 1,5 рази більший, ніж у плоскому паралельному розряді. Отже у стільки ж разів більший діаметр плазмового стовпа в компланарному розряді. Протяжність та інтенсивність випромінювання плазми компланарного розряду суттєво вища, ніж звичайного. Під впливом швидких електронів, котрі надходять із темного простору, елементарні процеси утворюються тільки на одному кордоні плазми

компланарного розряду. Внаслідок цього штучно створеній плазмі властива одностороння іонна та електронна емісія.

У розряді, що жевріє, з плоскопаралельними електродами довжина релаксації швидких електронів у плазмі обмежується не тільки впливом непружних процесів, але й, згідно із [5], зустрічним електричним полем невеликої напруженості. Це поле утворене просторовим зарядом електронів на кордоні з фарадеевим темним простором. У результаті цього зустрічне електричне поле зменшує довжину релаксації електрона та протяжність високотемпературної зовнішньої плазми.

У компланарному розряді швидкі електрони після виходу в плазму зменшують свою довжину релаксації тільки під впливом непружних процесів, оскільки на їх шляху відсутнє зустрічне електричне поле, відсутній просторовий заряд електронів фарадеевого простору та аноду. В зв'язку з цим швидкі електрони входять у плазму не тільки через поверхню, розташовану навпроти катода, але й також через поверхню плазми, котра знаходиться навпроти анода. Під впливом збільшених процесів загальної емісії зарядоносіїв, створюється суттєво більший потік позитивних іонів на катод, та такий же великий потік електронів на анод.

Розташування поблизу плазмової оболонки КА джерела квазінейтральної штучної плазми, супроводжується збудженням в ній коливань щільності заряду. Зазначені коливання мають власну частоту. Цей процес взаємодії має хвилеподібний характер та призводить до появи вільних каналів (просвітлення) в плазмі зі зниженою щільністю.

Із від'ємного випромінювання зарядоносії не можуть пройти через електроди до обмежуючої стінки внаслідок того, що проходячи через сильне електричне поле між електродами, вони потрапляють або на катод, або на анод. Якщо розташувати стрижневі аноди та катоди, котрі чергуються, вздовж увігнутої або випуклої поверхні розрядної камери, отримаємо, за умови запалювання розряду загальне від'ємне випромінювання від багатьох елементарних розрядів.

У результаті проведених досліджень, експериментально виявлено появу каналу зниженої щільності плазми. Дані канали запропоновано в якості надійного шляху проходження сигналів зв'язку із КА.

Однак, ці канали не можуть існувати довгий час, оскільки зовнішня плазмова оболонка не стаціонарною відносно конструкції КА, внаслідок змін швидкості потоку. Високотемпературна плазма містить також позитивні іони, котрі активно взаємодіють із від'ємною низькотемпературною плазмою. Тому пропонується імпульсно генерувати штучну низькотемпературну плазму від'ємного випромінювання, тривалість до 20 мілісекунд. Результати моделювання показали, що вказаного інтервалу цілком достатньо для якісної телеметрії із КА, під час виведення його на орбіту.

Література

1. Радиосвязь через плазму при входе ракеты в атмосферу / М. Тейлор // Зарубежная электроника. – 1968. – № 2 – С. 76–89.
2. Гинзбург, В. А. Распространение электромагнитных волн в плазме [Текст] / В. А. Гинзбург. – М: Физматлит, 1960. – 340 с.
3. Литвина, З. Ю. О возможности передачи информации через плазму / З. Ю. Литвина // Системи обробки інформації. – 2007. – № 9. – С. 127–128.
4. Коняхин, Г.Ф. Устройство для передачи информации сопущаемого летательного аппарата / Г.Ф. Коняхин, А. Ю Мелашенко, З. Ю. Литвина // Системи обробки інформації. – 2001. – № 5(15). – С. 201–204.
5. Smirnov, V. M. Theory of Gas Discharge. Plasma Springer Series on Atomic, Optical, and Plasma Physics, Switzerland, 2015, 423 p.

Секція: ЕЛЕКТРОЖИВЛЕННЯ РАДІОЕЛЕКТРОННОЇ АПАРАТУРИ

Керівник: проф. Анатолій Лупенко

УДК 621.326

Крочак Валентин, студент, Худзик Володимир, студент, Савчук Михайло, викладач-методист

Технічний коледж Тернопільського національного технічного університету ім. І. Пулюя

ЛАБОРАТОРНИЙ ДВОПОЛЯРНИЙ БЛОК ЖИВЛЕННЯ ДБЖ-1-17

Даний прилад призначений для забезпечення стабілізованого двополярного або однополярного живлення різноманітних макетів електрорадіосхем у лабораторних умовах.

Ключові слова: двополярний, стабілізований, пульсації, захист за струмом, симетрія, асиметрія

**Krochak Valentyn, Khudzik Volodymir, Savchuk Michailo
LABORATORY BIPOLAR POWER SUPPLY DBJ-1-17**

This appliance is intended for providing stabilized bipolar or unipolar power supply of any circuits in the conditions..

The scheme of device makes the following functions. Regulation of the current protection, switching between symmetrical and asymmetrical mode of setting, regulation the output voltage.

Keywords: Bipolar, Stabilized, Pulsation, Protection for current, Symmetric, Asymmetric



Рис. 1. Загальний вигляд

Даний прилад призначений для забезпечення стабілізованого двополярного або однополярного живлення різноманітних макетів електрорадіосхем у лабораторних умовах.

Має такі технічні характеристики :

вихідна напруга кожного каналу : 2,5 – 17 В ;

максимальна нестабільність вихідної напруги : 0,9 % ;

максимальний рівень пульсацій на виході кожного каналу : 25 мВ ;

максимальний струм кожного каналу через навантаження : 1,4 А .

Схема приладу при достатній простоті (рис. 2) виконує такі функції : регулювання рівня струму захисту, перемикання між симетричним та асиметричним режимом налаштування, регулювання вихідної напруги.

Прилад розділений на функціональні блоки : блок захисту ; випрямлячів та блок стабілізації. Побудований прилад виходячи з вимог технологічності та ремонтоздатності (рис. 3)

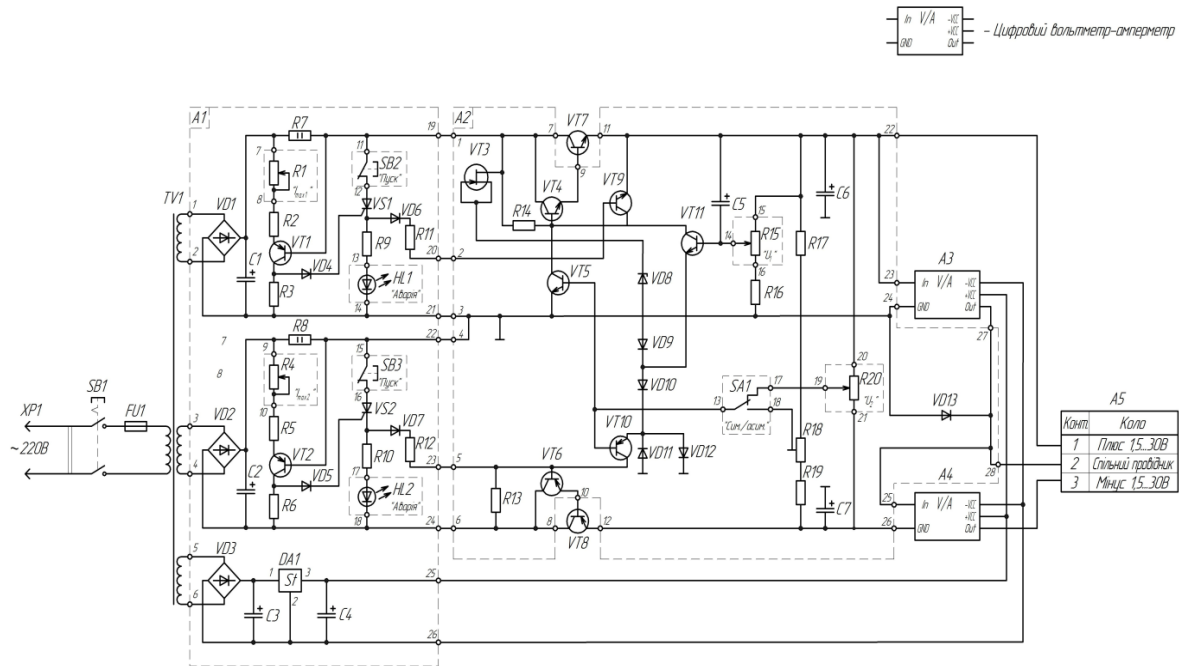


Рис. 2. Схема електрична принципова

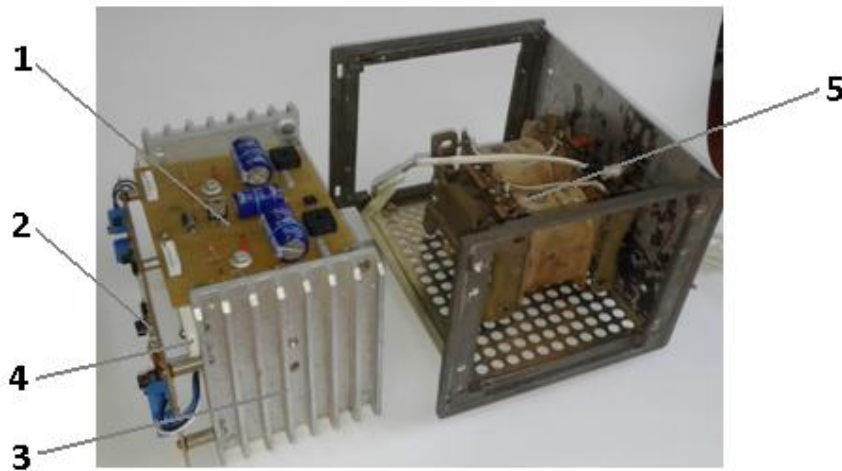


Рис. 3. Будова приладу

Монтаж ЕРЕ здійснюється на двох платах: блок випрямлення і захисту (1) (рис.5) та блок стабілізації (2) (рис.5). Блок стабілізації кріпиться на чотирьох стійках з діелектричними шайбами до радіаторів (3) (рис.5), на яких кріпляться два силових транзистора кожного з каналів. Блок випрямлення і захисту кріпиться однією стороною металевими кутниками до радіаторів, а іншою – до пластмасової балки (4) (рис.5) одним гвинтом. Між радіаторами та платами знаходиться силовий трансформатор (5) (рис. 5), що кріпиться чотирма гвинтами до задньої панелі (як і радіатори). Електричні зв'язки між платами та транзисторами в трансформатором – здійснюються за допомогою проводів (пайка, колодки).

УДК 314.628

Володимир Лесів, Анатолій Марценюк

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

ОДНОПІВПЕРІОДНИЙ ВИПРЯМЛЯЧ ДЛЯ ЗМЕНШЕННЯ СПЕРКТРУ СИГНАЛУ

В доповіді розглядається проблема зменшення спектру сигналу в імпульсних перетворювачах електричної енергії використовуючи однопівперіодний випрямляч
Ключові слова: імпульсний перетворювач енергії, однопівперіодний випрямляч, спектр сигналу.

Volodymyr Lesiv, Anatoliy Martseniuk

HALF-WAVE RECTIFIER TO REDUCE SPECTRUM OF THE SIGNAL

The report addresses the problem of reduction spectrum of the signal in the pulse voltage converter using, half-wave rectifier

Keywords: pulse voltage converter, half-wave rectifier, spectrum of the signal.

Одним із джерел завад в імпульсному перетворювачі енергії є випрямляч змінної напруги в постійну.

Для однопівперіодного випрямляча рис. 1 спектр сигналу відображено на рис. 2.

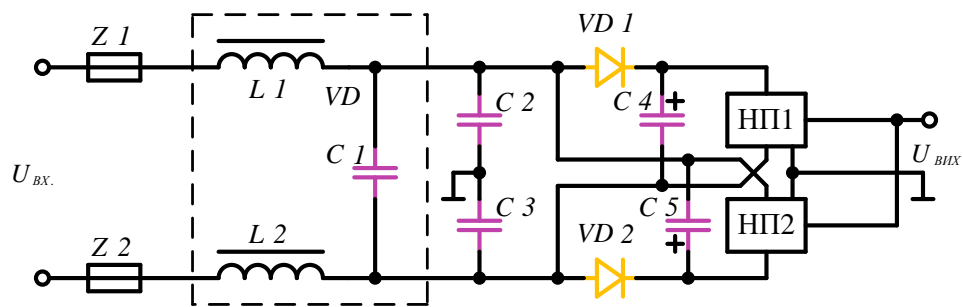


Рис. 1. Схема функціональна електрична однопівперіодного випрямляча

Використання однопівперіодного випрямляча призводить до збільшення струму споживання на період імпульсним перетворювачем електричної енергії, що призведе до збільшення кута відсічки струму споживання, тобто збільшиться час протікання струму в колі, а це в свою чергу призведе до збільшення довжини імпульсу і відповідно до зменшення спектру сигналу.

Що власне і призводить до покращення електромагнітної сумісності даного перетворювача.

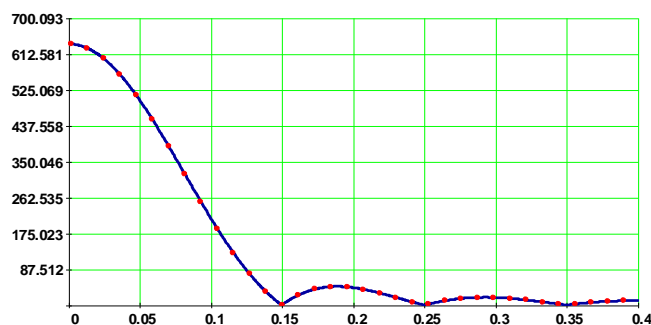


Рис. 2. Спектр сигналу однопівперіодного випрямляча

УДК 621.327

Анатолій Лупенко, д.т.н., професор

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

КОРЕКТОР КОЕФІЦІЄНТА ПОТУЖНОСТІ НА БАЗІ МОДИФІКОВАНОГО ЗНИЖУВАЛЬНОГО ПЕРЕТВОРЮВАЧА НАПРУГИ

Застосовано модифікований знижувальний перетворювач в коректорі коефіцієнта потужності, що дало змогу покращити якість електроенергії та забезпечило ефективність, кращу ніж при використанні традиційного знижувального перетворювача напруги.

Ключові слова: перетворювач напруги, коректор коефіцієнта потужності

Anatoliy Lupenko

POWERFACTORCORRECTOR

ON THE BASIS OF MODIFIED BUCK CONVERTER

Applied a modified downward converter power factor corrector, which helped improve the quality of electricity and provide performance better than using traditional of trigger voltage converter.

Keywords: voltage, power factor correction

Використання коректорів коефіцієнта потужності (ККП) у джерелах живлення сучасних джерел світла (таких як розрядні джерела світла та світлодіоди) дає змогу підвищити якість споживання електроенергії. Найчастіше такі ККП виконують на базі підвищувального перетворювача постійної напруги (ППН). Недоліками ККП з ППН є його висока вихідна напруга (вища за амплітуду напруги мережі) та неконтрольоване її зростання у випадку відключення навантаження при погасанні лампи чи виходу з ладу джерела світла.

Цих недоліків позбавлений ККП із знижувальним перетворювачем постійної напруги (ЗПН). Однак рівень вищих гармонічних складових струму, споживаних ЗПН від промислової мережі, а отже, і коефіцієнт потужності, суттєво залежать від співвідношення між амплітудою напруги U_{gm} мережі та вихідною напругою U_1 ЗПН, яке характеризується кутом відсічки θ :

$$\theta = \arcsin \frac{U_1}{U_{gm}}$$

Чим меншим є кут θ , тим ближчим до одиниці є коефіцієнт потужності, але при цьому зменшується вихідна напруга ЗПН, що обмежує область застосування ЗПН як основи для побудови ККП.

Для послаблення цього протиріччя запропоновано модифікацію ЗПН шляхом введення в його схему додаткового конденсатора та додаткової обмотки дроселя. Схема ККП з модифікованим ЗПН наведена на рис.1. ККП має фільтр 1, випрямляч 2, транзистор 3, блок керування 4, діоди 5 та 6, двообвитковий дросель 7 з обвитками 8 та 9 та конденсатори 10 та 11. Роль навантаження коректора відіграє резистор 12.

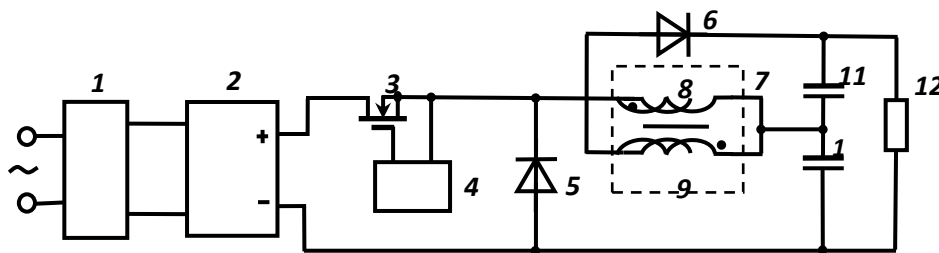


Рис. 1. Знижувальний перетворювач напруги

Модифікований ЗПН працює в режимі переривчастих струмів. Необхідна вихідна напруга пропонованого ККП дорівнює сумі напруг конденсаторів 10 і 11. Оскільки напруга на конденсаторі 10, яка безпосередньо взаємодіє з мережею, є меншою за вихідну напругу ККП, то кут відсічки є меншим, ніж в традиційній схемі ЗПН, при тій же вихідній напрузі ККП.

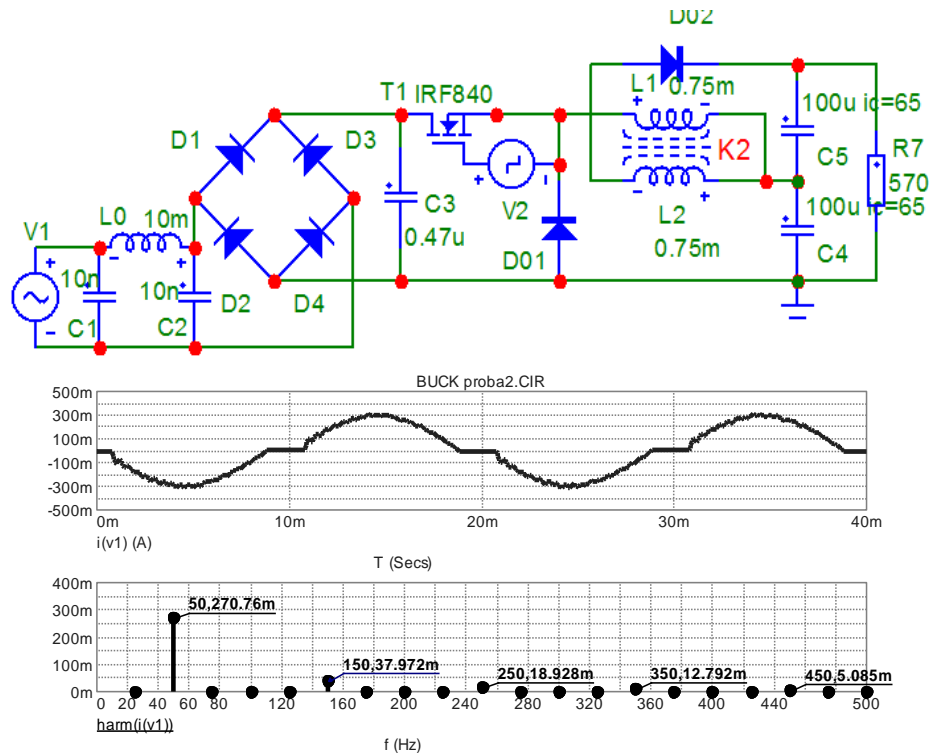


Рис. 2. Модифікований коректор

Для верифікації запропонованого ККП проведено його імітаційне моделювання в системі схемотехнічного моделювання MicroCap-11. На рис.2 наведено схему ККП та результати його моделювання. Синусоїдна напруга мережі (220 В 50Гц), представлена джерелом напруги V1, через високочастотний фільтр L0,C1,C2 та випрямляч D1-D4 подається на модифікований знижувальний перетворювач. Навантаженням ККП є резистор R7, який є еквівалентом високочастотного резонансного інвертора для живлення люмінесцентної лампи потужністю 40 Вт. Коефіцієнт зв'язку між індуктивностями L1 і L2 становить 0,98.В результаті моделювання отримано напруги на навантаженні та конденсаторі C4 відповідно 130 В та 65 В.

На рис.2 також показано змодельований струм мережі та його спектральні складові. За результатами моделювання встановлено, що коефіцієнт нелінійних спотворень струму, споживаного коректором від мережі, складає 15%, а коефіцієнт потужності дорівнює 0,99.

Імітаційне моделювання ККП з традиційним знижувальним перетворювачем в аналогічних умовах показує, що коефіцієнт нелінійних спотворень струму, споживаного ККП від мережі, складає 30%, а коефіцієнт потужності дорівнює 0,96. Таким чином, застосування модифікованого знижувального перетворювача в коректорі коефіцієнта потужності дає змогу досягти вищої якості електроенергії, ніж при використанні традиційного знижувального перетворювача напруги.

УДК 621.314

Олександр Мишковець, Валерій Лазарюк, к.т.н., доцент
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

АНАЛІЗ ВИКОРИСТАННЯ ТИРИСТОРНИХ ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ В ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧИХ ТЕХНОЛОГІЯХ

Проаналізовано будову вентильних перетворювачів з характеристиками джерел струму. На основі проведеного аналізу для споживачів з великим рівнем споживання електроенергії рекомендовано струмопараметричний перетворювач.

Ключові слова: тиристорний перетворювач, вентильний перетворювач, перетворювач електричної енергії.

Oleksandr Myshkovets, Valeriy Lazaryuk **ANALYSIS OF ELECTRIC ENERGY THYRISTOR CONVERTERS USE IN ENERGY-SAVING TECHNOLOGY**

The valve converter structure with power sources characteristics is analyzed. Based on the conducted analysis for consumers with a high level of electricity consumption the AC parametric converter is recommended.

Keywords: thyristor converter, control converter, electrical energy converter.

Розробка тиристорних перетворювачів напруги (ТПН), призначених для роботи з асинхронними двигунами є одним з дуже важливих напрямків розвитку сучасного асинхронного технологічного електроприводу.

Проведено аналіз вентильних перетворювачів з характеристиками джерела струму. На основі проведеного аналізу, для найбільш енергоємних споживачів рекомендований токопараметричний перетворювач, який має стандартну струмову характеристику.

Сучасний технічний розвиток пред'являє потребу зростання вимоги до джерел і перетворювачів електричної енергії за надійністю і економічністю. Виробництво і розподіл електричної енергії, в промисловості і побуті, в основному здійснюється на змінному струмі при частоті 50 Гц. У той же час 30% і більше виробленої електроенергії споживається на від перетворювачів змінного в постійний струм. Для перетворення змінного струму в постійний струм, широко використовуються напівпровідникові перетворювачі [4].

Для цілого ряду електротехнологічних споживачів постійного струму (електроліз кольорових металів і хімічних елементів, гальванопластика, зарядка акумуляторних батарей, робота електродугової печі постійного струму, електрозварювання постійним струмом, і т. д.) потрібна стабілізація і регулювання струму живлення. Дані споживачі мають нелінійну вольтамперних характеристику і малий диференціальний опір. При дослідженні електромагнітних процесів дані пристрої споживання можуть бути відображені у вигляді навантаження з протидією ЕРС.

Якість регулювання потужності, яка передається від джерела живлення до керованого пристрою, залежить від узгодження їх вольтамперних характеристик. В оптимальному випадку джерело і споживач повинні мати максимально близькі та "протилежні" характеристики. Отже, для живлення навантаження з малим диференціальним опором необхідне джерело струму.

Існує вже відомий ряд перетворювачів з характеристиками джерел струму [3]. Розглянемо деякі з них:

- магніто-тиристорні перетворювачі (МТП), в побудові яких використовуються дроселі насичення з розділеними робочими обмотками. Вони дозволяють здійснити керування режимом роботи по силові ланці. Струм навантаження при роботі на лінійній ділянці не залежить від напруги, частоти та опору навантаження а визначається тільки струмом керування[5].

- перетворювачі з дозованим передачею енергії з мережі в навантаження, що використовують явище перезарядки конденсатора, включеного в діагональ тиристорного мосту (рис 3). Найкращим чином такі перетворювачі можуть використовуватися в режимі параметричної стабілізації струму при роботі на навантаження з крутоспадаючою зовнішньою характеристикою.

- асинхронні генератори (АГ) з конденсаторним збудженням працюють в режимі джерела струму (рис.1). Наведена схема роботи АГ на навантаження постійного струму.

- вентильно-ємнісні перетворювачі, що представляють собою діод-конденсаторні схеми, що працюють в режимі близькому до лагідному замикання ланцюга навантаження (рис. 2).

- в керованих вентильних перетворювачах, характеристики джерела струму формуються за рахунок від'ємного зворотного зв'язку по струму. Регулюванням величини вихідної напруги перетворювача забезпечує підтримку постійного струму в навантаженні (рис 4).

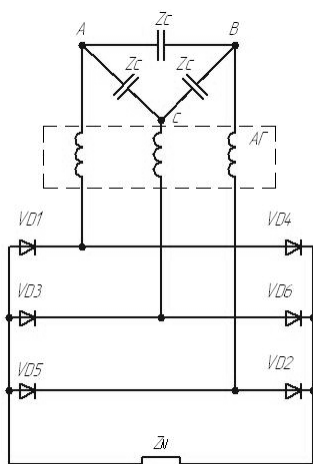


Рис. 1. Асинхронний генератор з конденсаторним збудженням

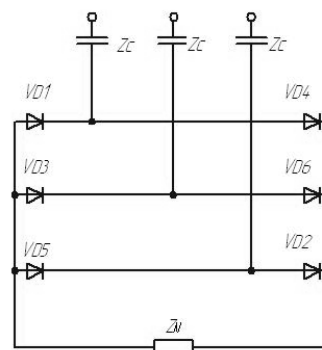


Рис. 2. Схема вентильно-ємнісного перетворювача

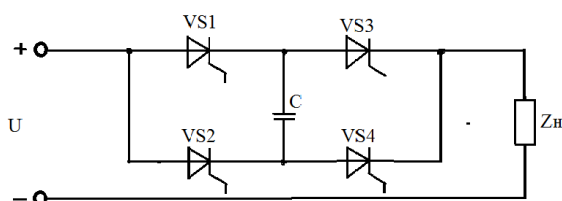


Рис. 3. Схема перетворювача з дозованою передачею енергії в навантаження

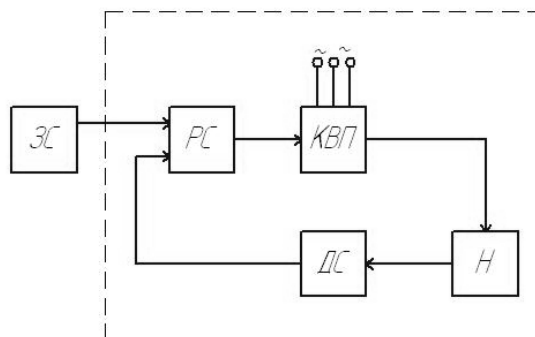


Рис. 4. Структурна схема керованого вентильного перетворювача з від'ємним ЗЗ

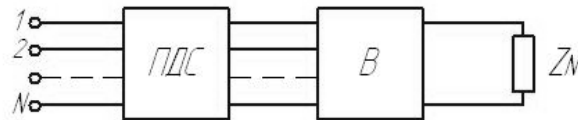


Рис. 5. Структурна схема струмопараметричного перетворювача. ПДС-параметричне джерело струму; В-вентилі.

Керовані вентиляльні перетворювачі, побудовані на базі замкнутих систем стабілізації струму. Вони дозволяють регулювати величину струму навантаження в широких межах та є досить надійними. Недоліками даних перетворювачів є: складність схемотехніки; підвищені вимогами до стійкості; негативний впливом на мережу[2].

В основному напруга енергоємких споживачів змінюється в широких межах, то коефіцієнт зсуву перетворювальних пристроїв падає нижче номінальної величини. Також впливає неузгодженість динамічних ВАХ джерела і приймача, відповідно є значні пульсації випрямленого струму, особливо при кутах регулювання близьких до дев'яносто градусів.

Струмопараметричні перетворювачі (СПП), розроблені на базі параметричного джерела струму (ПДС) володіють стандартною струмовою характеристикою. Ці перетворювачі мають ряд істотних переваг в порівнянні з керованими вентиляльними перетворювачами зі зворотним зв'язком по струму, [5]:

- високий коефіцієнт потужності у всьому діапазоні вихідних напруг;
- стійкість до появи коротких замикань (електродугова зварка);
- можливість запаралелити роботу декількох таких перетворювачів на загальну навантаження, що дозволяє створювати джерела струму практично будь-якої потужності;
- зменшення коефіцієнта гармонік споживаного струму мережі в порівнянні з традиційними перетворювачами напруги.

Володіючи частково гіршими масогабаритними показниками, в порівнянні з іншими агрегатами, джерела живлення з ПДС показали кращі енергетичні характеристики. Залежно від номінальної потужності джерела їх ККД становить 93-96%. У джерел з ПДС він падає максимально до 0,9 [1].

Порівняння проводилося за встановленою потужністю конденсаторів і реакторів. Розрахунок робився для керованого мостового випрямляча з вихідним компенсаційним фільтром, який працює в режимі стабілізатора струму на низкоомне активне навантаження з індуктивним фільтром.

На підставі вищезгаданого вважається найбільш доцільним застосування вентиляльних перетворювачів на базі параметричних джерел струму для споживачів з нелінійною вольтамперною характеристикою, особливо для енергоємких споживачів.

Література

1. Гейтенко Е.Н. Источники вторичного питания. – М.:СОЛОН-ПРЕС. 2008. 448с.
2. Зиновьев Г. С. Основы силовой электроники. Учебное пособие. Изд. 3-е. Новосибирск: Изд-во НГТУ. 2004.
3. Иванов А.Г., Белов Г.А., Сергеев А.Г. Системы управления полупроводниковыми преобразователями.Чебоксары: Изд-во Чуваш, ун-та, 2010. - 448 с.
4. Мелешин В.И. Транзисторная преобразовательная техника. – М.: Техносфера 2005.- 632с.
5. Булатов О.Г., Царенко А.И. Тиристорно-конденсаторные преобразователи. М. Энергоиздат, 1982. - 216с.

УДК 621.373.1

Сергій Цирульник, Валентина Вернигора

Вінницький національний технічний університет, Вінницький технічний коледж

ЛАБОРАТОРНИЙ БЛОК ЖИВЛЕННЯ

Розглянуто практичні підходи до реалізації лабораторного блоку живлення на основі спеціалізованої мікросхеми LM317/337. Наводиться структурно-функціональна та практична схема.

Ключові слова: лабораторний блок живлення, стабілізатор напруги, блок індикації, блок захисту.

Sergey Tsyrunyk, Valentyna Vernyhora

LABORATORY POWER SUPPLY

Practical approaches to implementation of a laboratory power supply based on specialized LM317/337 chip. Provides functional and schematic diagram.

Keywords: laboratory power supply, voltage regulator, display unit, power protection.

Вступ. Лабораторні блоки живлення відносяться до категорії базових приладів, які використовуються при розробці електронної апаратури, виконанні наукових досліджень, вихідному контролі, а також у багатьох інших застосуваннях.

Більшість фахівців вважають джерело живлення дуже простим пристроєм. Але на практиці все зовсім по іншому. Падіння напруги в проводах підключення, імпульсний шум, стрибки напруги при швидкій зміні струму споживання навантаження – ось тільки деякі з аспектів, які треба враховувати. Для більшості типових завдань, що виникають при розробці або ремонті точної аналогової апаратури, аудіосхем та чутливих датчиків найкраще підходять лінійні лабораторні блоки живлення.

У статті розглядаються питання практичної реалізації лабораторного блоку живлення у вигляді функціонально-завершеного пристрою, який виконала команда Вінницького технічного коледжу для участі в творчому конкурсі VII Всеукраїнської олімпіади з радіоелектроніки.

Постановка завдання. Розробити та практично виготовити двохполярний блок живлення з параметрами: вихідна напруга – $\pm 3 \dots \pm 25\text{В}$; кількість каналів – два з незалежним керуванням; номінальний вихідний струм – не менше 1А; амплітуда пульсацій – не більше 100 мВ при 15В/1А; захист від короткого замикання у кожному каналі; індикація вихідної напруги.

Основна частина. Лабораторний блок живлення складається з таких основних блоків: первинного джерела живлення, що призначений для гальванічної розв'язки від мережі живлення та пониженню напруги для блоку регулювання; блок регулювання – основна силова аналогова частина, що здійснює регулювання напруги та струму; блок індикації – забезпечує обробку даних про поточні значення напруги та струму на виході блоку; індикація напруги, струму живлення по кожному каналу та поточний стан блока живлення; блок захисту від короткого замикання по кожному каналу з індикацією перевищення струму навантаження; допоміжний блок живлення для живлення блоку індикації. Функціональна схема лабораторного блоку живлення наведена на рисунку 1.

Основна частина блоку живлення побудована на мікросхемі LM317/ LM337 (рис. 2), яка представляє собою стабілізатор з регулюванням напруги від 1,25В до 33В з

вбудованою функцією захисту від короткого замикання на виході та перегріву.

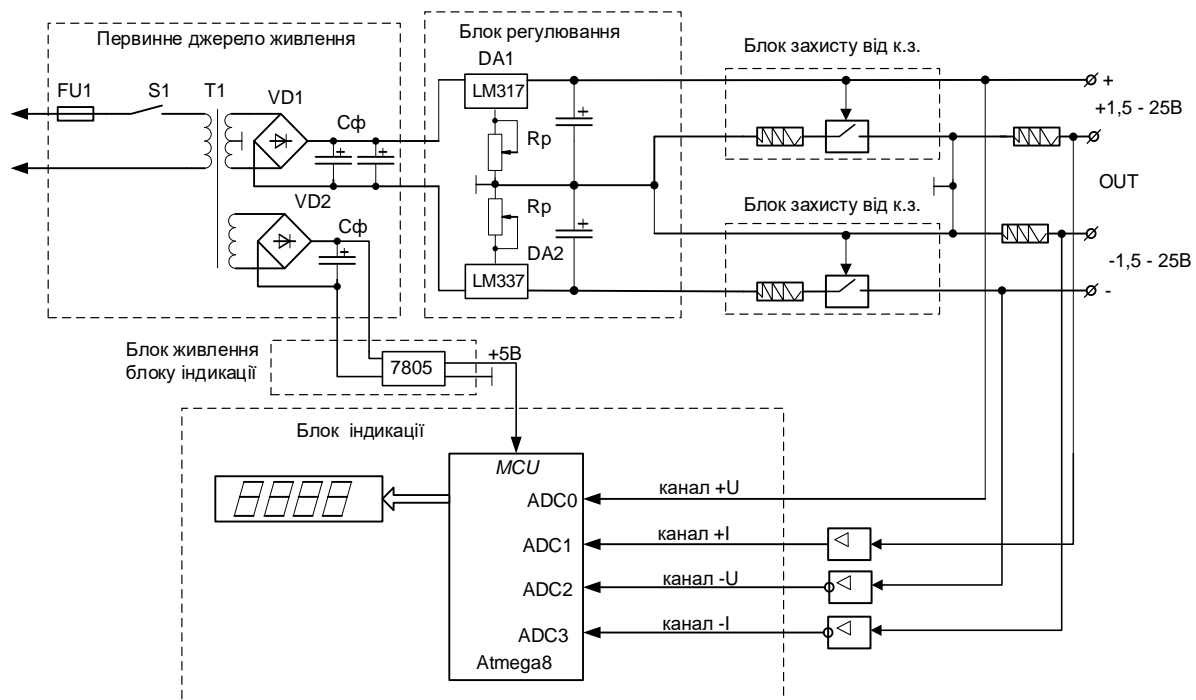


Рис. 1. Функціональна схема лабораторного блоку живлення

Стабілізатор LM317/ LM337 представляє собою дільник. Верхнім плечем є мікросхема, а нижнім – навантаження. Напряга на вході змінюється і мікросхема змінює свій опір так, щоб на виході напряга була не змінною.

Вихідна напряга стабілізатора напряги розраховується за формулою:

$$U_{OUT} = U_{REF} \cdot \left(1 + \frac{RV1}{R5}\right) + I_{ADJ} \cdot RV1,$$

де $U_{REF} = 1,25\text{В}$; $I_{ADJ} = 0,05\text{мА}$.

Резистор R5/R6 для такої схеми рекомендується взяти потужністю 0,5Вт з номіналом в діапазоні 200 .. 300 Ом. Вихідна напряга змінюється від 1,5В до 25В резисторами RV1/RV4 (Coarse), RV2/RV3 (Fine). Для розрахунку значень резисторів застосовувався on-line калькулятор. Конденсатор C5/C6 необхідний для плавного регулювання напряги. Діод VD1/ VD2 захищає DA1 від короткого замикання на вході і прискорює розряд C7/C8, C9/C10, коли блок живлення вимкнений; VD3/ VD4 захищає від короткого замикання на виході та розряду ємності C5/C6.

Вихідний струм LM317 не більше 1,5А, тому в схемі застосовується підсилювач струму на транзисторах VT1, VT3 (VT2, VT4), що дозволяє отримати максимальний струм навантаження 5А. Резистори R1/R2, R3/R4 стоять в емітерах транзисторів для утворення негативного зворотного зв'язку, який вирівнює колекторні струми при паралельному включенні транзисторів. VT1, VT3, DA1 (VT2, VT4, DA2) встановлюються на радіатори. Для примусового охолодження в схемі застосовується вентилятор.

Трансформатор T1 (рис. 1) використовується з вихідною напрягою 2×20В та максимальним струмом вторинної обмотки 5А, що відповідає максимальному струму навантаження. Діодний міст KBU8M вибирається «з запасом» на струм 8А. Конденсатори фільтру вибираються з розрахунку максимального навантаження. Для струму 5А використовують паралельне включення трьох конденсаторів 3300мкФ×50В.

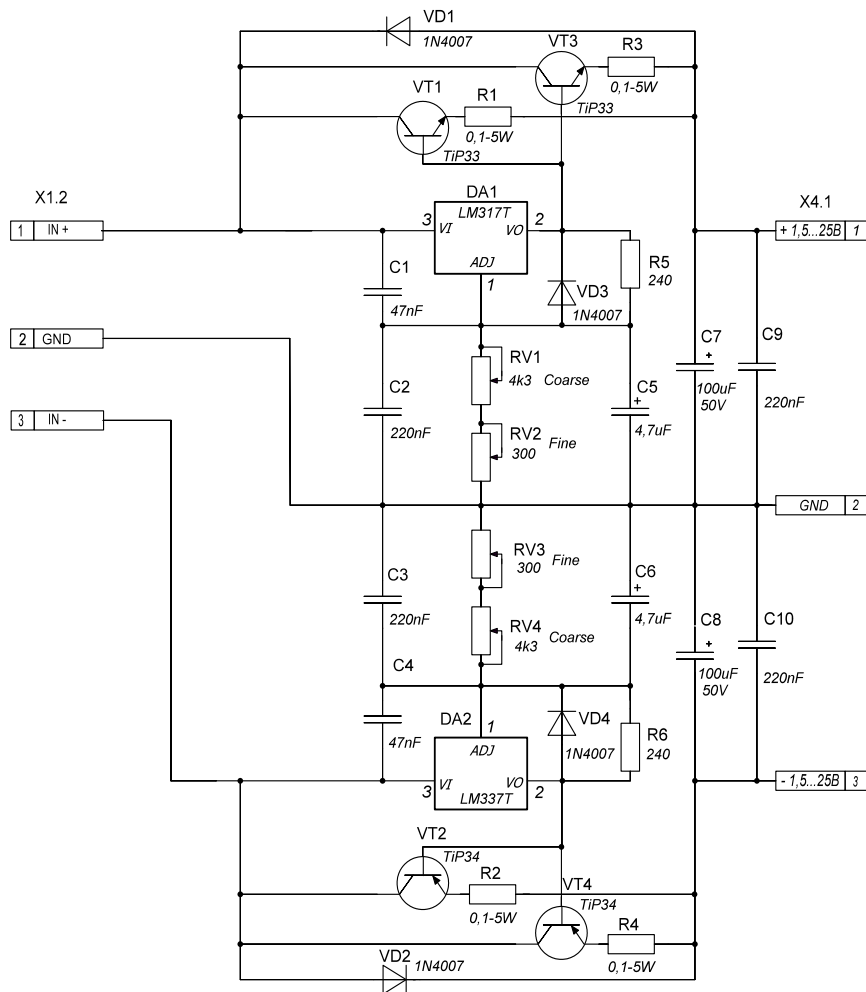


Рис. 2. Принципова схема блоку регулювання

Для вимірювання напруги та струму використовуються 4 канали АЦП мікроконтролера Atmega8 розрядністю 10 біт. Канали АЦП ADC0, ADC1 (PC0, PC1) використовуються для вимірювання у позитивному каналі, ADC2, ADC3 (PC2, PC3) – для вимірювання у негативному каналі. Як джерело опорної напруги використовується внутрішнє джерело мікроконтролера Atmega8 з напругою 2,56В.

У позитивному каналі напруга, що вимірюється, подається до ADC0 через дільник. Максимальне значення напруги на виході блока живлення 25,6 В, тому коефіцієнт дільника 10:1, щоб напруга на вході АЦП не перевищувала опорну напругу 2,56 В. Для вимірювання напруги в негативному каналі потрібно перевернути полярність напруги та застосувати дільник напруги 10:1. Для цього в схемі використовується каскад на операційному підсилювачі МСР602, який включений за схемою інвертованого підсилювача. Вимірювання струму виконується за допомогою шунта, який включається у розрив навантаження. Падіння напруги на ньому вимірюють канали ADC1, ADC3 мікроконтролера. Для шунта 0,1Ом при струмі 1А падіння напруги 0,1В. Величина такої напруги достатньо мала щоб подавати її на мікроконтролер, тому її необхідно підсилити за допомогою операційного підсилювача, який включений за схемою неінвертованого підсилювача (для позитивного каналу блока живлення). Опір шунта 0,01 Ом використовується для вимірювання струму до 10А. Тоді на R1 для струму 5А буде падіння напруги 0,05В. При коефіцієнті підсилення 50 напруга на виході підсилювача буде 2,5В. Так як опорна напруга 2,56В, то більше цього значення на вхід АЦП подати не можна (розрядність вимірювання струму 2,56А

/ 1024 = 2,5 mA). Щоб отримати реальні значення струму на LCD індикаторі, необхідно виміряти значення програмно помножити на 2. Вимірювання струму в негативному каналі аналогічно, тільки використовується інвертований підсилювач. Виміряні значення по кожному каналу додається до попередніх показів та поміщаються до буфера. Кожне вимірювання виконується 400 раз, знаходиться середнє значення, множиться на необхідні коефіцієнти та виводиться на індикатор HG1 з контролером HD44780, який підключений до МК у 4 вивідному режимі.

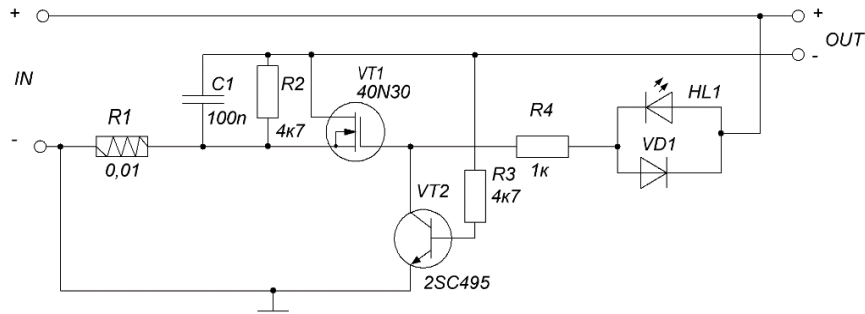


Рис. 3. Принципова схема блоку захисту від короткого замикання

При правильному підключенні VT1 (рис. 3) транзистор відкритий і весь струм протікає на вихід через канал стік-витік. При короткому замиканні падіння напруги на шунті R1 та VT1 достатньо, щоб спрацював малопотужний транзистор VT2. Коли транзистор VT2 відкривається, він замикає затвор VT1 на корпус, що приводить до його закриття та відключення блоку живлення від навантаження. Час спрацьовування захисту до 1мкс. Через відкритий перехід VT2 поступає живлення на HL1 і він світиться. Транзистор VT1 закритий, доки не буде усунуто коротке замикання в навантаженні. Від опора шунта R1 залежить струм спрацьовування захисту. При використанні 6 резисторів по 5Вт 0,1 Ом, які з'єднані паралельно, струм спрацьовування захисту – 8А.

На рисунку 4 наведена конструкція лабораторного блоку живлення, схемотехнічні особливості якого розглядались у даній статті.

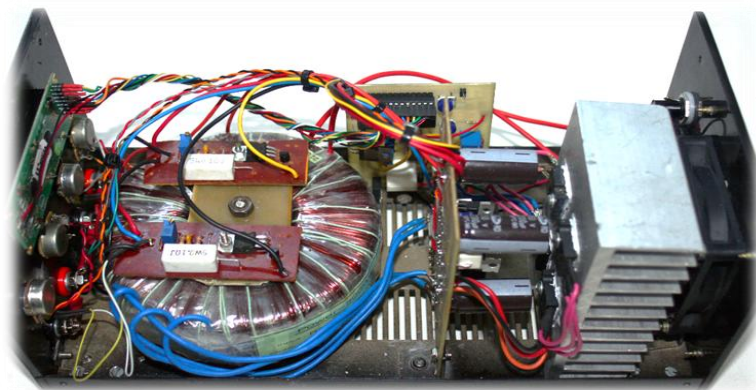


Рис. 4. Конструкція лабораторного блоку живлення

УДК 621.326

Володимир Яськів, к. т. н., доцент, Анна Яськів, Анатолій Марценюк
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

МЕТОД ПОБУДОВИ ВИСОКОЧАСТОТНОГО СИЛОВОГО ІНВЕРТОРА НА ОСНОВІ МАГНІТНИХ ПІДСИЛЮВАЧІВ

Запропоновано новий метод побудови силового інвертора на основі високочастотних магнітних підсилювачів. Такі силові інвертори можуть використовуватися для відновлювальних джерел живлення та частотного регулювання електроприводів.

Ключові слова: кероване джерело живлення, силовий інвертер, високочастотний магнітний підсилювач, широтно-імпульсна модуляція, прямокутна петля гістерезису.

Volodymyr Yaskiv, Anna Yaskiv, Anatoliy Martseniuk

METHOD OF DESIGN OF A HIGH-FREQUENCY POWER INVERTER BASED ON MAGNETIC AMPLIFIERS

New method of design of power inverter based on high-frequency magnetic amplifiers is suggested. Such power inverters can be used for renewable power supplies and electric drives frequency regulation.

Keywords: controllable power supply, power inverter, high- frequency magnetic amplifier, pulse-width modulation, rectangular hysteresis loop.

Керовані джерела живлення з виходом на змінному струмі найчастіше застосовуються при розробці регульованих електроприводів, систем безперебійного електроживлення та в альтернативній енергетиці. Підвищення їх коефіцієнта корисної дії, надійності, питомої потужності, якості вихідної напруги при низькій собівартості завжди є актуальним завданням.

У цій роботі запропоновано новий метод розробки керованого джерела живлення з виходом на змінному струмі на основі високочастотних магнітних підсилювачів.

Сучасні способи формування вихідної змінної напруги ґрунтуються на двох основних методах: адитивній комутації вхідної постійної напруги різних рівнів та широтно-імпульсній модуляції (ШІМ) з допомогою високочастотних напівпровідникових приладів.

Пропонується для виконання комутаційної функції використати високочастотні магнітні підсилювачі (ВМП) на основі аморфних сплавів з прямокутною петлею гістерезису.

Функціональна схема силової частини керованого джерела живлення на основі ВМП зображена на рис. 1 [1].

Змінна напруга з некерovanого транзисторного інвертора 1 поступає на трансформатор TV. Силові ключі на основі ВМП TS1 та TS2 (TS3, TS4) забезпечують стабілізацію постійної додатньої (від'ємної) напруги шляхом широтно-імпульсної модуляції відповідно до сигналу керування. Ключі VT1 та VT2 комутують напруги протилежних полярностей. Таким чином, ми отримуємо змінну вихідну напругу, частота якої визначається сигналами керування V1 та V2.

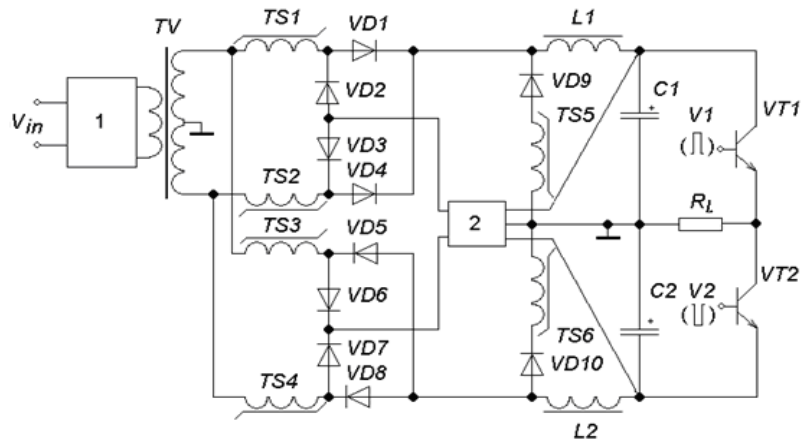


Рис. 1. Запропонована функціональна схема силового інвертора на основі ВМП (1- некерований транзисторний інвертор; 2- схема керування)

Кероване джерело живлення з виходом на змінному струмі працює наступним чином: коли напруга, прикладена до $TS1$ ($TS4$), є від'ємною, має місце так-званий півперіод керування. Протягом цього півперіоду діод $VD1$ ($VD8$) перебуває в непровідному стані, діод $VD2$ ($VD7$) перебуває в провідному стані, тому струм протікає через схему керування 2, розмагнічуючий діод $VD2$ ($VD7$) та ВМП $TS1$ ($TS4$). Цей струм зумовлює розмагнічення матеріалу осердя $TS1$ ($TS4$) від індукції насичення B_s до якоїсь індукції B_1 . При зміні полярності вхідної напруги розпочинається перемагнічування від запам'ятованого рівня індукції B_1 . Коли для ВМП $TS2$ ($TS3$) має місце півперіод керування, для ВМП $TS1$ ($TS4$) діє так-званий робочий півперіод. У цей час розмагнічуючий діод $VD2$ ($VD7$) перебуває в непровідному стані, діод $VD1$ ($VD8$) перебуває в провідному стані, і джерело вхідної змінної високочастотної напруги під'єднане до навантаження через ВМП $TS1$ ($TS4$) та діод $VD1$ ($VD8$). Робочий півперіод складається з двох інтервалів. Протягом першого інтервалу ВМП $TS1$ ($TS4$) перемагнічується від якогось запам'ятованого рівня індукції B_1 до індукції насичення B_s . Час, необхідний для цього перемагнічення, значно коротший за час розмагнічення протягом півперіоду керування. Це пояснюється відсутністю будь-яких обмежень швидкості перемагнічування (опір навантаження значно менший за опір схеми керування). Тому осердя ВМП досягає стану насичення за один півперіод вхідної змінної напруги. У стані насичення опір ВМП близький до нуля (він дорівнює активному опору обмотки ВМП), і сила струму обмежується тільки опором навантаження (другий інтервал). В результаті формується вихідна змінна напруга. Комутація напруги в навантаженні здійснюється ключами $VT1$, $VT2$, що визначають необхідну частоту вихідної змінної напруги.

Запропонований метод дозволяє отримати змінну вихідну напругу в частотному діапазоні від нуля до десятків кілогерц. Регулювання здійснюється магнітними ключами на частоті 50-200 кГц. Відпрацювання збурень відбувається за один півперіод частоти комутації, оскільки ВМП є безінерційним елементом з затримкою на один півперіод частоти комутації. Це забезпечує високий рівень динамічних характеристик [2].

Однак, для формування змінної вихідної напруги це кероване джерело живлення з виходом на змінному струмі використовує два різнополярні стабілізатори напруги. Кожен з них містить по два ВМП. Це підвищує схемотехнічну складність та не дозволяє зменшити собівартість, підвищити питому потужність та уникнути впливу розкиду технологічних параметрів магнітного матеріалу (K_n – коефіцієнт прямокутності, B_s – індукція насичення).

Тому запропоновано вдосконалену схему силового інвертора [3], де одні й ті ж ВМП використовуються для формування і додатного і від'ємного півперіодів вихідної

змінної напруги (рис. 2). Обмотки обох ВМП кожного з різнополярних стабілізаторів напруги виконані на спільному осердді. Це забезпечує широкий частотний діапазон вихідної змінної напруги та високий рівень динамічних характеристик, підвищення питомої потужності, зменшення собівартості, а також виключає вплив розкиду технологічних параметрів магнітного матеріалу на роботу керованого джерела живлення.

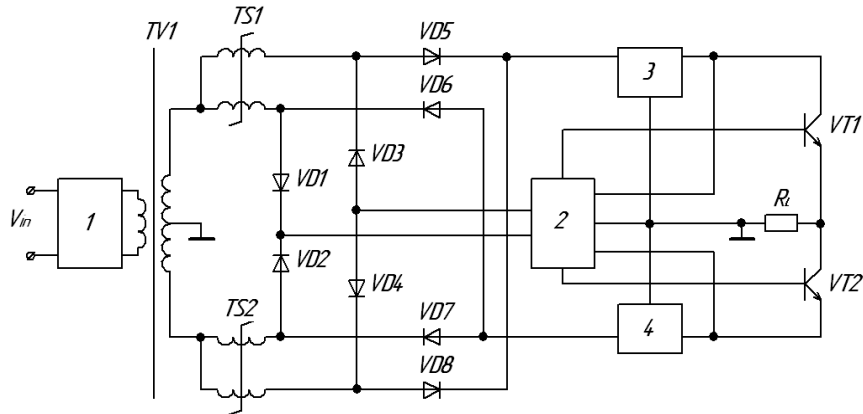


Рис. 2. Вдосконалена функціональна схема запропонованого високочастотного інвертора на основі ВМП (1- некерований транзисторний інвертор; 2- схема керування; 3,4 – вихідні фільтри)

Робоча частота ВМП визначається робочою частотою некерованого транзисторного інвертора 1 (рис. 2) та становить 50-100 кГц. Максимальна частота перемагнічення сучасних аморфних магнітних сплавів становить близько 200 кГц. Суттєве спрощення схемотехніки інвертора забезпечує йому питому потужність до 1 кВт/дм³ і вище.

Запропоноване схемотехнічне рішення забезпечує відсутність пере регулювання вихідної напруги в перехідних режимах [1]. Прогнозований ККД такого інвертора становить 90-97%. Зокрема, ККД високочастотного перетворювача напруги на основі ВПМ з вихідними параметрами 24В, 10А становить 92% [4].

Література

1. Патент на винахід 74199 UA, МПК H02M 7/539, G05F 1/32. Кероване джерело електроживлення з виходом на змінному струмі [Текст] / Яськів В.І., Гурник О.П.; заявник Тернопільський державний технічний університет імені Івана Пулюя. - № 2003021289; заявл.13.02.2003; опубл. 15.11.2005, Бюл. № 11, 2005 р.
2. Яськів, В. І. Експериментальне дослідження динамічних характеристик напівпровідникових перетворювачів електроенергії з високочастотними магнітними підсилювачами [Текст] / В. І. Яськів, М. М. Юрченко, О. П. Гурник// Науково-прикладний журнал «Технічна електродинаміка» (Тематичний випуск «Силова електроніка та енергоефективність»). – 2005. – ч. 4. – С. 7–9.
3. Патент України на корисну модель № 109557, МПК H02M3/335 (2006.01) Кероване джерело електроживлення з виходом на змінному струмі [Текст]/ Яськів В.І., Марценюк А.С., Яськів А.В.; заявник Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя. – № u201602382; заявл.12.03.2016; опубл. 25.08.2016, Бюл. № 16, 2016 р.
4. V. Yaskiv, A. Abramovitz, K. Smedley, A. Yaskiv, “MagAmp regulated isolated ac-dc converter with high power factor,” Communications – Scientific Letters of the University of Zilina, Vol.1a, 2015, p. 28-34.

Секція: БІОМЕДИЧНА ІНЖЕНЕРІЯ

Керівники: доц. Микола Хвостівський

УДК 616.831-073-71

Олена Гевко, к.м.н., доцент, Юрій Катрусак, Андрій Кубашок, Ольга Фуч
Тернопільський національний технічний університет ім. Івана Пулюя, кафедра біотехнічних систем

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ МУЗИКОТЕРАПІЇ НА СПЕКТРАЛЬНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЕЛЕКТРОЕНЦЕФАЛОГРАМИ

Експериментально досліджено особливості спектральних характеристик електроенцефалограми. Виявлено зміни параметрів спектру під впливом заспокійливої музики та рок-музики у вигляді зниження середньої величини спектральної потужності в частотному діапазоні: -альфа, -бета, -дельта у всіх відведеннях.

Ключові слова: спектральні характеристики електроенцефалограми, ритми ЕЕГ, музика, музикотерапія

Olena Hevko, Yurii Katrusiak, Andrii Kubashok, Olha Fuch THIS STUDY MEASURED THE EFFECT OF MUSIC THERAPY ON THE SPECTRAL CHARACTERISTICS OF THE ELECTROENCEPHALOGRAM

The features of the spectral characteristics of EEG have been experimentally investigated. The changes in the parameters under the influence of soothing music and rock music in the form of reducing the average power spectral density in the frequency range: alpha, -beta, -delta all leads have been identified.

Keywords: the spectral characteristics of the electroencephalogram, EEG rhythms, music, music therapy

Багатовікова історія розглядає музикотерапію як один з ефективних засобів у боротьбі з недугами. Про цілющі властивості музики описано ще у працях древніх мислителів, зокрема, Піфагора, Платона. Видатний філософ та лікар Авіценна за її допомогою зцілював психічно хворих людей. Музикотерапія, в якості незалежної дисципліни, почала застосовуватись в Європі у другій половині ХХ століття. В свій час її впливом на центральну нервову та серцево-судинну системи зацікавились В.М. Бехтерев, І.М. Догель та ін. [5]. На сьогоднішній день даний терапевтичний напрямок набув широкого розповсюдження в Європі, Америці, де створено потужні асоціації музикотерапевтів. На жаль, музикотерапія в Україні користується недостатньою популярністю та перебуває у зародковому стані, і є домінуючою лише в психологічній та педагогічній сферах діяльності. [4].

Вплив музики на людину є не лише емоційним, але і резонансним. Коли частота вібрацій музичного твору і частота певних органів, клітин співпадає, то організм резонує. Вібраційні відповіді відбуваються навіть у підсвідомості. Особливу зацікавленість представляють нейрофізіологічні аспекти сприйняття музики. Відповідно, багатьма науковцями вивчається вплив музичних творів різних жанрів на біоелектричну активність мозку. Опубліковані праці, де описано вплив музики на показники енцефалограми, носять суперечливий характер. У одних авторів [1], седативний вплив при прослуховуванні музики, відображався змінами на ЕЕГ зі збільшенням дельта-ритму в структурі ЕЕГ. Проте, інші дослідники відмічали однонаправлене зниження середньої потужності всіх частотних компонентів ЕЕГ [3]. Більшість науковців вважають, що мелодійна музика призводить до зміни потоків

збудження в кортіко-таламічних та кортіко-лімбічних колах, діючи тим самим заспокійливо [2]. Враховуючи дані протиріччя дослідженнях диференційованого впливу музики різних жанрів (заспокійливого та збуджуючого) на спектральні характеристики енцефалограми, виникла необхідність у доопрацюванні даної проблеми. Отже, метою даного дослідження, було вивчити вплив класичної музики та рок-музики на спектральні характеристики біоелектричних сигналів мозку.

Відповідно до поставленої мети було обстежено 20 здорових (зсилаючись на дані щорічного медичного огляду) студентів ТНТУ ім. Івана Пулюя, у віці 19-22-ох років. Електроенцефалограма реєструвалась за допомогою 16-канального електроенцефалографічного апаратно-програмного комплексу Нейроком. Монополярний монтаж електродів здійснювався за загальноприйнятою міжнародною системою «10-20» з об'єднаним вушним референтом (A1, A2). Запис енцефалограми здійснювався у світлоізолюваній та звукоізолюваній кімнаті. Студенти знаходились в положенні напівсидячи, у спокої із закритими очима. Тривалість проби становила 50 с (фонові проба). Після чого досліджувані перепочивали 5 хвилин, і проводився, відповідно, по 50 с запис енцефалограми під час прослуховування творів класичної музики та рок-музики. Оцінювали спектральну потужність електроенцефалограми у частотних діапазонах: дельта (0,5-3 Гц), тета (3-8 Гц), альфа (8-13 Гц), бета (13-30 Гц) для відведень від правої (d) і лівої (s) півкуль. Отримані результати опрацьовували з використанням стандартних методів статистики. Параметричний критерій Ст'юдента застосовувався для оцінки достовірності змін показників. Аналізуючи експериментальні дані порівняння значень спектральної потужності, встановили, що серед студентів, у фоновому спектрі енцефалограми всіх досліджених ділянок, переважали високочастотні альфа- та бета-хвилі над низькочастотними. Цей факт у більшій мірі мав відображення: у лобних ділянках, де домінував бета-ритм, а у потиличних – альфа-ритм. Тета-ритм переважав у центральних зонах.

При прослуховуванні музики відбувалось достовірне зниження середньої величини спектральної потужності в частотному діапазоні: -альфа, -бета, -дельта у всіх відведеннях. Причому зміни були більш вираженими при прослуховуванні рок-музики у порівнянні зі заспокійливою.

Отже, заспокійлива та рок-музика у неоднаковій мірі впливають на електроенцефалографічні показники, що потребує подальшого вивчення.

Література

1. Гольдберг Е.М., Кривцунова А.Н., Пустовгар А.А. Влияние прослушивания музыки в наушниках на изменение частотного спектра ЭЭГ // Современные наукоемкие технологии. 2005. №4. С. 39–40.
2. Захарова Н.Н., Авдеев В.М. Функциональные изменения центральной нервной системы при восприятии музыки // Журнал высшей нервной деятельности. 1982. Т. 32. Вып. 5. С. 915–929.
3. Конарева И.Н. Изменение энцефалограммы и эмоционального состояния под влиянием прослушивания музыки // Ученые записки Таврического национального университета им. В.И. Вернадского, Серия «Биология, химия». 2010. Том 23 (62). №1. С. 40–47.
4. Савельева-Кулик Н.О. Музична терапія в інтегративній медицині: навч. посіб. для лікарів-слухачів закладів (факультетів) післядипломної освіти / Савельева-Кулик Н. О. – К.: Інтерсервіс, 2014. – 138 с.
5. Шушарджан, С. В. Музыкотерапия: история и перспективы / С. В. Шушарджан // Клиническая медицина. - 2000. - №3. - С.15 - 18.

УДК 519.21: 612.172.1

Ярослав Драган, д.ф.-м.н., професор, Василь Дозорський, к.т.н., доцент,
Леонід Дедів, к.т.н., доцент, Ірина Дедів, к.т.н.

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

МЕТОДИ СТАТИСТИЧНОГО ОПРАЦЮВАННЯ РЕАЛІЗАЦІЙ ПЕРІОДИЧНО КОРЕЛЬОВАНОГО ВИПАДКОВОГО ПРОЦЕСУ

Розглянуто питання обґрунтування методів статистичного опрацювання реалізацій сигналів у разі подання їх як періодично корельованого випадкового процесу.

Ключові слова: періодично корельований випадковий процес, метод статистичного опрацювання.

Yaroslav Dragan, Vasil Dozorsky, Leonid Dediv, Iryna Dediv

THE METHODS OF STATISTICAL PROCESSING OF PERIODICALLY CORRELATED RANDOM PROCESSES IMPLEMENTATIONS

The work is devoted to the grounding of methods of statistical processing of signal implementations in presenting them as periodically correlated random process.

Keywords: periodically correlated random process, a method of statistical processing.

Коректні засоби статистичного опрацювання реалізацій ПКВП як математичних моделей ритмічних процесів базуються на використанні статистики стаціонарних випадкових процесів, які за умови справдження критерію Слуцького (містять швидкого спадання коваріації) трактують як ергодичні й на підставі цього обґрунтовують законність обчислення оцінок їхніх імовірнісних характеристик, замінюючи усереднення за розподілом (чи, інакше за ансамблем) на усереднення в часі. Для обґрунтування такої процедури, у свою чергу, опираються як на поняття кондиційності статистичного матеріалу [1], тобто даних, що є результатами мірювання значень ознак періодично корельованих випадкових процесів (ПКВП), та на ідеологію МАПР-тріади (модель-алгоритм-програмна реалізація) [2]. Важливим при цьому є питання концепції зведення до стаціонарності, оскільки ПКВП за означенням є нестаціонарними, а теорія її показує, що пов'язані та ще й у кількох відношеннях (аспектах) зі стаціонарними процесами.

Зокрема у праці [3] було аргументовано, виходячи з розкладу пов'язання сигналів та лінійних перетворювачів з однаковим типом зміни у часі їхніх характеристик подання ПКВП як суми добутків періодичної функції на стаціонарний процес. З погляду теорії радіокомунікації, тобто передавання відомостей за допомогою гармонічних коливань такий добуток трактують як модуляцію цих гармонік згаданими стаціонарними інформаційними випадковими процесами, які природно назвати згідно зі сказаним стаціонарними компонентами ПКВП (згідно традиції, що кожна компонента породжує стаціонарний процес, а всі такі компоненти творять векторний стаціонарний процес, а засновниками – складова вектора, що є проекцією його на координатну вісь у просторі – в даному разі періодичних функцій. А тому, що у просторі періодичних функцій базис творять гармоніки кратних до $\frac{2\pi}{T}$ частот, то в разі максимального рангу періоду T векторного процесу стаціонарних компонент

отримаємо подання ПКВП через модуляційні компоненти у вигляді $\xi(t) = \sum_{k \in Z} e^{ik\frac{2\pi}{T}t}$, $t \in R$,

де Z – множина цілих чисел, а R – дійсна числова вісь [4].

Специфічне подання ПКВП, що бере початок з імпульсної техніки комутації, обґрунтував К. Джордан, спираючись на теорему Мерсера з матфізики, через так званий трансляційний базис функцій із $L^2(0, T)$ помножені в сенсі Адамара на n -вимірну стаціонарну послідовність зі своїми для кожного часового інтервалу $D_k = [kT, (k+1)T]$ компонентами. Цим розкрито ще один аспект структури ПКВП, але статистичні методи дослідження ритмічних процесів, базуючись на такому трансляційному поданні ПКВП, практично не розроблені. А такі подання служать засобом оправдання використання і в цьому разі традиційного аналізу, добре розвинутого на підставі подання через модуляційні стаціонарні компоненти у вигляді нескінченно вимірного векторного стаціонарного процесу.

Практично використовують ще методику, базовану на розкладі у ряд Фур'є параметричної коваріації $b(t, u) = r(t+u, t)$, як періодичної щодо параметра t , тобто $b(t, u) = \sum B_k(u) e^{k \frac{2\pi}{T} t}$, де $B_k(u)$ – k -тий кореляційний компонент. Таке подання ПКВП – підстава компонентного та фільтрового аналізу.

А найприроднішим (тому й не до кінця усвідомленим) є так званий синфазний метод (грец. *сов разом, фазіс поява*), який опирається на заявлений ще 1977 р. (див. [6]) факт: співфазні значення ПКВП на ґратках $\{t_0 + kT, k \in Z\}$ для всіх $t_0 \in [0, T]$ творять стаціонарні і стаціонарно пов'язані випадкові послідовності, які в разі \hbar^T -ергодичності ПКВП є ергодичні й ергодично пов'язані, а усереднення по кожній із таких ґраток виявляє фазову структуру корельованості.

Але слід вказати на зауваження: послідовності $\xi(t_0) = \xi(t_0 + kT), k \in Z$ ніяк не можна просто трактувати як стаціонарні компоненти ПКВП в означеному вище сенсі. Їх називають ще як укладені у ПКВП стаціонарні послідовності, не доводячи строгого означення терміну.

Отже, ситуація загалом така, що всякий раз доконче слід докладно до подробиць аргументувати кожен крок статистичного аналізу реєстрограм ритмічних процесів. Засоби понятійного й формального апарату ЕТСС (енергетичної теорії стохастичних сигналів), яка є логічним завершенням кореляційної і природним чином охоплює як теорію ПКВП, так і теорію стаціонарних випадкових процесів як вироджений випадок її, як це засвідчують здобутки її та системний аналіз їх, надає достатню підставу цього.

Література

1. Войчишин К.С. О простой стохастической модели естественных ритмических процессов / К.С.Войчишин, Я.П. Драган // Отбор и передача информации – 1971. – Р. 7-15.
2. Драган Я.П. Гармонізованість і спектральний розклад випадкових процесів зі скінченною середньою потужністю :Доповіді Академії наук Української РСР, №88, 1978. – с. 679-684.
3. Драган Я.П. Случайные процессы с конечной средней мощностью их спектры и гармонизируемость // Тез. докл. 2-ой Вильнюсс. конф. по теории вероятностей и вероятн. и мат. статистики. – Вильнюс: изд. ин-та матем. и киберн. АН Лит. ССР, 1977. – Т1. – С. 133-134.
4. Драган Я. Енергетична теорія лінійних моделей стохастичних сигналів. – Львів: центр стратегічних еко-біо-технічних систем, 1997. – XVI+333 с.

УДК 611.08

Гоцинський В.Б.¹ д.мед. н., проф., Господарський А.Я.¹ канд. мед.наук., доц.
Дубиняк Т.С.²ст. викл. , Мельник Ю.В.²студентка групи РП-31

¹ Тернопільський державний медичний університет імені Івана Горбачевського

² Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

ДОСЛІДЖЕННЯ ДИНАМІКИ ВЕНОЗНОГО КРОВОТОКУ У ВИПАДКАХ З ПАТОЛОГІЄЮ ВЕНОЗНОГО КЛАПАНА

Дано оцінки об'ємної швидкості та характеристики пульсацій, що супроводжують рух крові у вені за умов нормального процесу та у випадку із патологією венозного клапана.

Ключові слова: об'ємна швидкість, венозний кровотік, патологія клапана.

Gostcynskyy, Gospodarskyy, Dubynyak, Melnyk

THE STUDY OF DYNAMICS OF VENOUS BLOOD FLOW IN THE PATHOLOGY CASES OF THE VENOUS VALVES.

The assess of the blood flow velocity and volume ripple characteristics that accompany blood flow in the vein under conditions of normal process and in the case of pathology of the venous valves are studied.

Key words: Blood flow velocity, blood flow in the vein, pathology of the venous valves.

Динаміку кровотоку як періодичного процесу за нормальних умов і у випадку

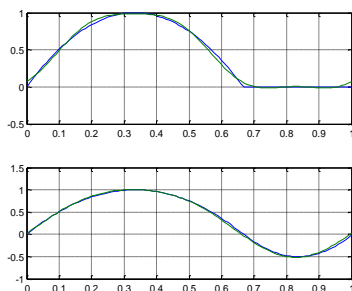


Рис. 1. Процес кровотоку у вені за нормальних умов (а) і у випадку деструкції клапана(в).

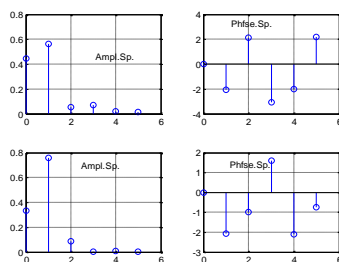


Рис. 2. Спектральні характеристики процесу кровотоку у вені за нормальних умов (а,б) і у випадку деструкції клапана(в,г).

деструкції клапана (рис.1а,б) представлено спектральними характеристиками амплітудною і фазовою, отриманими розкладом у ряд Фур'є. На рис.1а,б приведені експериментальні ..-грами та їхні апроксимації першими трьома гармоніками ряду. А на рис.2а,б,в,г амплітудна і фазова складові спектрів досліджуваних процесів. З аналізу спектральних характеристик нормального і патологічного процесів а також їх порівняння можна зробити наступні висновки: а) динаміці венозного кровотоку, крім сталої об'ємної швидкості, властиві пульсації; б) для відтворення процесу достатньо враховувати пульсації з частотою $f_0, 2f_0, 3f_0$, де f_0 – частота дихання;

в) у випадку із патологією венозного клапана масоперенос крові сповільнюється

$\frac{a_{op}}{a_{on}}$ раз, де a_{op} , a_{on} – постійні складові спектру на рис.2а,в відповідно; г) динамічні характеристики шунта, призначеного для унормування кровотоку, повинні по-можливості забезпечити перетворення спектру на рис.2в,г до спектру нормального процесу на рис.2а,б.

УДК 531.374:539.213

Юрій Паляниця, Галина Шадріна, к.т.н., доцент
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

АЛГОРИТМ ПОПЕРЕДНЬОГО ОПРАЦЮВАННЯ ФОНОКАРДІОСИГНАЛУ ДЛЯ АВТОМАТИЗОВАНИХ ДІАГНОСТИЧНИХ СИСТЕМ

Алгоритм попереднього опрацювання синхронно зареєстрованих електрокардіосигналу та фонокардіосигналу для ранньої діагностики стану серцево-судинної системи у системах віддаленого моніторингу.

Ключеві слова: серцево-судинна система, система дистанційної діагностики, електрокардіографія, фонокардіографія, спосіб відбору.

Yuriy Palaniza, Halina Shadrina **THE PHONOCARDIOSIGNAL PROCESS PREPROCESSING ALGORITHM FOR THE AUTOMATIZED DIAGNOSTIC SYSTEMS**

The simultaneously registered electrocardiosignal and fonokardiosignal preprocessing algorithm for remote monitoring systems grounded in this article.

Key words: cardiovascular system, remote diagnostics system, electrocardiography, phonocardiography, registration method.

З метою подальшого використання фонокардіосигналу (ФКС) у системах віддаленого моніторингу для ранньої діагностики стану серцево-судинної системи пропонується за модель ФКС вибрати періодично корельований випадковий процес (оскільки ця модель є адекватною до природи породження сигналу) та синфазний метод опрацювання.

ФКС як переносник даних про функціональний стан містить у своєму складі й відображення небажаних явищ, зокрема: шуми, які виникають у процесі реєстрації ФКС (зміщення мікрофона по поверхні шкіри, замикання/розмикання контакторів фонокардіографа, сторонні шуми в приміщенні); ендогенні шуми тіла пацієнта (дихання, перистальтика кишківника); дрейф нуля фонокардіографа (тренд).

Попереднє опрацювання запропоновано проводити за наступним алгоритмом: детрендинг сигналу (позбавлення від тренду, постійної складової сигналу), згладжування (позбавлення від високочастотних шумів з мінімальним спотворенням спектру та зміщенням локалізацій зубців), знаходження періоду повторюваності за Р-зубцями.

Класичним способом мінімізації тренду є застосування двоетапного процесу: на першому етапі проводиться апроксимація послідовності за допомогою поліному, наприклад, Ньютона n -го порядку, а на другому – адитивне віднімання обчисленої послідовності від суміші сигналу та тренду (детрендинг) за допомогою того ж полінома k -го порядку, де $k < n$. Однак, у випадку із ФКС, де наявні, як мінімум, тренд дихання та паразитна складова 50 Гц (частота мережі), метод є непридатним, оскільки не дає можливості одночасно позбутися від обох цих складових.

На практиці ж в аналоговій електроніці застосовують послідовність із високочастотного (ФВЧ) та режекторного (РФ) фільтрів для, відповідно, позбавлення від тренду, постійної складової сигналу та наведень шин мережі живлення 50 Гц на давачі кардіографа.

У нашому випадку синфазний метод є нечутливим до когерентних складових, наявних у сигналі, тому потреба позбутися наведень відпадає. Задля мінімізації

тренду запропоновано використати високочастотний фільтр Бесея, який характеризується максимально плоскою амплітудно-частотною характеристикою (АЧХ), лінійною фазо-частотною характеристикою (ФЧХ) та постійним часом групової затримки.

Функція передачі фільтра, АЧХ якого апроксимована функцією Бесея, має вигляд (1.1). При цьому нормують полюси і коефіцієнт підсилення так, що на низьких і високих частотах аналоговий фільтр-прототип Бесея буде асимптотично еквівалентним фільтру Батерворта того ж порядку, знаходячи полюси фільтра за заздалегіть складеною таблицею. Групова затримка аналогових фільтрів Бесея є майже постійною в смузі пропускання та максимально плоскою в околі нульової частоти.

$$H(s) = \frac{z(s)}{p(s)} = \frac{k}{(s - p(1))(s - p(2)) \dots (s - p(n))}, \quad (1.1)$$

де: k - коефіцієнт підсилення; p_n - n -й полюс; s - комплексна складова $j\omega$; ω - циклічна частота; n - порядок фільтра.

Групова затримка на нульовій частоті визначається за виразом:

$$GD = \left(\frac{(2n)!}{2^n n!} \right)^{1/n}, \quad (1.2)$$

де: n - порядок фільтра.

Отже, у всій смузі пропускання аналогові фільтри Бесея характеризуються практично постійною групою затримкою. Це дає змогу зберегти форму сигналу, що проходить крізь таку лінійну систему за умови, що їх спектр сконцентрований в смузі пропускання фільтра. Дискретні фільтри Бесея не мають цієї властивості.

Оскільки є необхідність нормувати коефіцієнт підсилення фільтра (аналоговий прототип не має нулів), враховуючи, що на низьких і високих частотах аналоговий фільтр-прототип Бесея буде асимптотично еквівалентним фільтру Батерворта того ж порядку, причому на першому порядку його передаточна характеристика співпадає повністю.

$$H(s) = \frac{1}{s + 1} \quad (1.3)$$

Перехід від аналогового фільтра до цифрового здійснюється через білінійне перетворення, що є переходом від передаточної характеристики $H(s)$ аналогового фільтра до $H(z)$ цифрового. Здійснювати експоненціальне відображення s -площини в z -площину не зовсім зручно, натомість використовують дробово-раціональну підстановку виду:

$$s = \frac{2}{T} \cdot \frac{1 - z^{-1}}{1 + z^{-1}} \quad (1.4)$$

Таким чином уявна вісь s -площини переходить в одиничне коло на площині z , причому ліва півплощина площини s відображається всередину одиничного кола площини z , а права півплощина площини s відображається поза одиничним колом.

Таке перетворення дуже схоже на $z = e^{(sT)}$. Це зумовлено тим, що вираз являє собою розклад в ряд Тейлора $z = e^{(sT)}$ при обмеженні степені ряду до одиниці:

$$e^x = \sum_{n=0}^{\infty} \frac{x^n}{n!} \quad (1.5)$$

Тоді член підстановки має такий розклад:

$$z = e^{(sT)} = \frac{e^{(sT/2)}}{e^{(-sT/2)}} \approx \frac{1 + sT/2}{1 - sT/2} = \frac{2 + sT}{2 - sT} \quad (1.6)$$

У результаті спотворюється шкала частот, тому на першому кроці необхідно це спотворення врахувати для того, щоб сформулювати вимоги до коридору АЧХ аналогового фільтра таким чином, щоби вже на самому етапі білінійного перетворення отримати фільтр з описаними вище параметрами – максимально наближеними до аналогового прототипу. Спотворення шкали частот при білінійному перетворенні можна описати виразом:

$$\Omega = \frac{2}{T} \tan\left(\frac{\omega_n}{2}\right), \quad (1.7)$$

де: T - інтервал дискретизації; Ω - шкала частот аналогового фільтра; ω_n - нормована шкала частот цифрового фільтра.

При цьому період АЧХ цифрового фільтра по нормованій шкалі частот ω_n рівний 2π відповідає інтервалу дискретизації $T = 2$.

Порядок спроектованого фільтра Беселя вибирається емпірично. Наступним етапом є визначення локалізацій R-зубців пороговим методом. У клінічній практиці за тривалість серцевого циклу приймають R-R інтервал, однак це не повністю відповідає природі досліджуваного об'єкта, оскільки початком кожної наступної реалізації циклу серцевого скорочення є момент прояву потенціалу дії синусового вузла, що на ЕКГ є P-зубцем.

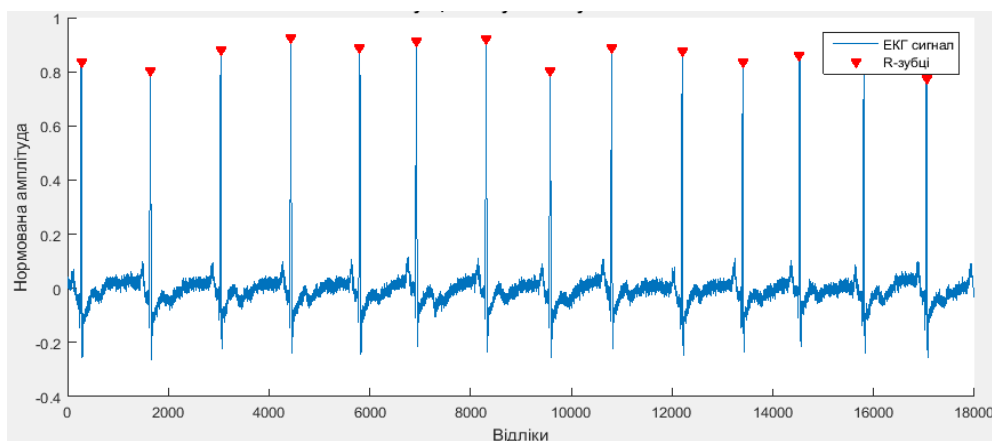


Рис. 1. Локалізації R-зубців у ЕКГ

Хоча P-зубець є набагато меншим за амплітудою порівняно з R-зубцем і форма його є більш плавною, і він може більше спотворюватися під впливом шумів високочастотного характеру однак наведений алгоритм дає змогу встановити його локалізацію при низьких значеннях відношення сигнал/шум.

УДК 53.05: 617.753

Павло Тимків

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДУ ОПРАЦЮВАННЯ НИЗЬКОІНТЕНСИВНОГО ЕЛЕКТРОРЕТИНОСИГНАЛУ

Удосконалено метод визначення коефіцієнтів фільтру Калмана, при опрацюванні низькоінтенсивного електроретиносигналу, для задачі виявлення ризиків нейротоксикації, шляхом застосування перебору у декілька ітерацій, із зміною кроку. На основі визначених коефіцієнтів, синтезовано фільтр Калмана для опрацювання низькоінтенсивного електроретиносигналу. Проведено порівняння часу роботи алгоритму визначення коефіцієнтів методом прямого направленого перебору, та алгоритму удосконаленого пошуку із змінним кроком перебору.

Ключові слова: електроретиносигнал, низька інтенсивність, фільтр Калмана, часова складність

Pavlo Tymkiv

IMPROVED METHOD PROCESSING OF LOW ENERGY ELECTRORETINOSIGNAL

Improved the method of determining the coefficient Kalman filter, the processing of low electroretinosignal. Comparison of time determination of algorithm coefficients by direct-directional sorting, and improved search algorithm with variable step-busting.

Key words: electroretinosignal low intensity, Kalman filter, time complexity

Рівень захворювань спричинених негативним впливом навколишнього середовища є важливою є медичною та соціально-економічною проблемою, що потребує своєчасного діагностування, профілактики та лікування. Не менш важливим є невпинний ріст поширеності професійних захворювань. Серед професійних захворювань особливе місце посідають нейротоксикози, викликані хімічними факторами.

Більшість методів діагностування нейротоксикозу, не володіють високою точністю при діагностуванні на ранніх етапах. Тому, на сьогоднішній день, постала проблема пошуку своєчасної ранньої діагностики, з метою попередження ускладнень та коректного підбору лікування. Відомо той факт, що ранні зміни організму людини при нейротоксикації також можна запідозрити у змінах сітківки, тому застосовують низькоінтенсивну електроретинографію для діагностування нейротоксикозів.

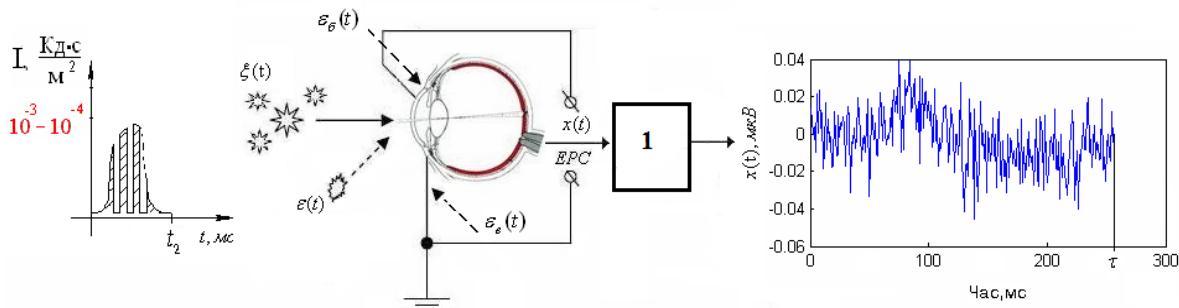


Рис. 1. Схема реєстрації низькоінтенсивного електроретиносигналу

Зменшення інтенсивності енергії світлового подразнення, зменшує величину відношення енергій електроретиносигналу (ЕРС) s_k та шуму n_k у відібраному від сітківки ока потенціалі $x_k = s_k + n_k$, де $k \triangleq k\Delta t$ – крок дискретизації, $\Delta t = 1/2f$, f – частота дискретизацій. Відомі роботи, в яких, для збільшення відношення вказаних енергій,

обґрунтовано застосування фільтру Калмана. Для побудови фільтру Калмана необхідна обчислювальна модель ЕРС. В працях Ткачука Р.А., за обчислювальну модель ЕРС використано рекурсивну структуру 2-го порядку. Для відомого ЕРС значення її параметрів a_1 , a_2 ідентифіковано методом послідовного підбору за мінімумом середньоквадратичної похибки (СКП) відтворення ЕРС як відліків інтегрованої з квадратом функції. Проте, послідовний підбір параметрів обчислювальної рекурсивної структури 2-го порядку має значну часову складність.

Тому запропоновано удосконалення методу підбору параметрів обчислювальної рекурсивної структури 2-го порядку (визначення коефіцієнтів), шляхом підбору у декілька ітерацій зі звуженням діапазону перебору. Обчислення СКП при переборі значень з малим кроком потребує значних обчислювальних затрат, тому перебір виконується у декілька ітерацій із зміною кроку та звуженням діапазону значень коефіцієнтів на кожній наступній ітерації. Значення коефіцієнтів в кожній ітерації розраховується методом поділу діапазону еквідистантними відрізками. Кількість ітерацій та кроків діапазону задаються фіксовано. Алгоритм визначення коефіцієнтів шляхом удосконаленого прямого направленного перебору у декілька ітерацій зі звуженням діапазону перебору реалізовано програмно в середовищі Matlab. Результати перебору коефіцієнтів показано на рис.2.

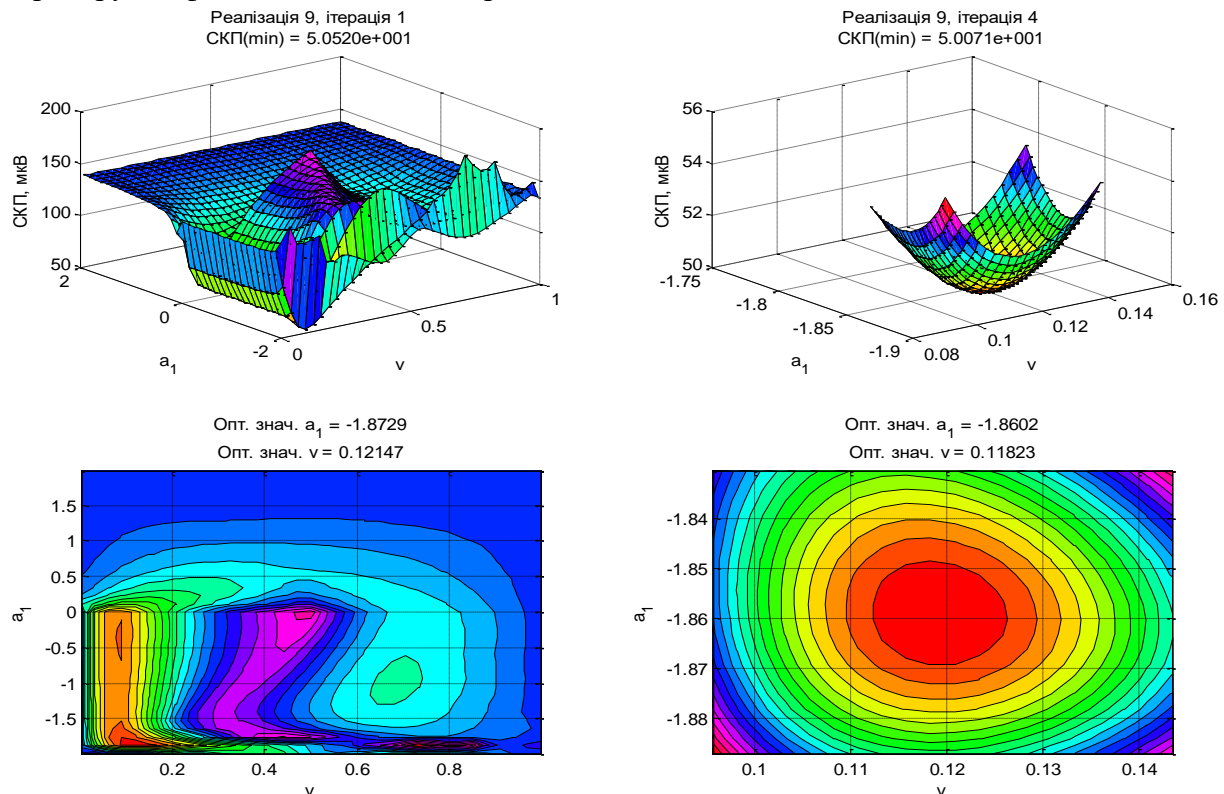


Рис. 2. Ілюстрація визначення СКП відтворення низькоінтенсивного ЕРС, при переборі коефіцієнтів методом прямого направленного перебору у декілька ітерацій

Ознакою коректності роботи програми є замкнута крива ізоліній на останній ітерації та подібність АЧХ фільтру до спектру еталонного низькоінтенсивного ЕРС.

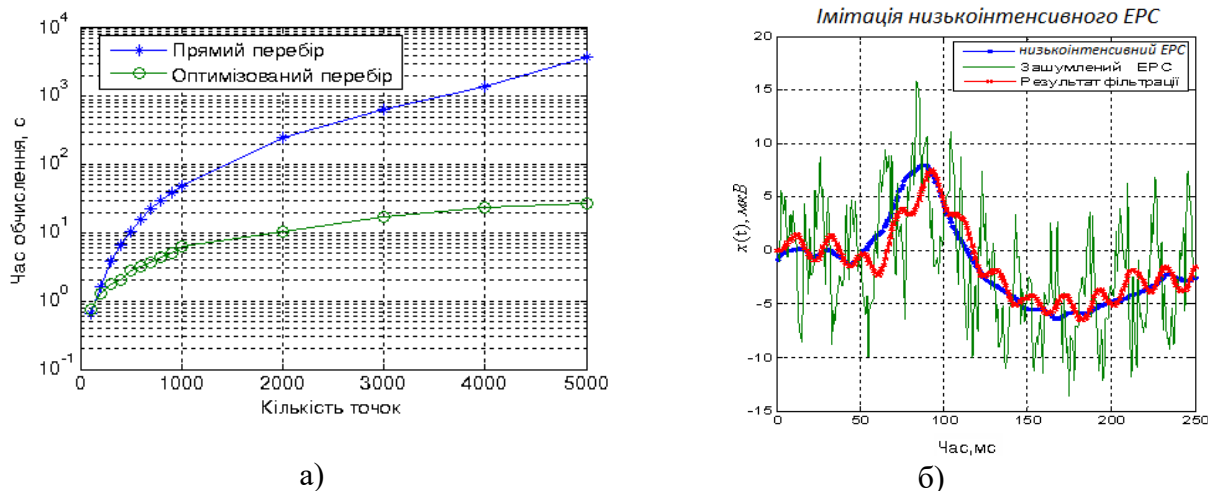


Рис. 3. Порівняння часової складності алгоритмів визначення коефіцієнтів - а) та результати опрацювання низькоінтенсивного ЕРС - б)

Оптимальні значення коефіцієнтів розраховуються для кожної реалізації ансамблю.

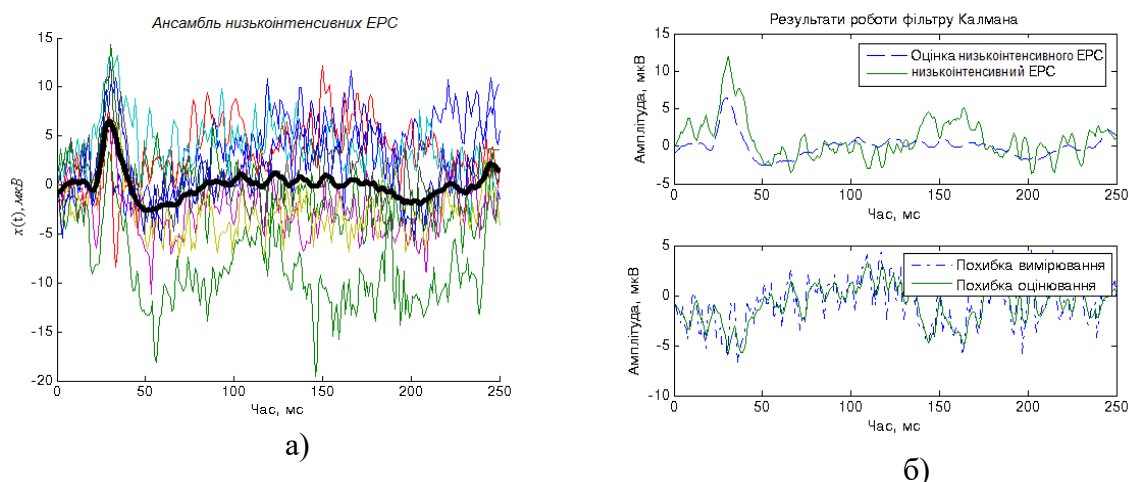


Рис. 4 Результати опрацювання низькоінтенсивного електроретиносигналу: а) – ансамбль з 36 реалізацій низькоінтенсивного ЕРС з експозицією світлового подразнення 1,24 лк•с, б) – результати опрацювання одного сигналу із ансамблю низькоінтенсивного ЕРС

Своєчасна рання діагностики стану організму людини на предмет виявлення нейротоксикації, вимагає удосконалення методу електроретинографії шляхом зниження інтенсивності світлового подразнення, що вимагає додаткового опрацювання низькоінтенсивного ЕРС. Визначення коефіцієнтів математичної моделі ЕРС шляхом прямого направленого перебору, володіє значною часовою складністю. Тому проведено оптимізацію визначення параметрів обчислювальної рекурсивної структури 2-го порядку за критерієм мінімуму обчислювальної складності. Перебір коефіцієнтів здійснюється у декілька ітерацій зі зміною кроку перебору, що дозволило зменшити обчислювальну складність алгоритму, скоротити час обчислень у 120 разів за інших однакових умов.

УДК 519.21

Микола Хвостівський, к.т.н., доцент

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ПРОЦЕСІВ ІЗ ЗМІННОЮ ФАЗОЮ

У роботі дано розвиток процесів із змінним періодом (циклом) через процеси із змінною фазою, яка породжує зміну періоду (циклічності). Розглянуто приклади впливу змінної фази на періодичну функцію.

Ключові слова: математична модель, процес, змінна фаза.

Mykola Hvostivskyy

MATHEMATICAL MODEL OF PROCESSES WITH VARIABLE PHASE

In this paper the development processes of variable period (cycle) processes through variable phase shift generating period (cycling). Examples impact on variable phase periodic function.

Key words: mathematical model, process, variable phase.

Реальна жива чи не жива система з циклічним (періодичним) принципом роботи, яка генерує будь-які вихідні процеси $\xi(t)$, впродовж часу спостереження змінює свій стан з апіорно невідомим значенням тривалості циклу (періоду) T . Такі зміни у роботі системи є адекватними і пояснюються наявністю у її структурі складових одиниць із патологічними ознаками функціонування.

В математиці та техніці для опису таких систем в більшості випадків використовують функцію із змінним періодом у вигляді виразу [1-4]:

$$\xi(t) = \xi(t + T(t)), \quad t \in \mathfrak{R} \quad (1)$$

де $T(t)$ – диференційована функція змінного періоду, та циклічну числову функцію у вигляді виразу [5,6]:

$$\xi(t) = \xi(t + T(t, n)), \quad t \in W, n \in N \quad (2)$$

де $T(t, n)$ – функція ритму для n -циклів.

Подання моделей у вигляді виразів (1-2) стверджують те, що період як ядро циклічності (періодичності) процесу $\xi(t)$ є незалежно породженою змінною одиницею. Реальні процеси $\xi(t)$, які генерує циклічна система містять у ядрі циклічності (періодичності) динамічну складову ψ зміни сталої періодичності T , яка супроводжується за рахунок фазових зсувів φ процесу $\xi(t)$:

$$(\psi \rightarrow \text{циклічна система}) \rightarrow (\varphi = \text{var}) \rightarrow (T = \text{var}) \quad (3)$$

В часі зміна функції змінного періоду $T(t)$ або циклічної функції $T(t, n)$ породжується зміною фазових показників системи у вигляді фазової функції $\varphi(t)$:

$$\xi(t) = \xi(t + n \cdot T + \varphi(t)), \quad t \in \mathfrak{R} \quad (4)$$

де n – номер періоду (циклу) функції $\xi(t)$;

$\varphi(t)$ – функція змінної фази.

Вираз (4) ілюстративно подано у вигляді рис.1.

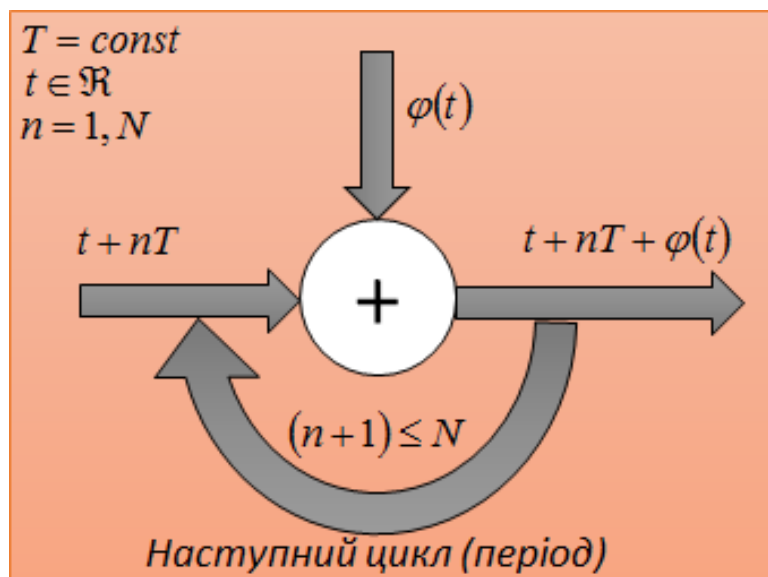


Рис. 1. Процес формування аргументу процесу (функції) $\xi(\bullet)$ із змінною фазою

З виразу (4) випливає, що фазові показники функції $\varphi(t)$ залежать від показників випадкової функції $\psi(t)$ сталого періоду T впродовж усього інтервалу спостереження у вигляді виразів:

$$\varphi(t) = \varphi \cdot \psi(t) \text{ або } \varphi(t) = \varphi + \psi(t), \quad t \in \mathfrak{R} \quad (5)$$

де φ – фаза процесу (функції) $\xi(t)$, $\varphi = \text{const}$.

Із урахування мультиплікативного та адитивного характеру впливу випадкової функції $\psi(t)$ на фазовий показник φ процесу $\xi(t)$ вираз (4) набуде вигляду:

$$\xi(t) = \xi(t + n \cdot T + \varphi + \psi(t)), \quad t \in \mathfrak{R} \quad (6)$$

або

$$\xi(t) = \xi(t + n \cdot T + \varphi \cdot \psi(t)), \quad t \in \mathfrak{R} \quad (7)$$

де $\psi(t)$ – випадкова функція, яка вносить у період випадковість за рахунок зміни фази φ в початковий момент часу.

На рис. 2 зображено приклади впливу зміни функції змінної фази $\varphi(t)$ на періодичну функцію синусоїди.

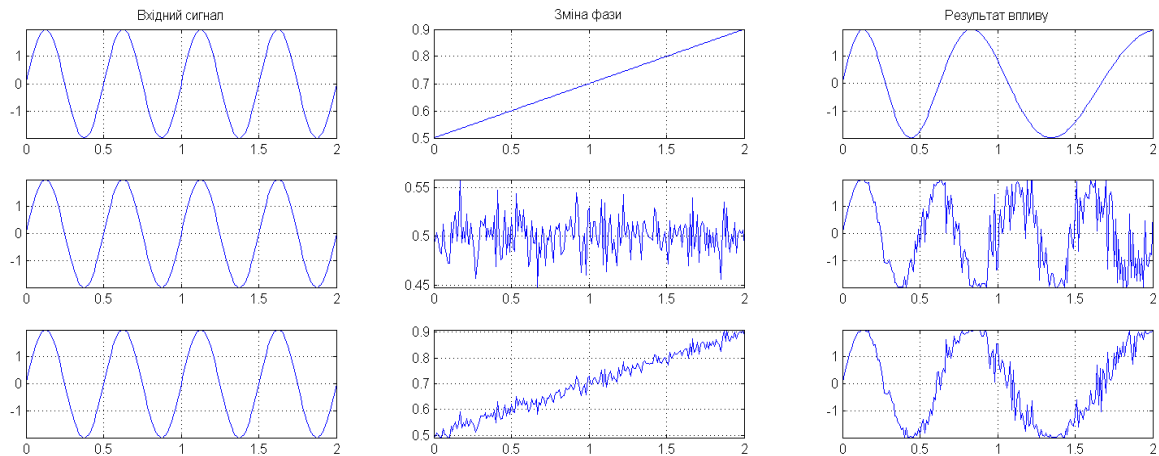


Рис. 2. Результати впливу зміни фази на періодичну функцію синусоїди

Отже, процес нового класу із змінною фазою (4,6,7) дає змогу розробити нові ефективні методи щодо аналізу фазової структури процесів різної природи дослідження.

Література

1. Приймак, М.В. Сигнали зі змінним періодом та їх модель / М. В. Приймак, Я. П. Василенко, Л. П. Дмитроца // Вісник Національного технічного університету України "КПІ". Інформатика, управління та обчислювальна техніка. - 2013. - Вип. 59. - С. 116-121
2. Приймак, М.В. Змінні періоди деяких періодичних функцій із змінним періодом. / Приймак М.В. // Матеріали одинадцятої наукової конференції Тернопільського державного технічного університету імені Івана Пулюя. Тернопіль, вид. ТДТУ, 2007. – С. 71.
3. Василенко, Я. П., Дмитроца Л. П., Приймак М. В. Клас функцій із змінним періодом // Вісник Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна.– №1105. – Серія "Математичне моделювання. Інформаційні технології. Автоматизовані системи управління". – 2014. – Випуск 24. – С. 21–32.
4. Приймак, М.В. Умовно періодичні випадкові процеси із змінним періодом / Приймак М.В., Боднарчук І.О., Лупенко С.А // Вісник Тернопільського державного технічного університету. – 2005. – № 2. – С. 143-152
5. Лупенко, Сергій Анатолійович. Розвиток теорії моделювання та обробки циклічних сигналів в інформаційних системах : автореф. дис ... д-ра техн. наук: 01.05.02 / Сергій Анатолійович Лупенко . – Львів : Б.в., 2010 . – 40 с.
6. Лупенко, С.А. Лінійний циклічний випадковий процес як математична модель тестових коливних сигналів у інформаційних системах діагностики, аутентифікації та прогнозування / С.А. Лупенко, Н.С. Луцик, А.М. Лупенко, Н.Б. Стадник // Вісник Національного університету "Львівська політехніка". – 2014. – № 783 : Інформаційні системи та мережі. – С. 145–153.

УДК 519.21

Микола Хвостівський, к.т.н., доцент, Лілія Хвостівська
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

ЗМІНО-ПЕРІОДИЧНИЙ КОРЕЛЬОВАНИЙ ВИПАДКОВИЙ ПРОЦЕС

У роботі дано розвиток теорії періодично корельованих випадкових процесів як моделей стохастичних сигналів із властивістю змінної періодичності, яка проявляється через динамічні показники фази.

Ключові слова: математична модель, процес, змінна фаза.

Mykola Hvostivskyy, Liliya Hvostivska CHANGE-PERIODICALLY CORRELATED STOCHASTIC PROCESSES

In this paper the development of the theory of periodically correlated stochastic processes as models of stochastic signals with variable periodicity characteristic that manifests itself through dynamic indicators phase.

Key words: mathematical model, process, variable phase.

Сигнали, які генерує жива чи не жива циклічна система в енергетичній теорії стохастичних сигналів описують за допомогою періодично корельованих випадкових процесів при умові їх належності так званого класу π^T [1] виразом:

$$\xi(t) = \sum_{k \in \mathbf{Z}} \xi_k(t) e^{i \frac{2\pi k}{T} t}, \quad t \in \mathbf{R}, \quad k \in \mathbf{Z} \quad (1)$$

де $\xi_k(t)$ - випадкова складова сигналу у вигляді стаціонарних та стаціонарно-пов'язаних процесів (стаціонарні компоненти),

$e^{i \frac{2\pi k t}{T}}$ - періодична складова сигналу з періодом T ;

k - номер стаціонарної компоненти.

Таке подання прив'язане до чітко визначеного періоду T (тривалості одного циклу) сигналу, проте будь-яка циклічна система змінює свій стан, який супроводжує зміну періоду за рахунок зміни фази φ як показника часового зсуву $T + \varphi$. Оскільки фаза впродовж усього циклу роботи системи змінює свої показники, тому фазу подано як функцію $\varphi(t)$, яка залежить від часу.

На рис.1. подано приклад зміни фазово-часової структури експериментально зареєстрованого пульсового сигналу судини людини методом фотоплетизмографії.

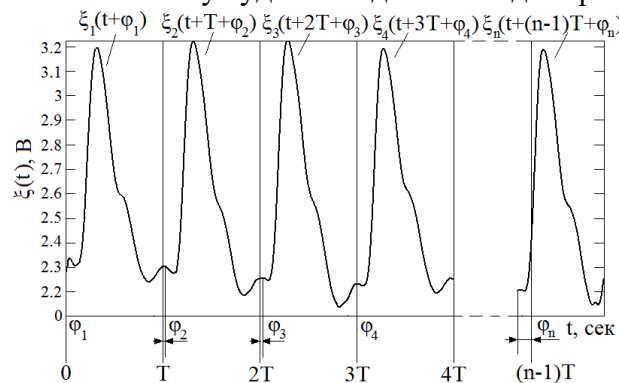


Рис. 1. Фазово-часова структура реалізації пульсового сигналу

Аналізом цієї структури (рис.1) встановлено, що при кожному n -ому серцевому циклі, який рівний періоду сигналу T , відмічається змінна фаз φ_1 – φ_{10} складових $\xi_1(t)$ – $\xi_{10}(t)$ із суцільної реалізації пульсового сигналу $\xi(t)$ від t , які її утворюють:

$$\varphi_1 \neq \varphi_2 \neq \dots \neq \varphi_n = \text{var} , \quad (2)$$

де n – номер циклу (періоду).

Використовуючи запропонований підхід та результати аналізу вище наведеної структури сигналу (рис.1) вираз (1) подано у новому вигляді:

$$\xi(t) = \sum_{k \in \mathbf{Z}} \xi(t + kT + \varphi(t)) e^{i \frac{2\pi k}{T + \varphi(t)} t} , \quad t \in \mathbf{R} , \quad k \in \mathbf{Z} \quad (3)$$

де $\varphi(t)$ – функція змінної фази.

У такому поданні (3) компоненти формуються не з кроком $2\pi/T$, а формуються в залежності від значення фазової функції $2\pi/(T + \varphi(t))$, яка вносить динамічну складову (рис.2).

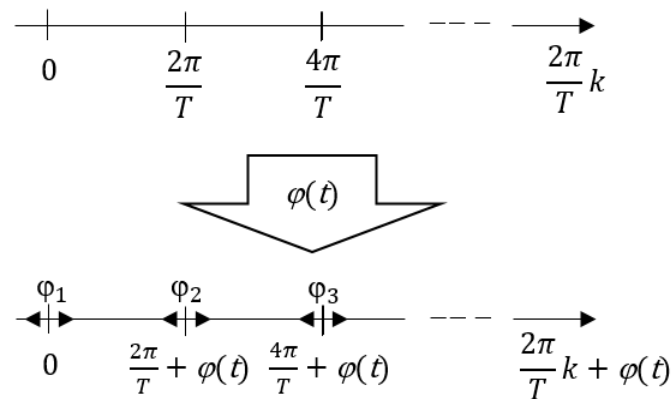


Рис. 2. Формування динамічної шкали компонент із урахуванням фазової функції

Подання сигналів через вираз (3) у вигляді змінно-періодично корельованого випадкового процесу уможливіє розвиток відомих методів статистичного аналізу (синфазного, компонентного) для обчислення статистичних оцінок їхніх ймовірнісних характеристик (інформативних ознак), як показників стану динамічної живої чи неживої системи.

Література

1. Драган, Я.П. Енергетична теорія лінійних моделей стохастичних сигналів [Текст] / Драган Я.П. – Львів: Центр стратегічних досліджень еко-біо-технічних систем, – 1997. – XVI+333с.

УДК661.831-073.97-71:612.741.1

**Євгенія Яворська, к.т.н., доцент, Василь Дозорський, к.т.н., доцент,
Оксана Дозорська**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

СИСТЕМА ВІДБОРУ БІОСИГНАЛІВ ДЛЯ ЗАДАЧІ ВІДНОВЛЕННЯ КОМУНІКАТИВНОЇ ФУНКЦІЇ МОВИ

Проведено обґрунтування структури та способів апаратної реалізації системи відбору електроенцефалографічних та електроміографічних сигналів для задачі відновлення комунікативної функції мови людини

Ключові слова: біосигнал, система відбору, комунікативна функція

Yevgeniya Yavorska, Vasil Dozorsky, Oksana Dozorska

THE BIOSIGNALS SELECTION SYSTEM FOR THE TASK OF COMMUNICATIVE FUNCTION RESTORING

The structure and methods of hardware implementation of the system of electroencephalographic and electromyographic signals selection for the task of restoring the human communicative function.

Keywords: biosignals, system selection, communicative function

Відомо [1], що комунікативна функція мови людини в повній мірі може бути реалізована при повноцінному функціонуванні мовних відділів центральної нервової системи, дихальної системи та органів голосового апарату. Однак існує тенденція до збільшення кількості людей із порушеною або повністю втраченою комунікативною функцією мови внаслідок захворювань органів відповідних систем (ічний аміотрофічний склероз, афазія, онкологічні захворювання тощо). Тому важливим є вирішення завдання відновлення втраченої комунікативної функції мови.

Для часткового вирішення такої проблеми можуть бути використані технічні засоби корекції звуковимови або засоби часткової компенсації втраченої комунікативної функції мови (як приклад може слугувати переобладнане інвалідне крісло відомого фізика Стівена Гокінга). Недоліками таких розробок є або обмежені функціональні можливості або відсутність на ринку медичної техніки, висока вартість при індивідуальному замовленні, тривалий час адаптації програмного забезпечення під окремого пацієнта.

В праці [2] запропоновано метод відновлення комунікативної функції мови шляхом відбору та належного опрацювання групи біосигналів, в структурі яких максимально повно відображається інформація про функціонування голосового апарату, який власне і реалізує цю функцію. В праці [2] обґрунтовано інформативність електроміографічних сигналів, що відібрані з поверхні ший поблизу голосових складок, та електроенцефалографічних сигналів, що локально відібрані з поверхні голови поблизу мовних центрів. Однак, для забезпечення можливості коректної інтерпретації отриманих результатів опрацювання таких біосигналів та можливості порівнювання цих результатів між собою, необхідно забезпечити однорідність умов відбору та отриманого при цьому статистичного матеріалу. Для цього необхідно обґрунтувати структуру системи відбору цих біосигналів.

В праці [2] обґрунтовано суть методу та запропоновано структуру системи відбору електроенцефалографічних та електроміографічних сигналів. Схему накладання електродів та принцип методу відбору ілюструє рис. 1. Однак спроба технічної реалізації відповідного дослідного макера показала, що наявність вузлів

попереднього підсилення та активної фільтрації стає джерелом додаткових завад (шумів), амплітуда яких перевищує амплітуду корисних сигналів в декілька разів.

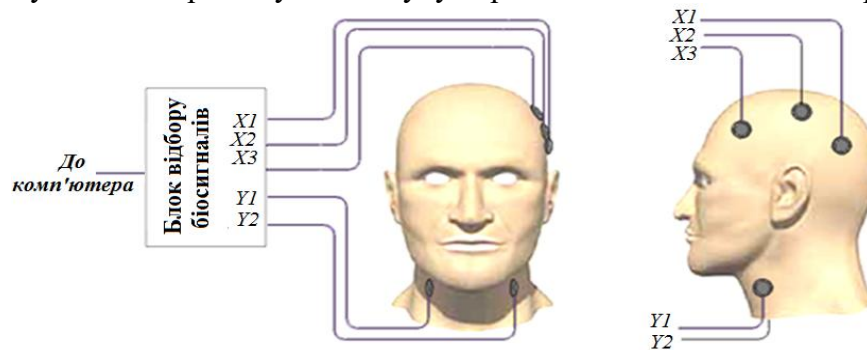


Рис. 1. Спосіб відбору біосигналів

Схема електрична функціональна запропонованої системи відбору біосигналів наведена на рис. 2.

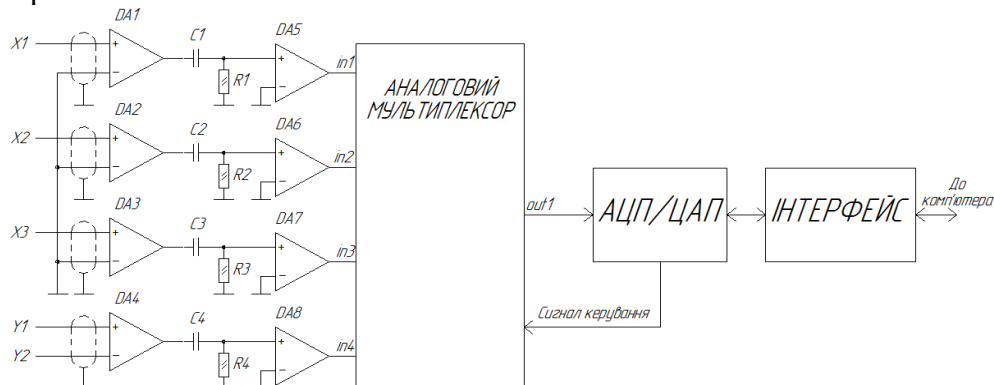


Рис. 2. Схема електрична функціональна системи відбору біосигналів

Запропоновано в колах попереднього підсилення використати інструментальні підсилювачі (DA1-DA8) та фільтри високої частоти (C1-C4, R1-R4). Для спрощення процедури оцифрування пропонується використати аналоговий мультиплексор та один блок АЦП. Використавши блок інтерфейсу та цифро-аналоговий перетворювач стало можливим реалізувати передачу відібраних сигналів на комп'ютер для наступного їх опрацювання та функцію керування роботою аналогового мультиплексора. Також використавши аналогові комутатори можна реалізувати керування зміною коефіцієнта підсилення вхідних інструментальних підсилювачів.

Використовуючи запропоновану структуру системи відбору та опрацювання біосигналів (електроенцефало- та електроміографічних сигналів) можна реалізувати технічні засоби для відновлення комунікативної функції мови людини.

Література

1. Фант Гунер. Акустическая теория речеобразования : пер. с англ. / Гунер Фант ; [под ред. Григорьева В. С.]. – М. : Наука, 1964. – 284 с.
2. Яворська Є.Б. Метод відновлення комунікативної функції мови людини / Є.Б. Яворська, О.Ф. Дозорська // Сборник статей научно-информационного центра «Знание» по материалам X международной заочной научно-практической конференции: «Развитие науки в XXI веке» (уровень стандарта, академический уровень). – Харьков : научно-информационный центр «Знание», 2016. – Ч.1 – С. 38-41.

Секція: АВТОМАТИЗАЦІЯ ТА КОМП'ЮТЕРНІ ТЕХНОЛОГІЇ

Керівники: проф. Павло Марущак, доц. Андрій Микитишин

УДК 681.5.015

Василь Бадишук, к.т.н., Ігор Чихіра к.т.н., доцент, Андрій Станько, студент
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

МОДЕРНІЗАЦІЯ НАЯВНИХ ПИЛОВИХ ПРОТИТЕЧІЙНИХ УСТАНОВОК ПРИ АВТОМАТИЗАЦІЇ ВИРОБНИЦТВА

Розрахунок процесу пиловловлювання в робочій зоні циклонів різних конструкцій з метою прогнозування їх основних робочих характеристик на автоматизованому виробництві.

Ключові слова: пиловловлення, установка, контроль

Vasyl Badyschuk, Igor Chyhira, Andriy Stanko
MODERNIZATION OF EXISTING DUST PROTYTECHNIYNYH
INSTALLATIONS PRODUCTION OF AUTOMATION

The calculation process in the working area dust collection cyclones different designs to anticipate their basic performance in automated production.

Key words: dust collection, installation, monitoring

Процес пиловловлення у виробництві полягає у видаленні твердої фази з газового середовища. Для очищення запиленого повітря і газу на збагачувальних фабриках застосовують механічні та електричні способи пиловловлення. До механічних способів відносять такі, що використовують силу ваги, відцентрову силу, фільтрування через пористу перегородку і зрошення запиленого повітря водою. Пиловловлення під дією відцентрових сил здійснюється в циклонах. Циклони застосовуються для виділення порівняно крупного пилу. В залежності від вимог, щодо очищення газів, властивостей і складу пилу, що міститься в газах, циклони можуть застосовуватись в одній зі стадій очищення або у поєднанні з іншими апаратами витягу повітря. Батарейні циклони призначені для виділення пилу крупністю до 5 мкм і являють собою агрегати, що складаються з окремих невеликого розміру циклонів, які функціонують паралельно. Застосовують батарейні циклони різні за конструкцією, розмірами, способом підводу газу і т.д.

Беручи до уваги тенденції зменшення енерговитрат на процеси пилоочищення у сучасному виробництві проявляється у модернізації наявних протитечієвих установок та впровадженні нових відцентрових апаратів з прямотечієвою зоною розділення, їх перевагою є можливість більш ефективного розділення у широкому діапазоні витрати газу та концентрації твердої фази при порівняно невисокому гідравлічному опорі.

Під час проектування нових пилоочисних апаратів із відцентровою зоною розділення будь-якого типу та модернізації наявних установок основною проблемою постає відсутність надійних методів прогнозування визначальних характеристик циклонів, а саме: ефективності вловлювання пилу та гідравлічного опорі. Розрахунки ефективності і порівняльних характеристик апаратів проводять, переважно користуючись спрощеними математичними моделями, які зазвичай спотворюють реальну картину процесу сепарації, що відбувається в робочій зоні циклона. Такі виміри призводять до завищених результатів щодо вловлювання частинок пилу. Особливо це помітно із результатами щодо дрібних фракцій. Визначення поля швидкостей експериментальними методами важко реалізувати внаслідок складності конструкції апаратів а також відсутності надійних та доступних вимірювальних приладів та методик відповідних розрахунків. Втрати тиску визначають

експериментальним шляхом у лабораторних умовах в залежності від конструктивних особливостей апарата, технологічних параметрів, фіктивної швидкості. Відсутність надійних способів прогнозування основних технологічних характеристик циклона створює значні труднощі під час розроблення нових та модернізації наявних конструкцій апаратів сухої очистки газів. Існуючі лабораторні методи є трудомісткими та економічно недоцільними.

Задача з вдосконалення розрахунку аеродинамічних характеристик та процесу пилоловлювання в робочій зоні циклонів різних конструкцій з метою прогнозування їх основних робочих характеристик на автоматизованому виробництві стає актуальнішою. Метою та завданням останніх років в техніці пилоочистки розроблено нові конструкції циклонів. Одним із технічних рішень із модернізації наявного протитечійного циклона ЦН-15 є циклон з проміжним відведенням пилу (ЦН-15 ПВП), розроблено також конструкцію прямотечійного циклону з коаксіальною вставкою (ПЦЗКВ), що в умовах промислового виробництва з елементами часткової або повної автоматизації стає економічно доцільним. Особливо якщо керування та спостереження роботи циклонів проводиться із промислових контролерів та систем SCADA.

Керування різноманітними процесами на виробництві є обов'язковою вимогою сучасного виробництва. Так як системи пилоочистки широко використовуються в промисловості, їх розробка і модифікація повинна проводитись із врахуванням можливості автоматичного керування. Важливим фактором керування системами пилоочистки є контроль температури робочої зони та очищуваного газу.

Поставлена проблема в науково-дослідній роботі, яка проводиться в лабораторних умовах часто вирішується засобами комп'ютерного моделювання руху газопилових потоків у робочій зоні циклона та вивченням роботи апарата.

Суть цього методу полягає в тому, що на основі математичної моделі, яка закладена в програмний продукт, кількісно визначається поведінка об'єкта, що вивчається, в тих або інших умовах. Зіставлення результатів розрахунків з експериментальними дослідженнями дає змогу оцінити ефективність цієї математичної моделі. Якщо модель є адекватною, з'являється можливість знайти оптимальні геометричні параметри і режими роботи діючих або проєктованих конструкцій пилоловлюючих апаратів.

Теоретичні експерименти, виконані за допомогою програмного комплексу SolidWorks Flow Simulation, а також із мікроконтролером добре узгоджуються з експериментальними даними. З метою подальшого аналізу можливості використання даного ПК для визначення величини гідравлічного опору циклонів різних конструкцій було сформульовано такі напрямки роботи: створити тривимірні геометричні моделі досліджуваних апаратів і візуалізацію їх роботи; розробити і вдосконалити програмну частину керування системами пилоочищення; використовуючи програмний комплекс Solid Works Flow Simulation, теоретично дослідити траєкторію руху газової фази в робочій зоні циклона, вивчити вплив конструкції апарата на гідравлічний опір циклона; перевірити одержані теоретичним шляхом дані з експериментально визначеними [1].

Підсумовуючи варто відзначити що проблематика даного питання у процесі промислового виробництва та автоматизації проявляється у модернізації і підключенні до загальної системи керування виробництвом протитечійних установок та впровадженні нових відцентрових апаратів з прямотечійною зоною розділення, перевагою яких є можливість більш ефективного розділення у широкому діапазоні витрати газу при невисокому гідравлічному опорі і більшою енергоефективністю.

Література.

1. Алямовский А.А. Инженерные расчеты в SolidWorkSimulation. М.: ДМК Пресс, 2010.-467с.

УДК 551.508.21

Р. Ватаман, студент., Юрій Тягур, к.ф.-м.н., с.н.с., доцент.
Ужгородський національний університет

ВИМІРЮВАННЯ ПОТУЖНОСТІ СОНЯЧНОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ

Розробка приладу для вимірювання потужності сонячного випромінювання. В основу приладу закладений метод порівняння кількості теплоти на пластинці (А), нагрітою Сонцем, з кількістю теплоти на пластинці (В), нагрітою електричним струмом.
Ключові слова: потужність сонячного випромінювання, температура, струм.

R. Vataman, Yuriy Tyagur POWER MEASUREMENTS OF SOLAR RADIATION

Development of device for power measurements of solar radiation. For further investigation it is used the method of comparison of the amount of heat in the plate (A), heated by Sun, and the amount of heat in the plate (B), heated by electrical current.

Keywords: power of solar radiation, temperature, current

Сонце є основним зовнішнім джерелом енергії та світла для Землі та її атмосфери. Піргеліометри – прилади для вимірювання потужності сонячного випромінювання. Вони можуть бути використанні для перевірки актинометрів. Відомі такі сучасні піргеліометри DR01 та DR02 фірми Hukseflux [1], LPPYRNE 16 [2], а також DN5 та DN5-E [3]. Основна складова частина піргеліометра є сенсор, який розміщений в корпусі. Корпусом може бути циліндрична або чотиригранна трубка. Сенсором служать дві однакові тонкі манганінові пластинки (А) та (В) зачорнені зверху. Розмір пластинки (19 x 2 x 0,02) мм². Верхня зачорнена поверхня пластинки приймає падаюче на неї електро-магнітне випромінювання Сонця. За час (t) пластинка нагрівається до температури T_A. На нижній поверхні пластинок установлена диференціальна термопара мідь-константан. Залежність термоелектрорушійної сили від температури має вигляд:

$$E(t) = (-10,3 \pm 9,1) \cdot 10^{-4} + (3855 \pm 1,6) \cdot 10^{-5} \left[\frac{mV}{^{\circ}C} \right] \cdot t(^{\circ}C) + (438,7 \pm 4,8) \cdot 10^{-6} \left[\frac{mV}{^{\circ}C^2} \right] \cdot t^2(^{\circ}C)$$

Для ізоляції термопари від пластинки використовують лак (ГФ-95) [4]. Сигнал з диференціальної термопари подається на підсилювач INA128 фірми BurrBrown [5]. Величину сигналу вимірює і контролює мікроконтролер (PIC18F4550) [6]. Мікроконтролер програмується мовою асемблера або Сі за допомогою персонального комп'ютеру [7]. Значення величини вимірюваного сигналу, час вимірювання, а також контрольованих інших величин: напругу, струм, температуру - розраховуються та зображуються на дисплеї ноутбука Asus модель (X51R) [8].

Принцип дії приладу заснований на порівнянні кількості тепла на пластинці (А) з кількістю тепла на пластинці (В) за одиницю часу (t). Таким чином, перша пластинка (А) нагрівається під дією сонячних променів, а друга пластинка (В), захищена від їх дії, і вона нагрівається електричним струмом від регульованого джерела живлення. Термопара пластинки (А) міряє температуру пластинки (А), відносно пластинки (В). Кількість тепла пластинки (А) є пропорційна температурі ΔT за час (t). Кількість тепла пластинки (В) визначається рівнянням (3). Термопара пластинки (В) міряє температуру пластинки (В), яка нагрівається електричним струмом. Коли температура пластинки (В) досягне температуру, яку має пластинка (А), величина термоелектрорушійної сили диференціальної термопари досягне нуля вольт. Вимірювання, та розрахунок потужності (P) проводяться виходячи з наступних рівнянь.

$$Q_A = C \cdot m \cdot \Delta T \quad (1)$$

С-Теплоємність манганіну 0,408 [кДж/(кг·°C)]

m- Маса манганінової пластинки, $6,384 \cdot 10^{-6}$ [кг]

$$\Delta T = T_A - T_B \quad (2)$$

$$Q_B = I^2 R t \quad (3)$$

t- час

I- струм

R-електричний опір манганінової пластинки, 0,20425 [Ом]

$$Q_A = Q_B \quad (4)$$

$$P = Q_B / t = I^2 R = C m (T_A - T_B) / t \quad (5)$$

На рисунку 1 показана електрична комбінована схема.

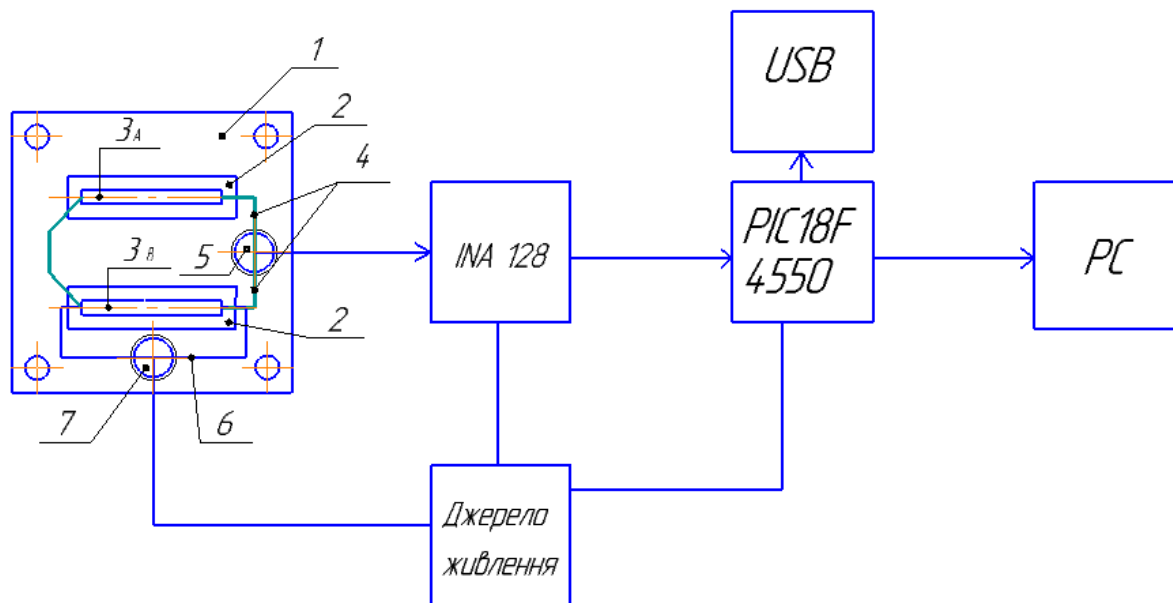


Рис. 1. Електрична комбінована схема

1. Ебонітова шайба
2. Канал для встановлення пластини
3. Манганінові пластини
4. Термопара
5. Отвір для встановлення з'єднувача термопари
6. Провідники
7. Отвір для встановлення з'єднувача, для підключення джерела живлення

Таким чином для вимірювання потужності сонячного випромінювання використовується метод порівняння кількості теплоти на пластинці (А) та на пластинці (В).

В даній роботі також розглядається можливість вимірювання потужності сонячного випромінювання на основі піроелектричних сенсорів.

Література

1. www.hukseflux.com
2. http://www.deltaohm.com/ver2012/index.php?main_page=product_info&products_id=99
3. www.recurtosolar.geodesingn.com.br
4. <https://nscapital.satu.kz/p2967199-lak.html>
5. Precision, LowPowerINSTRUMENTATIONAMPLIFIERSINA128.
6. Data Sheet PIC18F2455/2550/4455/4550 2007 Microchip Technology Inc.
7. http://labkit.ru/html/Assembler_for_PIC.
8. Asus model (X51R)73N0AS268674

УДК 004.93

Назарій Волошин, Петро Федорів

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

МЕТОДИ АВТОМАТИЧНОГО РОЗПІЗНАВАННЯ АВТОМОБІЛЬНИХ НОМЕРНИХ ЗНАКІВ

Розгляд основних методів аналізу, обертання і розпізнавання номерних знаків . Визначення найкращого поєднання цих методів.

Ключові слова: Автоматизація; розпізнавання; нейронні мережі; аналіз; методика;

Nazarii Voloshyn, Petro Fedoriv

METHODS OF AUTOMATIC RECOGNITION OF LICENSE PLATES

Consideration of the basic methods of analysis, rotation and number plate recognition. Determining the best combination of these methods.

Keywords: Automation; recognition; neural network; analysis; method;

Для компаній завжди актуальні нові технології та способи оптимізації витрат. Так, наприклад, для зменшення кількості працівників на стоянках можна облаштувати системи автоматизованого обліку авто.

Автоматичне розпізнавання номерних знаків авто відбувається у такі етапи:

- аналіз зображення авто та виявлення на ньому контуру номеру;
- розміщення зображення номеру в горизонтальній площині;
- розбиття номеру на складові;
- розпізнання отриманого номерного знаку.

Найпоширенішими методами автоматичного розпізнавання номерних знаків на даний час є: пошук прямокутного контуру, аналіз гістограм і метод Viola-Jones.

Найпростіший метод виділення номера - пошук прямокутного контуру. Але він коректно виконуватиметься тільки у випадку чіткого контуру з рівною межею.

Метод аналізу гістограм[1] базується на теорії, що частотна характеристика контуру з номером відрізняється від частотної характеристики зовнішнього оточення контуру. Але в такого підходу є істотний мінус - авто повинно захоплювати весь кадр, оскільки фон може містити написи або інші деталізовані об'єкти.

Недоліком зазначених методів є те, що на забруднених номерах немає ні точних меж, ні точного аналізу зображення.

Набагато результативнішим є метод Віоли - Джонса [2], який базується на каскаді Хаара. У цьому методі чорно-біле зображення представляється інтегрально у вигляді матриці, розмір якої збігається з вихідним зображенням. Розрахунок елементів матриці здійснюється за формулою:

$$L(x, y) = \sum_{i=0, j=0}^{i \leq x, j \leq y} I(i, j), \text{ де } L(x, y) - \text{інтегральне зображення, } I(i, j) - \text{вихідне зображення.}$$

Потім, вікно встановленого розміру рухається по зображенню, і для кожної області зображення, над якою проходить вікно, розраховується ознака Хаара. Наявність або відсутність предмета в вікні визначається різницею між значенням ознаки і навчальний порогом. Цей метод являється одним із найкращих за відношенням показників розпізнавання/швидкість роботи і має дуже низький показник помилкових спрацювань. Для результативної роботи цього методу необхідна навчальна база хоча б із 500-1000 зразками. Навчання класифікаторів відбувається повільно, але сам процес знаходження номерного знаку проходить дуже швидко. Недоліком даного методу є те, що у випадку

недостатньої кількості навчальних зразків система може не знаходити певні дані. Для прикладу, складним випадком виявиться навіть майже чистий номер в хромованій (світлій) рамі на білому авто, адже такі номери зустрічаються рідко, і тому в навчальну базу може не потрапити достатня кількість зразків.

Розміщення номеру в горизонтальній площині можна виконати за допомогою функції `WarpAffine()` пакету `OpenCV`[3]. Виникають випадки, коли початкове фото авто може бути зроблене збоку. Тому номер на фото буде звужений з однієї сторони. Даний метод дозволяє розтягнути одну сторону і вирівняти зображення номеру.

Після повороту отримаємо горизонтальний номер із неточно визначеними лівими і правими краями. Точно відрізати зайве тепер не обов'язково, потрібно лише нарізати наявні в номері букви і в подальшому при розпізнаванні працювати з ними. Достатньо знайти максимуми горизонтальної діаграми, якими виступають проміжки між буквами. Якщо очікується певна кількість знаків і відстань між знаками буде приблизно однакова, то розбиття на літери по гістограмі працює відмінно. Залишається тільки виділити наявні літери і перейти до процедури їх розпізнавання.

Найрезультативнішим методом розпізнавання тексту є кореляційний, який побудований на емпіричних моделях. Шрифт на номерах стандартизований, шум фотокамери чи пил на номерах можна вважати гаусівським шумом. Є деяка невизначеність через розташування символу, але цей параметр можна знайти перебором варіацій. Якщо залишити зображення небінарним, то отримаємо також амплітуду сигналу, тобто яскравість символу. В загальному кореляційний метод зводиться до операції обчислення коваріації вхідного сигналу (з урахуванням заданих зсувів і поворотів):

$$\text{cov}(X, Y) = E[(X - EX)(Y - EY)],$$

де X – вхідний сигнал, Y – гіпотеза, E – математичне очікування.

Але метод кореляцій заобчисленнями є дуже затратний.

Оптимальним методом розпізнавання тексту є використання нейромереж[4]. Для друкованих шрифтів результативною є звичайна одношарова мережа, яка при правильному налаштуванні та навчанні може видавати кращі результати ніж інші відомі методи. Для навчальної бази накопиченої взимку позитивний результат становив близько 93%, а помилкове захоплення лише – 3%. Основний недолік в тому, що цей метод є найскладнішим для описання.

Із розглянутого вище можна сказати, що для найоптимальніших результатів найкраще використовувати метод Viola-Jones та звичайну одно- чи двошарову нейромережу. Поєднання цих методів дозволяє отримувати високу якість розпізнавання при використанні незначних технічних ресурсів.

Література

1. Статистичні методи аналізу зображень [Електронний ресурс]. Режим доступу: http://posibnyky.vntu.edu.ua/k_m/t2/212..htm
2. Метод Виолы – Джонса [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://interactive-plus.ru/ru/article/119565/discussion_platform
3. Image Processing in OpenCV [Електронний ресурс]. Режим доступу: http://docs.opencv.org/3.0-beta/doc/py_tutorials/py_imgproc/py_table_of_contents_imgproc/py_table_of_contents_imgproc.html
4. Soares F. Neural Network Programming With Java, 2nd Edition / Fabio M. Soares, Alan M. F. Souza - Packt Publishing - ebooks Account, 2017. - 269 p – (2nd Revised edition)

УДК: 372. 862

Роман Золотий¹, к.т.н., доцент, Андрій Недошитко²

¹Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

²Технічний коледж Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя

РОЗРОБКА АВТОМАТИЗОВАНИХ СИСТЕМ КЕРУВАННЯ НА БАЗІ КОНТРОЛЕРІВ ARDUINO

У роботі розглянуто технічні аспекти використання контролерів ARDUINO у навчальному процесі для можливості розробки на їх основі автоматизованих систем керування

Ключові слова: контролер, ARDUINO, автоматизована система керування

Roman Zolotyy, Andriy Nedoshytko DEVELOPMENT OF AUTOMATED CONTROL SYSTEMS BASED ON CONTROLLER ARDUINO

This article examines the technical aspects of controllers ARDUINO in the learning process for use to develop automated control systems

Keywords: controller, ARDUINO, automated control system

На сучасному етапі розвитку науки і техніки використанні програмованих логічних контролерів різних типів для забезпечення розробки автоматизованих систем різного функціонального призначення є звичним явищем. Проте більшість промислових контролерів є досить дорогими для закупівлі пристроями, що ускладнює можливість їх використання студентами при вивченні методів створення систем автоматики.

Ключовим завданням при підготовці спеціалістів в області автоматизації та комп'ютерних технологій є мотивація студента до навчання за рахунок можливості самостійної розробки та виробництва завершеного високотехнологічного продукту, автоматизованої системи зокрема, при незначних фінансових затратах [1]. Такий підхід дозволить закріпити практичні навички студентів при розробці автоматизованих систем високого рівня.

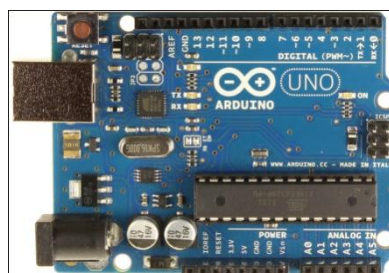


Рис. 1. Мікроконтролер Arduino

Використання контролерів Arduino в навчальному процесі для самостійного використання студентами дозволить підвищити якість підготовки фахівців напряму автоматизація та комп'ютерні технології, оскільки вони є набагато дешевші за сучасні промислові контролери, проте забезпечують весь необхідний функціонал для вивчення автоматизованих систем. Саме цінова політика даних модулів сприяє їх популяризації серед конструкторів самоучок і хоч на ринку присутні безліч навчальних стендів із автоматизації.

1. Лук'яненко Н.Д. Мотивація персоналу: навч. посіб. / Н.Д. Лук'яненко, Л.Л.Бунтовська. – Донецьк, ДонНУ, 2004. – 302 с.

УДК 681.5.015

Ганна Крих, к.т.н., доцент, Галина Матіко, к.т.н., доцент, Антін Дмитришин
Національний університет "Львівська політехніка"

ІДЕНТИФІКАЦІЯ ОБ'ЄКТА РЕГУЛЮВАННЯ В ЗАМКНУТІЙ СИСТЕМІ АВТОМАТИЧНОГО РЕГУЛЮВАННЯ

В роботі розглянутий один з методів ідентифікації об'єкта регулювання за перехідною функцією замкнутої системи автоматичного регулювання з пропорційним регулятором. Ключові слова: ідентифікація, об'єкт регулювання, адекватність моделі.

Hanna Krykh, Halyna Matiko, Antin Dmytryshyn IDENTIFYING THE REGULATION OBJECT IN CLOSED AUTOMATIC CONTROL SYSTEM

A method of identifying the regulation object using step response of closed automatic control system with proportional controller is considered in the paper.

Keywords: identification, regulation object, model adequacy.

Для знаходження динамічної моделі технологічного об'єкта, обладнаного системою автоматичного регулювання (САР), широкого поширення набули експериментальні методи ідентифікації об'єкта регулювання (ОР), в яких до САР подають зовнішні дії на вхід заданого значення регулятора [1]. Ці методи еквівалентні експериментальним методам знаходження моделей за кривими розгону, імпульсними перехідними характеристиками, частотними характеристиками об'єкта регулювання, і мають переваги, зокрема зручність формування стрибкоподібного, імпульсного або синусоїдного детермінованих сигналів, а в деяких процесах зміна (стрибкоподібна, імпульсна) заданого значення параметра є вимогою технологічного регламенту.

В технологічних процесах різних галузей найчастіше застосовують одноконтурні САР (температури, тиску, концентрації тощо) з ПІ- та ПІД-регуляторами, для розрахунку яких звичайно застосовують лінійні моделі ОР із зосередженими параметрами. Адекватна модель ОР дає змогу знайти оптимальні налаштування регулятора і забезпечує необхідні динамічні властивості САР [1].

Задача побудови моделі ОР за перехідною характеристикою замкнутої САР полягає у знаходженні структури та параметрів моделі, застосування якої забезпечує однакову реакцію досліджуваної САР та моделі САР на одиничну стрибкоподібну зміну заданого значення регульованої величини [2]. Зазвичай критерієм якості моделі є середньоквадратичне відхилення експериментальних значень $x_e(t_i)$ від розрахованих значень $x_{САР}(t_i)$ перехідної характеристики САР зі знайденою моделлю ОР:

$$\sigma_{САР} = \left(\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (x_{САР}(t_i) - x_e(t_i))^2 \right)^{0.5}. \quad (1)$$

Властивість одноконтурних САР з ПІ- та ПІД-регуляторами полягає у підтриманні регульованої величини на заданому значенні незалежно від діючих на об'єкт збурень. Така властивість є необхідною і корисною для процесів регулювання, проте для вирішення поставленої задачі знаходження моделі об'єкта регулювання із самовирівнюванням за перехідною характеристикою САР, саме ця властивість унеможливорює точну оцінку коефіцієнта передачі ОР. Результати моделювання, проведені в роботі [2], це підтверджують.

Загальною вимогою до формування експериментальних значень перехідної

характеристики САР є стан рівноваги системи, а також стабілізація збурень, що діють на ОР. Для підвищення точності побудови моделі ОР із самовирівнюванням в замкнутій САР запропоновану таку методику: 1) під час ідентифікації ОР вимикають І- та Д- складову регулятора; 2) знімають експериментальну перехідну характеристику САР з П-регулятором, змінюючи задане значення регульованої величини; 3) статичний коефіцієнт передачі ОР визначають за формулою

$$k = \frac{1 - \Delta_{cm}}{k_p \Delta_{cm}}, \quad (2)$$

де k_p – параметр налаштування пропорційної складової регулятора; Δ_{cm} – статична похибка регулювання; 4) на основі апріорної інформації вибирають структуру та порядок моделі ОР; 5) визначають параметри моделі, що характеризують динамічні властивості ОР; 6) розраховують вибраний критерій якості; 7) змінюють структуру, порядок моделі і знову розраховують параметри моделі ОР. Адекватною вважають модель, що забезпечить найменше значення критерію якості.

На основі цієї методики розроблений пакет програм для параметричної ідентифікації об'єктів з різною структурою та порядком моделі. Ці програми реалізовані в комп'ютерному середовищі Matlab.

Для прикладу розглянемо результати ідентифікації об'єкта регулювання за заданими значеннями перехідної функції САР, отримані шляхом структурного моделювання системи з функцією передачі об'єкта $W_{OP}(p) = \frac{1,54}{(18p+1)^4}$ та П-регулятором з коефіцієнтом передачі $k_p = 0,9621$.

Для дослідження були вибрані моделі ОР у вигляді трьох і чотирьох послідовно з'єднаних аперіодичних ланок, відповідно

$$W_{OP}(p) = \frac{k}{(Tp+1)^3} \quad (3)$$

та

$$W_{OP}(p) = \frac{k}{(Tp+1)^4}. \quad (4)$$

За розробленими програмами знаходження параметрів моделей спочатку розраховують коефіцієнт передачі k кожної з досліджуваних моделей за формулою (2), а потім – сталу часу T в результаті вирішення оптимізаційної задачі, критерієм оптимальності в якій є σ_{CAP} . Результати ідентифікації з вибраними моделями зведені у таблиці 1, в якій наведені значення знайдених параметрів моделей, значення σ_{CAP} , а також середньоквадратичне відхилення σ_{OP} перехідних функцій ОР, розрахованих за знайденою моделлю $x_{OP}(t)$ ОР та дійсною перехідною функцією $x_D(t)$ ОР

$$\sigma_{OP} = \left(\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (x_{OP}(t_i) - x_D(t_i))^2 \right)^{0.5}.$$

Для порівняння в таблиці 1 також наведені результати ідентифікації ОР за перехідною функцією САР з ПІД-регулятором з функцією передачі $W_{PID}(p) = 0,9621 + \frac{0,0182}{p} + 8p$.

Таблиця 1. Результати ідентифікації ОР

Перехідна функція САР	Задана модель ОР	Параметри моделі ОР	$\sigma_{\text{САР}}$	$\sigma_{\text{ОР}}$
з П- регулятором	$W_{\text{ОР}}(p) = \frac{k}{(Tp + 1)^3}$	k=1,5368 T=24,5942	0,0327	0,0283
з ПІД-регулятором		k=1,7879 T=27,6907	0,0456	0,1841
з П-регулятором	$W_{\text{ОР}}(p) = \frac{k}{(Tp + 1)^4}$	k=1,5368 T=18,1008	0,0156	0,0046
з ПІД-регулятором		k=1,5580 T=19,4358	0,0238	0,0343

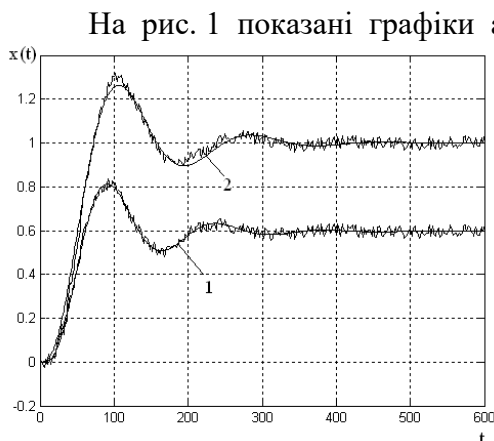


Рис. 1. Перехідні функції САР: 1) з П-регулятором ; 2) з ПІД-регулятором

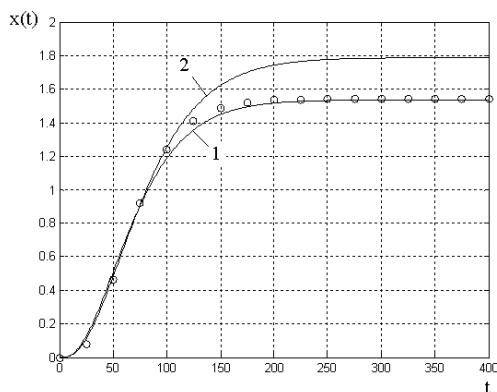


Рис. 2. Перехідні функції ОР з моделлю (3), отримані за перехідними функціями: 1) САР з П-регулятором; 2) САР з ПІД-регулятором; 3) заданої моделі ('o')

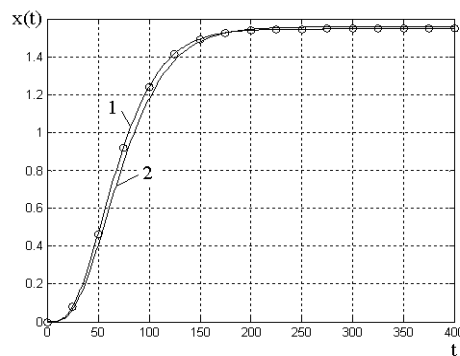


Рис. 3. Перехідні функції ОР з моделлю (4), отримані за перехідними функціями: 1) САР з П-регулятором; 2) САР з ПІД-регулятором; 3) заданої моделі ('o')

Література

1. Ротач В.Я. Теория автоматического управления. – М.:Изд-во МЭИ, 2008. – 396с.
2. Крих Г.Б., Матіко Г.Ф. Знаходження динамічної моделі об'єкта регулювання за перехідними функціями САР. Матеріали ПМНТК «Сучасні методи, інформаційне, програмне та технічне забезпечення систем управління організаційно-технічними та технологічними комплексами», 25.11.2015 р. [Електронний ресурс] – К: НУХТ, 2015. – с. 51-53. – Режим доступу: <http://nuft.edu.ua/page/51adaed39c2a2/files/konf2.pdf>.

УДК 621.36

Віталій Карташов, к.т.н., доц.

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

ВИКОРИСТАННЯ КОНТРОЛЕРІВ ПЛК ОВЕН 110-60 У НАВЧАЛЬНОМУ ПРОЦЕСІ

Розглянуто питання використання контролерів «Овен» з програмним середовищем CoDeSys якості навчальної платформи. Наведено основні переваги використання даних контролерів та програмного забезпечення для навчання студентів в галузі автоматизації.

Ключові слова: Контролер, мова програмування, автоматизація, автоматизована система контролю.

Vitaliy Kartashov

USE CONTROLLERS OWEN PLC 110-60 IN THE LEARNING PROCESS

The question of the use of controllers "Owen" with CoDeSys programming environment as a learning platform was consider. The basic advantages of controllers and software for training students in the field of automation was adduce.

Keywords: Controller, programming language, automation, automated control system.

Низький рівень підготовки фахівців в галузі автоматизації має декілька причин, серед яких основними є слабка мотивація студентів, застарілість навчальної бази, загальне падіння якості вищої освіти за останні кілька років та значний розрив між теоретичною та практичною складовою в галузях виробництва і освіти. Тому актуальним завданням сучасної вищої школи в галузі автоматизації є забезпечення студентів сучасними програмними і апаратними засобами, за допомогою яких майбутній інженер може змонтувати та запрограмувати власну автоматизовану систему контролю та управління з використанням різноманітних датчиків та виконавчих механізмів.

Оптимальним з точки зору простоти та зручності освоєння таких високотехнологічних продуктів є програмовані логічні контролери фірми «Овен». Значною перевагою цих контролерів є простота та зрозумілість монтажу і підключення датчиків, виконавчих механізмів, сенсорних панелей та додаткових аналогових модулів. Дані контролери працюють з програмним середовищем CoDeSys, що сумісне з усіма популярними операційними системами, є у вільному доступі та дозволяє програмувати на всіх шести мовах програмування МЕК: текстових ST та IL, та графічних LD, FBD, SFC та CFC.

Дані контролери можна використовувати для навчання та роботи в багатьох галузях: від виготовлення систем розумного будинку до емуляції роботи конвеєрів, автоматизованих ліній, теплиць, створення маніпуляторів, побудови розподілених систем управління і диспетчеризації з використанням як провідних, так і бездротових технологій [1]. Крім того, можливість підключення контролерів в мережу з віддаленим управлінням дозволяє студентам керувати контролерами за допомогою власних гаджетів, що позитивно впливає на їх зацікавленість навчальним процесом.

Тому, зважаючи на наведені вище переваги вказаних платформ, на них буде відбуватися навчання студентів ТНТУ ім. І. Пулюя на кафедрі комп'ютерно-інтегрованих технологій.

Література

1. А.Г. Микитишин, М.М. Митник, П.Д. Стухляк, В.В. Пасічник / Комп'ютерні мережі [навчальний посібник] – Львів, «Магнолія 2006», 2013. – 256 с.

УДК 004.087.2

Владислав Кліщенко, бакалавр, студент
Національний технічний університет “КПІ ім. Ігоря Сікорського”

ФІЗИЧНЕ ЗНИЩЕННЯ МІКРОСХЕМИ ПАМ’ЯТІ

У статті ставиться задача визначення можливості знищення запам’ятовуючих мікросхем твердотілого накопичувача, за допомогою термітної суміші, з метою унеможливлення зчитування з них інформації.

Ключеві слова: твердотілий накопичувач, термітна суміш, запам’ятовуючі мікросхеми.

Vladyslav Klishchenkov **THE PHYSICAL DESTRUCTION OF MEMORY CHIPS**

The article concerns the problem of determining the possibility of destruction of memory chip solid state drive, using thermite, in order to prevent them from reading the information.

Keywords: solid state drive, thermite, storage chips.

У зв’язку з розвитком твердотілих накопичувачів (далі SSD) та їх перевагами у порівнянні з іншими запам’ятовуючими пристроями, а саме велика швидкість запису та зчитування (до 1ГБ/с), їх можливо використовувати для обробки інформації з обмеженим доступом.

Одним із способів зберігання конфіденційності інформації є фізичне знищення носія інформації, до того як він потрапить до осіб без потрібного допуску до інформації. У разі SSDнакопичувача, достатньо знищити мікросхеми пам’яті. Їх швидке знищення можливо досягти за допомогою короткого впливу термічної реакцією з високою температурою протікання. Така реакція відбувається під час горіння термітною суміші.

Потрібна кількість теплоти для знищення мікросхеми пам’яті розраховується за формулою:

$$Q=Q_1+Q_2;$$

де Q_1 –кількість теплоти потрібна для нагріву тіла до температури правління, Q_2 - кількість теплоти необхідної для плавлення тіла.

$$Q_1=m*c*(t_1-t_0);$$

де m - маса тіла, c - питома теплоємність (0.19 Дж/(кг·°C)), t_0 - стандартна температура мікросхеми (25-30 °C), t_1 - температура правління мікросхеми (1300 °C) ;

$$Q_2=m*\lambda;$$

де m - маса тіла, c - питома теплота плавлення (164кДж/(кг)[2].

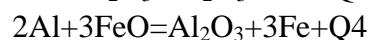
У стандартному SSDнакопичувачі встановлено 8-16 чипів NAND- пам’яті з наступними фізичними характеристиками: вага – 2-4г, розміри 1x2x0,2см(рис. 1)[2].



Рис. 1. SSD накопичувач

Отже кількість потрібної теплоти достатньої для знищення мікросхеми пам'яті приблизно дорівнює $Q=0.003*0.19*(1300-30)+0.003*164*10^3=429,12 \text{ Дж} = 0,118 \text{ ккал}$
В якості термітної суміші пропонується використовувувати залізо-алюмінієву суміш .

В залежності від наявності того чи іншого оксиду заліза в окалині, можливі два рівняння термітних реакцій:



Теплові ефекти Q_3 , Q_4 можуть бути визначені виходячи з закону Гесса, відповідно якому тепловий ефект реакції рівний сумі теплоти утворення реагентів та простих речовин [3]. Теплові ефекти рівні: $Q_3=853.7 \text{ кДж/моль}=3,99 \text{ кДж/кг}$, $Q_4=859 \text{ кДж/моль}=3.19 \text{ кДж/кг}$ [3].

Отже для гарантованого знищення мікросхеми пам'яті буде достатньо 110-135г термітної суміші на основі оксиду заліза Fe_2O_3 .

Література

1. Дрица М. Е., Будберг П. Б., Бурханов Г. С., Дриц А. М., Пановко В. М. Свойства элементов. – Металлургия, 1985. – С. 672.
2. Верятин У.Д., Маширев В.П., Рябцев Н.Г., Тарасов В.И., Рогозкин Б.Д., Коробов И.В. Термодинамические свойства неорганических веществ. М.: Атомиздат, 1965. 466 с.

УДК 621.86.067

Ігор Козбур, Галина Козбур, Олександр Шовкун

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

ПНЕВМАТИЧНІ ТА ЕЛЕКТРОМАГНІТНІ ВІБРАЦІЙНІ ТРАНСПОРТЕРИ З АВТОНАЛАГОДЖЕННЯМ ЧАСТОТИ ЗБУДЖЕННЯ

Запропоновано електромагнітний та пневматичний приводи вібраційного живильника з автоналаштуванням частоти збудження, що забезпечить його ефективнішу роботу в резонансній області.

Ключові слова: Пневматичний, електромагнітний привод вібраційного живильника, автоналаштування частоти збудження, вібраційний збуджувач коливань.

Ihor Kozbur, Halina Kozbur, Alexander Shovkun

PNEUMATIC AND ELECTROMAGNETIC VIBRATING CONVEYORS WITH AUTOMATIC ADJUSTMENT OF FREQUENCY EXCITATION

Proposed the pneumatic actuators and electromagnetic vibrating feeders with auto adjust frequency of excitation providing effective operation in the resonance region.

Keywords: pneumatic, solenoid drive vibrating feeder, auto adjust frequency of excitation, exciter vibration.

В механообробному та механоскладальному автоматизованому виробництві важливим технологічним переходом є транспортування заготовок у позицію виконання основних технологічних операцій. Крім цього, залишається актуальним питання виділення упорядкованих поштучних потоків заготовок з неупорядкованої маси. Для досягнення даної мети в сучасному автоматизованому виробництві ефективно застосовують вібраційні засоби транспортування та поштучної видачі заготовок – вібраційні лотки, конвеєри, бункери, тощо.

Традиційні приводи вібраційних транспортних систем мають деякі недоліки, а саме, – незмінна частота збудження, неможливість підналаштування під конкретну вагу, кількість і типорозмір транспортованих заготовок, що значно звужує експлуатаційний діапазон їх використання.

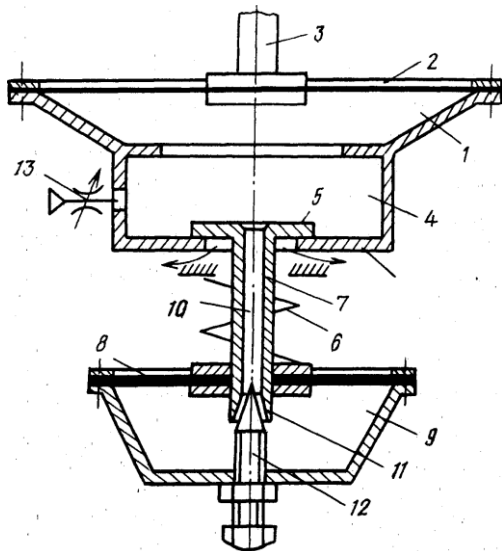


Рис. 1. Пневматичний вібраційний привод

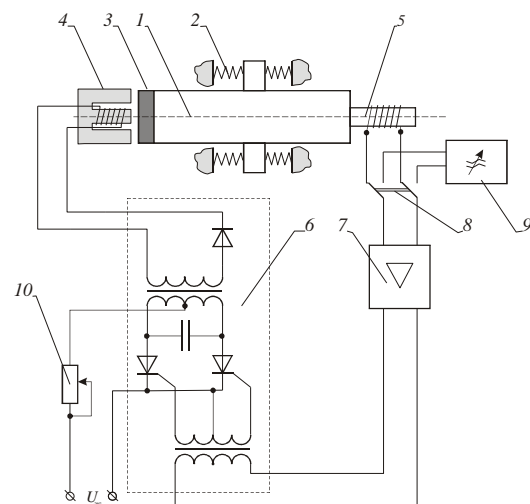


Рис. 2. Функціональна схема електромагнітного віброприводу живильника з автоналаштовуваною частотою збудження

Запропоновано, в якості віброприводів використати пневматичні та електромагнітні вібраційні приводи [1, 2] з автоматичним налагодженням частоти збудження у резонансний режим по максимуму коливань. Компонування

пневматичного вібраційного приводу зображено на рис. 1, загальна функціональна схема електромагнітного віброприводу живильника з автоналагоджуваною частотою збудження на рис. 2. Автоналаштування частоти збудження пневматичного вібраційного приводу в резонансний режим, зміну частоти та форми вібраційного збудження можна забезпечити за рахунок регулювання тиску живлення повітря на вході та зміною конструктивних параметрів, таких як, жорсткість пружини, об'єми камер. Схемне рішення зворотного зв'язку можна реалізувати по аналогії з функціональною схемою електромагнітного віброприводу живильника з автоналагоджуваною частотою збудження (Рис.2.)

Запропоновані віброприводи з автоналаштуванням частоти забезпечують резонансні режими збудження та руху заготовок, і як наслідок, максимальну продуктивність вібраційних пристроїв поштучної видачі заготовок. У випадках зміни маси конструктиву «вібропривод-бункер» та дії інших зовнішніх дестабілізуючих факторів амплітуда коливань зменшується внаслідок зміни резонансних умов у коливній системі. Такі зміни маси характерні при поступовому розвантаженні бункера чи завантаженні у бункер нової партії заготовок. Зменшення амплітуди коливань змінює продуктивність традиційного вібраційного живильника та порушує умови руху потоку заготовок, що спричинює зміну часу циклу поштучної видачі деталей з живильника або призводить до повної його зупинки.

Електромагнітний та пневматичний вібропривод живильника з автоналагоджуваною частотою збудження [1, 2] дозволяє, в основному, уникнути цих недоліків. Головною його перевагою є автоматичне підналагодження частоти по максимуму амплітуди коливань вібраційного приводу, що, відповідно, забезпечує стабільні умови руху заготовок та продуктивність живильника. Загальна функціональна схема електромагнітного віброприводу [1] представлена на рис. 2.

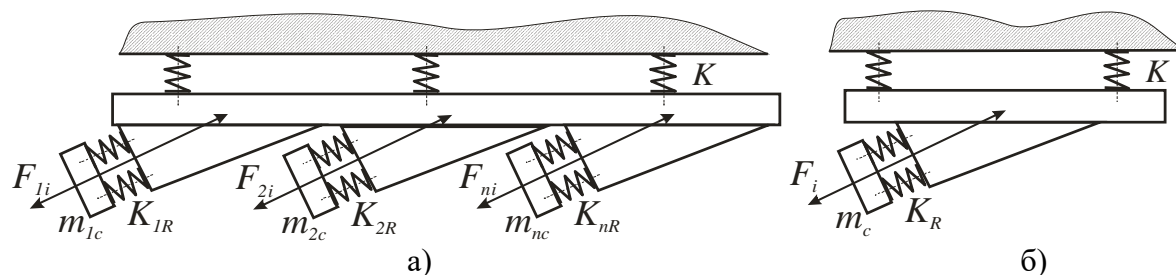


Рис. 3. Конструктивні розрахункові схеми вібраційних живильників

а) для мультиприводного вібраційного живильника б) для одноприводного вібраційного живильника

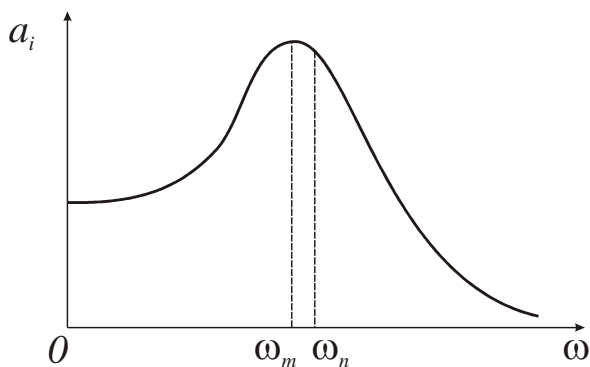


Рис. 4. Узагальнена крива залежності амплітуди коливань віброживильника від частоти

Узагальнені розрахункові схеми вібраційних живильників у варіантах мультиприводному та одноприводному зображено на рис. 3. Вібраційні приводи, електромагнітного або пневматичного типу, призначені для збудження коливань живильника, виконані по схемних рішеннях з автоналаштуванням частоти. Відповідно: K , K_R – коефіцієнт жорсткості пружних елементів, m_c – маса приводного штоку віброприводу, F_i – сила збудження вібраційного приводу відповідного типу.

Для даних конструктивних схем визначаються оптимальні резонансні режими їх роботи [3]. Узагальнена крива залежності амплітуди коливань вібраційного живильника, з електромагнітним чи пневматичним збуджувачем коливань, від частоти збудження зображена на рис. 4. Приведена залежність вібраційного конвеєра показує, що частота ω_m , при якій амплітуда є максимальною, менша ніж власна частота системи ω_n .

Ця різниця амплітуд вібраційного конвеєра пояснюється нелінійною характеристикою коефіцієнта жорсткості пружних опор та є характерною для використання у якості вібраційного збуджувача електромагнітних і пневматичних вібраційних приводів. Для механічних дизбалансних віброприводів ситуація зворотна.

Для таких узагальнених конструктивних рішень вібраційних конвеєрів з електромагнітними та пневматичними збуджувачами існують наступні аналітичні вирази їх основних характеристик [4].

Характеристичне число ковзання або кидання, $K_v = \frac{a\omega_i^2}{g} \sin \alpha$, або для випадку

стрибкоподібного руху $K_v = \sqrt{\left[\left(\frac{\cos 2\pi n + 2\pi^2 n^2 - 1}{2\pi n - \sin 2\pi n} \right)^2 + 1 \right]}$, де, відповідно: a – амплітуда

коливання, ω_i – частота вібраційного збудження, g – стала тяжіння, α – кут нахилу лінії вібраційного збудження, n – відношення часу тривалості стрибка заготовки до періоду коливань віброприводу.

Усереднена швидкість транспортування заготовок $V = \eta \cdot \frac{g}{2K_f} \cdot \frac{n^2}{f_i} \cdot \operatorname{ctg} \beta$, де: η –

ККД вібраційного приводу, K_f – коефіцієнт вібрації вібротранспортуючої поверхні для умов ковзання $K_f = 1$, стрибкоподібного руху $1 < K_f \leq 3.3$, f_i – частота збудження віброприводу, β – кут нахилу вібротранспортуючої поверхні.

$F_i = 4\pi^2 m_e f_i r_e \left(\frac{1 - (f_i / f_n)^2}{f_i / f_n} \right)$, – сила збудження живильника, $f_n = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{K \cdot (m_e + m_c)}{m_e \cdot m_c}}$, –

власна частота вібраційного живильника. Відповідно, m_e – ефективна маса живильника, m_c – маса приводного штоку вібраційного збуджувача, K – коефіцієнт жорсткості пружних елементів, r_e – амплітуда коливання ефективної маси.

Конструкції даного віброприводу живильника з автоналагоджуваною частотою збудження дозволяють забезпечити його максимальну продуктивність і стабільність роботи для різних умов завантаженості. Для забезпечення максимальної ефективності, резонансні частоти збудження вібраційного живильника та заготовок обов'язково слід узгодити по фазі.

Література

1. Пневматический вибрационный привод. Авторское свидетельство №1178665 СССР, М.Кл В 65G 27/24. Опублик. 15.09.1985 г. Бюллет.№34, Л.П. Рыбак, А.П.Шовкун.
2. Электромагнитный вибропривод питателя. Авторское свидетельство №776961 СССР, М.Кл В65G 27/24. Опублик. 07.11.1980 г. Бюллет.№41. Л.П. Рыбак, А.П.Шовкун

УДК 621.326

Дмитро Кочук, Анастасія Ваховська, Олег Назаревич к.т.н., ст.викл.
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

АНАЛІЗ ВІДОМИХ ЕКОДАВАЧІВ ТА ПІДБІР ОПТИМАЛЬНОГО ВАРІАНТУ ДЛЯ МОНІТОРИНГУ ЕКОСИСТЕМИ ІТ-КОМПАНІЇ

В статті розглядається перспективи розвитку інтернету речей, можливі варіанти його застосування в нашому житті, зокрема для моніторингу екосистеми компанії. Також здійснено аналіз відомих давачів даних, які можуть працювати в концепції інтернету речей та обрано оптимальний варіант, який би виконував всі поставлені задачі.

Ключові слова: інтернет речей, давачі даних, моніторинг, візуалізація

Dmyto Kochuk, Anastasia Vahovska, Oleg Nazarevych
**ANALYSIS AND SELECTION OF KNOWN METEO SENSORS AND SELECT
BEST OPINION FOR ECOSYSTEM MONITORING OF IT-COMPANY**

In the article the perspectives of development the Internet of things, the possible use of it in our lives, including the monitoring of the IT-company ecosystem. Also, analyzed of known data sensors that can work in conception the Internet of things and the selected best option, which would perform all the challenges.

Keywords: internet of things, sensors data, monitoring, visualization

Світ поступово переходить у нову фазу розвитку технологій – Інтернет речей. Наближення Інтернету речей робить актуальними велику кількість різноманітних питань, пов'язаних як із захистом переданої між пристроями інформації, так і з юридичними і психологічними проблемами взаємодії користувача даних і пристроїв. Втілення в життя концепції Інтернету речей призводить до необхідності вирішення цілого ряду технічних питань, наприклад, проблеми енергоживлення датчиків і сенсорів. Очевидно, що вони будуть працювати без підключення до мережі електроживлення, а часто і без акумуляторів, а їх величезна кількість вимагає розробки спеціальних технологій, наприклад, отримання енергії з вітру або від вібрації

У більш широкому масштабі IoT може бути застосований до таких речей, як транспортні мережі "розумних міст", що допоможе нам зменшити кількість відходів і підвищити ефективність, наприклад, використання енергії; він допомагає нам зрозуміти і поліпшити, як ми працюємо і живемо. На рисунку нижче зображено, як це може виглядати.

Моніторинг довкілля або еко-моніторинг – комплексна науково-інформаційна система регламентованих періодичних безперервних, довгострокових спостережень, оцінки і прогнозу змін стану природного середовища з метою виявлення негативних змін і вироблення рекомендацій з їх усунення або ослаблення.

Основними задачами моніторингу навколишнього середовища є: спостереження за станом біосфери, оцінка і прогноз її стану, визначення ступеня антропогенного впливу на навколишнє середовище, виявлення факторів і джерел впливу.

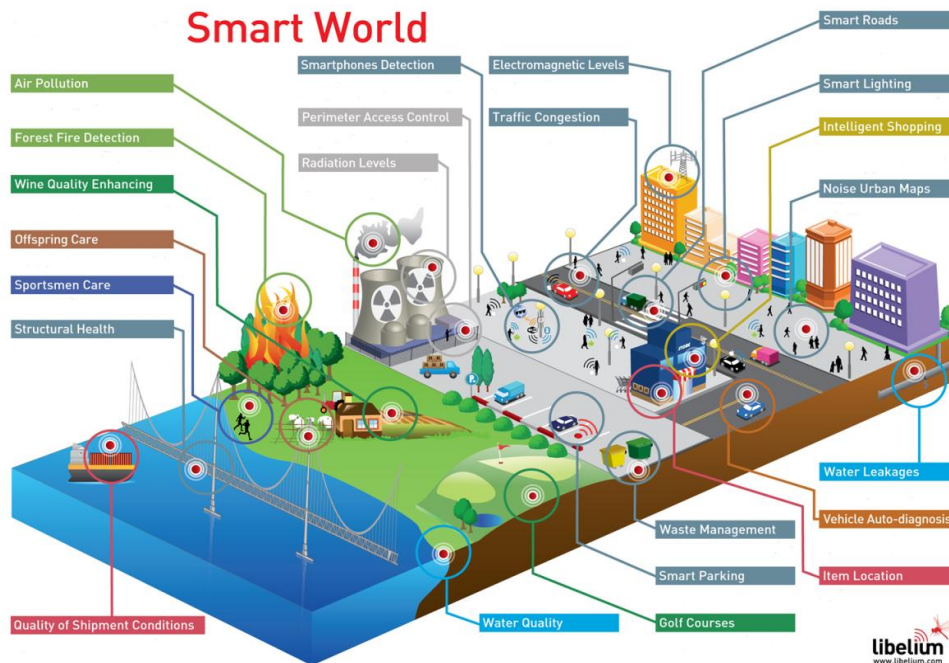


Рис. 1. Система моніторингу навколишнього середовища є: спостереження за станом біосфери

Система умовно складається з 2-х рівнів:

- Нижнього рівня" - який являє собою набір технічних засобів(зокрема давачі даних), за допомогою яких метео дані кожного об'єкту збираються та передаються;
- "Верхнього рівня" - який складається з програмного продукту (чи комплексу таких продуктів, об'єднаних в систему), що призначений приймати, аналізувати та відображати дані, які збираються.

Для здійснення моніторингу екосистеми ІТ-компанії було розглянуто існуючі та обрано оптимальні давачі даних, які мають потрібні характеристики для виконання поставленої задачі. Враховуючи те, що моніторингу екосистеми вимагає збір різних метео-показників, таких як температура, вологість, атмосферний тиск, рівень вуглекислого газу, було обрано давачі даних, які дозволяють отримати потрібні дані:

- давач температури і вологості DHT22;
- давач атмосферного тиску BMP280;
- давач рівня вуглекислого газу MH-Z19.

Давач температури і вологості DHT22/AM2302 використовується для вимірювання та передачі на контролер у вигляді цифрового сигналу показників температури і вологості середовища, в якій він знаходиться. Управління давачем

здійснюється або від Arduino контролера, або від іншого керуючого мікропроцесорного пристрою за допомогою спеціальних програм. Цей давач дозволяє визначити значення температури повітря з точністю 2% в діапазоні температур від 0 до 50 °C та вологості з точністю 5% в діапазоні від 0 до 100%. Він є оптимальним варіантом в співвідношенні ціна/якість.

Давач атмосферного тиску BMP280 – це остання версія давачів від компанії Bosch Sensortec. Логіка роботи з давачем полягає в тому, що для початку роботи треба зчитати з датчика коефіцієнти (вони унікальні для кожного екземпляра). Потім зчитувати показники ADC для температури та тиску та обчислювати реальні значення температури та тиску за формулами, які надані у документації до датчика. У BMP280 суттєво поліпшили температурну стабільність та збільшили роздільну здатність АЦП до 20 біт для температури та тиску. Цей давач дозволяє отримати значення атмосферного тиску в діапазоні від 300hPa до 1100hPa з точністю 0.01hPa, також цей давач дозволяє вимірювати температуру повітря в середовищі, де він знаходиться з точністю 0.01 °C.

Датчик інфрачервоного вимірювача концентрації CO₂ MH-Z19 призначений для кількісного визначення вмісту вуглекислого газу в повітрі. Датчик має два вихідних інтерфейси, температурну компенсацію, високу лінійність і мале енергоспоживання. На відміну від старих датчиків CO₂, MH-Z19 не вимагає специфічної напруги або високої потужності і вміє передавати дані через UART і PWM. Згідно з документацією сенсора, йому потрібно близько трьох хвилин, щоб вийти на робочий режим. Перший час після включення він буде видавати або 5000ppm, або 400ppm, але це передбачено в існуючих бібліотеках і не є проблемою. Він дозволяє вимірювати рівень CO₂ до 5000 ppm або до 10000 ppm, залежно від використовуваної версії давача.

Під час роботи давачі даних накопичують певний об'єм даних, який потрібно якимось чином візуалізувати та провести аналіз даних. Для цих цілей існують багато сервісів для збору та аналізу даних з метеодавачів, для наших цілей було обрано сервіс ThingSpeak.

ThingSpeak - це безкоштовний хмарний сервіс для проектів, побудованих на концепції "Інтернет речей". До основних можливостей ThingSpeak можна віднести: збір даних в реальному часі, обробка даних і їх візуалізація. ThingSpeak API дозволяє не тільки відправляти, зберігати і отримувати доступ до даних, але і надає різні статистичні методи їх обробки.

Оснору платформи складаю канали, в які і надсилаються дані для зберігання і візуалізації. Кожен канал включає в себе 8 полів для будь-якого типу даних, 3 поля для розташування (широта, довгота, висота), і 1 поле стану. Як тільки ви зареєструєте в ThingSpeak свій канал ви відразу зможете відправляти туди дані, обробляти їх і отримувати до них доступ вашими додатками. Канали підтримують JSON, XML і CSV формати даних. Дані відправляються в ThingSpeak HTTP POST запитом. В майбутньому буде розроблено інформаційну систему моніторингу екосистеми, в якій буде реалізована підтримка великої кількості давачів даних та буде створено сервіс візуалізації та аналізу даних, отримуваних від систем моніторингу.

УДК 621.181

Ігор Коноваленко, к.т.н., доц., Павло Марущак, д.т.н., проф.

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

РОЗПІЗНАВАННЯ ТА ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ВІДОКРЕМЛЕНИХ ЯМОК В'ЯЗКОГО ВІДРИВУ ТА ЇХ КОНГЛОМЕРАТІВ

Запропоновано метод кількісного аналізу параметрів ямок в'язкого відриву та їх конгломератів на фрактографічному зображенні. Обчислено поля розподілу коефіцієнта кореляції аналізованих ділянок зображення із розпізнаванням ділянок «ямка-фон». Оцінено особливості застосування розробленого методу сегментації для ямок різної фізичної природи.

Ключові слова: аналіз зображень, ямки відриву, фрактодіагностування.

Igor Konovalenko, Pavlo Maruschak

RECOGNITION AND DEFINITION OF PARAMETERS OF SEPARATED DIMPLES OF DUCTILE TEARING AND THEIR CONGLOMERATES

The method of quantitative analysis of parameters of dimples of ductile tearing and their conglomerates in a fractographic image is proposed. Fields of distribution of the correlation coefficient of the analyzed image areas are calculated with the recognition of "dimple-background" areas.

Keywords: image analysis, dimples of ductile tearing, failure analysis.

Фрактографічні дослідження є основою визначення причин руйнування матеріалів і конструкцій з використанням електронної мікроскопії. Достовірне виявлення ділянок локалізації деформацій, аналіз механізмів формування дефектів є типовими завданнями, що виникають при цьому. Загалом таким метод досліджень останнім часом називають фрактодіагностуванням. Його основою є неруйнівні оптико-цифрові методи, які ґрунтуються на ідентифікації морфологічних об'єктів на поверхнях зламів, описі їх кількості, форми, площі та ін. [1,2]. За умов статичного розтягу, повзучості на поверхнях руйнування матеріалів виникають ямки. Їх форма, розмір, глибина є важливими кількісними параметрами, за якими можна відтворити кінетику деформування та руйнування матеріалів, або натурних конструкцій. В низці наукових праць [1,2] була доведена можливість використання автоматизованих методів для їх дослідження. Разом з тим, для різних матеріалів, форма, розміри та морфологія мок можуть відрізнятися.

У зв'язку з цим, актуальним є розроблення дієвих автоматизованих методів аналізу поверхонь руйнування матеріалів.

Алгоритм обробки зображення. В даній роботі запропоновано алгоритм, що ґрунтується на обчисленні поля розподілу коефіцієнта кореляції. Його можна застосовувати для зображень із вираженою неоднорідністю об'єктів аналізу і фону. В якості таких об'єктів виступали ямки відриву на фрактографічних зображеннях зразків сталі 17Г1С-У. Призматичні зразки із центральним отвором піддавали статичному розтягу до руйнування із побудовою повної діаграми деформування, після чого на растровому електронному мікроскопі РЕМ-106И, одержано серію фрактографічних зображень поверхні руйнування, рис. 1а.

Локалізацію зон ямок відриву на зображеннях виконано з застосуванням алгоритму, базовими кроками якого є операції розрахунку поля розподілу коефіцієнта кореляції ділянок зображення та гаусівське фільтрування. Це дозволило виокремити на зображенні зони ямок відриву, видалити з розгляду дрібні об'єкти та об'єднати близькі

суміжні фрагменти одного об'єкта. Граничне перетворення є кінцевим кроком, який дозволяє відділити зони з високою кореляцією (у них локалізовані шукані об'єкти) від зон з низькою кореляцією (їм відповідає фон), рис. 1б.

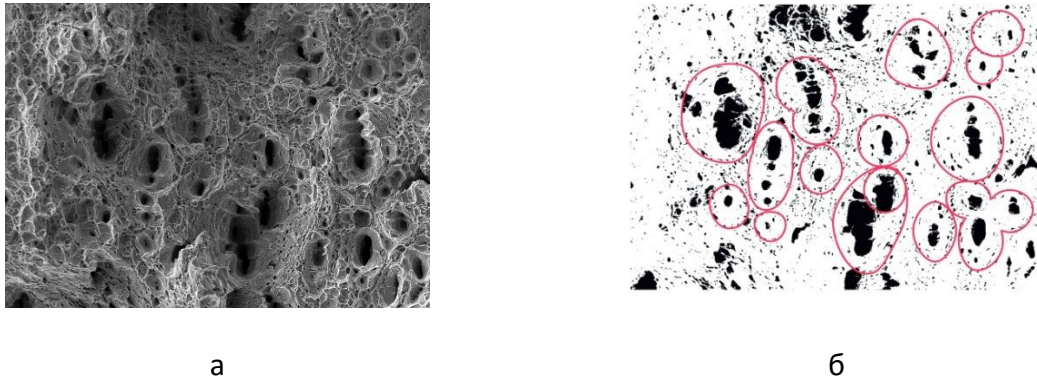


Рис. 1. Фрактографічне – а та бінаризоване зображення – б в'язкого руйнування сталі 17Г1С-У з позначеними конгломератами ямок

Ямки, виявлені на поверхні зразка, виникли внаслідок злиття локальних пошкоджень (мікропор), їх коалесценції за нормальним, зсувним та позацентровим механізмами. Різним умовам об'єднання мікропорожнин відповідали різні за формою ямки:

- округлі – утворені за рівновісного розтягу (схема нормального відриву);
- параболічні (однапрявлені) - за позацентрового розтягу;
- параболічні (різнонапрявлені) – внаслідок дотичних напружень, та коалесценції мікропор за механізмом зсуву.

Переважну більшість (понад 90 %), на аналізованих зображеннях, становлять округлі ямки в'язкого відриву. Інші типи зустрічаються на окремих ділянках фрактограм як наслідок локальних механізмів руйнування, притаманних цим зонам. На поверхні руйнування сталі 17Г1С виявлено два принципово відмінні типи округлих ямок:

- глибокі ямки (та їх конгломерати), у яких візуально не видно дна (ЯНД), які утворились шляхом локалізації деформацій в околі кількох об'єднаних дефектів, які об'єдналися у макропору подовгастої форми. На нашу думку, вони пов'язані з наявністю у структурі сталі 17Г1С-У досить великих неметалевих включень, зокрема сульфідів марганцю, навколо яких локалізується та розвивається деформаційний процес. Після руйнування вона перетворилась на глибоку ямку, дно якої розташовано надто глибоко й візуально не видиме;

- ямки з видимим дном (ЯВД) – це ямки, дно яких добре видно, вони як правило оточують ЯНД, або декорують їх краї, утворюючи конгломерати ямок різного розміру округлої форми. Рельєф зламів на ділянках таких конгломератів практично однаковий – дрібні неглибокі з чітким окантуванням ямки округлої форми чергуються з великими.

Література

1. Computer analysis of characteristic elements of fractographic images / R.Ya. Kosarevych, O.Z. Student, L. M. Svirs'ka, B. P. Rusyn, H. M. Nykyforchyn // Mat. Sci. – 2013. – Vol. 48. – P. 474-481.
2. Bastidas-Rodriguez M.X., Prieto-Ortiz F.A., Espejo E. Fractographic classification in metallic materials by using computer vision // Eng. Fail. Analysis. – 2016. – Vol. 59. – P. 237-252.

УДК 621.36

Андрій Курко, к.т.н., доц.

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

АВТОМАТИЗАЦІЯ ДОСЛІДЖЕННЯ СИЛОВИХ ПАРАМЕТРІВ ЗУБЧАСТИХ ПЕРЕДАЧ ЗАСОБАМИ СЕРЕДОВИЩА LabVIEW

Розглянуто проблемні питання підготовки та проведення експериментальних досліджень. Наведено основні переваги застосування середовища LabVIEW для автоматизованого обробітку експериментальних даних.

Ключові слова: Силовий параметр, блок-діаграма, автоматизація, машинний код.

Andrii Kurko

AUTOMATION OF RESEARCH OF POWER PARAMETRES OF TOOTH GEARINGS BY LabVIEW ENVIRONMENT MEANS

Problem questions of preparation and carrying out of experimental researches are considered. The basic advantages of use of LabVIEW environment to the automated processing of experimental data are resulted

Keywords: Power parametre, block diagramme, automation, machine code.

Рівень підготовки інженерів-дослідників в галузі автоматизації обробітку експериментальних даних нерідко впирається в знання можливостей сучасних засобів програмного забезпечення обробітку одержаних результатів, оскільки програмне забезпечення вимагає певної кваліфікації в галузі програмування. Інший суттєвий стримуючий фактор – значні матеріальні затрати в ході підготовки та проведення досліджень. Серед величезної кількості літературних джерел, присвячених даній проблематиці, чомусь відсутня важлива складова: поєднання механічної (експериментальної) та програмної складових. У кращому випадку це, як правило, штучне поєднання, що нерідко далеке від бажаного.

Цифрові технології, на сьогоднішній день, увірвались не тільки у високотехнологічні сфери, а й все наполегливіше «мозолять очі» і в побуті. Зрозуміло, що не варто ігнорувати такі можливості, зокрема для здешевлення облаштування експериментальних стендів. Наприклад, використання в якості динамометрів цифрових побутових ваг, обладнаних com-портом дає можливість реєстрації силових параметрів з досить високою точністю. Для подальшого обробітку та аналізу цих даних доцільно скористатися засобами середовища LabVIEW, що надає досліднику легку в застосуванні графічну оболонку з набором інструментів, необхідних саме для збору даних, їх обробітку, аналізу та зручного представлення одержаних результатів. Саме графічна мова програмування LabVIEW дозволяє програмувати задачу експериментального дослідження у зрозумілій досліднику (навіть без спеціальної підготовки) графічній блок-діаграмі, що компілює алгоритми в машинний код. Іншими перевагами середовища LabVIEW є можливість вставки блоків об'єктно-орієнтованого програмування (наприклад, C++), баз даних, та можливість створення віртуальних приладів, що допускає дистанційне спостереження та керування через Інтернет.

Література

1. Трэвис Дж., Кринг Дж. LabVIEW для всех – М.: ДМК Пресс, 2008 – 880 с.

УДК004.383.3

Ярослав Литвиненко, к.т.н., доц., Павло Марушак, д.т.н., проф., Тетяна Лавренюк
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

СЕГМЕНТАЦІЯ ЦИКЛІЧНИХ СИГНАЛІВ В ЗАДАЧАХ ЦИФРОВОЇ ОБРОБКИ ДАНИХ: ДЕТЕРМІНОВАНИЙ ПІДХІД

Розглянуто метод сегментації циклічних сигналів на основі детермінованої математичної моделі, у вигляді циклічної числової функції із сегментною структурою. Оцінено точність розробленого методу сегментації для сигналів різної фізичної природи

Ключові слова: Сегментація, сегментна структура, циклічний сигнал, циклічна числова функція.

Iaroslav Lytvynenko, Pavlo Maruschak, Tetyana Lavrenyuk **SEGMENTATION OF CYCLIC SIGNALS IN DIGITAL DATA PROCESSING PROBLEMS: DETERMINISTIC APPROACH**

The method of segmenting cyclic signals based on a deterministic mathematical model in the form of a cyclic numerical function with a segment structure is considered. The accuracy of the developed segmentation method for signals of different physical nature is evaluated.

Keywords: segmentation, segment structure, cyclic signal, cyclic numerical function.

В системах цифрового аналізу даних часто постає задача обробки, що полягає у сегментації (розбитті) сигналу на ділянки (сегменти) які характеризуються подібністю чи однаковістю. Така задача виникає під час створення систем автоматизованого діагностування, наприклад, при створенні систем діагностики серцево-судинної системи людини [1,2].

Розроблення сучасних інформаційних систем для автоматизованого аналізу та прогнозування деформаційної поведінки руйнування матеріалів нового покоління також потребує застосування коректного математичного опису взаємозв'язку між локальними морфоструктурними проявами та закономірностями їх самоузгодженого формування. Саме це, дозволяє оцінити неоднорідність напружено-деформованого стану системи, сприяє інтенсифікації технічного діагностування стану модифікованої поверхні, підвищує рівень достовірності аналізу. Отже, від ефективності створених методів сегментації значною мірою залежить достовірність результату діагностики стану фізіологічного або технічного об'єкта [3-5].

Тому, створення нових та вдосконалення існуючих методів та алгоритмів є важливою та актуальною науково-технічною задачею.

В даній роботі розглянуто метод сегментації детермінованих циклічних сигналів на базі математичної моделі у вигляді циклічної числової функції із сегментною структурою. Відомо, що циклічні сигнали характеризуються морфологічними та ритмічними ознаками, Тому, для побудови методу сегментації детермінованих циклічних сигналів слід врахувати особливості (параметри) сигналу які б були чутливі та реагували на переходи між сегментами-циклами чи сегментами-зонами.

Циклічні сигнали характеризуються змінним чи постійним, стабільним ритмом. У випадку коли ми маємо справу із сигналами які характеризуються стабільним ритмом (періодичні) важливою задачею є оцінка періоду. Для вирішення цієї задачі, також можна використовувати процедуру сегментації.

Послідовність кроків алгоритму сегментації детермінованих циклічних сигналів виглядає наступним чином:

1. Оцінка сегментної структури (попередня сегментація);
2. Оцінка циклічної структури;
3. Уточнення сегментної структури (зонно-циклічної структури);
4. Уточнення сегментної структури (зонної структури);
5. Оцінка ритму.

Структурна схема алгоритму розробленого методу сегментації подана на рисунку 1.

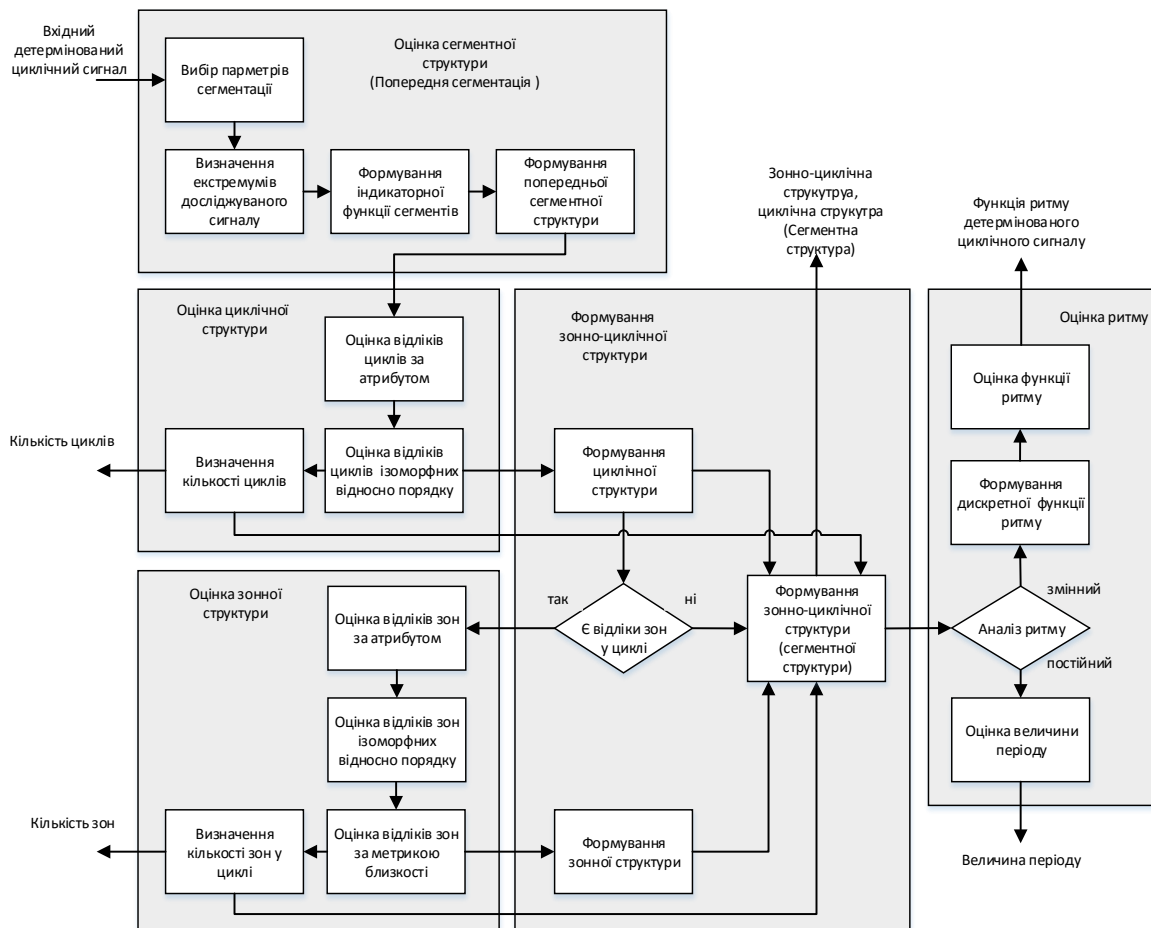


Рис. 1. Структурна схема алгоритму сегментації детермінованих циклічних сигналів

Для тестування розробленого методу та програмного забезпечення було змодельовано детерміновані циклічні тестові сигнали, приклад подано на рисунку 2а. Тестові сигнали були змодельовані з врахуванням різних функцій ритму, приклад подано на рисунку 2.б, дана функція враховує сегментну структуру і відображає ритмічну структуру циклічного сигналу (задає стабільний чи змінний ритм). Для оцінки точності роботи методу використовувались сигнали з наперед відомою, заданою сегментною структурою. Проведена оцінка точності методу відносна похибка сегментації становить не більше 0,04 відсотка.

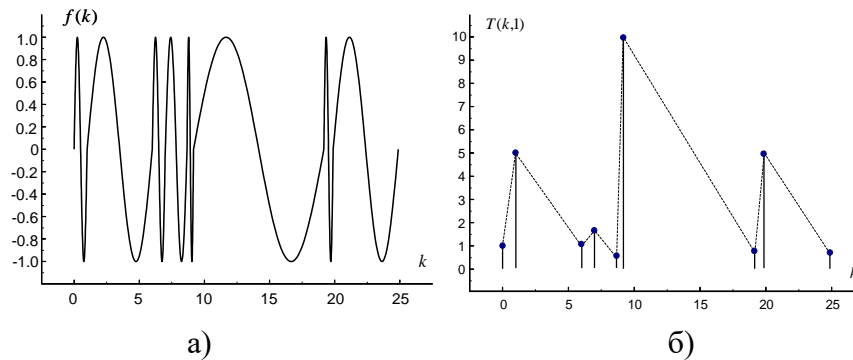


Рис. 2. Детермінований циклічний сигнал та його дискретна функція ритму: а) змодельований детермінований циклічний сигнал; б) дискретна функція ритму детермінованого циклічного сигналу

Створене програмне забезпечення дозволяє сегментувати циклічні детерміновані сигнали та проводити їх аналіз. Практична цінність таких досліджень полягає, на нашу думку, у розробленні сучасних методів оцінювання властивостей характерних сегментів досліджуваних сигналів. Отримана інформація - сегментна структура може бути використана для задач подальших досліджень, наприклад, для оцінки функції ритму циклічного сигналу та моделювання детермінованих циклічних сигналів. Використання даного програмного забезпечення може бути корисним в задачах обробки циклічних сигналів у медицині, фізиці, механіці, матеріалознавстві тощо.

Таким чином, розроблений метод дозволив проводити сегментацію циклічних детермінованих сигналів, а також періодичних сигналів і формувати сегментну структуру. Із отриманої сегментної структури визначати функцію ритму чи оцінювати період для досліджуваних періодичних сигналів. В подальших дослідженнях планується провести апробацію даного методу на різних детермінованих циклічних сигналах в медицині та механіці.

Література

1. Литвиненко Я. Статистичний метод визначення зонної структури електрокардіосигналу в автоматизованих діагностичних системах / Я. Литвиненко, С. Лупенко, Л.Щербак // Вісник Тернопільського державного технічного університету. – 2005. – Т. 10. – №3. – С.144–154.
2. Литвиненко Я.В. Програмний комплекс для обробки та моделювання синхронно зареєстрованих кардіосигналів з використанням моделей та методів теорії циклічних функціональних відношень / Я.В. Литвиненко, С.А. Лупенко, А.С. Сверстюк // Вісник Хмельницького національного університету. Технічні науки. – Хмельницький. – 2009. – № 5. – С. 80–87
3. Литвиненко Я.В. Програмний комплекс для морфологічного аналізу та аналізу серцевого ритму з підвищеною інформативністю Н.С. Луцик, Я.В. Литвиненко, С.А. Лупенко, А.М. Зозуля // Інформаційні технології та комп'ютерна інженерія. – 2016. – №1 (35). – С. 13–22.
4. Lytvynenko I. Segmentation and statistical processing of geometric and spatial data on self-organized surface relief of statically deformed aluminum alloy / I. Lytvynenko, P. Maruschak, S. Lupenko, S. Panin // Applied Mechanics and Materials. – 2015. – Vol. 770. – P. 288–293.
5. Lytvynenko I.V. Software for segmentation, statistical analysis and modeling of surface ordered structures // I.V. Lytvynenko, P.O. Maruschak, S.A. Lupenko, Yu. I. Hats, A. Menou, S.V. Panin // AIP Publishing. – 2016, Vol. 1785. – P. 030012-1-030012-7.

УДК 681.121.84

Федір Матіко, д.т.н., доцент, Віктор Джигирей, аспірант, Віталій Нагорняк
Національний університет “Львівська політехніка”

ДОСЛІДЖЕННЯ ГАЗОДИНАМІЧНИХ ЯВИЩ У ВИТРАТОМІРАХ ЗМІННОГО ПЕРЕПАДУ ТИСКУ ЗАСОБАМИ CFD МОДЕЛЮВАННЯ

За допомогою методів CFD-моделювання досліджено газодинамічні явища у витратомірах змінного перепаду тиску. Виконано оцінку похибок вимірювання витрати, що виникають внаслідок невідповідності конструкції вимірювального трубопроводу вимогам стандартів ДСТУ ГОСТ 8.586.1-5:2009.

Ключові слова: витратоміри змінного перепаду тиску, газодинамічні явища, конструкція витратоміра, похибка вимірювання витрати.

Fedir Matiko, Viktor Dzhyhyrei, Vitalii Nahorniak

INVESTIGATION OF GAS-DYNAMIC EFFECTS AT VARIABLE DIFFERENTIAL PRESSURE FLOWMETERS USING CFD MODELING

Gas-dynamic effects at variable differential pressure flowmeters are investigated using CFD-modeling. Flowrate measurement errors caused by unconformity of measuring pipe to standards GOST 8.586.1-5: 2009 are estimated in the paper.

Keywords: variable differential pressure flowmeter, gas-dynamic effects, flowmeter design, flowrate measurement error.

Витратоміри змінного перепаду тиску (ВЗПТ) широко застосовують в системах обліку плинних речовин, контролю та автоматизації технологічних процесів. Однак газодинамічні явища у цих витратомірах можуть суттєво впливати на результат вимірювання витрати. Зокрема, дефекти конструкції звужувального пристрою та вимірювального трубопроводу, відхилення від вимог стандартів щодо їх конструкції та монтажу можуть спричинити небажані газодинамічні явища, внаслідок чого виникають додаткові похибки вимірювання витрати. Тому актуальним є завдання дослідження газодинамічних явищ у ВЗПТ та розроблення рекомендацій щодо зменшення додаткових похибок зумовлених цими явищами.

Нами досліджено додаткові похибки ВЗПТ, що виникають внаслідок невідповідності конструкції вимірювального трубопроводу вимогам стандартів ДСТУ ГОСТ 8.586.1-5:2009 [1]. Зокрема, досліджено вплив наявності зварних швів на невеликій віддалі від діафрагми на результат вимірювання витрати. Дослідження газодинамічних явищ у вимірювальному трубопроводі виконане за допомогою методів CFD-моделювання, реалізованих у програмному пакеті SolidWorks.

Дослідження додаткових похибок ВЗПТ виконане за такою методикою:

- побудова твердотілої моделі витратоміра (див. рис. 1);
- формування початкових та граничних умов, що відповідають значенням технологічних параметрів під час експлуатації витратоміра; моделювання потоку за допомогою CFD-методів та визначення параметрів потоку (перепаду тиску на діафрагмі, тиску в камерах, температури);
- обчислення витрати газового потоку за рівнянням витрати (5.6) із стандарту ДСТУ ГОСТ 8.586.5:2009 на основі результатів CFD-моделювання;
- виконання п.1 – 3 для моделі витратоміра, конструкція якого відповідає вимогам стандартів [1], та для моделі, що має дефект конструкції; порівняння значень витрати та визначення відносного відхилення витрати, що виникає внаслідок

дефекту конструкції.

Зокрема, в середовищі SolidWorks реалізована модель ВЗПТ із такими характеристиками: внутрішній діаметр трубопроводу – 0,1 м; діаметр отвору діафрагми (за температури 20°C) – 0,05м; геометричні характеристики камер відповідають вимогам [1]; тип середовища – повітря; вхідний тиск – 110кПа; масова витрата повітря – 0,5кг/с.

Для визначення впливу особливостей конструкції витратоміра на результат вимірювання витрати газу, були виконані дослідження за наведеною методикою для таких типових елементів конструкції, що виникають під час монтажу витратоміра як званий шов. Зокрема досліджено додаткову похибку витратоміра, що виникає за наявності зварного шва висотою більше 0,003D в межах ділянки трубопроводу довжиною 2D безпосередньо перед діафрагмою.

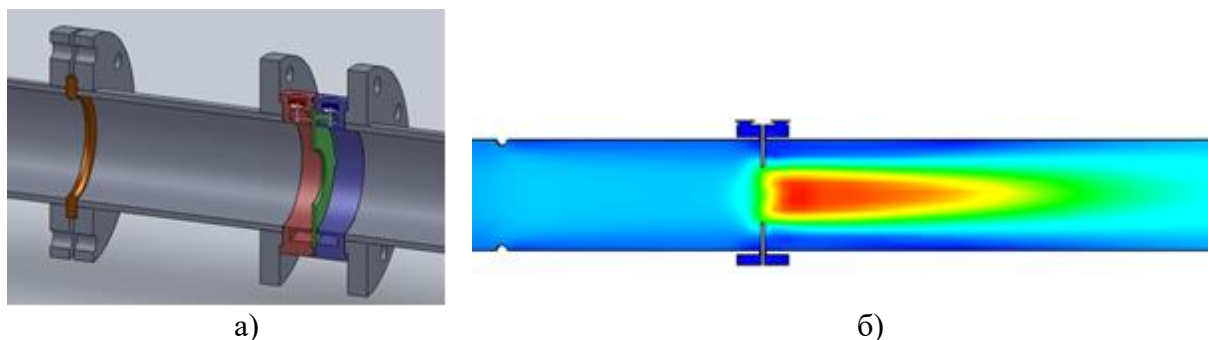


Рис.1. а) твердотіла модель витратоміра із зварним швом висотою 5 мм і шириною 10 мм; б) профіль швидкості потоку у ВТ із зварним швом.

Результати досліджень для моделі витратоміра із зварним швом всередині ВТ на відстані $L_{ш} = 2D$ перед діафрагмою, представлено у таблиці 1, де застосовано такі позначення: Q_B – масова витрата газу, обчислена за формулою (5.6) стандарту ДСТУ ГОСТ 8.586.5:2009 на основі результатів CFD-моделювання; Q_2 – значення масової витрати, задане на “кришці” твердотілої моделі; P_+ – тиск у вхідній камері витратоміра; ΔP – перепад тиску на діафрагмі; T_2 – температура в перерізі розміщення термоперетворювача; C – коефіцієнт витікання; α , ε – коефіцієнт витрати та розширення середовища. Значення відносної похибки δ_Q отримане за формулою

$$\delta_Q = (Q_{B\delta} - Q_{B[1]}) / Q_{B[1]} \cdot 100\%, \quad (1)$$

де $Q_{B[1]}$ – значення витрати газу, обчислене для витратоміра, конструкція якого відповідає вимогам [1]; $Q_{B\delta}$ – значення витрати газу, обчислене для витратоміра з дефектом конструкції (наявністю зварного шва).

Як видно з табл.1, висота зварного шва суттєво впливає на додаткову похибку вимірювання витрати. За результатами виконаних досліджень (див. табл. 1), побудовано залежність додаткової похибки вимірювання витрати від відносної висоти зварного шва $\delta_Q = f(h/D)$. На рисунку 2, представлено графік цієї залежності. На графіку символом «о» позначено значення похибки, отримані за результатами моделювання, суцільною лінією позначено залежність $\delta_Q = f(h/D)$, побудовану за методом найменших квадратів. Для досліджуваної конструкції витратоміра похибка вимірювання витрати є від’ємною. Як видно з рис.2, при невеликій висоті ЗШ похибка є незначною, але при збільшенні висоти ЗШ, похибка також за модулем збільшується. Усереднене значення зміни похибки становить 0,38% на 1мм висоти зварного шва.

Для відтворення фізичної суті залежності $\delta_Q = f(h/D)$ при малих значеннях h доцільно застосувати складну функцію, яка має вигляд:

$$\delta_Q = \begin{cases} 0, \text{ для } 0 \leq h_g \leq 0.017; \\ 190.55h_g^2 - 57.08h_g + 0.92, \text{ для } 0.017 \leq h_g \leq 0.08. \end{cases} \quad (2)$$

де $h_g = h/D$ – відносна висота зварного шва.

Таблиця 1

Результати дослідження додаткової похибки вимірювання витрати при зміні висоти зварного шва на відстані $L_{из} = 2D$ перед ЗП ($Q_2 = 0,5 \text{ кг/с}$)

S, мм	Результати моделювання в SolidWorks			Результати обчислення витрати в САПР "Расход - РУ"					$\alpha = \frac{Q_g}{Q_2}$	$\delta_Q, \%$
	P_+ , КПа	ΔP , КПа	$T_2(0,7)$, К	C	ε	$\alpha 0$	Q_g , кг/с	Re		
2x10	110,313	25,287	292,08	0,60546	0,9371	0,58914	0,29843	210235	0,59686	-0,0703
3x10	110,022	25,024	292,11	0,60547	0,9376	0,58947	0,29663	208952	0,59326	-0,6731
4x10	109,738	24,795	292,12	0,60548	0,9381	0,58974	0,29502	207814	0,59004	-1,2122
5x10	109,690	24,677	292,12	0,60549	0,9383	0,58993	0,29434	207336	0,58868	-1,4399
6x10	109,346	24,635	292,14	0,60549	0,9382	0,58987	0,29360	206798	0,58720	-1,6877
7x10	108999	24,491	292,13	0,60550	0,9384	0,58999	0,29233	205914	0,58466	-2,1129
8x10	108,521	24,405	292,12	0,60550	0,9384	0,58995	0,29117	205101	0,58234	-2,5013

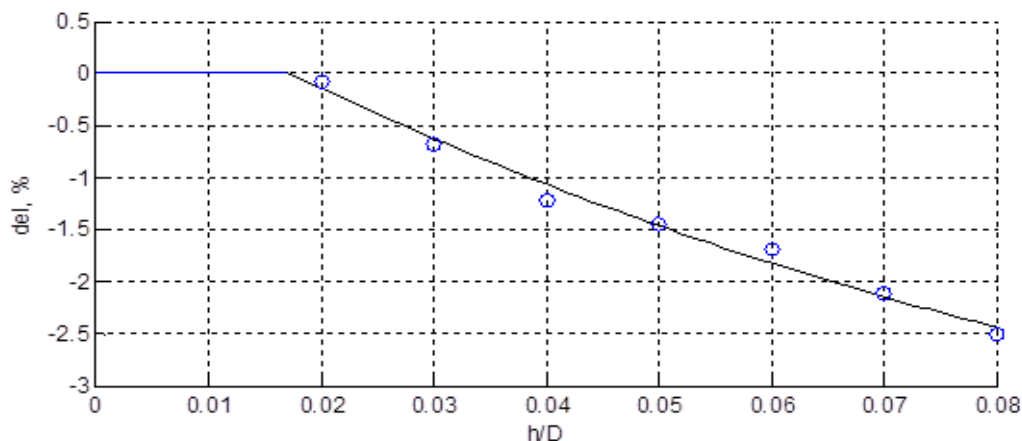


Рис. 2. Залежність похибки вимірювання витрати від відносної висоти зварного шва.

Отже, за результатами виконаних досліджень встановлено, що наявність зварного шва на відстані $L_{из} = 2D$ перед діафрагмою призводить до зниження вимірюваного значення витрати. Це зумовлено «загостренням» профілю швидкості потоку внаслідок наявності зварного шва, зменшенням вимірюваного значення перепаду тиску, а, відповідно, і вимірюваного значення витрати.

Значення додаткової похибки залежить, зокрема, і від висоти зварного шва. Із тал.1. видно, що додаткова похибка вимірювання витрати може досягати $-2,5\%$ для відносної висоти зварного шва $h/D = 0,08$. Такі значення відносної висоти зварного шва характерні для трубопроводів з внутрішнім діаметром до 100 мм.

Запропонована авторами методика дослідження витратомірів дає можливість дослідити вплив різних особливостей конструкції на похибку витратомірів та розробити рекомендації щодо їх виготовлення та монтажу.

Література

1. ДСТУ ГОСТ 8.586.1-5:2009 Метрологія. Вимірювання витрати та кількості рідини й газу із застосуванням стандартних звужувальних пристроїв. – К.: Держспоживстандарт України, 2010.

УДК 681.324

Андрій Микитишин, к.т.н., доцент

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

ДОСЛІДЖЕННЯ АЛГОРИТМІВ МАРШРУТИЗАЦІЇ В КОМП'ЮТЕРНИХ МЕРЕЖАХ

Об'єкт дослідження складають методи та моделі для вибору оптимального шляху при передаванні блоку даних. Розглянуто побудову математичної моделі для дослідження алгоритмів маршрутизації. Результати аналізу цієї моделі дозволяють прогнозувати вибір оптимального маршруту.

Ключові слова: алгоритм, маршрутизація, мережа, протокол.

Andriy Mykytyshyn

THE STUDY OF ROUTING ALGORITHMS IN THE COMPUTER NETWORKS

The object of investigation consists in the methods and models for the detection of the optimal routing ways for the data transmission. The article discusses the mathematical model of investigation of routing algorithms. The analysis of the model to predict the optimal route selection.

Key words: algorithm, routing, network, protocol.

Для успішного застосування комп'ютерних мереж необхідно володіти моделями і інженерними методами, що дозволяють на їх основі оцінювати якість функціонування мережевого обладнання, прогнозувати характеристики їхньої роботи при зміні технічних і програмних засобів, способів диспетчеризації. Крім цього, важливим завданням є розробка методів проектування алгоритмів маршрутизації, що забезпечують реалізацію функцій для знаходження оптимальних шляхів проходження пакетів даних.

Алгоритми маршрутизації застосовуються для визначення оптимального шляху пакетів від відправника до отримувача і є основою будь-якого протоколу маршрутизації. Розрізняють мережі з комутацією каналів та комутацією пакетів [1]. В мережах з комутацією каналів використовується фіксована маршрутизація, при якій для передавання даних від вузла відправника до вузла отримувача використовується єдиний маршрут на весь час передавання даних. В мережах з комутацією пакетів використовується альтернативна маршрутизація, коли під час передавання даних дозволяється використовувати більше одного шляху. Альтернативна маршрутизація, в порівнянні з фіксованою, більш повно використовує ресурси мережі передачі даних, однак фіксована маршрутизація набагато простіша для реалізації.

На початкових етапах розробки протоколів маршрутизації дуже важливим є вибір алгоритму маршрутизації. Для цієї мети можуть бути використані різні види моделювання: натурне, імітаційне, оптимізовані математичні моделі. Також для вибору алгоритму маршрутизації важливе значення мають виміри і статистичний аналіз параметрів реальної мережі.

Застосування математичного моделювання при аналізі алгоритмів маршрутизації в комп'ютерних мережах на відміну від інших перерахованих вище засобів, дозволяє прогнозувати тенденції розвитку мережі передавання даних, що є надзвичайно важливим при побудові інфокомунікаційних мереж.

На сьогоднішній день розроблений досить потужний математичний апарат, що дозволяє використовувати його для аналізу алгоритмів маршрутизації, а також здійснювати необхідну модифікацію існуючих моделей із врахуванням специфіки конкретної мережі.

При математичному моделюванні комп'ютерної мережі, як правило, вводять деякі обмеження. Передбачається, що:

- всі лінії зв'язку абсолютно надійні;
- вузли комутації мають нескінченну пам'ять;
- час обробки у вузлах комутації відсутні.

Нехай модель мережі передачі даних складається з N вузлів комутації і M ліній зв'язку. Передбачається, що трафік, який надходить у мережу, складається з повідомлень, що мають однаковий пріоритет, і утворює пуассонівський потік із середнім значенням γ_{ij} [повідомлень/с] для повідомлень, що виникають у вузлі i і призначених вузлу j . Тоді повний зовнішній трафік визначатиметься:

$$\gamma = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N \gamma_{ij} \quad (1)$$

Передбачається, що кожна лінія зв'язку складається з єдиного дуплексного каналу зв'язку із пропускною спроможністю, рівною d_{kl} [байт/с] ((k, l) – лінія зв'язку між вузлами k і l). Якщо канал зв'язку між вузлами k і l відсутній, то $d_{kl} = 0$.

Нехай частка потоку γ_{ij} , що проходить по лінії (k, l) рівна:

$$0 \leq x_{kl}^{(i,j)} \leq 1 \quad (2)$$

Тоді:

$$\lambda_{kl} = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N \gamma_{ij} \cdot x_{kl}^{(i,j)}, \quad (3)$$

де λ_{kl} – величина потоку в лінії (k, l) , зумовлена потоком $\gamma_{i,j}$;

$x_{kl}^{(i,j)}$ – частка потоку $\gamma_{i,j}$, що проходить по лінії (k, l) .

Для змінних повинна виконуватися умова збереження потоку в мережі:

$$\sum_{k=1}^N x_{kl}^{(i,j)} - \sum_{k=1}^N x_{lk}^{(i,j)} = \begin{cases} -1, & l=i \\ 0, & l \neq i, j \\ 1, & l=j. \end{cases} \quad (4)$$

Нехай Z_{ij} – середній час, що затрачається на передачу повідомлення між кінцевими вузлами i та j (міжкінцева затримка повідомлення). Важливою характеристикою якості функціонування мережі передачі даних є середня затримка повідомлення в мережі – T , яка визначається, як сума міжкінцевих затримок Z_{ij} :

$$T = \frac{1}{\gamma} \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N \gamma_{ij} Z_{ij}. \quad (5)$$

Застосування формули Літгла до мережі черг приведе до загального, і в той же час надзвичайно простого результату, вперше отриманого Л. Клейнроком [2]:

$$T = \frac{1}{\gamma} \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N \lambda_{kl} t_{kl}, \quad (6)$$

де t_{kl} – середній час перебування повідомлень у лінії (k, l) .

Доведено [2, 3], що середня затримка повідомлень у мережі T може бути визначена аналітично. У цьому випадку мережа черг зводиться до моделі, у якій кожна лінія зв'язку розглядається як незалежна система масового обслуговування типу М/М/1.

В цьому випадку, середній час перебування повідомлень в лінії (k, l) , що складається з часу передачі повідомлення $(\frac{1}{\mu d_{kl}})$ і часу очікування в черзі (W_{kl}) визначається за наступною формулою:

$$t_{kl} = \frac{1}{\mu d_{kl}} + W_{kl}, \quad (7)$$

де,

$$W_{kl} = \frac{1}{\mu d_{kl}} \cdot \frac{\lambda_{kl}}{\mu d_{kl} - \lambda_{kl}},$$

або

$$t_{kl} = \frac{1}{\mu d_{kl} - \lambda_{kl}}. \quad (8)$$

Нехай $f_{kl} = \lambda_{kl} / \mu$ – величина потоку в лінії (k, l) , [байтах/с]. Тоді:

$$t_{kl} = \frac{1}{\mu d_{kl} - f_{kl}}. \quad (9)$$

При підстановці t_{kl} у вираз (6) отримаємо вираз для середньої затримки повідомлень по мережі:

$$T = \frac{1}{\gamma} \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N \frac{f_{kl}}{d_{kl} - f_{kl}}. \quad (10)$$

Зроблені припущення і позначення дозволяють сформулювати завдання пошуку таких значень змінних $x_{kl}^{(i,j)}$, які забезпечать оптимальне (найменше) значення величині T .

Формальним результатом розв'язку задачі вибору оптимальних маршрутів у мережі є множина змінних $x_{kl}^{(i,j)}$; $i, j, k, l = 1, 2, \dots, N$. Знаючи ці змінні, легко визначити величини потоків у лініях зв'язку f_{kl} , множину оптимальних маршрутів для всіх пар вузлів «відправник-отримувач» і частки від вхідних потоків γ_{ij} , які потрібно передавати по оптимальних маршрутах. Самі змінні $x_{kl}^{(i,j)}$ практичного змісту не мають і багато існуючих алгоритмів вирішення задачі вибору оптимальних маршрутів, як правило, визначають лише потоки в лініях зв'язку f_{kl} . Знаючи значення f_{kl} , по формулі (10) можна визначити значення мінімальної затримки T .

Література

1. А.Г. Микитишин, М.М. Митник, П.Д. Стухляк, В.В. Пасічник. Комп'ютерні мережі. Книга 2. [навчальний посібник] (Лист МОНУ №1/11-11650 від 16.07.12р.) - Львів, «Магнолія 2006», 2014. – 312 с.
2. Клейнрок Л. Коммуникационные сети / Пер. с англ. под ред. А.А. Первозванного. – М.: Наука, 1970. – 255 с.
3. Клейнрок Л. Вычислительные системы с очередями. - М.: Мир, 1979. – 600 с.

УДК 621.865.8

Роман Михайлишин

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

АНАЛІЗ ВПЛИВУ ПАРАМЕТРІВ БАЗУЮЧИХ ЕЛЕМЕНТІВ СТРУМИННОГО ЗАХОПЛЮВАЛЬНОГО ПРИСТРОЮ НА ЙОГО ВАНТАЖОПІДЙОМНІСТЬ

В даній роботі проведений аналіз впливу параметрів базуючих елементів струминного захоплювального пристрою на його вантажопідйомність.

Ключові слова: струминний захоплювальний пристрій, об'єкт маніпулювання, маніпулятор, базуючий елемент, промисловий робот.

Roman Mykhailiushyn

THE ANALYSIS INFLUENCE OF PARAMETERS BASING ELEMENTS BERNOLLI GRIPPING DEVICE ON ITS LIFTING FORCE

This paper analyzed the influence of parameters basing elements bernoulli gripping device and in its lifting capacity.

Keywords: bernoulli gripper device, manipulating object, manipulator, basing elements, industrial robot.

Часто при виборі струминних захоплювальних пристроїв (СЗП) [1-5] різних фірм для експлуатації на виробництві, або їх конструюванні забувають про важливість параметрів базуючих елементів. Тому виникає завдання дослідити вплив параметрів базуючих елементів струминного захоплювального пристрою на його вантажопідйомність. Вимоги до конструктивного виконання базуючих елементів на торці СЗП повинні попереджувати утворення вихрових зон при обтіканні їх потоком стисненого повітря (рис. 1).

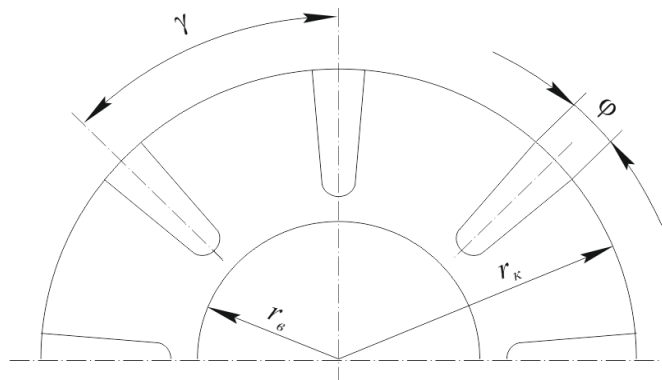


Рис. 1. Схема розташування базуючих елементів на торці СЗП

Базуючі елементи виконуються у вигляді кутівих секторів з величиною кута $\varphi \leq 10^\circ$. Кількість базуючих елементів обмежена, так як їх зростання приводить до зниження силових характеристик захоплювача. Якщо вихідна площа S_ϵ радіального проміжку зменшується при розташуванні базуючих елементів не більш як на 10% то силові характеристики захоплювача практично не змінюються. Враховуючи, що вихідна площа радіального проміжку при відсутності фрикційних накладок рівна $S_\epsilon = 2\pi r_\kappa h$, а при їх присутності

$$S_{\epsilon n} = (2\pi - \varphi n) r_\kappa h, \quad (1)$$

отримаємо залежність для розрахунку кількості n базуючих елементів з кутвою

величиною φ і висотою h

$$n \leq \frac{0.2\pi}{\varphi [\text{рад.}]} = \frac{36}{\varphi [\text{град.}]} \quad (2)$$

Даний метод проектування базуючих елементів використовує фірма Schmalz (рис. 2)[6].

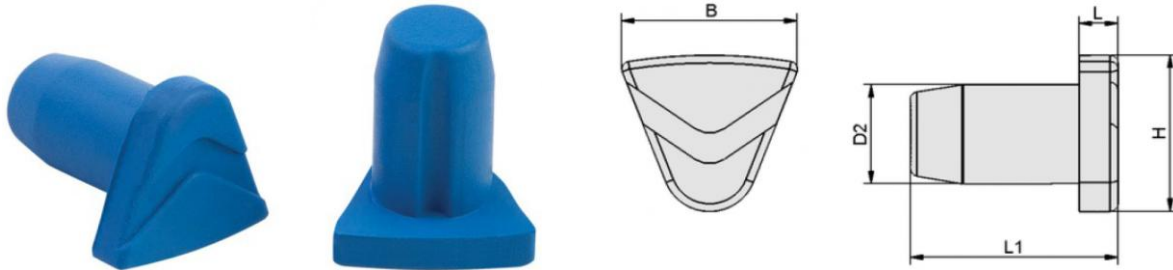


Рис. 2. Конструкція базуючих елементів фірми Schmalz для СЗП

Під час виконання транспортування об'єктів маніпулювання (ОМ) за допомогою СЗП використовуючи метод оптимізації орієнтації [7], одним з найважливіших факторів який впливає на мінімальну необхідну вантажопідймальність виявився коефіцієнт тертя об'єкта маніпулювання до базуючих елементів. Коефіцієнт тертя цілком залежить від параметрів базуючих елементів та ОМ. Його можна знайти експериментальним шляхом визначивши кут η між площиною контакту базуючих елементів і горизонтальною площиною, при якому починається проковзування ОМ. Тоді коефіцієнт тертя знайдемо з рівняння $f = \tan(\eta)$.

Для визначення впливу прискорення ОМ та коефіцієнта тертя на необхідну силу притягання використаємо формулу [7]:

$$F_{\text{притягання}} = m \left[g \left(\frac{\sin(\alpha)}{f} - \cos(\alpha) \right) - \omega^2 \left(\frac{E}{f} - \frac{H}{2} \right) + \varepsilon \left(\frac{H}{2f} + E \right) \right] - (Q_1 + Q_2 + F_{in}) \left(\frac{\cos(\alpha + \beta)}{f} + \sin(\alpha + \beta) \right) \quad (3)$$

Розглянемо випадок транспортування об'єкта маніпулювання по горизонтальній прямолінійній траєкторії. Також проводились експериментальні дослідження впливу прискорення на мінімально необхідну силу притягання (рис. 3) при наступних експериментальних параметрах: $A=0.6[\text{м}]$, $B=0.6[\text{м}]$, $H=0.01[\text{м}]$, $v=0.7[\text{м/с}]$, $d=0.05[\text{м}]$, $c=0.025[\text{м}]$, $\beta=0[\text{кг}]$, $m=1[\text{кг}]$, $\omega=0[\text{рад/с}]$, $\varepsilon=0[\text{рад/с}^2]$, $f=0.4$.

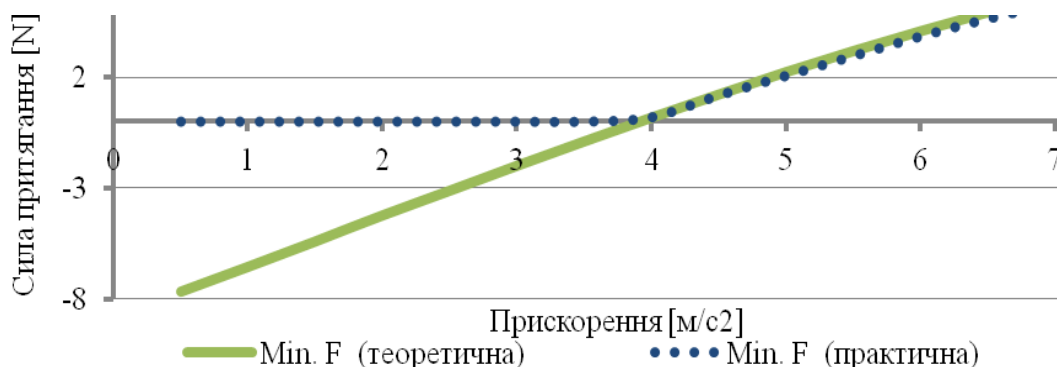


Рис. 3. Графік залежності мінімальної необхідної сили притягання від прискорення СЗП

Як видно з рисунку 3 для інтервалу прискорень від $0.5-4 \text{ [м/с}^2\text{]}$ можна помітити тенденцію при якій сила притягання для утримування ОМ на торці ЗП не потрібна. Ширина цього інтервалу, для якого буде зберігатись така тенденція, залежить від коефіцієнта тертя між базуючими елементами і об'єктом маніпулювання.

Результати розрахунків впливу коефіцієнта тертя на мінімальну необхідну силу притягання наведено на рисунку 4. Розрахунки проведені при наступних параметрах: $A=0.2\text{[м]}$, $B=0.2\text{[м]}$, $H=0.02\text{[м]}$, $v=0.7\text{[м/с]}$, $d=0.05\text{[м]}$, $c=0.025\text{[м]}$, $\beta=0\text{[кг]}$, $E=0\text{[м]}$, $m=0.2\text{[кг]}$, $\omega=0\text{[рад/с]}$, $\varepsilon=0\text{[рад/с}^2\text{]}$.

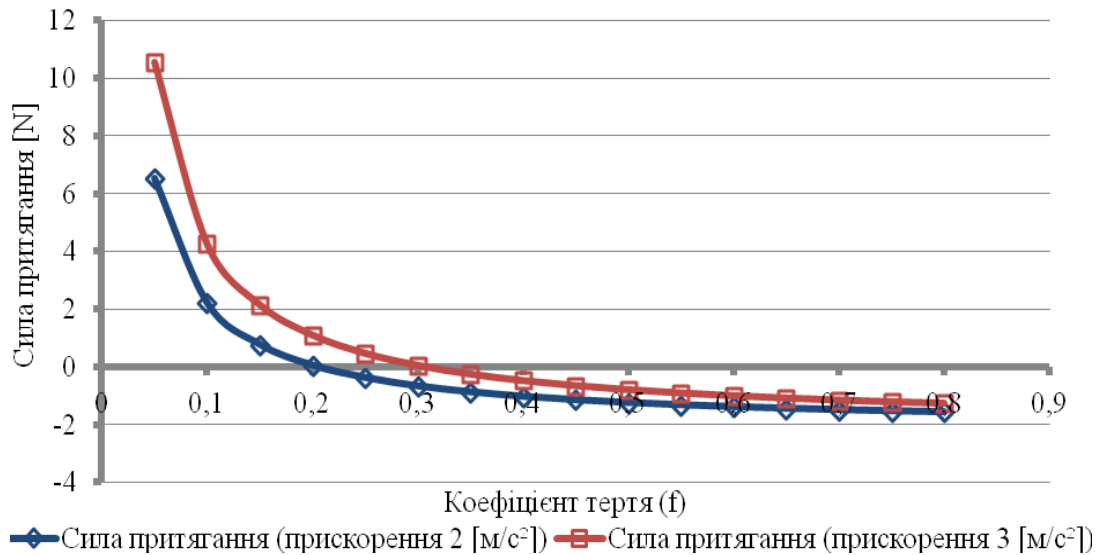


Рис. 4. Графік залежності необхідної сили притягання від коефіцієнта тертя

З рисунку 4 видно, що малі значення коефіцієнта тертя ($f \leq 0,15$) вимагають підвищення сили притягання, тобто зростання витрати стиснутого повітря. Очевидно, що необхідно забезпечувати якомога більший коефіцієнт тертя, з метою мінімізації сили притягання СЗП.

Література

1. Офіційний сайт фірми Bosch Rexroth [Електронний ресурс]– Режим доступу: <http://www.boschrexroth.com/pneumatics-catalog>
2. Офіційний сайт фірми Festo AG & Co [Електронний ресурс] – Режим доступу: https://www.festo.com/net/sv_se/SupportPortal/default.aspx?cat=4564
3. Офіційний сайт фірми Schmalz [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://www.schmalz.com/en/vacuum-technology-for-automation/vacuum-components/special-grippers/floating-suction-cups/floating-suction-cups-sbs>
4. Офіційний сайт фірми SMC [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://www.smcworld.com/newproducts/en/xt661/>
5. Li Xin, Toshiharu Kagawa, Theoretical and experimental study of factors affecting the suction force of a Bernoulli gripper, Journal of Engineering Mechanics 140.9 (2014): 04014066.
6. Базуючі елементи фірми Schmalz [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://www.schmalz.com/en/10.01.01.12593>
7. Savkiv, V., Mykhailyshyn, R., Fendo, O., Mykhailyshyn, M. (2017). Orientation Modeling of Bernoulli Gripper Device with Off-Centered Masses of the Manipulating Object. Procedia Engineering, 187, pp.264-271.

УДК 621.865.8

Роман Михайлишин, Володимир Савків, к.т.н., доц., Франтішек Духон, д-р. філос., доц., Михайло Михайлишин, к. ф.-м. н, доц.

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна
Словацький технічний університет в Братиславі, Словацька Республіка

**АНАЛІЗ ВПЛИВУ МАСО-ГАБАРИТНИХ ПАРАМЕТРІВ ОБ'ЄКТІВ
МАНІПУЛЮВАННЯ НА НЕОБХІДНУ ВАНТАЖОПІДЙМАЛЬНІСТЬ
СТРУМИННИХ ЗАХОПЛЮВАЛЬНИХ ПРИСТРОЇВ**

В даній роботі проаналізовано вплив масо-габаритних параметрів об'єкта маніпулювання на мінімальну необхідну силу притягання струминного захоплювального пристрою для різних параметрів руху.

Ключові слова: струминний захоплювальний пристрій, об'єкт маніпулювання, маніпулятор, орієнтація, промисловий робот.

**Roman Mykhailyshyn, Volodymyr Savkiv, Frantisek Duchon, Mykhailo Mykhailyshyn
ANALYSIS OF THE INFLUENCE OF MASS-DIMENSIONAL PARAMETERS OF
THE OBJECT MANIPULATION TO THE NEEDED LIFTING BERNOULLI
GRIPPING DEVICES.**

In this work, analyzed the influence of mass-dimensional parameters of the manipulation object on a minimum necessary force of lifting bernoulli gripper device for various motion parameters.

Keywords: bernoulli gripper device; manipulating object; manipulator; orientation; industrial robot.

У даній час актуальним є питання зниження енергозатрат при транспортуванні та маніпулюванні об'єктами виробництва. Об'єкти маніпулювання захоплюються пристроєм промислового робота і переміщуються з одного положення в інше. В захоплюючих пристроях струминного типу [1-3] підймальна сила створюється за рахунок аеродинамічного ефекту притягання, що забезпечується завдяки використанню стиснутого повітря. Тому виникає задача дослідити вплив масо-габаритних параметрів об'єкта маніпулювання на оптимальну орієнтацію захоплювального пристрою, що забезпечує безвідривне транспортування об'єкта маніпулювання при мінімальній витраті стиснутого повітря. У роботах [4-5] запропонована модель оптимальної орієнтації захоплювального пристрою під час транспортування об'єкта маніпулювання по прямолінійній траєкторії та при зміщеному центрі мас об'єкта маніпулювання відносно осі струминного захоплювального пристрою (СЗП). Метою даної роботи є дослідження впливу масо-габаритних параметрів об'єкта маніпулювання на оптимальну орієнтацію струминного захоплювального пристрою, що в свою чергу вплине і на мінімальну необхідну силу притягання.

Експериментальні дослідження (рис. 1) проводились з використання руху по прямолінійній траєкторії об'єкта маніпулювання (ОМ). Дана траєкторія була реалізована під час експериментальних досліджень за допомогою маніпулятора IRB 4600 в Національному центрі робототехніки в Словацькому Технічному Університеті в Братиславі [6]. Дані для перевірки моделі отриманні за допомогою програмного забезпечення RobotStudio (ABB). Для теоретичного дослідження впливу масо-габаритних параметрів ОМ на необхідну силу притягання нами використано метод моделювання орієнтації наведений в роботі [5].

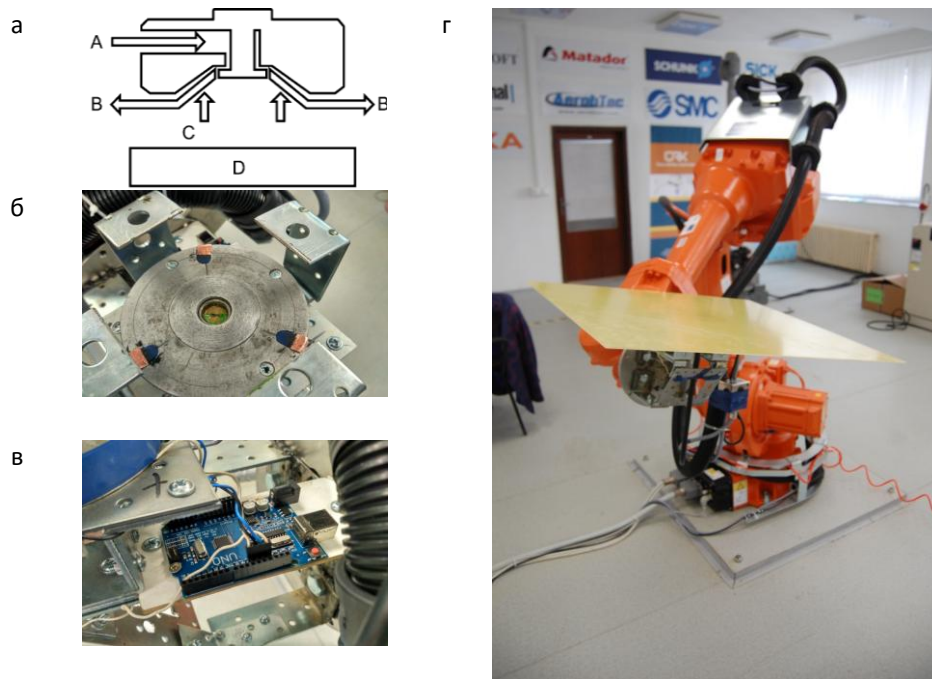


Рис. 1. Експериментальна установка: а – принцип дії струминного ЗП, б – закріплений на кінцевому ефекторі маніпулятора ЗП, в – контролер відриву ОМ від ЗП на основі Arduino UNO, г – установка на основі маніпулятора IRB 4600 з ОМ

У результаті досліджень впливу площі об'єкта маніпулювання на його оптимальну орієнтацію, що визначається кутом між віссю СЗП і вертикаллю глобальної системи координат. Виявилось, що орієнтація змінюється при збільшенні площі ОМ та швидкості руху захоплювального пристрою (ЗП) за рахунок зростання сил лобового опору, що діють на ОМ. Отже при розрахунку оптимальної орієнтації для габаритних деталей або деталей, що рухаються з великою швидкістю буде доцільно включати силу лобового опору в розрахункову схему. У найбільшій мірі вплив на оптимальну орієнтацію ЗП матиме величина зміщення центру мас ОМ відносно осі ЗП, що в свою чергу вплине на мінімальну необхідну силу притягання (рис. 2). На даному рисунку також подано дані мінімальної необхідної сили притягання без переорієнтації СЗП.

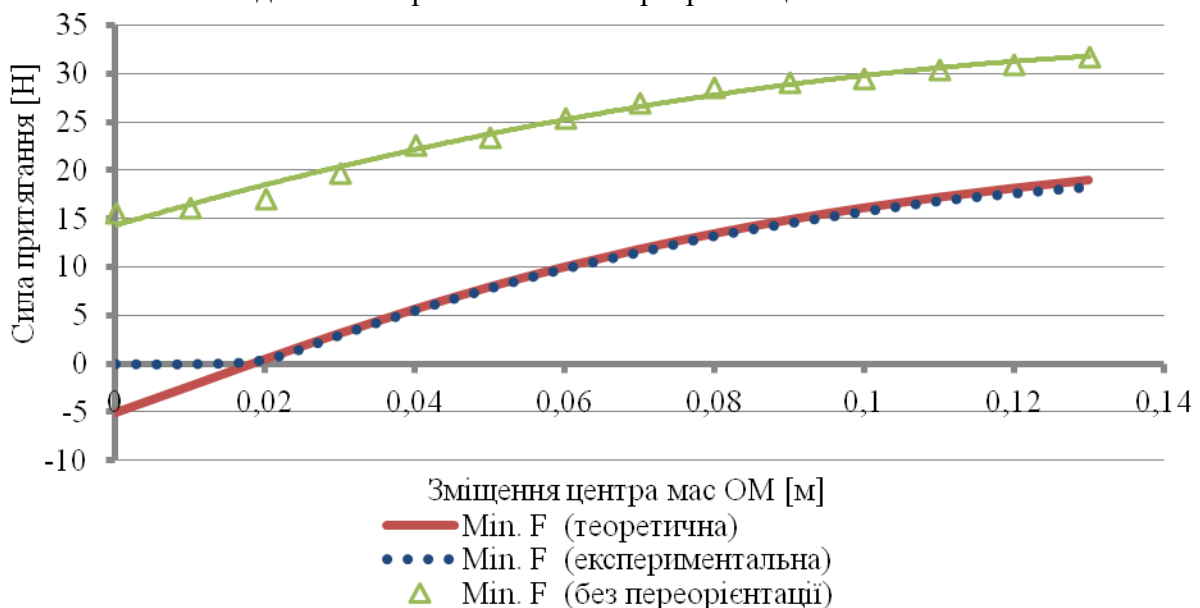


Рис. 2. Графік впливу зміщення центра мас ОМ на мінімальну необхідну силу притягання ЗП

Рисунок 2 підтверджує адекватність математичної моделі для оптимальної орієнтації струминного ЗП (максимальне відхилення експериментальних від теоретичних даних не перевищує 5%). Також можна побачити, що мінімально необхідна сила притягання при застосуванні моделі оптимізації орієнтації в порівнянні з транспортуванням без переорієнтації ОМ зменшиться на 42-100%. Але основним висновком з рисунку 2 є очевидність значного впливу зміщення центру мас ОМ на мінімальну необхідну силу притягання. Результати досліджень впливу маси ОМ та зміщення його центру мас відносно осі ЗП на оптимальну орієнтацію та мінімально необхідну силу притягання подано на рисунку 3.

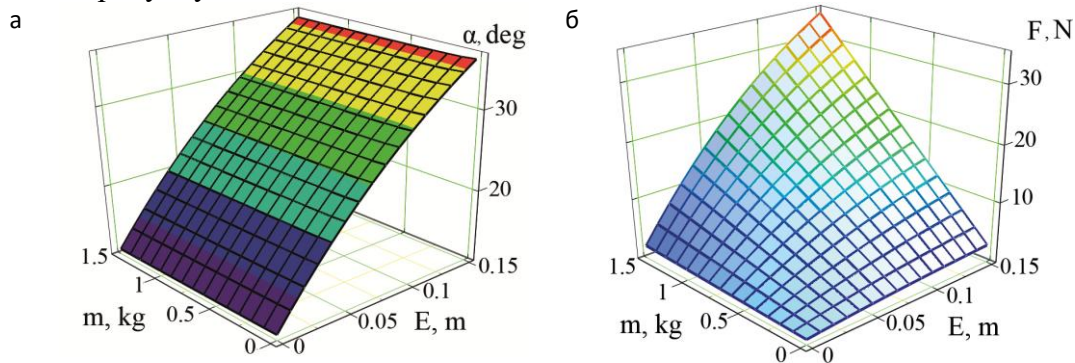


Рис. 3. Графіки впливу маси ОМ та зміщення його центру мас відносно осі ЗП на оптимальну орієнтацію (а) та мінімально необхідну силу притягання (б)

З рисунку 3 очевидно, що при збільшенні величини зміщення центру мас і маси ОМ мінімальна необхідна сила притягання буде зростати.

Висновок

Проведено аналіз впливу масо-габаритних параметрів об'єкта маніпулювання на мінімальну необхідну силу притягання струминного захоплювального пристрою для різних параметрів руху. Представлено результати аналізу впливу зміщення центра мас об'єкта маніпулювання на оптимальну орієнтацію і мінімально необхідну силу притягання. Виявлено, що мінімально необхідна сила притягання при застосуванні моделі оптимізації орієнтації в порівнянні з транспортуванням без переорієнтації ОМ зменшиться на 42-100%.

Література

1. Official site of Bosch Rexroth [electronic resource]– Access: <http://www.boschrexroth.com/pneumatics-catalog>
2. Офіційний сайт фірми Schmalz [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://www.schmalz.com/en/vacuum-technology-for-automation/vacuum-components/special-grippers/floating-suction-cups/floating-suction-cups-sbs>
3. В. Савків, О. Фендьо, Г. Савків «Удосконалення конструкції струменевих ежекторних захоплювачів автоматичних пристроїв завантаження» // Вісник ТНТУ. – 2010. – Том 15. – № 3. – С. 64-74.
4. Михайлишин, Р. І., Проць, Я. І., Савків, В. Б. "Optimization of bernoulli gripping device's orientation under the process of manipulations along direct trajectory." Вісник Тернопільського національного технічного університету 81.1 (2016): 107-117.
5. Savkiv, V., Mykhailyshyn, R., Fendo, O., Mykhailyshyn, M. (2017). Orientation Modeling of Bernoulli Gripper Device with Off-Centered Masses of the Manipulating Object. Procedia Engineering, 187, pp.264-271.
6. František Duchoň, Ľuboš Chovanec, Roman Mykhailyshyn, Volodymyr Savkiv. "Pod hlavičkou Národného centra robotiky pracujú už aj odborníci zo zahraničia." ATP journal 3 (2017), 54-55.

УДК 004.912

Борис Мороз, д.т.н., проф., Денис Костенко, Вікторія Костенко

Університет митної справи та фінансів

СЕМАНТИЧНА ТА ОНТОЛОГІЧНА КОМПОНЕНТИ МОДЕЛЕЙ ПОШУКУ

Розглядаються причини та проблеми необхідності вдосконалення процесу пошуку інформації. Пропонується використання семантичного та онтологічного підходів для вирішення багатьох проблем, які виникають в процесі пошуку інформації. Також ставиться питання про необхідність вирішення проблеми старіння інформації.

Ключові слова: дані, інформація, онтології, процес пошуку інформації, семантичний пошук.

Borys Moroz, Denys Kostenko, Victoriya Kostenko

SEMANTIC AND ONTOLOGICAL COMPONENTS OF THE SEARCH MODELS

Discusses the causes and problems necessity of improving the information search process. Propose the using semantic and ontological approaches to solve many problems arising in the information search process. Also raises the question of the necessity of solving the aging information problems.

Keywords: data, information, ontologies, information retrieval process, semantic search.

Інформаційний пошук здійснюється засобами інформаційно-пошукової системи. Основними критеріями якості пошуку результатів інформаційного пошуку є: повнота, точність і оперативність. Пошук виконується в чотири етапи:

- 1) Визначення інформаційної потреби і власника інформаційного масиву;
- 2) Формулювання запиту;
- 3) Вилучення інформації з інформаційного масиву;
- 4) Ознайомлення з отриманою інформацією і оцінка результатів пошуку.

Семантичний пошук інформації – це процес пошуку документів за їх сенсовим ом. Метою семантичного пошуку є розширення стандартного словникового значення слова або фрази для того, щоб зрозуміти наміри користувача в рамках конкретного контексту. Інформація в процесі “зіставлення” повинна оброблятися з використанням знань (про користувача, ресурси і т.д.). При розробці онтологічної моделі інформаційної потреби користувача враховуються не тільки формальні відомості про запит, але і більш складноструктуровані знання про них. Наявність додаткових знань про те, що саме шукає користувач, дозволяє структурувати знайдену інформацію і надавати її користувачу в більш зручному вигляді. Концепція вирішення проблеми інформаційного пошуку на основі онтологічного походу передбачає використання декількох видів онтологій і онтологічних структур. Онтологія - це формальний опис результатів концептуального моделювання предметної області, представлена у формі, яка сприймається людиною і комп'ютерною системою.

В роботах Т. Грубера розглядалися різні аспекти взаємодії інтелектуальних систем між собою і з людиною. Інтелектуальними системами називаються програми, які моделюють деякі аспекти інтелектуальної діяльності людини. Звичайно, будь-яка програма займається таким моделюванням в тій чи іншій мірі, адже саме в цьому і полягає цінність комп'ютера для людини – комп'ютерна система дозволяє звільнити людину від виконання якоїсь однотипної діяльності. Ця діяльність може бути досить складною і вишуканою, але вона завжди однотипна. У цьому сенсі знання, які закладає в програму її творець (тобто алгоритм цієї програми), завжди статичні, вони не змінюються (звичайно, за винятком дуже конкретних знань, які ми називаємо “даними програми”). Інтелектуальна система в цьому сенсі більш універсальна – в ній знання про те, що треба робити в процесі виконання програми, не вшито в програму раз і назавжди, і може змінюватися. Якщо так, то ці знання необхідно передавати програмі як дані, тобто виникає необхідність їх опису та деталізації.

У ряді випадків онтологія тлумачиться як явна специфікація концептуалізації, тобто абстрактного представлення предметної області, спільне розуміння певної сфери зацікавленості. Це угода про спільне використання понять, що містить засоби подання предметних знань.

Не зайвим буде нагадати, що формально онтологія складається з термінів, організованих у таксономію, їх визначень і атрибутів, а також пов'язаних з ними аксіом та правил виведення. Формальна модель онтології (O) – це упорядкована трійка елементів

$$O = \langle T, R, F \rangle,$$

де T – скінченна множина термінів предметної області, яку описує онтологія O; R – скінченна множина відношень між термінами заданої предметної області; F – скінченна множина функцій інтерпретації, заданих на термінах і/або відношеннях онтології O.

На формальному рівні онтологія складається з наборів понять і тверджень про ці поняття, на основі яких можна будувати класи, об'єкти, відношення, функції та теорії. Онтологія як зразок домовленості про семантику предметної області сприяє встановленню коректних зв'язків між значеннями елементів такої області, створюючи умови для їх спільного використання. Цим займається один з засобів проектування онтологій – онтологічний інжинірінг.

Об'єктом дослідження є розробка покращеного алгоритму пошуку інформації у сукупності документів. Необхідність вдосконалення процесу пошуку обумовлена наступними причинами:

1) Неструктурований характер інформації більшості електронних документів. Неструктуровані дані становлять більшу частину інформації, з якою мають справу користувачі. Це – не менш 80-90% інформації, а 10-20% – це структуровані дані.

2) Необхідно зробити пошук динамічним і зручним для користувача.

3) Експонентне зростання кількості документів. При збільшенні простору пошуку пропорційно зростає і кількість документів у відгуку пошукової системи.

4) Відсутність стандартизованих механізмів семантичного індексування.

Для вирішення подібного роду проблем з документом необхідно пов'язати метадані, що дозволяють інтерпретувати й обробляти інформацію, яка зберігається в цьому документі, тобто включити в документ інформацію, яка описує структуру і семантику його змісту. Пропонується використання семантичного пошуку як одного з можливих варіантів вирішення проблем пошуку інформації. Онтологічна модель може бути використана для повнотекстового пошуку і для окремої класифікації. Для побудови онтології потрібно формальне декларативне подання чітко організованих конструкцій, які містять у собі словник термінів тематичної області, опис визначень цих термінів, існуючі взаємозв'язки між ними, і взагалі – теоретично можливі й неможливі взаємозв'язки. Обов'язковим у системі пошуку повинен бути процес “самонавчання” системи. Вважається, що цей процес дозволить ліквідувати ситуації з термінами або назвами, які записуються некоректно у базі даних.

Важливість дослідження авторів цих тез, пов'язаного з онтологіями, обумовлена також тим, що знання, яке не описане і не тиражоване, в кінцевому рахунку стає застарілим і непотрібним. А знання, яке поширюється, є генератором нових знань.

Звідси виникає ще один з майбутніх напрямків дослідження – вирішення проблеми старіння інформації.

Авторами здійснюється процес практичної реалізації програмних засобів семантичного пошуку, який би надавав результати не тільки за заданими словами з запиту, але й за еквівалентними за сенсом. При цьому приділяється увага засобам пошуку по тексту на основі шаблонів – регулярним виразам. Шаблон описує закономірність, якій повинні підкорятися шукані послідовності символів у тексті.

Проблема полягає в тому, щоб (використовуючи онтологічний підхід) зробити пошук динамічним, якісним та зручним для користувача. Для будь-якого типу запиту, що виникає в практичній діяльності, повинні бути знайдені адекватні знання в інформаційному просторі.

На даний момент розроблені деякі компоненти системи, функціональне призначення яких – надавати деякі функції можливості пошуку в неструктурованих текстових документах за різними критеріями. Також на стадії розробки знаходяться компоненти, які працюють з обробкою регулярних виразів.

Література

1. Башмаков А.И., Башмаков И.А. Интеллектуальные информационные технологии: Учеб. пособие. - М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2005. – 304 с.
2. Маннинг К.Д., Рагхаван П., Шютце Х. Введение в информационный поиск: пер. с англ. – М: ООО “И.Д. Вильямс” – 2011. – 528 с.
3. Gruber T.R. The role of common ontology in achieving sharable, reusable knowledge bases // Principles of Knowledge Representation and Reasoning. Proceedings of the Second International Conference, 1991, pp. 601-602.

УДК 621.326

Анастасія Наконечна, студент, Олег Назаревич, к.т.н., старший викладач
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

РОЛЬ ANDROID-ДОДАТКІВ У СФЕРІ КОМУНІКАЦІЇ СУЧАСНОГО СУСПІЛЬСТВА

Поява Android відіграла істотну роль в комунікації між людьми. Установка його на телефони дала можливість з легкістю розробляти нові моделі мобільних пристроїв, розширюючи функціонал як телефонів, так і самої операційної системи.

Ключові слова: Google, android, операційна система, програмне забезпечення, java.

Anastasiia Nakonechna, Oleg Nazarevych

ROLE OF ANDROID APPLICATIONS IN MODERN SOCIETY COMMUNICATION

The emergence of Android has played an important role of communication between people. Installing it on phones made it possible to easily develop new models of mobile devices expanding their functionality as well as the functionality of operating system.

Keywords: Google, android, operation system, software, java.

Ні для кого не секрет, що XXI століття - це час інформаційних технологій. ІТ міцно увійшли в наше життя: вони оточують нас всюди. Як правило, людина, яка натискає педаль газу в своєму автомобілі, може навіть не здогадуватися, що за його рухи розпізнають сотні датчиків і мікропроцесорів, створені для полегшення нашого життя, а часом для його збереження. В сучасні машини виробники вбудовують все більш унікальніші функції. Зважаючи на це, з'явилася необхідність зручної взаємодії користувача і всієї навколишньої інфраструктури. З'явилася необхідність у використанні якогось пульта управління електронікою. Інженери Apple, а потім і Google, знайшли рішення. Вони створили операційну систему для телефонів, що дозволяє з легкістю розробляти сторонні додатки, починаючи від можливості читати електронні книги з екрану мобільних телефонів і закінчуючи управлінням побутовою технікою в «розумному будинку». Компанія Google пішла далі в своїх амбітних планах і створила відкриту архітектуру Android. Android (Андроїд) - портативна (мережева) операційна система для комунікаторів, планшетних комп'ютерів, електронних книжок, цифрових програвачів, наручних годинників, нетбуків і смарт-буків, заснована на ядрі Linux. Спочатку розроблялася компанією Android Inc., яку потім купила Google.

Істотну роль відіграла поява Android і в комунікації між людьми. Установка його на телефони дала можливість з легкістю розробляти нові моделі мобільних

пристроїв, розширюючи функціонал як телефонів, так і самої операційної системи. Поява програм, призначених для допомоги користувачеві в різних ситуаціях (наприклад, існує додаток, що використовує вбудовані датчики для вимірювання кутів повороту, швидкості об'єкта і т.д.), призвело до того, що на сьогоднішній день людині, коли вона вирушає в подорож, досить просто мати з собою мобільний пристрій на ОС Android. Користувачеві надаються послуги бронювання готелів, пошуку авіаквитків, різноманітні програми-гіді, а спеціально завантажуванні карти служать для пошуку і прокладки маршруту до пункту призначення. При використанні SIP-телефонії можна мати комунікації на міжміському і міжнародному рівнях.

Все це, разом з легкістю розробки додатків, робить розглянуту платформу однією з найбільш перспективних для комунікації в сучасному суспільстві. Розробка додатків для платформи Android ведеться переважно на мові Java. Для створення програм на мові Java необхідне спеціальне програмне забезпечення. Найостанніші версії цього ПЗ можна завантажити з офіційного сайту розробника, OracleCorporation. До цього програмного комплексу відносяться такі інструменти як JRE (Java Runtime Environment) і JDK (Java Development Kit). Перший інструмент являє собою середовище виконання -мінімальну реалізацію віртуальної машини, в якій запускається і виконується програмний код на Java. Другий інструмент - це в свою чергу цілий набір інструментів, комплект розробника додатків на мові Java. Насправді, JRE також входить до складу JDK, так само як і різні стандартні бібліотеки класів Java, компілятор javac, документація, приклади коду і різноманітні службові утиліти. Весь цей набір поширюється вільно і має версії для різних ОС, тому будь-хто може його завантажити і використовувати. В JDK не входить інтегроване середовище розробки, передбачається, що її розробник буде встановлювати окремо. Існують численні IDE для Java-розробки, наприклад, NetBeans, IntelliJ IDEA, Borland JBuilder та інші.

Таким чином, неможливо заперечувати, що в сфері інформаційних технологій вчорашні інновації це сьогоднішні звичні речі. Щоб йти «в ногу з часом», фахівцям в цій сфері необхідно використовувати концепцію постійного навчання, і ключем до цього є своєчасне освоєння найбільш значних, поширених і перспективних технологій. Технології розробки для ОС Android для планшетів і смартфонів відносяться саме до таких.

УДК 621.326

Сергій Ольшевський, асистент, Святослав Переверзєв, студент
Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова, м. Миколаїв

КОМПЕНСУВАННЯ ВПЛИВУ ЛІНІЇ ЗВ'ЯЗКУ ДЛЯ СЕНСОРУ РЕЗИСТИВНОГО ТИПУ

Визначені залежності, що дозволяють зменшити вплив опору лінії зв'язку на параметри сенсору резистивного типу. Складена схема заміщення, наведені рівняння, що дозволяють побудувати схему компенсації лінії зв'язку та опору сенсора в початкової точці шкали вимірювання.

Ключові слова: лінія зв'язку, опір, схема заміщення.

Sergiy Olchevsky, Svyatoslav Pereverzev

COMPENSATING FOR THE INFLUENCE OF THE COMMUNICATION LINE FOR SENSORS RESISTIVE TYPE

Depending determined to reduce the impact resistance line communication parameters resistive sensor type. Compiled equivalent circuit shown equation can build compensation circuit lines and the resistance of the sensor at the initial point of measurement scale.

Keywords: lines, resistance, equivalent circuit.

Визначимо перелік необхідних елементів структурної схеми, послідовність та напрям їх взаємодії:

- блок перетворення опору у напругу (БПОН), придатну для обробки АЦП мікроконтролера;
- блок перетворення напруги у код за допомогою АЦП (АЦП);
- блок перерахування отриманої напруги у чисельне значення параметра (БР);
- блок компенсації нелінійностей характеристик сенсора (БК);
- блок цифрового фільтрування з метою поменшання впливу зовнішніх перешкод (БЦФ);
- блок передачі чисельного значення параметра по запитанню від ЕОМ (БПЗ).

Так як функції блоку перетворення напруги, блоку перерахування напруги у чисельне значення, блоку компенсації та блоку цифрового фільтрування буде виконувати мікроконтролер, то на структурній схемі ми об'єднаємо їх у блок обробки сигналу.

Таким чином складаємо структурну схему

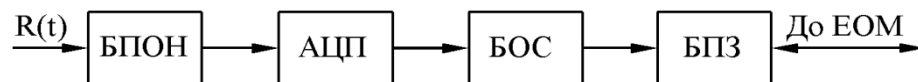


Рис. 1. Структурна схема одноканального вимірювача температури

На рисунку 1 використані наступні позначення: БПОН - Блок перетворення опору у напругу; АЦП - Блок перетворення напруги у цифровий сигнал; БОС –блок обробки сигналу; БПЗ – Блок передачі чисельного значення температури по запитання від ЕОМ;

Принципова електрична схема є складовою частиною конструкторської документації. Вона відображає роботу кожного фізичного елементу системи та їх взаємодію.

Резистивний сенсор ТСМ-100 є типовим представником свого класу. Так як наша задача – дистанційний вимір параметра, то необхідно скласти залежність так, щоб на

кінцевий результат не впливали лінії передачі. Тому складемо таку залежність:
 $U = I \cdot [R(t)] - R_{t0}]$

Для реалізації цієї функції побудуємо наступну схему заміщення:

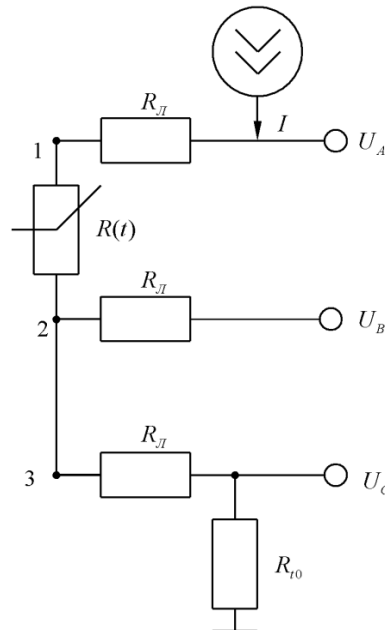


Рис. 2. Схема заміщення

На даній схемі присутні наступні елементи:

I - джерело струму

U_A - напруга в точці А

U_B - напруга в точці В

U_C - напруга в точці С

$R_{\bar{E}}$ - опір ліній

R_{t0} - опір при нульовому значенні параметра

$R(t)$ - змінний опір

Доведемо, що дана схема заміщення реалізує залежність $U = I \cdot [R(t)] - R_{t0}]$:

$$U_C = I \cdot R_{t0}$$

$$U_B = U_C + I \cdot R_{\bar{E}} = I \cdot R_{\bar{E}} + I \cdot R_{t0}$$

$$U_A = U_{R(t)} + 2 \cdot I \cdot R_{\bar{E}} + I \cdot R_{t0}$$

$$U_{R(t)} = I \cdot R(t)$$

$$U = U_A - 2U_B = I \cdot R(t) + 2IR_{\bar{E}} + I \cdot R_{t0} - 2IR_{\bar{E}} - 2I \cdot R_{t0} = I \cdot R(t) - I \cdot R_{t0} = I \cdot [R(t) - R_{t0}]$$

На основі доведеної залежності можна побудувати наступну схему:

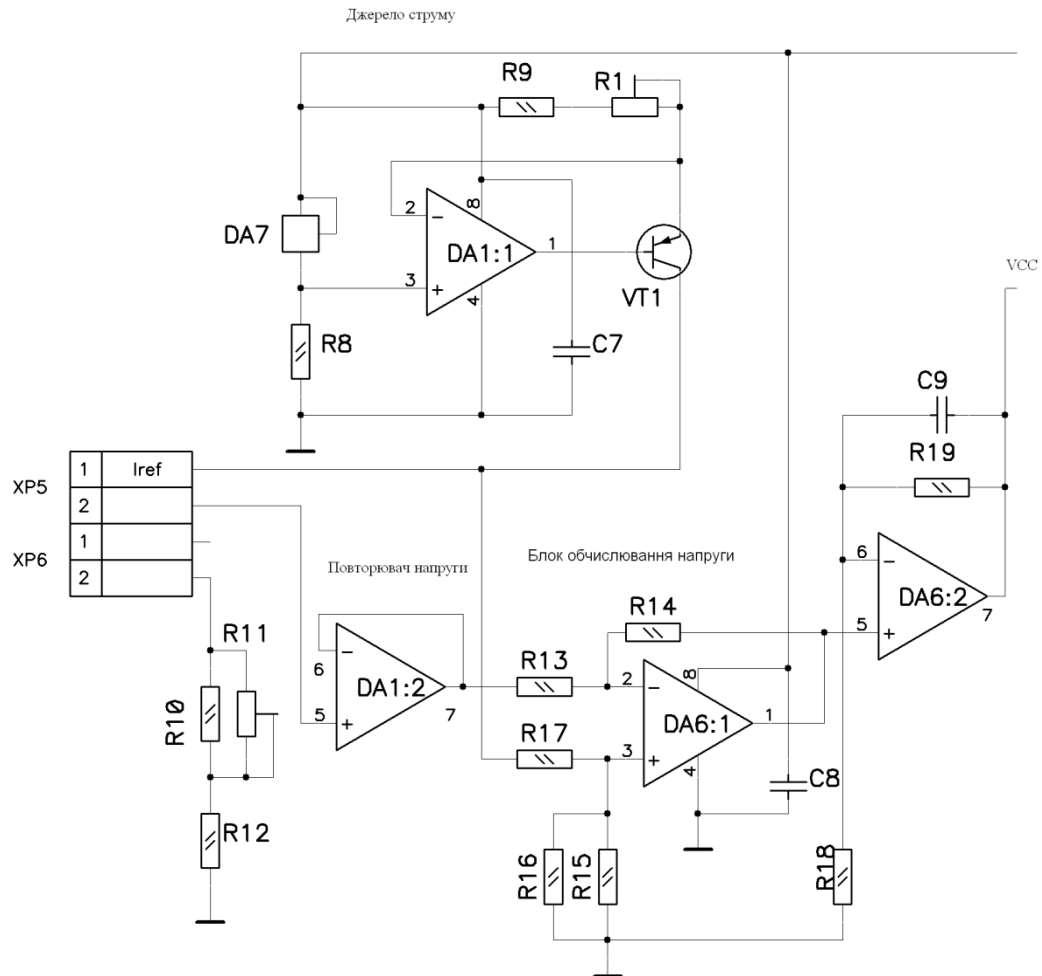


Рис. 3. Схема перетворювання опору у напругу

Як бачимо на схемі з елементів DA7, R8, R9, R1, VT, C7 було побудовано джерело струму; з елементів DA1:2, R11, R10, R12 – повторювач напруги.

Останні елементи представляють собою блок обчислювання напруги.

Література

1. Титце У., Шенк К. Полупроводниковая схемотехника: Справочное руководство. Пер. с нем. – М.: Мир, 1982. – 512с., ил.
2. П. Хоровиц, У. Хилл. Искусство схемотехники: В 2-х т. Т.1. Пер. с англ.– Изд. 3-е, стереотип. – М.: Мир, 1986. – 601с., ил.
3. Гутников В.С. Интегральная электроника в измерительных устройствах. – Л.:Энергия, 1980. – 64с.
4. Електронний ресурс: <http://www.microchip.com/>

УДК 629.7.066.1

Діана Півторак, к.т.н., Сергій Лакоза, Олексій Попов
Національний технічний університет “Київський політехнічний інститут
ім. Ігоря Сікорського”

МЕТОД ОЦІНКИ ВИСОТИ СОНЦЯ ТА ЙОГО АЗИМУТУ НА ОСНОВІ ФОТОГРАФІЧНОГО ЗОБРАЖЕННЯ

В роботі запропоновано виконувати корекцію інерціальних навігаційних систем з використанням кутомірних оптичних методів. Розроблено метод для оцінки висоти Сонця та його азимуту на основі фотографічного зображення, отриманого з цифрової камери, який оснащений ширококутним об'єктивом.

Ключові слова: астроорієнтатор, зображення, висота Сонця, географічні координати.

Diana Pivtorak, Serhiy Lakoza, Oleksii Popov **ESTIMATION METHOD OF SOLAR ANGLE AND ITS AZIMUTH** **BASED ON THE PHOTOGRAPHIC IMAGE**

To perform correction of inertial navigation systems using angle measurement by optical method is proposed. It is developed method for estimation of solar angle and azimuth based on photographic image derived from digital camera which is equipped with a wide angle lens.
Keywords: Astrotracker, Image, Solar Angle, Geographic Coordinates.

В якості основних джерел первинної інформації в навігаційних системах рухомих наземних, морських та повітряних об'єктів широко використовуються радіотехнічні та інерціальні системи зчислення координат місця, параметрів руху і кутової орієнтації рухомого об'єкта. В якості резервних або додаткових джерел навігаційної інформації використовуються астрономічні, магнітні та оптичні системи.

Найбільш поширеними і добре відпрацьованими на практиці автономними системами є інерціальні навігаційні системи, які мають високу перешкодозахищеність та дозволяють визначити основні параметри руху. Проте вони характеризуються ростом похибок з плином часу, що є неприйнятним в умовах тривалого часу автономної роботи. У зв'язку з цим різко підвищується роль додаткових систем, що дозволяють провести корекцію даних, отриманих з інерціальної системи. Для багатьох користувачів широкодоступні фотографічні системи, які можуть бути використані для знаходження параметрів світил, наприклад, положення Сонця. А тому актуальним є завдання розробки методів їх оцінки та формування корекційних навігаційних сигналів.

Положення Сонця на небесній сфері визначається двома кутами: азимутом і висотою. В роботі запропоновано метод визначення кутових координат Сонця, використовуючи фотографічне зображення небесної сфери отримане з цифрової камери, яка оснащена ширококутним об'єктивом. Камера встановлюється таким чином, щоб її площина зображення знаходилася в площині горизонту, а одна з вісей матриці направлена у відомому азимутальному напрямку, наприклад, на Північ. У даному випадку положення Сонця в площині горизонту можна задати двома перпендикулярними проекціями його радіус-вектора. Значення проекцій радіус-вектора однозначно зв'язані з кутовими координатами. Для описаного випадку орієнтації камери вертикальна вісь (Зеніт) проектується у центр кадру. Знаючи проекції зображення Сонця в кадрі відносно початку координат (центр кадру), кутові координати можна визначити за допомогою зворотних тригонометричних функцій. В роботі враховано практичні обмеження існуючих об'єктивів та матриць.

УДК 623.407

Вадим Пісціо, Ігор Козбур, Олена Рогатинська

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

ВИЗНАЧЕННЯ ЗОНИ ЗАДАНИХ ПАРАМЕТРІВ ЯКОСТІ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ МЕТОДОМ D-РОЗБИТТЯ

У роботі була запропонована методика для визначення області параметрів шляхом деформації характеристичного рівняння. розглянутий приклад визначення області у котрій забезпечується необхідна якість системи управління за допомогою запропонованого метода.

Ключові слова: D-розбиття, кореневі показники якості, якість систем управління.

Vadym Piscio, Igor Kozbur, Olena Rogatynska

THE ZONE DETERMINATION OF THE SET QUALITY PARAMETERS OF AUTOMATIC SYSTEM BY D-DECOMPOSITION TECHNIQUE

In the paper methodology for determining area of parameters by deformation of characteristic equation has been consider. The considered example of definition of the area in which the necessary quality of the control system is provided with the help of the proposed method.

Keywords: D-decomposition, root indicators of quality, automatic system quality

Через кореневі показники якості можна визначити коливність та ступінь стійкості системи, що розробляється. Як відомо, ступінь стійкості визначається крайнім правим коренем характеристичного рівняння, а коливність – через мінімальний нахил прямої, що проходить через початок координат площини коренів характеристичного рівняння і проведеної так, щоб всі корені характеристичного були зліва або лежали на ній. Проте, часто необхідно вирішити зворотну задачу: знаючі обмеження на коливність та ступінь стійкості системи знайти область допустимих значень параметрів.

Область зміни параметрів системи, що задовольняють заданій ступені стійкості, легко отримати методом "звичайного" D-розбиття попередньо деформувавши характеристичне рівняння $D(p) = 0$ заміною змінної $p = q + c$, і подальшою побудовою "області стійкості" деформованого характеристичного рівняння $D(q + c) = 0$. Побудована область стійкості і дає область із заданим ступенем стійкості. Аналогічно можна отримати область параметрів із заданою коливністю – для цього необхідно знайти області стійкості систем, що описуються характеристичними рівняннями:

$$D(q \cdot (1 + jb)) = 0 \text{ та } D(q \cdot (1 - jb)) = 0$$

де b - деякий параметр, що визначається через коливність.

і знайти їх перетин. Проте, одночасне врахування обмежень на коливність і ступінь стійкості системи значно ускладнює задачу і потребує побудови кількох областей, а потім визначення їх суперпозиції – області, що задовольняє усім наведеним обмеженням. Такі операції важко проводити вручну і практично не можливо автоматизувати за допомогою математичних пакетів навіть для систем низького порядку і тому виникає задача знайти більш простий і зручний метод хоча б приблизного отримання області зміни параметрів, що задовольняє умовам якості системи управління.

Зручною буде апроксимація допустимої області розміщення коренів характеристичного рівняння на комплексній площині таким чином, щоб вона найбільш легким чином перетворювалась у ліву півплощину при переході від комплексної площині параметра p у нову комплексну площину параметра q . Теоретично, за допомогою відображення Шварца-Крістофеля можна точно відобразити область допустимого розміщення коренів у ліву півплощину і потім провести аналіз отриманого характеристичного рівняння методом D-розбиття. Але, у загальному випадку, отримане характеристичне рівняння стане неалгебраїчним.

У багатьох випадках апроксимацію області допустимого розміщення коренів можна провести за допомогою більш простої області. Наприклад, досить зручно у якості заданої

області використати внутрішність парабoli, що повністю лежить у початковій області і доторкається до її границі у 3 точках (рис. 1).

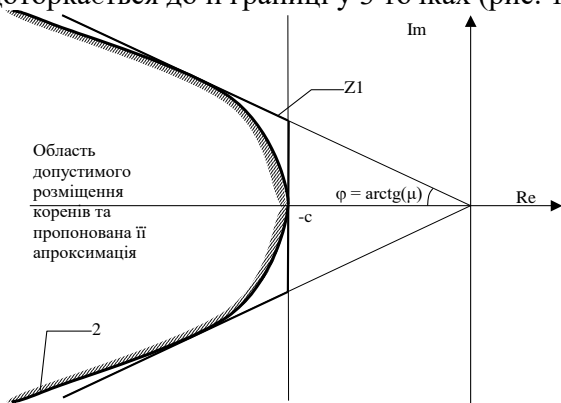


Рис. 1. Апроксимація допустимої області розміщення коренів характеристичного рівняння

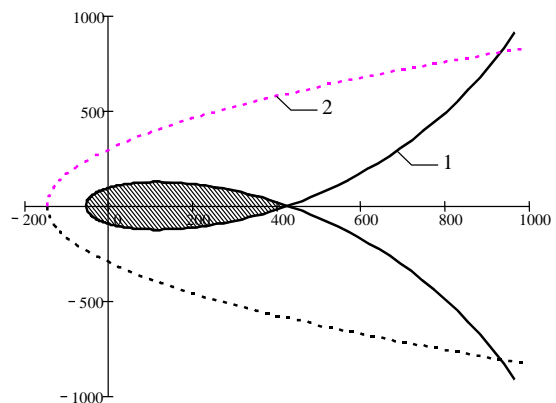


Рис. 2. Область якості у площині характеристичного параметра (заштрихована)

Таку параболу можна описати за допомогою рівняння:

$$P(t) = a \cdot t^2 + t - c$$

де $t = jy$, j – уявна одиниця, y – проходить значення від $-\infty$ до $+\infty$, параметр c визначається через задану ступінь стійкості, а дійсний параметр a визначається через умову дотичності парабoli із границею початкової області.

Легко довести, що у такому випадку перетворення координат $p(q) = a \cdot q^2 + q - c$ відображає внутрішність парабoli 2 на ліву півплощину у комплексній площині параметра q , а зовнішність – на праву півплощину.

Залишилось виявити залежність параметра a від параметрів c та φ . Для цього запишемо рівняння парабoli у параметричній формі із розділенням дійсної та уявної частин

$$\operatorname{Re}(P(t)) = x = -a \cdot y_1^2 - c, \quad \operatorname{Im}(P(t)) = y_1$$

де y_1 – деякий параметр. У свою чергу рівняння прямої Z1 на рис. 1, що задає умову допустимої коливності може бути записано у параметричному вигляді так:

$$\operatorname{Re}(Z1) = -\operatorname{ctg}(\varphi) y_2, \quad \operatorname{Im}(Z1) = y_2.$$

Легко бачити що з умови дотичності Z1 та парабoli випливають наступні рівняння:

$$-a y_1^2 - c = -\operatorname{ctg}(\varphi) y_2, \quad y_2 = y_1, \quad 2a y_1 = \operatorname{ctg}(\varphi)$$

$$\text{Звідки } a = \frac{\operatorname{ctg}^2(\varphi)}{4 \cdot c} = \frac{1}{4 \cdot c \cdot \mu^2}.$$

Умова дотичності парабoli і прямої Z2 дає теж значення a .

Для ілюстрації пропонованого метода знайдемо область допустимих значень коефіцієнта k характеристичного рівняння

$$D(p) = p^3 + 16 \cdot p^2 + \left(85 + \frac{k}{5}\right) \cdot p + 148 + k$$

при заданій ступені стійкості $c = 2$ та заданій ступені коливності $\mu = \sqrt{3}$, отже параметр $a = 1/24$, $c = 2$.

Підставляючи у характеристичне вираз для $p(q) = a q^2 + q - c$ отримаємо

$$D(q) = \frac{1}{13824} \cdot q^6 + \frac{1}{192} \cdot q^5 + \frac{41}{288} \cdot q^4 + \frac{11}{6} \cdot q^3 + \left(\frac{91}{8} + \frac{1}{120} \cdot k\right) \cdot q^2 + \left(33 + \frac{1}{5} \cdot k\right) \cdot q + 34 + \frac{3}{5} \cdot k$$

Далі стандартним методом будемо область стійкості для перетвореного характеристичного рівняння у площині одного параметра – вона буде областю із заданими параметрами якості для початкової системи. Вона подана на рисунку 2. Крива 1 відповідає кривій D-розбиття, що виділяє область із заданою якістю, а крива 2 – відповідає D-розбиттю, що забезпечує стійкість заданої системи.

УДК 623.407

Любомир Побережний, д.т.н.⁽¹⁾, проф., Мирослав Мазур, к.ф.-м.н., доц.⁽¹⁾,
Андрій Грицанчук, аспір.⁽¹⁾, Любов Побережна, к.т.н.⁽²⁾

¹Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

²Івано-Франківський національний медичний університет

КОМП'ЮТЕРИЗОВАНИЙ ВИПРОБОВУВАЛЬНИЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ МОДЕЛЮВАННЯ ПОВЕДІНКИ МАТЕРІАЛУ ТРУБОПРОВІДІВ ЗА ТРИВАЛОЇ ДІЇ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ СЕРЕДОВИЩ

В процесі багаторічної експлуатації матеріал трубопроводу істотно змінює свої фізико-механічні властивості. Розроблено методику моделювання роботи матеріалу трубопроводу у експлуатаційних середовищах. Створено програмне забезпечення, яке дозволяє, крім стандартних можливостей запису вимірюваних величин у файл та одночасної побудови графічних залежностей в режимі реального часу, регулювати частоту вимірів в залежності від швидкості зміни вимірюваного параметра.

Ключові слова: газонафтопроводи, експлуатаційні навантаження, фізичне моделювання, корозійно-механічні випробовування

Lyubomyr Poberezhny, Myroslav Mazur, Andriy Hrytsanchuk, Lyubov Poberezhna COMPUTERIZED TESTING COMPLEX FOR MODELING PIPELINE MATERIAL BEHAVIOR WITH PROLONGED EXPOSURE IN OPERATIONAL ENVIRONMENTS

Created method of modeling material pipeline in operational environments and software, which allows, in addition to standard features recording measured values in a file of graphic and simultaneous dependencies in real time, adjust the frequency of measurements depending on the rate of change of the measured parameter.

Keywords: gas and petroleum, espluatatsiyni stress, physical modeling, corrosion and mechanical testing

В процесі багаторічної експлуатації матеріал трубопроводу істотно змінює свої фізико-механічні властивості, що призводить до формування в конструкції трубопроводу складнопрогнозованого і важкоконтрольованого напружено-деформованого стану, дослідження якого представляють науковий та практичний інтерес. Важливого значення набуває створення перспективних методичних підходів, заснованих на моделюванні роботи елементів конструкції, забезпечуючи при цьому ефективний контроль стадійного процесу деформації та руйнування за визначальними параметрами.

Знайшла подальший розвиток автоматизована випробовувальна система з ЕОМ, схема якої наведена на рис. 1, для комплексного дослідження в кінетиці деформації, руйнування та електродного потенціалу матеріалу трубопроводу, що включає установку MB-1K [1] для випробовувань зразків-моделей, лабораторний комп'ютер, цифровий самописець для мостових датчиків фірми Mtech, пристрій для сканування поверхонь руйнування з подальшим опрацюванням отриманих цифрових відбитків у графічному редакторі з використанням комп'ютерної бази даних [2] та металографічний мікроскоп Cole-Parmer A48405-25.

Згідно з розробленою методикою:

- на першому етапі здійснюється докладний аналіз взаємодії системи „матеріал – конструкція – навантаження і впливи”;

- на другому – виготовляються зразки-моделі (рис. 2) з матеріалу визначених ділянок трубопроводу, або окремо взятих труб, з метою ефективного використання теорії структурної подібності;

- на третьому – вибираються схеми навантаження та режими випробовувань з метою досягнення на зразках-моделях, з попередньо визначеною конфігурацією, імітації роботи досліджуваного матеріалу в конструкції;

- на четвертому етапі проводять планування та реалізацію експерименту, основна мета якого – розкриття взаємозв'язку процесів деформації та руйнування трубопроводів, виходячи із основних положень механіки руйнування та трибофатики;

- на п'ятому етапі (проводиться за необхідності) вивчається вплив ациклічних короткотривалих навантажень (газогідратних пробок, перепадів тиску (гідроудару) та перевантажень (зсувів та просідань ґрунту) на довговічність та тріщинотривкість матеріалу труб;

- на шостому етапі проводиться фрактографічний аналіз зламів дослідних зразків на металографічному та електронному мікроскопах.

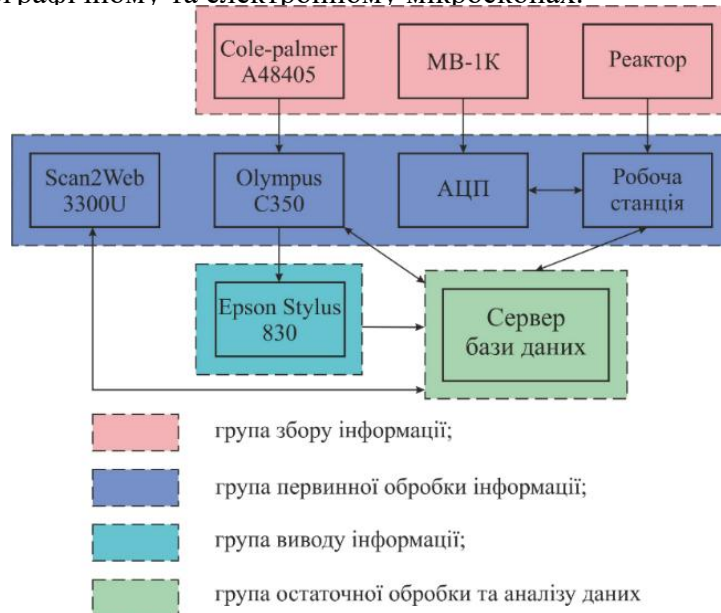


Рис. 1. Загальна схема лабораторного комплексу

В процесі випробувань ЕОМ, через АЦП на базі цифрового самописця для мостових датчиків фірми Mtech (рис. 3), неперервно реєструє параметри, за якими визначає стрілу прогину зразка-моделі та величину електродного потенціалу при дослідженні в корозійно-активному середовищі.

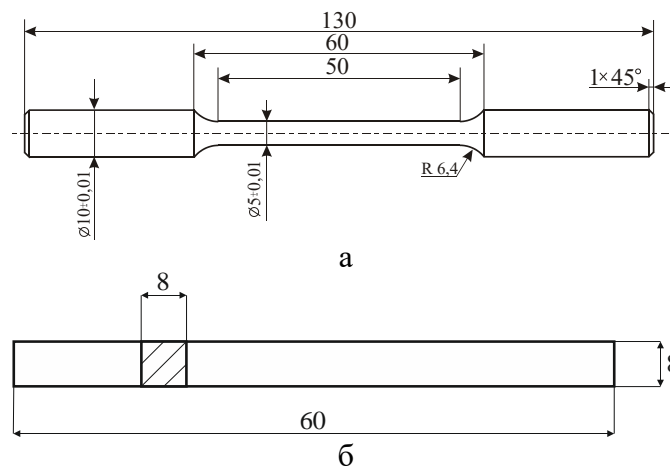


Рис. 2. Конструкції зразків для випробувань на установці МВ-1К (а), для монтування в реактор для синтезу газових гідратів (а,б)

Також розроблено оригінальне програмне забезпечення, яке дозволяє, крім стандартних можливостей запису вимірюваних величин у файл та одночасної побудови графічних залежностей в режимі реального часу, регулювати частоту вимірів в залежності від швидкості зміни вимірюваного параметра. Це дозволяє якісно відстежити швидкоплинні процеси і, одночасно, не засмічувати вихідний файл записом

великої кількості значень. Програма також забезпечує одночасне зняття даних з двох каналів (при необхідності легко перейти до чотириканальної схеми) з можливістю регулювання частоти вимірів для кожного каналу індивідуально.

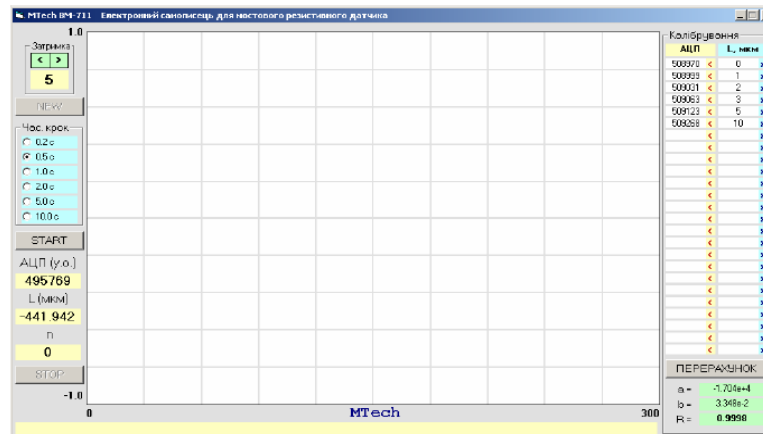


Рис. 3. Загальний вигляд робочого поля самописця

Установка (рис. 2) забезпечує:

- статичне навантаження зразка-моделі 8 за схемою чотириточкового згину та циклічне із симетричним циклом напружень при додатковому його обертанні, що передається від електродвигуна через черв'ячний редуктор до барабанів та з частотою 0,1...1Гц;
- комбіноване статичне навантаження чистим згином від вантажу через тягу та осьювою силою розтягу від вантажу через трос, ролик і перетворювач руху;
- низькочастотне навантаження із заданим коефіцієнтом асиметрії циклу R;
- дослідження масштабного фактору, змінюючи довжину чи діаметр робочої частини зразка-моделі;
- вивчення впливу рідких робочих середовищ на поведінку матеріалу трубопроводу при вибраній схемі та заданих режимах навантаження, використовуючи знімну робочу камеру 7 та хлорсрібний електрод порівняння;
- проведення порівняльних досліджень несучої здатності зразків-моделей зварного з'єднання та з концентраторами напружень при статичному та низькочастотному навантаженні у повітрі, морській воді, рідких нафтопродуктах тощо.

Правильне закріплення встановлених у затискачі зразків-моделей не викликає додаткових напружень від биття та неспіввісності зразків і затискачів більше 1 % від основних, що перевірено експериментально.

Розроблений випробувальний комплекс дасть змогу, використовуючи критерії подібності, реалізувати фізичне моделювання роботи трубопроводу з урахуванням впливу експлуатаційних чинників (корозивного середовища, дії транспортованого продукту, взаємодії з навколишнім середовищем). Такі дослідження дозволять науково обґрунтовано оцінити залишковий ресурс роботи трубопроводів з урахуванням наявного напруження та провести стрес-тест на живучість у екстремальних умовах (провали та різкі зсуви ґрунту, часткове і повне закупорювання тощо).

Література

1. Крижанівський Є. І. Методологія дослідження деформації та руйнування трубопровідних систем / Є. І. Крижанівський, Л. Я. Побережний // Механіка руйнування матеріалів і міцність конструкцій / Під. ред. В.В. Панасюка. - Львів. - 2004. - С. 419-424.
2. Крижанівський Є. І., Побережний Л. Я. Методологічні аспекти дослідження взаємозв'язку процесів деформації та руйнування трубопроводів // Нафт. і газова пром-сть.- 2002.- №. 5.- С. 33-38

УДК 681.5.04

Андрій Сірівчук

Національний університет кораблебудування ім. адм. Макарова

СТРУКТУРА СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ АВТОНОМНИМ ПІДВОДНИМ АПАРАТОМ З РАДІОБУЄМ

Оскільки радіобуй є малоінерційним елементом то вітро-хвильові збурення передаються по кабелю на автономний підводний апарат. Таким чином слід передбачити систему керування кабельною лебідкою з урахуванням постійних змін сили натягу кабель-буксира.

Ключові слова: автономний підводний апарат, система автоматичного керування, радіобуй, кабельна лебідка.

Andriy Sirivchuk

CONTROL SYSTEM STRUCTURE OF AUTONOMOUS UNDERWATER VEHICLE WITH RADIOBUOY

Low inertia of the beacon leads to the propagation of wind-wave disturbances through the tether to the hull of unmanned underwater vehicle. Therefore, an automated control system for cable winch that compensates continuous change in tension force of tether is to be designed.

Keywords: autonomous underwater vehicle, automatic control system, radiobuoy, cable winch.

В наш час найбільш перспективними інструментами дослідження підводної обстановки є підводні апарати.

У мілководних прибережних зонах пропонується використовувати автономний підводний апарат (АПА) з оперативним керуванням через радіобуй зв'язку (РБ), який буксирується підводним апаратом за допомогою кабель-буксиру (КБ)[1].

Перевагами такої підводної технології у порівнянні з застосуванням «класичних» прив'язних і автономних підводних апаратів є значно менша залежність від гнучкого зв'язку у воді – кабелю – з-за малої глибини, повна незалежність від судна носія, більша робоча зона і, головне, наявність оперативного двохстороннього радіозв'язку.

Такий тип АПА з РБ має значно меншу вартість за рахунок малої робочої глибини та можливості оперативного ручного керування і передачі інформації в режимі реального часу.

Автоматизація руху даного типу підводного апарату ускладнюється за рахунок наявності кабельного зв'язку з РБ, на який діють вітро-хвильові збурення, що часто змінюють напрям та силу своєї дії.

Таким чином до основних задач, що ставляться перед системою керування рухом підводного апарата можна віднести:

- рух з заданою швидкістю;
- відсутність ривків;
- рух по заданій траєкторії з обходом перешкод;
- точність позиціонування в точці.

Для вирішення поставлених задач АПА з РБ повинен не тільки компенсувати вплив зовнішніх збурень, а й мати можливість передбачити їх. Найбільш несприятливою є дія КБ через хитавицю, що діє на РБ. Така дія є короткочасною і

періодичною, тому система керування повинна не тільки реагувати на зміну сили натягу, а й прогнозувати її.

Хоча представлений апарат є автономний, він може керуватися в режимі реального часу оператором, що знаходиться на березі або судні-носії. Тому систему керування можна побудувати у вигляді трирівневої ієрархічної структури (рис. 1) [2].

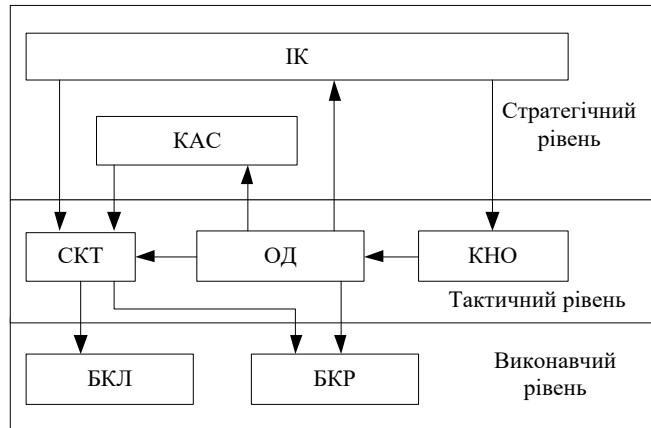


Рис. 1. Узагальнена структура системи керування

До стратегічного рівня відноситься інтерфейс користувача (ІК) та контрольно-аварійна система (КАС). На даному рівні розглядаються основні задачі, які ставляться перед підводним апаратом.

Основним елементом стратегічного рівня є ІК, тому що в інтерфейсі користувача налаштовуються параметри всіх режимів роботи підводного апарата, контроль виконання місії, обробка даних вимірювального обладнання, розстановка контрольних точок, демонстрація стану місії та апарата операторові тощо.

Інтерфейс користувача передає дані про поточне завдання місії системі керування траєкторією (СКТ). До таких даних належать: режим руху підводного апарата (швидкість руху, параметри вибору траєкторії), координати контрольної точки.

В залежності від місії роботи начіпне обладнання повинно працювати в різних режимах. Задані режими роботи в залежності від поточної задачі передаються від ІК до блоку контролю начіпного обладнання (КНО). Наприклад під час виходу на точку роботи або повернення необхідно вимкнути все вимірювальне обладнання, окрім навігаційного, для економії запасу енергії апарата.

Від блоку обробки даних (ОД) на ІК передається вся інформація: вимірювальні прилади, стан внутрішнього обладнання апарата, навігаційні данні, відеосигнал тощо.

Контрольно-аварійна система (КАС) призначена для захисту обладнання від помилкових дій оператора та керування апаратом в аварійних режимах. До аварійних режимів роботи відносяться:

- відмова одного або декількох виконавчих механізмів;
- втрата сигналу від ІК;
- невеликий запас заряду акумулятора;
- небезпека зіткнення з зовнішніми об'єктами.

Сигналами від ОД для КАС виступає стан механізмів апарата, навігаційні дані та дані про навколишні об'єкти (сигнал від сонару).

Тактичний рівень слугує для обробки задач від стратегічного рівня та формування команд для виконавчого рівня, а також для формування зворотного зв'язку з стратегічним рівнем.

На тактичному рівні за рух апарата відповідає СКТ. В даному блоку формується траєкторія руху апарата в залежності від поточної задачі та з урахуванням обходження перешкод. Інформацію про розташування перешкод СКТ отримує від ОД. Потім формується сигнал для блоку керування рухом (БКР), в якості сигналу використовуються швидкості руху АПА та його курс.

Блок ОД опитує всі датчики підводного апарата та формує навігаційні дані, дані про навколишнє середовище та стан апарата тощо. Для корекції даних отриманих від сенсорів КНО встановлює необхідні поправочні коефіцієнти та задає налаштування роботи датчика.

До виконавчого рівня відносяться блок керування лебідкою БКЛ та БКР, які безпосередньо включають в себе регулятори механізмів руху підводного апарата.

БКЛ контролює довжину витравленого КБ в залежності від глибини занурення апарата, погодних умов (періодичності та силі зміни натягу від РБ) та швидкості руху.

БКР відповідає за забезпечення заданого СКТ параметру руху підводного апарата. В ньому знаходяться регулятори руху АПА з РБ. Для простоти керування рух підводного апарата розділено на дві складові: вертикальний рух та рух в горизонтальній площині.

Регулятор вертикального руху повинен забезпечувати утримання заданої глибини або швидкості занурення, при просторовому моніторингу підводної обстановки.

Рух в горизонтальній площині є більш складним, оскільки крім утримання необхідної швидкості необхідно також забезпечити заданий курс АПА.

Виходами з виконавчого рівня є безпосередній сигнал для пристроїв керування механізмами АПА. Формат сигналів керування залежить від обраного обладнання апарата.

На керування рухом АПА з РБ в значній мірі впливає якісний контроль витравленою частиною КБ. Особливістю блоку керування лебідкою є те що обидва кінці кабелю рухаються в просторі, при цьому сила натягу КБ в значній мірі впливає, як на АНА так і на РБ, на відмінно від буксирування за допомогою судна носія.

Висновок

Найбільш складною задачею автоматизації роботи автономного підводного апарата є забезпечення його руху, оскільки від якості дотримання швидкісних режимів роботи підводного апарата залежить якість та достовірність, отриманої від вимірювального обладнання, інформації.

Для автоматизації руху автономного підводного апарата було розроблено узагальнену структуру системи керування. Представлена структура системи керування передбачує не тільки моніторинг підводної акваторії в режимі реального часу, а й можливість повернення апарата після втрати сигналу керування або низькому заряді батарей.

Література

1. Костенко, В.В. Расширение функциональных возможностей АНПА при работе на мелководье / В.В. Костенко, О.Ю. Львов, И.Г. Мокеева// 5-я Всероссийская научно-техническая конференция "Технические проблемы освоения Мирового океана". – 2013. – с 49–55- Режим доступа: <http://www.imtp.febras.ru/images/stories/konf/tpomo-5-30-sentjabrja-4-oktjabrja-2013/pdf/sekcija1.pdf>
2. Блінцов, О.В. Концепція роботизованого моніторингу підводного середовища на основі застосування прив'язних підводних апаратів / О.В Блінцов, А.С. Сіривчук// Восточно-Европейский журнал передовых технологий – Харків. №6/3(72) 2014 с16-21.

УДК 621.365

Петро Стухлях д.т.н., професор, Василь Бадишук, к.т.н.

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

**ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСІВ РОБОТИ ТЕПЛОГЕНЕРАТОРІВ І СИСТЕМ
КОНТРОЛЮ З ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧОЮ МЕТОЮ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ
АВТОМАТИЗАЦІЇ ТА ДИСПЕТЧЕРИЗАЦІЇ**

Методи вдосконалення теплогенераторів із застосуванням автоматизації, механізації та диспетчеризація основних технологічних процесів.

Ключові слова: теплогенератор, автоматизація, диспетчеризація, контроль

Petro Stukhliakh , Vasyl Badyschuk

**RESEARCH PROCESS OF HEAT GENERATORS AND CONTROL SYSTEMS
WITH ENERGY-SAVING PURPOSE OF USING AUTOMATION AND CONTROL**

Methods of improving heat generators using automation, mechanization and basic scheduling processes.

Key words: heat generators, automation, scheduling, monitoring

Опалення – одне із основних питань, з яким стикається сучасне виробництво. Проблематика економії витрат постає все частіше. Опалювальні котельні займають перші місця серед споживачів паливних ресурсів, частина таких котелень в енергетиці займає понад 50%. Експлуатація котельних в малій енергетичній системі відрізняється своєю трудомісткістю. При її вдосконаленні необхідна автоматизація, механізація та диспетчеризація основних технологічних процесів. Важливим завданням автоматизації і механізації є забезпечення енергетичного та матеріального балансу систем та установок при оптимальному ККД, мінімальному споживанні паливно-енергетичних ресурсів а також забрудненні навколишнього середовища, при економічно вигідній і безпечній роботі на будь-яких навантаженнях.

Автоматизація виробничих котелень - це забезпечення необхідного режиму роботи обладнання за допомогою засобів автоматики, при цьому в залежності від рівня залучення цих засобів автоматизація буває: повною (автоматизація всього обладнання з виводом обслуговуючого персоналу і зведенням тільки до періодичного нагляду за роботою обладнання і ліквідації несправностей), комплексною (автоматизація всього обладнання при його експлуатації з постійним обслуговуючим персоналом), частковою (автоматизація окремих частин та систем).

Система диспетчеризації розробляється для збору і систематизації аварійних сигналів, для подальшої передачі їх на пульт управління котельні. Ці системи сприяють збільшенню ефективності роботи за рахунок мінімізації витрат на управління. Вони, зазвичай, обладнані блоком протоколу для запису усього процесу роботи.

Сучасні котельні неможливі без засобів автоматики, а експлуатація котелень без автоматики на елементарному рівні забороняється технікою безпеки. Мінімально необхідний об'єм оснащення обладнання котелень засобами автоматики безпеки, сигналізації, автоматичного регулювання контролю і керування повинен бути визначений у відповідності до діючих нормативних документів і вимог заводів-виробників технологічного обладнання і засобів автоматики з урахуванням специфічних особливостей котельні

Проблематикою досліджень опалення є сучасний стан експлуатації котелень і виявлення недоліків, що виникають внаслідок незадовільного ведення процесу спалювання; втрати в зв'язку з цим енергоносіїв. Розробка чи модернізація систем автоматизації для котелень з метою впровадження енергозберігаючих технологій, що повинно вирішуватись з використанням новітніх технологій і досягнень, запозичених із суміжних галузей.

УДК 667.64:678.026

**Олег Тотосько, к.т.н., доцент, Віталій Левицький, к.т.н., доцент,
Олександр Голотенко, к.т.н., доцент**
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

**АВТОМАТИЗАЦІЯ ДОСЛІДЖЕНЬ ФІЗИКО-МЕХАНІЧНИХ
ВЛАСТИВОСТЕЙ ЕПОКСИКОМПОЗИТІВ ЕЛЕКТРОІСКРОВИМ
ГІДРОУДАРНОМ**

Об'єкт дослідження складають матеріали та інструменти для дослідження композитів. Представлена автоматизована система обробки композитів електроіскровим гідроударом.

Ключові слова: електроіскровий гідроудар, композит, властивості.

Oleg Totosko, Vitaliy Levytskyy, Oleksandr Golotenko

**AUTOMATION STUDY PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES OF
EPOXY ELECTRIC-HAMMER**

The object of study consists materials and tools for the study of composites. Presentation of automated composites processing system electric-hammer.

Key words: electric-hammer, composite, properties.

Створення нових композитних матеріалів (КМ) на полімерній основі, в тому числі і на основі реактопластів, за традиційними технологіями не задовільняє комплексу вимог, що ставиться промисловістю до експлуатації обладнання в реальних умовах. У зв'язку з цим, найбільш інтенсивно розвиваються нові технології по створенню вказаних матеріалів. Перспективним є модифікація композиту, або компонентів системи, зовнішніми силовими полями, з метою підвищення їх експлуатаційних характеристик [1,2]. У роботі розроблено методику і установку для обробки композицій електроіскровим гідроударом. При цьому зазначимо, що незалежно проводили обробку як компонентів матриці, так і олігомерних композицій на попередній стадії формування матеріалу (до уведення твердника). Це забезпечує більш інтенсивне проходження фізико-хімічних процесів на межі поділу фаз при формуванні КМ.

У роботі розроблено пристрій для обробки олігомерних композицій при електроіскровому гідроударі (ЕІГУ) (рис.1), що захищений патентом № 7820. Пристрій містить діелектричний корпус 1, у якому виконаний вертикальний канал 2, над яким розміщений резервуар 3. в резервуарі встановлений поршень 4 з можливістю осьового переміщення за допомогою привода. У нижній частині корпусу 1, перпендикулярно до осі каналу 2, виконані вікна 5 у формі верхньої половини поперечного січення електродів 6, а по осі каналу виконані вікна 7 розміром, що дорівнює діаметру електродів 6. Подача імпульсів на електроди здійснюється через трансформатор підсилення напруги 8 з блоку формування імпульсів 9 та генератора імпульсів 10. З метою випрямлення струму та перетворення напруги, що надходить від джерела установка обладнана конденсатором фільтра 11, діодним містком 12 та високовольтним трансформатором 13.

Для вивчення впливу електрогідролічного ефекту на властивості в'язучого при зшиванні проводили електроіскровий гідроудар незалежно кожного з інгредієнтів матриці.

Експериментально встановлено, що залежність модуля пружності епоксидних КМ від концентрації наповнювача має екстремальний характер. При цьому показано, що

оптимальна, з точки зору максимальних фізико-механічних характеристик, концентрація дисперсних наповнювачів оксиду хрому і оксиду алюмінію знаходиться в межах 70...80 мас.ч. на 100 мас.ч. ЕД-20, газової сажі - 40 мас.ч. на 100 мас.ч. ЕД-20.

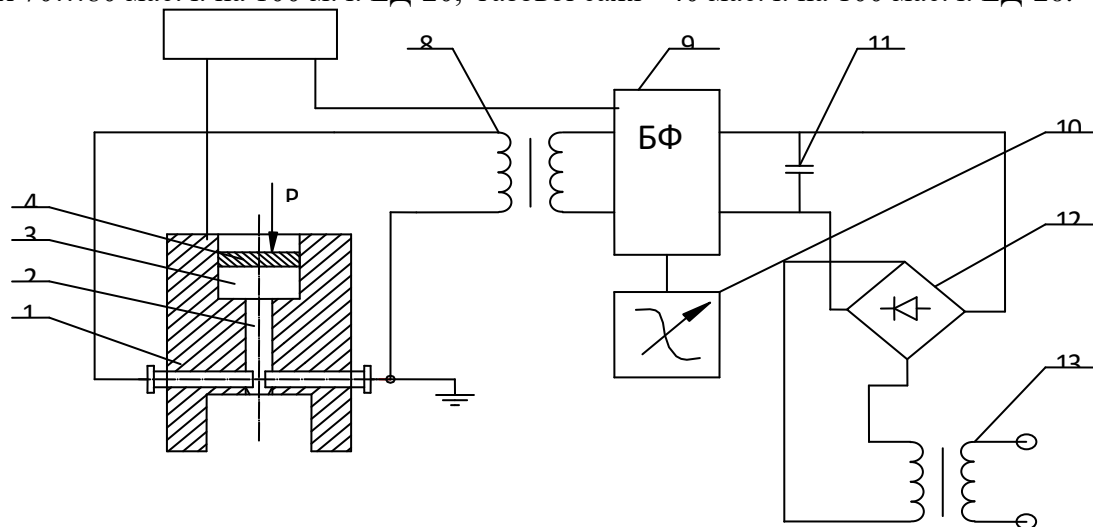


Рис.1. Схема приладу для формування електроіскрового гідроудару:

1 - корпус, 2 - канал 3 - резервуар 4 - поршень 5, 7 - вікна 6 - електроди, 8 - трансформатор підсилення 9 - блок формування імпульсів 10 – генератор імпульсів 11 конденсатор фільтра 12 - діодний місток 13 - високовольтний трансформатор.

Уведення таких дисперсних наповнювачів за оптимальної концентрації забезпечує підвищення модуля пружності при згині КМ з 3,8 ГПа (для полімерного в'язучого) до 5,2...8,3 ГПа. Отримані результати вказують на те, що введення дисперсних частинок у матрицю за оптимальної концентрації забезпечує формування поверхневих шарів навколо наповнювача з високим ступенем зшивання. Це, у свою чергу, забезпечує достатньо високий відсоток гелеутворення у системі, тобто перехід майже усього об'єму в'язучого у стан поверхневих шарів. Значна фізико-хімічна взаємодія на межі поділу фаз „олігомер – наповнювач”, при оптимальній концентрації останнього, забезпечує суттєве зростання модуля пружності КМ. Навпаки, введення дисперсних частинок у більшій чи меншій мірі стосовно оптимальної концентрації призводить до погіршення фізико-механічних властивостей КМ.

Крім того встановлено, що попередня обробка епоксидної матриці електроіскровим гідроударом забезпечує підвищення модуля пружності при згинанні з 3,9 ГПа до 4,5 ГПа. Показано, що попередня обробка епоксидної матриці ЕІГУ з наступним введенням дисперсних порошків забезпечує підвищення модуля пружності при згинанні ЕКМ на 15...23% порівняно з вихідним (немодифікованим) матеріалом.

Отже, у роботі на основі експериментальних досліджень фізико-механічних властивостей епоксикомпозитних матеріалів обґрунтовано доцільність проведення попередньої обробки олігомерних композицій електроіскровим гідроударом.

Література

1. Кобаса І.М., Мазуркевич Я.С. Метод модифікування неорганічного наповнювача для полімерних композицій // Композиційні матеріали: Тези доп. III Міжнар. наук.-техн. конф.-К.: ІВЦ “Вид-тво Політехніка”, 2004.-С.97.
2. Букетов А., Стухляк П., Долгов М. Дослідження поведінки епоксикомпозитних покриттів в умовах напружено-деформованого стану після їх УФ-опромінення і магнітної обробки // Вісник ТДТУ.-2004.-Т.9,№4.-С.36-45.
3. Букетов А. Адгезійна міцність покриттів з епоксикомпозитів, що оброблялись комплексом зовнішніх полів // Вісник ТДТУ.- 2005.-Т.10,№1.-С.60-69.

УДК 681.3.07

Ігор Чихіра, к.т.н., доцент, Василь Бадишук, к.т.н.
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

ПРИНЦИПИ ОПТИМІЗАЦІЯ СЕРВЕРА БАЗ ДАНИХ MySQL

Дослідження принципів оптимізації баз даних та побудова системи, яка продемонструє потенціали апаратної частини сервера баз даних під керуванням системи управління базами даних MySQL.

Ключові слова: бази даних, сервер, алгоритм.

I. Chyhira, V. Badyschuk OPTIMIZATION PRINCIPLE DATABASE SERVER MySQL DATABASE

Summary. Research database optimization principles and building a system that will demonstrate the potential of the hardware database server running a database management system MySQL.

Key words: database, server, algorithm.

При вивченні технологій систем управління базами даних (СУБД) необхідно розуміти не тільки те, як зберігаються дискові дані, але і розібратися в механізмах маніпуляції цими даними. Оскільки в процесах обчислень безпосередню участь бере тільки така інформація, яка знаходиться в оперативній пам'яті або кеш-пам'яті, єдиний аспект, співвідносить ці процеси з дисками, пов'язаний з функціями передачі блоків даних між дисками і оперативною пам'яттю. Типова комп'ютерна система містить в своєму складі ряд компонентів, призначених для зберігання даних. Компоненти розрізняються ємністю та швидкістю доступу до даних. Величини вартості зберігання байта інформації в компонентах також різняться, але не настільки серйозно - вартість найдешевших компонентів на три порядки нижче в порівнянні з найбільш дорогими. Немає нічого дивного в тому, що пристрої найменшою ємності володіють високими характеристиками швидкості доступу до даних і в той же час найбільшою питомою вартістю зберігання одного байта. СУБД здатні управляти переміщенням дискових блоків між оперативною пам'яттю і вторинними пристроями зберігання самостійно, не покладаючись на засоби менеджера файлів операційної системи. Проміжок часу, що відокремлює момент активізації запиту на читання або запис дискового блоку від моменту, до якого вміст блоку виявляється в оперативній пам'яті або зберігається на диску, прийнято називати часом затримки диска [1].

Найбільшою перевагою володіє той чи інший алгоритм, що забезпечує мінімізацію кількості звернень до диска, і навіть в тому випадку, якщо з точки зору моделі обчислень в оперативній пам'яті такий алгоритм не є найефективнішим. Схожий принцип можна застосувати до кожного рівня ієрархії пристроїв пам'яті: наприклад, вельми вдалий алгоритм, орієнтований на обробку даних в оперативній пам'яті, можливо, вдасться поліпшити в контексті моделі кеш-пам'яті, якщо врахувати, що інформація, яка переміщується в кеш-пам'ять, відповідає тенденції багаторазового використання. Аналогічно, розглядаючи взаємодію вторинного і третинного пристроїв зберігання, слід звернути увагу на величини обсягів переміщуваних даних і докласти зусиль для мінімізації цих обсягів - навіть ціною збільшення навантаження на пристрої, що відносяться до більш низьких рівнів ієрархії.

Література

1. С.В. Глушаков, Д.В. Ломотько / Базы данных, Харьков «Издательство АСТ», 2002. – 257 с.

УДК 378.147

Олег Шкодзінський, к.т.н., доцент; Ігор Коноваленко, к.т.н., доцент
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

ФУНКЦІЙНІ МОЖЛИВОСТІ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОННОГО НАВЧАННЯ «ATUTOR» ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦІЇ ОСВІТНЬОГО ПРОЦЕСУ

Організація освітнього процесу з використанням електронних навчальних курсів на базі LCMS ATutor дозволяє студентів легко отримати доступ до навчальної інформації, надає зручні засоби контролю та самоконтролю рівня засвоєння знань, забезпечує гнучку траєкторію вивчення дисципліни. Уніфіковані формати зберігання, простота формування та міграції навчальних матеріалів робить можливим їх широке використання. Усі ці фактори є основою, що дає можливість створення автоматизованих електронних навчальних курсів та використовувати їх як масові відкриті онлайн-курси.

Ключові слова: електронне навчання, електронний навчальний курс, автоматизований електронний навчальний курс, масові відкриті онлайн-курси

Oleh Shkodzinsky, Igor Konovalenko

FUNCIONAL CAPABILITIES OF LEARNING CONTENT MANAGEMENT SYSTEM «ATUTOR» FOR AUTOMATION OF EDUCATIONAL PROCESS

The organization of educational process using of e-learning courses based on LCMS ATutor allow students easy to access educational information, provides convenient means of self-control and learning, provides a flexible path of study disciplines. Unified storage formats, ease of formation and migration of training materials enables their widespread use. All of these factors is the foundation that enables creation of automated e-learning courses and use them as massive open online courses.

Keywords: e-learning, e-learning course, automated e-learning course, massive open online disciplines

Інтенсивний розвиток мережевих і комунікаційних технологій робить можливим та актуальним завдання створення і впровадження в навчальний процес автоматизованих систем навчання (АСН). Такі системи можуть спростити не лише вивчення теоретичного матеріалу, але й організацію індивідуальної роботи студента. У той же час використання уніфікованих форматів зберігання та передачі даних дозволяє розширити область застосування такої системи на різні навчальні заклади.

Одним з компонентів АСН є автоматизований електронний навчальний курс (АЕНК) – це курс у середовищі електронного навчання, який без особистої участі викладача-інструктора надає студенту поетапно (частинами) доступ до матеріалу, забезпечує проведення самоконтролю, здійснює проміжний та модульний контроль засвоєного матеріалу та залежно від результату, направлятиме студента до наступних (для вивчення) чи попередніх (для повторення) розділів дисципліни аж до допуску до підсумкового контролю.

Такий курс повинен містити:

- розділи (теми, лекції) теоретичного матеріалу, згруповані за змістовними та навчальними модулями;
- обов'язкові тести для самоконтролю, прив'язані до теми;
- обов'язкові тести для контролю знань за змістовними модулями;
- обов'язкові модульні тести;

- обов'язковий підсумковий тест.

Необов'язкові тести для самоконтролю призначені для того, щоб дати студентові оперативну та об'єктивну оцінку ступеня засвоєння матеріалу кожної теми. Такі тести складаються з відносно простих запитань, вирішення яких обмежене матеріалом поточної теми. Необов'язковість такого тесту полягає у тому, що його проходження (чи не проходження) не впливатиме на доступність інших розділів матеріалу ЕНК. Після проходження такого тесту студенту можна повідомити перелік запитань з неправильними відповідями, або перелік тем (категорій запитань), на які він відповідав найгірше.

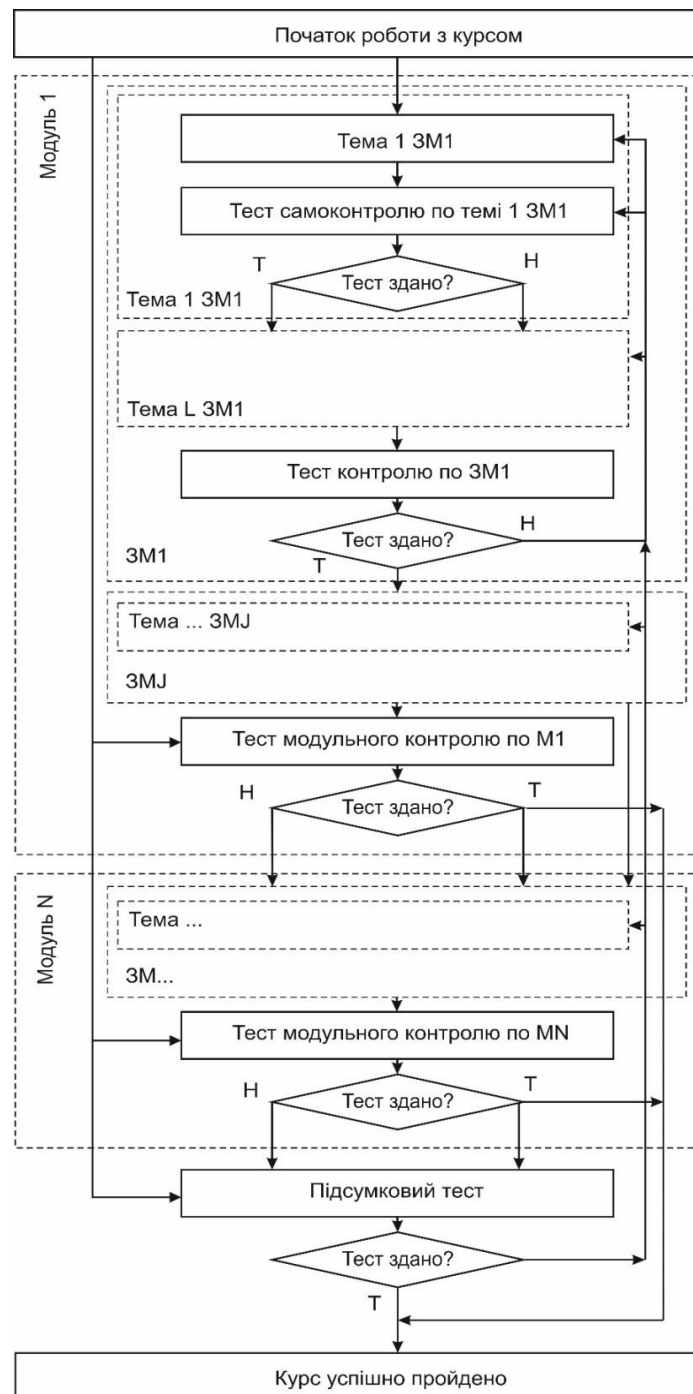


Рис. 1. Блок-схема процесу навчання за АЕНК

Обов'язкові тести для змістовних модулів призначені для контролю ступеня засвоєння відповідного навчального матеріалу. Без задовільного результату проходження такого тесту доступ до наступних тем матеріалу заблоковано. Після проходження такого тесту студенту повідомляється перелік тем (категорій запитань), на які він відповідав найгірше.

Модульні тести призначені для контролю ступеня засвоєння матеріалу навчального модуля. Результат такого тесту відображується в заліково-екзаменаційній відомості. Такі тести не блокують доступу до наступних розділів матеріалу.

Підсумковий (заліково-екзаменаційний) тест призначений для кінцевого контролю ступеня засвоєння матеріалу навчального курсу і відображується у заліково-екзаменаційній відомості як бал підвищення рейтингу.

Електронний навчальний курс вважається успішно закінченим, якщо модульні та підсумковий тести здані задовільно.

Блок-схема процесу навчання за автоматизованим електронним навчальним курсом зображена на рис. 1.

В Тернопільському національному технічному університеті імені Івана Пулюя АЕНК реалізуються на платформі системи електронного навчання ATutor (v.2.2). Початкові дані, на основі яких формується АЕНК, містять навчальний матеріал, структурований за темами згідно навчальних модулів, та базу тестових запитань, які згруповані у категорії відповідно до тем (підтем) навчального матеріалу.

Так як слухач, який вперше заходить на АЕНК, може не мати достатньо інформації про курс, роботу з ним та необхідні умови його проходження і закінчення, то курс має містити легкодоступну інформацію про методiku роботи з курсом. Ця інформація виводиться на домашній сторінці курсу.

Оскільки роль викладача при використанні АЕНК зменшується, то особливу вагу в таких курсах відіграє система тестування. За допомогою тестів студент перевіряє свою готовність до вивчення курсу, а також поетапно контролює процес засвоєння знань та навичок.

Тести для самоконтролю прив'язують до окремих тем навчального матеріалу. Такий тест виявляє прогалини у знаннях, і вказує перелік тем, які слід доопрацювати для розуміння матеріалу АЕНК. Для такого тесту зручно задавати відображення всіх запитань на одній сторінці. Дати початку та закінчення тестування слід задати такими, щоб вказаний часовий діапазон охоплював весь період доступності курсу.

Тести для змістовних модулів відіграють роль шлюзу, який не пропустить студента до вивчення наступного матеріалу у випадку незадовільного проходження. Для таких тестів задають прохідний бал, – зазвичай 60% від максимальної кількості балів. Прив'язувати такий тест зручно до останньої теми змістовного модуля.

Тест для заліково-екзаменаційного контролю доступний завжди, безвідносно від проходження попередніх тестів. Його результат показує ступінь засвоєння матеріалу курсу в цілому.

Література

1. ATutor LCMS. – <http://www.atutor.ca/>.
2. Розробка навчальних курсів у системі А Tutor: Методичні вказівки для викладачів(інструкторів) / Шкодзінський О.К., Войт С.О, Луцків М.М. – Тернопіль : ТНТУ, 2011 – 48 с.
3. Костишин С.О., Шкодзінський О.К. Метод та автоматизована система оцінювання ступеня впровадження навчальних курсів у віртуальному навчальному середовищі // Праці наук.-метод. конференції «Впровадження нових інформаційних технологій навчання». – Харків, 2007. – С.100-104.

УДК 621.867.52

Олександр. Шовкун, Ігор Козбур, Галина Козбур

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

ЕЛЕКТРОМАГНІТНИЙ ВІБРОПРИВОД ЖИВИЛЬНИКА

Запропоновано електромагнітний привод вібраційного живильника з фазовим автоналаштуванням частоти збудження, що забезпечить його ефективнішу роботу в резонансній області частот і як наслідок підвищить продуктивність.

Ключові слова: електромагнітний привод вібраційного живильника, фазова автопідстройка частоти (ФАПЧ), електромагнітний збуджувач коливань.

Oleksandr Shovkun, Ihor Kozbur, Halina Kozbur ELECTROMAGNETIC VIBRATORY FEEDER DRIVE

A vibratory feeder electromagnetic drive with auto phase excitation frequency that will ensure its effective operation in the resonant frequency range and therefore increase productivity.

Keywords: electromagnetic vibrating feeder drive, autonomous phase loop (PLL), electromagnetic oscillations exciter.

Електромагнітні приводи резонансних вібраційних машин мають численні переваги над іншими. Це компактність, відсутність обертових частин та пар тертя, висока питома потужність, простота, надійність. Але вони мають один суттєвий недолік – чим «гостріший» резонанс, тим складніше його забезпечити.

Якщо привод проектують під частоту промислового струму 50 або 100 Гц (60 – 120), то його коливальна маса і жорсткість пружної системи підганяються під середнє значення, тим самим зменшуючи ефективність резонансу. Крім того, коливальна маса і частота струму живлення можуть змінитися в значних межах, що приводить до зупинки вібраційної машини. Таким чином, використати переваги резонансного приводу при безпосередньому його живленні від мережі змінного струму – неможливо.

Можливим рішенням є використання інвертора змінного струму, керованого генератором, котрий налаштований на частоту резонансу приводу. Але і в цьому випадку, зникнення резонансу – питання часу, бо на привод діють зовнішні дестабілізуючі фактори.

Для того, щоб вібропривод працював на резонансній частоті без ручного керування його необхідно охопити зворотнім зв'язком, [1], або використати систему ФАПЧ (фазової автопідстройки частоти) збуджувачої сили [2].

Принципову електричну схему розробленого вібраційного приводу з системою ФАПЧ зображено на рисунку 1.

Вібропривод складається з давача В1, встановленого на коливальній масі, вібраційного живильника, сигнал якого подається на вхід підсилювача та формувача імпульсів, реалізованих на мікросхемах DA1 та DD1.1. З виходу формувача сигнал поступає на один з входів фазового компаратора мікросхеми DA2 (4046 аналог K564ГГ1). На другий вхід фазового компаратора подається сигнал з внутрішнього генератора мікросхеми DA2 керованого напругою (ГКН). Він виробляє однополярні прямокутні імпульси зі шпаруватістю $Q = 2$ (меандр) і амплітудою, наближеною до напруги живлення. При відсутності керуючої напруги, частота генератора визначається зовнішньою R-C ланкою.

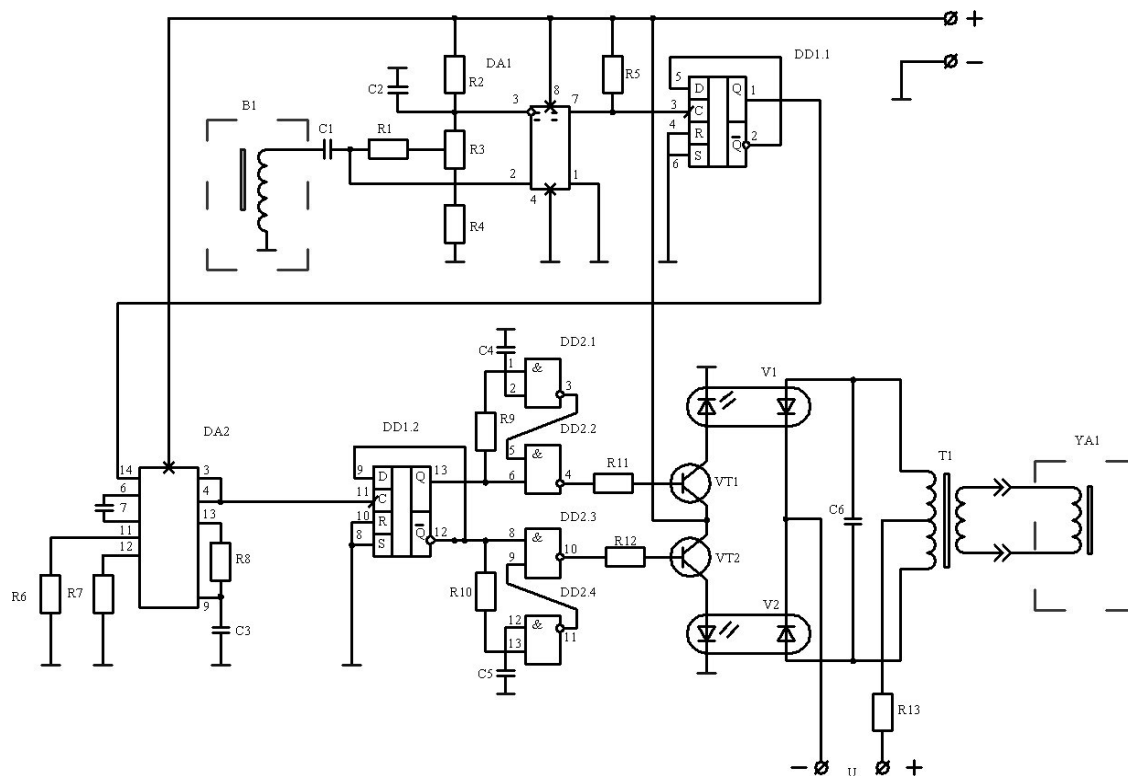


Рис. 1. Схема електрична принципова вібраційного приводу живильника

Фазовий компаратор мікросхеми DA2 реєструє різницю фаз між сигналами датчика B1 та імпульсами з виходу ГКН, перетворюючи її в імпульси, тривалість яких пропорційна цій різниці. Вихідні однополярні імпульси фазового компаратора згладжуються інтегруючою ланкою R8–C3 (фільтром низьких частот) і формують напругу розузгодженості. Ця напруга керує частотою ГКН, наближуючи її до частоти вхідного сигналу, до моменту коли ці частоти не зрівнюються. Сигнал з ГКН подається на формувач імпульсів, виконаний на мікросхемах DD1.2 та DD2.1, транзисторах VT1, VT2 та поступає на входи тиристорних оптоелектронних пар V1 та V2, на яких виконаний інвертор напруги. Вихід інвертора з'єднаний з обмоткою електромагнітного збуджувача коливальних YA1, який приводить в рух робочу масу вібраційного живильника.

При подачі напруг живлення, частота ГКН змінюється до тих пір, поки не зрівняється з частотою резонансу вібраційного живильника. Далі відбувається «захоплення» частоти, і живильник працює в резонансному режимі незалежно від зміни коливальної маси, жорсткості пружної системи та інших параметрів пристрою.

Література

1. А.С. СССР № 776961 М.кл. В 65 G 27/24, Рыбак Л.П., Шовкун А.П. Электромагнитный вибрационный привод питателя.
2. Патент України № 28978 В65G27/24, Шовкун О.П. Электромагнитный привод резонансной вибрационной машины.

Секція: СВІТЛОТЕХНІКА І ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКА

Керівники: проф. Микола Тарасенко, проф. Володимир Андрійчук

УДК 628.924

Віталій Бурмака, Микола Тарасенко, д.т.н., проф.

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

**ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ СВІТЛОПРОЗОРИХ
КОНСТРУКЦІЙ ДЛЯ ПРИРОДНОГО ОСВІТЛЕННЯ ПРИМІЩЕНЬ**

В результаті досліджень отримано залежність споживання енергії на освітлення, опалення, вентиляцію та охолодження приміщень від зміни розмірів та типу світлопрозорих конструкцій.

Ключові слова: енергоефективність, світлопрозорі конструкції, природне освітлення.

Vitaliy Burmaka, Mukola Tarasenko

**ENERGY EFFICIENCY OF USING TRANSLUCENT CONSTRUCTIONS FOR
NATURAL LIGHTING OF ROOMS**

As a result of research was received the dependence of energy consumption for heating, ventilation, cooling and lighting from change of sizes and type of translucent structures.

Keywords: energy efficiency, translucent structures, daylighting.

Вичерпність природних ресурсів та щорічне зростання населення, яке призводить до збільшення споживання енергоресурсів, є однією з найважливіших проблем сучасної енергетики, яка потребує комплексного вирішення.

Світлотехнічна галузь виключно на освітлення споживає близько 2650 ТВт·год електроенергії в рік ($\approx 19\%$ від глобального виробництва), перевищуючи сумарне її виробництво всіма атомними електростанціями світу [2]. В Україні на освітлення, припадає близько 16 % всієї вироблюваної в країні електроенергії. Саме тому система освітлення є вагомим споживачем електроенергії, особливо в адміністративних будівлях (до 80 %).

Виділяють три основних сектори споживачів електроенергії: промисловий, комерційний (суспільний) і житловий (табл. 1) [1].

Таблиця 1

Споживання електроенергії на освітлення

Сектор	Частка освітлення в споживаній сектором електроенергії, %	Щорічне збільшення споживання електроенергії на освітлення, %
Промисловий	6,3	0,9
Комерційний	28,6	0,1
Житловий	11,4	1,5

Останнім часом багато уваги приділяється пошуку оптимальних рішень щодо ефективного використання природного світла. Можна констатувати, що незважаючи на певний успіх у залученні уваги до цієї проблеми, поки що не вдалося мотивувати власників будівель до впровадження відповідних оригінальних конструктивних рішень. Основна причина цього полягає в тому, що для транспортування природного світла глибоко всередину будівель потрібні певні конструктивні рішення і значні початкові витрати, термін окупності яких поки що досить великий. На теперішній час економія

електроенергії від застосування природного світла в офісних будівлях не перевищує 1 €/рік на 1 м² площі підлоги, або 5 €/рік на 1 м² площі світлопрозорих конструкцій.

Варто зауважити, що подібні економічні оцінки, не враховують того, що через світлопрозорі конструкції в приміщення проникає значно більше світла, ніж це вказано в нормативах і що воно характеризується більш високим індексом кольоропередачі. Потрібно враховувати всю кількість природного світла, що проникає через світлопрозорі конструкції, а не тільки ту, що припадає на ті години в році, коли рівні природного освітлення перевищують мінімально необхідні [3].

В зв'язку з цим було проведено порівняльний розрахунок ефективності використання вікон не тільки різних розмірів, але й різного типу. Для цього була використана методика наведена в [4] з правками з [5]. Порівнювалися витрати та економія енергії для приміщення площею 45 м², яке розміщене в I кліматичній зоні (м. Тернопіль) з ПдСх орієнтацією при використанні вікон висотою 1,8 м різної ширини, починаючи від 0,75 м і до 3 м з кроком 0,75 м. Для розрахунків було обрано вікна Віндзор: 58 (4-16-4i), 70 (4-10-4-10-4i) і 90 (4i-16-4ш-16-4i) з опором теплопередачі (R): 0,64; 0,71 і 1,23 (м²·°C)/Вт, відповідно [6]. Результати розрахунків представлено на рис. 1, 2.

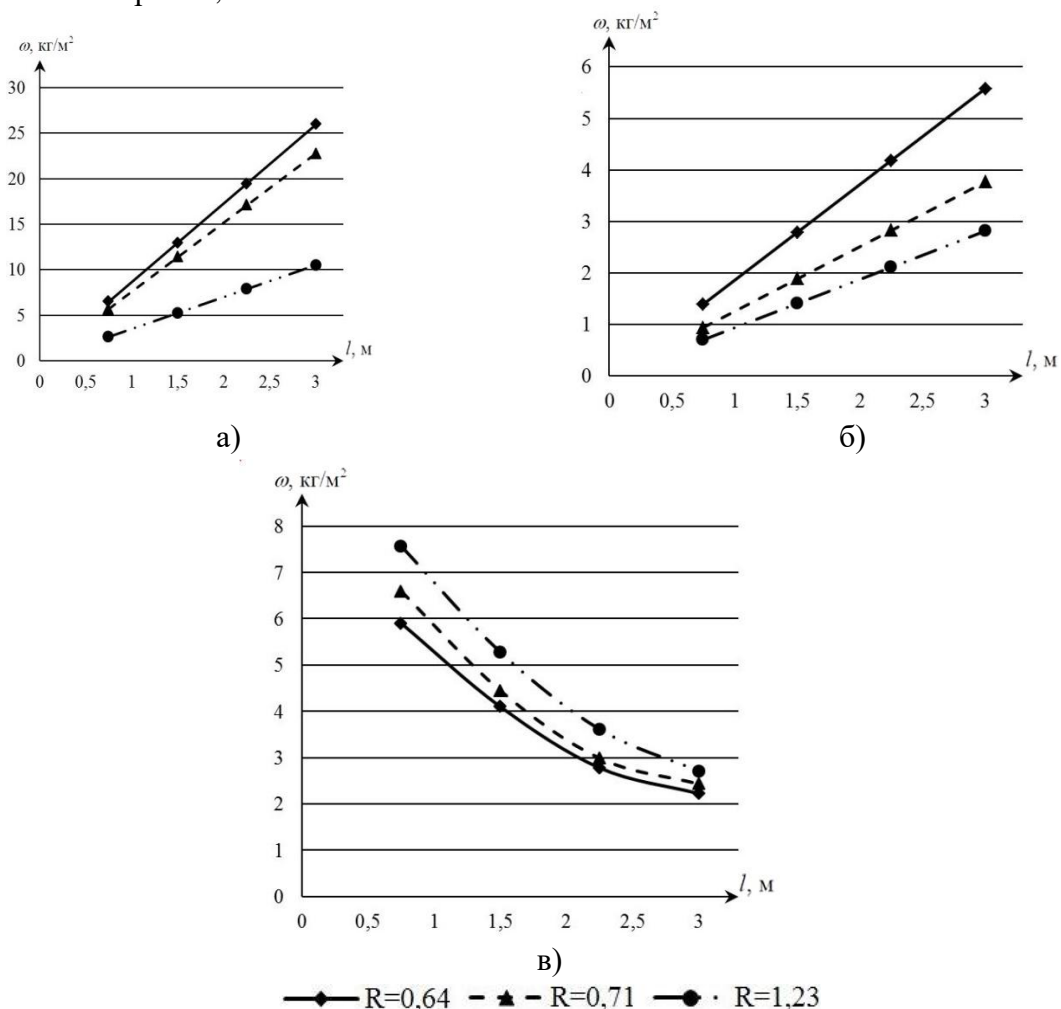


Рис. 1. Залежність витрат умовного палива на опалення (а), вентиляцію і охолодження (б) та освітлення (в) приміщення від розміру світлопрозорих конструкцій

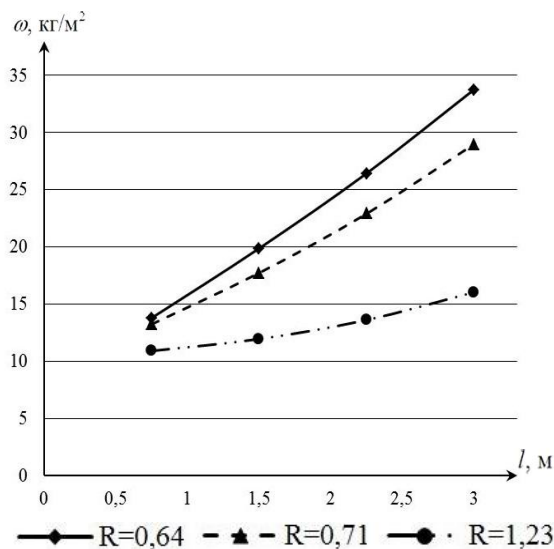


Рис. 2. Залежність сумарних витрат умовного палива на освітлення, опалення, вентиляцію та кондиціонування приміщення від ширини світлопрозорих конструкцій

Отже, використання в приміщенні світлопрозорих конструкцій площею 5,4 м²: при опорі теплопередачі (R) 0,64 (м²·°C)/Вт призводить до збільшення питомих витрат умовного палива з 13,78 кг/м² до 33,74 кг/м²; при $R=0,71$ (м²·°C)/Вт – до збільшення питомих витрат енергії з 13,23 кг/м² до 28,97 кг/м²; при $R=1,23$ (м²·°C)/Вт – до збільшення питомих витрат енергії з 10,9 кг/м² до 16,03 кг/м², в порівнянні з такими ж вікнами з площею 1,35 м².

В результаті розрахунків отримано, що використання в приміщенні світлопрозорих конструкцій з високим опором теплопередачі 1,23 (м²·°C)/Вт при збільшенні розмірів в 4 рази, з 1,8×0,75 до 1,8×3, призводить до збільшення питомої витрати умовного палива лише на 47 %, проте забезпечується значне надходження природного світла, яке має позитивний вплив не тільки на організм людини, але й на її продуктивність праці.

Збільшення площі світлопрозорих конструкцій з низьким опором теплопередачі 0,64; 0,71 (м²·°C)/Вт та з 1,35 м² до 5,4 м² призводить до збільшення витрат умовного палива на 144 % і 119 % відповідно.

Література

1. Безпалько І. В. Дослідження шляхів економії електричної енергії та енергозбереження в освітлювальних установках. Звіт з науково-дослідної роботи. Частина 2. – Вінниця: ВНТУ, ІнЕЕЕМ, ФЕМЕЕМ, Кафедра ЕСЕЕМ, напрям підготовки 6.050701 – Електротехніка та електротехнології, 2011 р. – С. 30.
2. Тарасенко М. Г. Динаміка параметрів розрядних ламп високого тиску при розгоранні та димеруванні / М. Г. Тарасенко, К. М. Козак, В. О. Бурмака // Світлотехніка та електроенергетика. – 2015. – № 3-4. – С. 15-21.
3. Фонтойнон М. Р. Оценка экономичности различных систем искусственного и естественного освещения // Светотехника. – 2008. – № 4. – С. 14-23.
4. Пособие по расчету естественного, искусственного и совмещенного освещения (к СНИП II-4-79). М.: Стройиздат, 1985.
5. Самойлов С.И., Соловьёв А.К. Проектирование светопроёмов в офисах и экономия энергии // Светотехника, 2000. № 1
6. ВІНДЗОР [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://windzor.com.ua>. – Розрахунок вартості вікон.

УДК 664.643.1

Віталій Гіджеліцький, Андрій Деркач, Ігор Стадник д. т. н., проф.
Тернопільський національний університет імені Івана Пулюя

ОБГРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ МАШИНИ НА СТВОРЕННЯ ЗАДАНИХ ГРАДІЄНТІВ ШВИДКОСТЕЙ З ЇХ РІВНОМІРНИМ РОЗПОДІЛОМ

Розглянуто вплив основних конструктивних параметрів валкового робочого органу формувальної машини на швидкість формування структури середовища на основі впливу важливих оптимальних параметрів замішування і встановлення продуктивності машин.

Ключові слова: деформація, структура, коефіцієнт інтенсивності.

Vitaliy Hijelitskuy, Andriy Derkach, Igor Stadnik **THE FOUNDATION OF MACHINE SETTINGS FOR SPECIFIED GRADIENTS SPEED CREATION WITH THEIR EVEN DISTRIBUTION**

The influence of the main design parameters of the working body roll of the forming machine on structure formation rate environment is considered in the article on the base of important optimal mixing parameters impact and determination of productivity intensity.

Key words: deformation, structure, intensity factor.

Вивчення процесу структуроутворення пружно-пластично-в'язкого середовища при зміні швидкості деформації, яка практично повністю визначається параметрами роботи тістомісильної, тістоформуальної, тістоподільної машин дозволяє варіювати структурно-механічні властивості дисперсних систем на декілька десяткових порядків (відповідно до повної реологічної кривої течії структурованих систем). Тому обґрунтування параметрів роботи машини і її конструктивних особливостей, що забезпечують у всьому обсязі системи створення заданих градієнтів швидкостей і їх рівномірний розподіл, є найважливішим завданням структурованих систем.

Як правило, при конструюванні технологічних машин і апаратів хлібопекарського виробництва конструктивні особливості робочих органів не враховували або їм не надавали належного значення. Це призводило до того, що параметри машин в основному визначалися без урахування структурно-механічних властивостей переробляючих систем.

Результати досліджень впливу конструктивних параметрів робочого органу машин на швидкість формування структури середовища підтвердили важливість і необхідність врахування цих факторів при обґрунтуванні оптимальних параметрів замішування і встановлення продуктивності машин.

Вивчення процесу структуроутворення пружно-пластично-в'язкого середовища показало, що після утворення в'язкої маси швидкість тістоутворення, а отже і продуктивність машин визначається в основному конструктивними параметрами робочих органів - конфігурацією, площею, кутом установки і взаємним розташуванням лопатей на валах. Формули для розрахунку продуктивності машин повинні бути доповнені коефіцієнтом, що враховує вплив інтенсивності дії робочих органів, так вважали деякі вчені.

Вони пропонують коефіцієнт інтенсивності дії робочих органів K_o . Він відображає вплив сумарної площі лопатей, взаємного їх розташування на валу в перпендикулярних площинах і на паралельних валах в площині поєднання. Крім того, K_o в умовах безперервного процесу характеризує також кут установки лопатей на валу, що забезпечується транспортування тіста в потоці і в протилежному напрямку.

Важливу роль відіграє рівномірне заповнення робочої камери середовищем, щільність якого змінюється в процесі утворення його структури. Вона може бути досягнута застосуванням робочих органів зі змінною швидкістю обертання:

$$\frac{v_1}{v_2} = \frac{\rho_1}{\rho_2} \quad (\text{при } V = \text{const})$$

де v_1 - швидкість місильних органів до утворення пов'язаної маси; v_2 - швидкість місильних органів після утворення пов'язаної маси; ρ_1 і ρ_2 - щільність системи до і після утворення пов'язаної маси.

Рівномірне заповнення робочої камери також може бути забезпечено і за рахунок зміни її обсягу. Конструктивно це можна вирішити створенням машини з двома робочими камерами чи камери змінного перетину. При цьому необхідно забезпечити відповідність:

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{\rho_1}{\rho_2} \quad (\text{при } V = \text{const})$$

де V_1 - обсяг камери в початковий період процесу до утворення пов'язаної маси; V_2 - обсяг камери пов'язаної маси.

Також слід зауважити, що на утворення структури пов'язаної маси впливають й інші фактори, такі як: якісні показники компонентів даного середовища; умови їх зберігання; температурні параметри утворення пов'язаної маси; мікроклімат виробничого приміщення у якому відбувається сам процес.

Тому за оптимальних показників вище наведених умов утворення пов'язаної маси в робочій камері машини було проведено дослідження які показали, що кращу якість середовища і готових виробів досягається при рівномірному заповненні камери протягом всього процесу утворення структури середовища. Коефіцієнт заповнення місильної камери також повинен бути 0,7-0,9

Отже на основі вище сказаного можна зробити висновок, що одним з основних факторів які впливають на якісні показники готового продукту є структуроутворення пов'язаної маси вже у робочій камері машини.

Література:

1. Стадник І.Я. Науково-технічні основи процесів та розробка обладнання для безлопатевого замішування тіста : автореф. дис. ... д-ра. тех. наук. – Київ, 2013. – 42 с.
2. Зайцев А.В., Пеленко Ф.В. Моделирование течения вязкой жидкости в трубе [Электронный ресурс] : электронный научный журнал «Процессы и аппараты пищевых производств». – Электронный журнал. – Санкт-Петербург: СПбГУНиПТ, 2012. – № 1.
3. Николаев Б.А. Измерение структурно-механических свойств мучного теста / Б.А. Николаев. – Москва : Пищевая промышленность, 1976. – 246 с.
4. Пеленко В.В., Арет В.А., Васильев Д.А., Морозов Е.А., Пеленко Ф.В. Течение продуктов обработки растительного сырья в перерабатывающих аппаратах / Пищевая технология. - М.: Известия ВУЗов, 2008. - Вып. №5-6. - С. 77-80.
5. Гуськов К.П. Реология пищевых масс / К.П. Гуськов, Ю.А. Мачихин, С.А. Мачихин, Л.Н. Лунин. – Москва : Пищевая промышленность, 1970. – 207 с.
6. Андреев А.Н. Выбор реологической модели пресного слоеного теста / Проблемы оборудования в торговле и общественном питании: Внутривуз. Сб. научн. тр. - Л.: ЛИСТ, 1976, вып. 58. С.5-8

УДК 621.326

Олександр Герега, студент, Вадим Коваль, к.т.н., доц.
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ ОСВІТЛЕННЯ АДМІНІСТРАТИВНИХ ПРИМІЩЕНЬ

Проведено аналіз системи освітлення в адміністративних приміщеннях, її основних компонентів. Наведено переваги освітлення за допомогою світлодіодів.

Ключові слова: енергоефективність, освітлювальна установка, джерела світла

Oleksandr Hereha, Vadim Koval

ENERGY EFFICIENCY OF LIGHTING ON ADMINISTRATIVE OFFICES

The analysis of lighting in your office, its main components. Benefits of using LED lighting.

Keywords: energy efficiency, lightingsystem, lightsources

З огляду на важливість проблеми заощадження енергії в глобальному масштабі, практично у всіх країнах проводяться різні заходи, покликані зменшити кількість споживаної енергії. Одним з пріоритетних напрямків енергетичної політики є енергозбереження у системах освітлення. Україна витрачає на освітлення 30-40% виробленої електроенергії, тоді як у Європі цей показник не перевищує 20%. Це спричинене падінням економіки та тим фактором, що в Україні досі переважає використання ламп розжарення, фактична ефективність яких становить 8%. Це вказує на актуальність проведення робіт з вдосконалення систем освітлення.

У адміністративних приміщеннях використовують люмінесцентні лампи, ефективність яких у 2,5-3 рази вища, ніж у ламп розжарення. Проте такі освітлювальні прилади, незважаючи на значну енергоекономічність, містять пари ртуті і становлять певну небезпеку для людини та навколишнього середовища. Люмінесцентні лампи неефективно використовувати у коридорах, оскільки в них досить тривалий час розгорання, часті вклучення негативно впливають на термін служби, а при постійній їх роботі вони споживають багато енергії.

Перспективними є світлодіодні лампи, ефективність яких у 8-12 разів вища, ніж у ламп розжарення, та у 2-3 рази вища, ніж у люмінесцентних ламп, також вони є екологічно безпечними, а строк служби – 50 тисяч годин і більше.

Перевагою світлодіодних джерел світла є те, що є різні моделі з різними кольірними температурами, тому можна підібрати освітлювальні установки, які найбільше підходять для того чи іншого приміщення та виду робіт.

Для значної економії енергії на освітлення адміністративних приміщень не достатньо зміни ламп на ефективніші, слід використовувати системи автоматичного керування вклученням, відклученням світильників і автоматичного регулювання освітленості. Зарубіжний досвід свідчить, що автоматизація освітлення дозволяє знизити енергоспоживання на 30-50%. Світлодіодні джерела світла найкраще підходять для роботи з автоматичними системами, оскільки менш чутливі до циклів ввімкнення/вимкнення та мають короткий час запалювання.

На освітлення адміністративних приміщень використовується 60-85% електроенергії, яку воно споживає, заміна ламп у приміщеннях на світлодіодні та використання автоматики при їх ввімкненні, дозволить більш, ніж вдвічі скоротити витрати електроенергії на освітлення.

УДК 621.326

Степан Герега, студент, Вадим Коваль, к.т.н., доц.; Ярослав Філюк
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

ЗБІЛЬШЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ СОНЯЧНИХ ПАНЕЛЕЙ

Проведено аналіз перетворення сонячної радіації в електричну енергію за допомогою сонячної панелі. Наведено шляхи та переваги збільшення ККД фотоелектричного модуля.

Ключові слова: енергоефективність, сонячна панель, трекер.

Stepan Hereha, Vadim Koval, Yaroslav Filyuk **INCREASING THE EFFICIENCY OF SOLAR PANELS**

Analysis of converting solar radiation into electrical energy using solar panels. An ways to increase efficiency and advantages of the photovoltaic module.

Keywords: energy efficiency, solar panel, tracker.

Сонячна енергія, яка потрапляє на поверхню нашої планети, має колосальну потужність - сонячне випромінювання протягом тижня за потужністю перевершує всі нині відомі світові запаси викопних нафти, урану і вугілля разом узяті. Удосконалення технології використання сонячної енергії призвело до того, що в 2016 році в 30 країнах світу за собівартістю сонячна електрика стала дешевше отриманої з газу чи нафти. За прогнозами, всього через кілька років частка таких країн складе 86% у всьому світі. Крім того, в 2016 році сонячна енергетика стала найдешевшою серед інших альтернативних видів енергії.

Сонячна енергія невичерпна і, що дуже важливо, - екологічно безпечна. По суті, єдиним істотним недоліком отримання енергії від Сонця є низький ККД таких установок.

Як відомо ККД сонячної панелі залежить від багатьох значущих чинників, але основним з них є орієнтація елементів батареї щодо джерела випромінювання (Сонця). Щоб збільшити ККД сонячної панелі потрібно щоб освітленість підтримуватися на оптимальному рівні. Для підтримки цього рівня розроблено систему стеження за Сонцем.

Для досягнення максимальної продуктивності робочих поверхонь систем необхідна їх точна орієнтація на Сонце. При цьому завданням пристрою стеження (трекера) є зменшення кута падіння сонця на робочу поверхню сонячних панелей. Положення рухомих частин трекера може змінюватися за допомогою ручного приводу або за допомогою так званих актуаторів - пристроїв, виконаних на електродвигунах.

Динамічна система кріплення фотоелектричних модулів дозволяє максимально ефективно, порівняно зі статичними, використовувати енергію сонця для вироблення електроенергії. Використання системи з одновісьним обертанням може привести до збільшення виробництва енергії на 15-20% порівняно з нерухомо закріпленим фотоелектричним модулем, з двовісьним в свою чергу – на 40-60%, при збільшенні вартості устаткування всього на 80%.

Враховуючи значення сонячного випромінювання 1 – 1,2 кВт/м² на більшій частині території Тернопільської області можна і потрібно використовувати сонячні панелі, а методом збільшення ефективності сонячних модулів є використання систем слідкування з двовісьним обертанням.

УДК 620.9.001.12.18

**Євген Гончаров, к.т.н., доц., Ігор Поляков, к.т.н., доц.,
Наталія Крюкова к.т.н., доц.**

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»

ТЕХНОЛОГІЇ РОЗВИТКУ ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИЧНИХ СИСТЕМ

Розглянуто тенденції розвитку сучасних технологій електроенергетичних систем і принципи роботи та конструкції високотемпературних надпровідних обмежувачів струму короткого замикання.

Ключові слова: обмежувач струму короткого замикання, високотемпературний надпровідник, індуктивність, магнітне поле, магнітопровід.

Evgen Goncharov, Ihor Polyakov, Nataliya Kryukova TECHNOLOGIES OF DEVELOPMENT OF ELECTRIC POWER SYSTEMS

Trends of modern technology power systems and principles of operation and construction of short-circuit high-temperature superconducting current limiters are considered.

Key words: short-circuit current limiter, high temperature superconductor, ferromagnetic core.

З сучасним розвитком галузі електроенергетики, виникли передумови для побудови електроенергетики на новій технологічній основі з використанням інтелектуальних енергосистем з активно-адаптивною інтелектуальною електричною мережею «Smart Grid».

Енергосистема «Smart Grid»:

- використання сучасних високоінтелектуальних засобів контролю ІТ-технологій і керування джерелами енергії, інтеграція джерел поновлюваної енергії, розподілення генерації та накопичення електроенергії, з метою підвищення надійності і економічності;
- створення активно-адаптивної електричної мережі на основі моніторингу і керування режимів з використанням нових засобів та технологій («FACTS» та ін.) для забезпечення надійності передачі електроенергії та керуваності електричної мережі;
- впровадження розподілених систем автоматики й захисту на сучасній мікропроцесорній основі з використанням нових ІТ-технологій;
- створення автоматизованих (цифрових) підстанцій, побудованих з використанням сучасного електротехнічного устаткування, оснащеного сучасними системами діагностики, моніторингу, релейного захисту автоматики та керування на основі ІТ-технологій;
- впровадження устаткування, створеного з використанням нанотехнологій, високотемпературних надпровідників, нових композиційних матеріалів, високоефективних електричних накопичувачів енергії;
- істотне підвищення активності споживачів у керуванні власним електроспоживанням.

Активно-адаптивна мережа – це сукупність підключених та генеруючих джерел і споживачів «інтелектуальних» пристроїв: ліній електропередачі, перетворювачів електроенергії, комутаційних апаратів, пристроїв захисту і автоматики, сучасних інформаційно-технологічних та керуючих систем, джерел генерації, у тому числі що використовують поновлювану енергію, яка розподіляється системою моніторингу й автоматичного керування розподіленими технічними засобами.

Ця система забезпечує моніторинг інформації про поточний стан устаткування, організує адаптивну реакцію системи в режимі реального часу на різні збурювання,

забезпечуючи тим самим надійне енергопостачання споживачів, енергоефективність і стійкість функціонування електроенергетичних систем у цілому.

Силові керовані пристрої активно-адаптивних мереж відіграють вирішальну роль у реалізації цієї технології на практиці. Їх можна розділити на наступні основні групи:

- пристрої регулювання (компенсації) реактивної потужності й напруги, що підключають до мереж паралельно;
- пристрої регулювання параметрів мережі (опір мережі), що підключають у мережі послідовно;
- пристрої, що сполучають функції перших двох груп –пристрою повздошно-поперечного включення;
- пристрої обмеження струмів короткого замикання;
- накопичувачі електричної енергії;
- вставки й електропередачі постійного струму;
- лінії електропередачі постійного і змінногострумуз використанням нових композиційних матеріалів, високотемпературних надпровідників.

Перші три групи пристроїв відносять до технології «FACTS» [1, 2]. Керована система передачі змінного струму «FACTS» (Flexible Alternative Current Transmission Systems) – це силова електронна система і супутнє устаткування, призначене для керування одним або декількома параметрами лінії електропередачі з метою збільшення її надійності і пропускної здатності. При послідовному включенні устаткування «FACTS» використовується для компенсації індуктивного опору лінії електропередачі; при паралельному – здатне поліпшити коефіцієнт потужності і уникнути перенапруг для індуктивного навантаження.

Окремі типи технологій «FACTS» використовуються також у пристроях обмеження струмів короткого замикання та лініях електропередачі постійного й змінногострумуз використанням нових композиційних матеріалів і високотемпературних надпровідників (ВТНП).

Надпровідникові технології. Розробки з надпровідного обмежувача струму розпочалися з появою ВТНП матеріалів (1986 р.), що пов'язано з їх можливістю отримувати надпровідність при охолодженні рідким азотом (77 К).

За конструктивними особливостями можна виділити дві основні концепції надпровідного обмежувача струму: резистивну та індуктивну [3]. У резистивному струмообмежувачі надпровідник безпосередньо вмикається у електричне коло для захисту навантаження, а у індуктивному надпровідний елемент має магнітний зв'язок з електричним колом.

Струмообмежувач містить надпровідний елемент, який послідовно з'єднаний з електричним колом, що захищається. Резистивна конструкція надпровідного обмежувача струму є найбільш спрощеною і малогабаритною, заснованою на нелінійності опору надпровідника.

У нормальному режимі номінальний струм нижче критичного струму надпровідного елемента, і цей елемент знаходиться у надпровідному стані із нульовим опором. В аварійному режимі струм короткого замикання у колі зростає, надпровідний елемент втрачає надпровідність і переходить в резистивний стан та обмежує струм. Застосування послідовного резистивного струмообмежувача можливо в тих випадках, коли достатньо декількох хвилин відновлення після спрацьовування. Втрати у ВТНП елементах на змінномуструмі повинні бути мінімізовані для здешевлення кріогенного забезпечення. Такий тип обмежувача струму характеризується появи теплових доменів, викликана неоднорідністю переходу надпровідника в нормальний стан.

Обмеження струму короткого замикання в надпровідному обмежувачі струму індуктивного типу досягається за рахунок різкого зростання його опору. Обмотка

замкнена на надпровідний елемент, та екранує надпровідним екраном осердя з електротехнічної сталі. Крім цього, магнітний потік у разі концентричного розташування елементів конструкції проникає в осердя магнітопроводу, що значно збільшує індуктивність. Зміна індуктивності призводить до великого зростання індуктивного опору, сталої часу, що дозволяє суттєво обмежити струм короткого замикання.

Найчастіше вторинні надпровідні обмотки виготовляються у вигляді набору циліндрів або кілець. Відрізняються конструкції індуктивних струмообмежувачів або розташуванням надпровідних кілець, або конфігурацією магнітного осердя. Можливе розміщення кілець відносно первинної обмотки усередині або ззовні. Основні складності при створенні надпровідного струмообмежувача з надпровідним екраном полягають у створенні екранів великих діаметрів.

Індуктивний тип забезпечує обмеження струму короткого замикання за рахунок різкого зростання індуктивного опору зміною ступеня насичення магнітопроводу. Недоліком індуктивного обмежувача струму є збільшення маси і габаритів пропорційно напрузі.

У IBM досліджували перспективу використання низькотемпературних надпровідників (НТНП) з матеріалу Nb_3Sn ($T_k=18$ К) для створення потужних електричних кабелів [4]. Метою їхньої розробки було – передача по кабелю постійного струму потужності 100 ГВт (100 кВ, 500 кА) на відстань близько 1000 км, з криогенним охолодженням рідким гелієм по всій довжині кабелю. Такий кабель був спроможний транспортувати половину всієї електроенергії, яка вироблялась у той час у США, якби виникла потреба у такому щільному потоці електроенергії. Аналогічні проекти розглядались у Німеччині і країнах ЄС [5–7].

Технічна можливість створення НТНП кабельних ліній не є достатньою умовою для їхньої реалізації. Значні капітальні витрати на НТНП матеріали, прокладання та кріостатування кабельної лінії, яка до того ж потребувала великих експлуатаційних витрат, зробила НТНП кабельні лінії економічно не вигідними. Тому дослідні роботи зі створення ЛЕП великих потужностей, спрямовані на використання ВТНП матеріалів. У США, Японії, ЄС та інших країнах ведуться інтенсивні розробки технологій виробництва довгомірних ВТНП кабелів. Але перспектива передачі електроенергії по довгомірним ВТНП кабелям електричної енергії постійного струму є дуже енергетично привабливою.

Технологічні платформи «Smart Grid» – це пристрої регулювання напруги на базі сучасної силової електроніки, асинхронні турбогенератори і компенсатори реактивної потужності принципово нового типу, кабельні лінії на основі високотемпературної надпровідності, а також пристрої обмеження струмів короткого замикання комутаційного типу і на основі високотемпературної надпровідності. Використання технологічних платформ «Smart Grid» разом з ІТ-технологіями дозволить суттєво підвищити ефективність і енергозбереження електроенергетичних систем.

Література

1. Grid 2030: A National Vision for Electricity's Second 100 Years. Office of Electric Transmission and Distribution, United State Department of Energy, July 2003. <https://www.ferc.gov/eventcalendar/files/20050608125055-grid-2030.pdf>

УДК 621.224-225.12; 621.311.2.21

Мирослав Зін¹, канд. техн. наук, доцент, Юрій Підгайний²

¹Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

²Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне

ОСОБЛИВОСТІ ЕКСПЛУАТАЦІЇ МІКРОГЕС В М. БЕРЕЖАНИ ПРОТЯГОМ ПЕРШИХ ТРЬОХ МІСЯЦІВ ПІСЛЯ ЗАПУСКУ

У тезах доповіді ми звернули увагу на актуальність і труднощі переходу до енергетики майбутнього, яка базується на використанні відновлюваних джерел енергії. Ми також описали наш проект мікро ГЕС у м. Бережани.

Ключові слова: Бережани, мікро ГЕС, проект, особливості, експлуатація.

Myroslav Zin, Yurii Pidhainyi

FEATURES OF OPERATION OF MICRO HPP IN THE CITY BEREZHANY THE FIRST THREE MONTHS AFTER STARTING

In this article we drew attention to the urgency and difficulty of the transition to the energy future based on renewable energy use. We also describe our Berezhany microHPP project.

Keywords: Berezhany, micro HPP, project, features, operation.

Сьогодні зі стовідсотковою впевненістю можна констатувати наступний факт: людство остаточно відмовилося від подальшого розвитку енергетики, яка базується на викопних видах палива – вугіллі, нафті, природному газі та урані. Крапку неповернення пройдено. Всі ТЕС та АЕС світу доживають свій вік, а нові, що мали б їх замінити, вже ніколи більше не будуть споруджені. На зміну традиційній приходить енергетика майбутнього, яка базується на використанні відновлюваних джерел енергії. Причини цього різні. Основна – інстинкт самозбереження. ТЕС і АЕС повільно, але безупинно знищують людей і всю живу та неживу природу Землі. Беззаперечні докази цього заставляють волосся на голові ставати дибом. Але це стосується лише більш-менш адекватних людей, які прислухаються до консолідованих думок профільних вчених і роблять правильні висновки. Як бачимо, на щастя, відповідальних людей сьогодні у світі – більшість. Історія вчить: з певних причин давно, дуже давно і навіть за історичними мірками зовсім недавно зникли цілі цивілізації. Якби цих причин не було, а інші не з'явилися, зазначені цивілізації процвітали б до сьогоднішнього дня. Відтак, щоби не повторити долі зниклих цивілізацій, нинішня цивілізація, яка населяє Землю (тобто ми всі), прийняла, на нашу думку, правильне рішення щодо реорганізації свого енергозабезпечення: з метою виживання нас і наступних поколінь ми не будемо більше знищувати «агресивною» енергетикою наше безцінне багатство – природу. Точніше, ми ще трохи її понищимо, але з кожним роком все менше і менше, а потім і зовсім перестанемо. Натомість ми побудуємо «зелену» енергетику, яка буде завжди «дружити» з природою і не буде її руйнувати. Процес переходу від енергетики на базі викопних ресурсів до відновлюваної енергетики з економічних причин займе декілька десятиліть. Наразі ще є підстави вважати, що таке «зволікання» не буде для людства фатальним. Можливо, в процесі *реорганізації енергетики* доведеться коригувати терміни її завершення, але це вже деталі. Головне – вибір правильної стратегії. І не зійти з вибраного шляху. Питання не в тому, будемо ми мати енергію, чи її не стане, а в тому, будемо ми жити, чи ні.

Відновлювальна енергетика у своєму становленні проходить тернистий шлях. Її об'єкти, у порівнянні з традиційною енергетикою, невеликі, але їх багато і вони повсюди. До цього потрібно звикати. Люди, які живуть минулим (і дуже часто вони

досить агресивні), не завжди бажають бачити такі об'єкти. Йде боротьба одних екологів з іншими, місцевих мешканців з енергетиками, минулого з майбутнім, і не завжди для цього є об'єктивні підстави. Місцеві чарунки «зелених» партій та громадських організацій майже повсюди борються з вітряками, сонячними батареями та малими ГЕС. Багато людей у цьому їх підтримують. Ніхто не заперечує, що будь який техногенний об'єкт є джерелом певних ризиків. Аби загроз не було взагалі, варто остаточно відмовитися від електричної енергії і перейти до проживання в «комфортних» умовах 18-го–19-го століть – зі свічками та газовими лампами (хоча навіть і в цьому випадку буде наноситися шкода довікллю продуктами згоряння цих «освітлювальних приладів»). Але «полум'яні борці» з зеленою енергетикою, як відомо, полюбляють сучасний комфорт і всіляко підтримують традиційну енергетику, тому що електрика з вугілля й урану – «дешевша», а станції, які її виробляють – десь там далеко. Свята наївність...

Що ми пропонуємо? Не здаватися і йти вперед. У 2016 році за нашим проектом спроектовано, споруджено і введено в експлуатацію мікроГЕС на р. Золота Липа у м. Бережани Тернопільської області. Встановлена потужність електрогенераторів – $75+30=105$ кВт, номінальна генерована електрична потужність (на затискачах електричного лічильника, за показами якого ведеться облік відпущеної електроенергії Державному підприємству «Енергоринок») – 80 кВт. Хотілось би відзначити найцікавіше у цьому проекті. В якості «сердця» мікроГЕС виступають дві горизонтальні трубні пропелерні гідротурбіни з діаметрами робочих коліс 90 і 50 см. Для них ми спроектували конусні відсмоктувальні труби, які було виготовлено на вітчизняних підприємствах (одне з них знаходиться в м. Тернопіль) з листової сталі товщиною 6 мм. Ми вивели формулу для визначення раціонального кута при вершині конуса відсмоктувальної труби, про це буде йти мова в наших наступних публікаціях. Кут зрізу нижньої крайки відсмоктувальної труби відносно її осі – не 90° і не 45° , як це зазвичай роблять, а приблизно 60° . Чому? Існуюче бетонне дно у нижньому б'єфі дуже мілке – 800-1000 мм. Якщо зробити 90° , кінець відсмоктувальної труби буде виступати над водою, що є неприпустимо. Якщо зробити 45° і прийняти глибину занурення труби у воду рівною 400 мм, на виході потоку води з відсмоктувальної труби буде невеликий прохідний переріз. З цієї причини матимуть місце значні втрати тиску, що негативно позначиться на напорі нетто станції та ККД турбіни. Якщо зробити 45° і прийняти глибину занурення труби у воду рівною 100 мм, можливе затягування повітря у турбіну крізь відсмоктувальну трубу. Тому прийняте оптимальне за існуючих умов рішення: кут зрізу – 60° , мінімальне занурення труби у воду – 100 мм, мінімальна відстань між кінцем відсмоктувальної труби і дном нижнього б'єфу – 270 мм. Правильність прийнятого нами рішення підтвердила практика: ККД турбіни відповідає паспортному значенню – 91,8 %, а затягування повітря у турбіну крізь відсмоктувальну трубу не спостерігається.

Спроектовано підвищувальну пласкоремінну передачу на базі ременя фірми Nabasit (Швейцарія). Середній несучий шар ременя виготовлений з поліестеру – сучасного високоміцного матеріалу, який має пам'ять форми. Довжина ременя – 4500 мм, ширина – 300 мм, товщина – 3 мм. Натяг ременя прийнятий рівним 2 % і він залишається незмінним протягом всього періоду його експлуатації. Зараз на Тернопільщині діють 15 малих ГЕС, але на жодній з них, крім Бережанської, немає силової пласкоремінної передачі. Можна сміливо стверджувати, що це – наше ноу хау, а вірність чи хибність зробленого вибору та розрахунку підтвердить жорстокий, але справедливий «інспектор» – час. Наразі правильність наших рішень підтверджується. Проектний термін служби плаского ременя Nabasit до заміни – 3 роки. Проектна механічна потужність, яку він передає – 89 кВт. Пласкоремінну передачу виконано у

вигляді окремого редуктора. Це дозволяє знизити до мінімуму навантаження на підшипники турбіни та електрогенератора. Деталі цієї передачі (2 шків (ведучий – Ø715 мм, ведений – Ø349,5 мм), 2 вали, 4 корпуси для підшипників 224, 2 муфти) виготовлено на одному з підприємств м. Тернополя – в стислі терміни і якісно.

Вода подається до турбін сталевими трубопроводами діаметру 1220 мм. На початку одного з трубопроводів – чотиригранний пірамідальний *перехід*, врізаний в металевий щитовий затвор. Його особливість полягає в тому, що він максимально підлаштовує існуючий об'єкт – шлюзний міст – під потреби мікроГЕС задля забезпечення її максимальної енергетичної ефективності. Матеріал переходу – листова сталь товщиною 6 мм. Для нас цей перехід – одна з найважливіших деталей станції, яка визначає її енергоефективність протягом всього періоду експлуатації. Електрозварник, який його виготовляв, «прогнозував», що він не поміститься в потрібне місце. Але перехід без проблем помістився – з точністю буквально до 1 мм.

Гідроагрегати змонтовано на сталевій рамі у вигляді дев'ятиніжкового стола розмірів 8413×3924 мм (8 ніжок – по периметру, одна – посередині). Раму виготовлено зі швелерів і двотаврів розмірів 24, 27, 30 і 36 см, а також труб діаметру 324 мм (ніжки). Всередині труб – сталеві арматура та бетон. Арматура приварена до анкерів, забитих у отвори в існуючому бетонному дні. Кількість анкерів – 9 (один на кожен ніжку). Рама гідроагрегатів максимально враховує геометрію існуючого об'єкту (шлюзного мосту), з однієї сторони, і потреби станції, з іншої сторони. Дно, на якому встановлено раму – майже на всій довжині нахилене, висота схилу – 500 мм, довжина – 7600 мм. Правильне проектування і розміщення рами – дуже важлива робота, позаяк кожний невірний її розмір або/і неправильність її місцезнаходження відносно профілю існуючого бетонного дна нижнього б'єфу міг би негативно впливати на енергоефективність мікроГЕС протягом всього періоду її експлуатації. З огляду на цей чинник ми спроектували та розмістили раму якнайкраще.

Окремої уваги заслуговує також рама зі сміттєзатримувальними ґратками (РСЗГ). Вона знаходиться перед шлюзним мостом, прилягає і прикріплена до його «бичків». Ширина рами – 5200 мм, висота – 4500 мм. Передня площина РСЗГ нахилена до горизонталі під кутом приблизно 75°. Ґратки виконано зі сталевієї смуги перерізу 50×5мм, яку встановлено «ребром» (відносно течії води). Відстань між осями сусідніх «ребер» РСЗГ – 50 мм. Рама майже ніколи не засмічується, і тому її майже ніколи не потрібно очищувати від сміття. РСЗГ, як і мікроГЕС в цілому, працює вже 9 місяців (осінь, зиму і весну). На протязі вказаного періоду часу ґратки жодного разу не «забилися» (наприклад, водоростями, деревним листям, льодом або побутовим сміттям, яке плаває) (за інформацією власника станції). Це говорить про вдалу конструкцію і вдале розміщення РСЗГ, а також про вдалу конструкцію існуючого шлюзного мосту з огляду можливості спорудження на його базі мікроГЕС.

За підсумками 9 місяців експлуатації проект Бережанської мікроГЕС можна вважати успішним. Основні проблеми станції – нестача води в посушливі періоди року, незначне проковзування плаского ремня силової передачі, що супроводжується характерним свистом, а також незначні вібрації рами, на якій встановлені гідроагрегати, внаслідок недостатньої збалансованості деталей, що обертаються (робочих коліс турбін, роторів електрогенераторів, шківів пасових передач та ін.). Але ці проблеми не є критичними, в процесі експлуатації об'єкту їх можна буде в тій чи іншій мірі вирішити. Проектний термін окупності Бережанської мікроГЕС – від 5 до 7 років.

УДК 621.362

Роман Івасечко к.т.н, ас., Роман Кріль

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

ТЕРМОЕЛЕКТРИЧНИЙ ГЕНЕРАТОР ДЛЯ ГЕНЕРАЦІЇ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ З ДИМОВИХ ГАЗІВ ТВЕРДОПАЛИВНИХ КОТЛІВ

Запропоновано конструкцію термоелектричного генератора для перетворення теплової енергії в електричну при використанні димових газів в системах автономного опалення твердопаливними котлами.

Ключові слова: термоелектричний генератор, автономна система опалення, теплообмінник, модуль.

Roman Ivasechko, Roman Kril

Thermoelectric generators for generating electricity from solid fuel boilers stack gas

Annotation: it has been proposed the construction of thermoelectric generator for converting heat into electricity when using the flue gas in autonomous heating systems by solid fuel boilers.

Keywords: thermoelectric generator, autonomous heating system, a heat exchanger, module

Термоелектрична генерація є перспективним напрямком з енергозбереження, що дозволяє здійснити пряме перетворення теплової енергії в електричну без проміжних стадій перетворення, забезпечуючи при цьому стабільність в роботі, безшумність та відповідну довговічність при використанні різних джерел теплової енергії як з високими так із низькими температурами.

Основним критерієм працездатності термоелектричних генераторів на основі модулів Зеебека є робоча температура гарячої сторони, яка обмежується температурою плавлення припою й складає 150-270 °С.

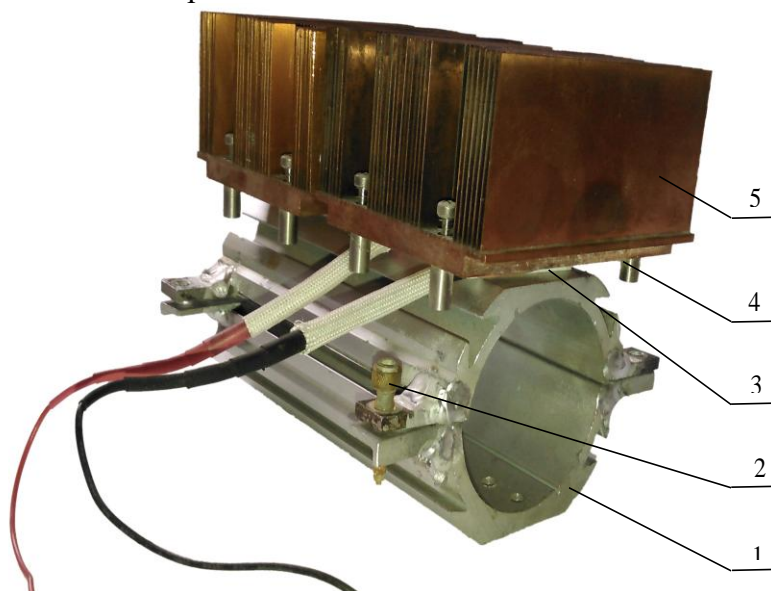


Рис. 1. Загальний вигляд термоелектричного генератора:
1 – корпус-теплообмінник; 2 – гвинти; 3 – система модулів Зеебека; 4 – система кріплень радіаторів; 5 – радіатори

Для роботи термоелектричного генератора пропонується використовувати димову трубу у твердопаливних котлах, а також котлах тривалої дії у автономних системах опалення.

На рис. 1 приведено загальний вигляд термоелектричного генератора.

Термоелектричний генератор складається з корпусу – теплообмінник 1, який виконано у вигляді двох ребристих півтруб та має плоскі площини для розміщення систем модулів. Дві частини корпусу встановлюються на димову трубу твердо-

паливного котла та закріплюються між собою гвинтами 2. На плоских площинах корпусу – теплообмінник 1 через термоелектричні прокладки встановлюються системи модулів Зеебека 3. З іншої сторони на системи електричних модулів через термоізольовані системи кріплень радіаторів 4 встановлені пасивні радіатори 5. При необхідності для підвищення ефективності ТЕГ можна використати систему активного охолодження з додатковим встановленням кулерів.

Ефективність роботи термоелектричного генератора оцінюється коефіцієнтом корисної дії: $\eta = P/Q_h$, де, P – електрична потужність, Вт; Q_h – тепловий потік гарячої сторони термоелектричного генератора, Вт/м².

Для забезпечення ефективної роботи ТЕГ необхідно забезпечити максимальнодопустиму різницю температур між сторонами модуля, для цього до однієї його сторони треба підвести тепло (Q_h), а з іншої – забезпечити ефективний відвід теплової енергії (Q_c).

Електрична потужність при навантаженні прямо пропорційна квадрату різниці температур ΔT : $P = Q_h - Q_c = I^2 \cdot R_H \sim \Delta T^2$, де, R_H – електричний опір навантаження, Ом; I – електричний струм при навантаженні, коли електричний опір навантаження рівний внутрішньому електричному опору модуля при робочих температурах, А.

Для досягнення максимальної потужності значення електричного опору навантаження має дорівнювати значенню внутрішнього опору генераторного модуля в умовах експлуатації.

Вибираючи певним чином відношення опору навантаження модуля (m), можна змінювати ККД, при цьому буде змінюватися електрична потужність, яку можна отримати від термоелектричного генератора (рис. 2).

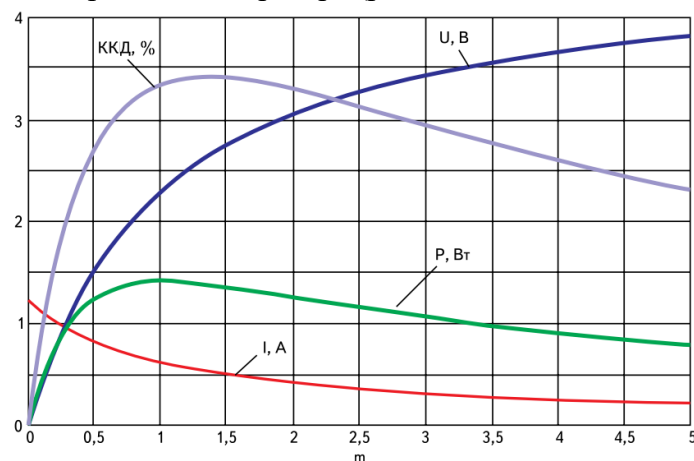


Рис. 2. Залежність характеристик ТЕГ від опору навантаження

Максимальну потужність з ТЕГ можна отримати за однакової кількості зовнішнього і внутрішнього навантаження ($m = 1$), а максимальний ККД досягається при $m \approx 1,3-1,4$. Запропонована конструкція ТЕГ може бути використана для живлення побутових малопотужних споживачів, наприклад світлодіодне освітлення та підзарядка мобільних телефонів й акумуляторів, при аварійному відключенні електропостачання.

Література

1. Анагичук Л.І., Михайловський В.Я. Розвиток досліджень і розробок термогенераторів на органічному паливі // Термоелектрика. –2004. –№4. –С. 5–38.
2. Новиков А.И. Термоэлектрический источник питания для отопительных котлов // Термоэлектрики и их применения // Материалы VIII Межгосударственного семинара, С.Петербург, 2002. – С. 396–401.

УДК 621.326

Вадим Коваль, к.т.н., доц.

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ СУМІЩЕНОГО ОСВІТЛЕННЯ

Проведено аналіз системи природного освітлення, її основних компонентів та перспектив використання. Наведено переваги енергоефективного суміщеного освітлення.

Ключові слова: енергоефективні будинки, суміщене освітлення, електроспоживання

Vadim Koval

ENERGY EFFICIENCY COMBINED LIGHTING

Analysis of natural light is made. Consider its main components and prospects. Presented advantages of energy efficient combined lighting.

Keywords: energy-efficient houses, combined lighting, power consumption

Новітні технології в енергоефективному будівництві забезпечують мінімальні втрати теплової енергії та зменшують споживання електроенергії. Основними джерелами електро- та теплопостачання є сонячне випромінювання та тепла енергія Землі.

Спектр Сонця поєднує усі види випромінювання, включаючи видиме та інфрачервоне, які, на даний час, використовуються для отримання електричної та теплової енергії. Останні накопичуються у хімічних та рідинних акумуляторах відповідно. Використання електроенергії в будинку різноманітне, але вагома її частка (18-20 %) припадає на системи освітлення. У енергоефективних системах освітлення на основі КЛЛ та світлодіодів електрична енергія перетворюється у світлову із значними втратами. Вони мають місце у драйвері лампи (ЕПРА), самому джерелі світла та оптичній системі. Враховуючи те, що сонячна енергія перетворюється у електричну із ККД максимум 17 % та присутність втрат при її акумулюванні та інверторі отримуємо надзвичайно низьку енергоефективність, як для «перетворення» сонячної енергії у світлову. Потреба в освітленні у денний час частково перекривається за рахунок великих вікон, через які теплові втрати більші ніж через стіни. Проте верхнє освітлення більш комфортне ніж бокове через вікна. Беручи до уваги вище перелічені проблеми актуальним є підвищення кількості природного світла у інтер'єрному освітленні за рахунок використання суміщеного освітлення на основі волоконної оптики.

Основна мета суміщеного освітлення полягає в тому, щоб значно зменшити електричну вартість освітлення, як значної частини загального енергоспоживання. Системи природного освітлення здатні повністю замінити штучне впродовж дня, та частково у ранішні та вечірні часи. На сьогодні оптоволоконні вироби є найбезпечнішими у застосуванні, найбільш довговічними, їх просто встановлювати. Вони не бояться високих температурних режимів та постійного скупчення вологості.

Через це, на даний час, вони набувають значного розвитку. Ведуться розробки нових світлопоглинаючих установок, світловодів та світильників (рис. 1) [1, 2]. Досліджуються та проектується оптичні вимикачі та перемикачі, засоби регулювання світлового потоку через світильники природного світла [3].

Не вирішеними залишаються питання «розумного» поєднання природного та штучного освітлення для досягнення максимальної енергоефективності, а саме мінімального споживання електроенергії. Застосування автоматизованої систем керування є необхідною умовою для досягнення даної мети. Саме тут потрібно

поєднати новітні технології електротехніки, світлотехніки та відновлювальної енергетики.



Рис. 1. Система оптоволоконного освітлення із геліостатом, що стежить за переміщенням Сонця

Література

1. K. K. Chong and C. W. Wong, “General formula for on-axis sun tracking system and its application in improving tracking accuracy of solar collector,” *Solar Energy*, vol. 83, no. 3, pp. 298–305, 2009.
2. C. A. Chen, Y. Y. Chen, and A. J. W. Whang, “An active lighting module with natural light guiding system and solid state source for indoor illumination,” *Proc. SPIE 7422*, 74220Z (2009).
3. C. Sapia, “Daylighting in buildings: developments of sunlight addressing by optical fiber,” *Solar Energy*, vol. 89, pp. 113–121, 2013.
4. K. H. Chou, Y. Y. Chen, and A. J. W. Whang, “An optical switch of natural light guiding system based on cubic structure with Fresnel surface,” *Proc. SPIE 7428*, 74280O (2009).

УДК 621.311.25

Козак Катерина, к.т.н., Микола Тарасенко, д.т.н., проф., Аліса Кудряшова
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ КОНЦЕПЦІЇ «РОЗУМНЕ» МІСТО

Розглянуто енергетичну ефективність впровадження концепції «розумне» місто в сучасних реаліях. Визначено основні етапи застосування концепції та проблеми які можуть виникнути при цьому.

Ключові слова: енергоефективність, концепція, «розумне» місто

Kozak Kateryna, Mykola Tarasenko, Alisa Kudryashova **ENERGY EFFICIENCY OF "SMART" CITY CONCEPT**

There has been considered energy efficiency of the concept of "smart" city in modern realities. It has been determined the main stages of the concept and problems that may arise in this case.

Keywords: energy efficiency, the concept, "smart" city.

В останні два десятиліття енергозбереження стало основною проблемою для всього світу. Світове співтовариство стурбоване тим, що діяльність людства руйнує навколишнє середовище, змінює клімат і призводить до виснаження невідновлюваних природних енергетичних ресурсів [1]. Тому, актуальність енергозбереження в національному масштабі, на рівні окремих держав та міст пов'язана як з необхідністю поліпшення екології, так і з забезпеченням енергетичної безпеки та конкурентоспроможності національних економік. При цьому для країн з обмеженими власними запасами паливних ресурсів енергетична безпека зменшує залежність економіки від імпорту палива. Тому більшість країн пріоритетом своєї політики визначили новітні технології у сфері енергозбереження та перехід на відновлювані джерела енергії не лише на рівні країни, але й на рівні окремо взятого міста. Адже сьогодні міста стали основним вектором розвитку економіки і зайняли центральне місце у виробництві, мережі споживання, визначенні соціальних та економічних відносин й в даний час забезпечують значну частку валового внутрішнього продукту багатьох країн. Станом на 2014 рік у світі було 28 мегаполісів, в яких проживало 453 млн. чоловік. З урахуванням того, що 54 % населення світу в даний час проживає в міських районах, міста відчують цілий ряд різноманітних проблем. Це є наслідком постійно зростаючої міграції селян в місто. Спостерігається гостра нестача основних побутових зручностей, екологічні кризи і підвищення рівня забруднення. Все це змушує «задихатися» міста з їх старіючою інфраструктурою. Згідно з прогнозами ці тенденції зберуться. Загальна частка міського населення світу до 2050 року зросте до 66 % [2]. У результаті посиляться тиск на наявні природні ресурси, такі як вода, земля і викопні види палива. В даний час зросли побоювання з приводу життєздатності існуючої транспортної інфраструктури, надання адекватної медичної допомоги, щодо доступу до освіти та загальної безпеки для населення. Розуміючи проблему ключового значення міст в національному, регіональному і глобальному розвитку, до них необхідно висувати особливі енергоефективні вимоги, такі як: наявність доступної міської інфраструктури, економія ресурсів та коштів на їх використання, висока мобільність, безпека міських територій, екологічність і розвинене міське самоврядування.

Тому найважливішими завданнями, що стоять сьогодні перед керівниками міст, є створення «розумної» міської інфраструктури, яка була б здатною забезпечувати: – максимально ефективно витрачання природних ресурсів при забезпеченні високого

рівня життя населення; – об'єднання різноманітних тенденцій міського розвитку, спрямованих на модернізацію інфраструктури з принципово новими можливостями централізованого управління; – новий рівень послуг і безпеки. В основі такої «розумної» стратегії розвитку міста лежать технологічні переваги, що дозволяють централізовано збирати різні дані, обробляти і відображати їх в тому вигляді і якості, яка необхідна адміністративному апарату для ефективного управління містом [2]. За допомогою таких «розумних» інфраструктур можна знизити надмірне споживання ресурсів на 10-30 %. Це досить суттєво в умовах сучасного світу. Впровадження концепції «розумних» міст для забезпечення сталого розвитку засноване на інтелектуалізації їх підсистем (енергетика, транспорт, будівлі, водопостачання, держпослуги). Для її реалізації пропонується виділяти кілька основних компонентів «розумного міста»:

1. *Енергетика*: автоматизована інтелектуальна енергомережа та гнучка розподільна система; інтелектуальна система обліку і регулювання попиту; впровадження відновлюваних видів енергії; енергоефективні будівлі та споруди;

2. *Водопостачання*: автоматизований водозабір, водорозподіл, водовідведення витоків; інтелектуальна система обліку і регулювання попиту;

3. *Транспорт*: контроль транспортних потоків і якості дорожнього покриття; інфраструктура зарядних станцій для електромобілів; програмно-апаратний комплекс управління дорожнім рухом і громадським транспортом;

4. *Безпека*: системи відеоспостереження, відео фіксації і забезпечення фізичної безпеки об'єктів інфраструктури; системи забезпечення виклику оперативних служб; системи оповіщення; програмно-апаратне управління системами безпеки;

5. *Освіта та охорона здоров'я*: дистанційне навчання, механізми оповіщення про реалізацію тих або інших програм, електронні підручники; системи електронного запису на прийом до лікаря, електронна база пацієнтів та історій їх хвороб, рішення для комунікацій медиків-фахівців;

6. *Уряд*: системи підтримки прийняття рішень, аналіз і прогнозування, надання державних і муніципальних послуг в електронному вигляді, публікації відкритих даних;

7. *Мешканці*: користувачі об'єктів інфраструктури і інформаційних послуг; постачальники інформації в режимі «зворотного зв'язку»[1, 2].

Проте, на нашу думку, мабуть чи не найголовнішою проблемою яка стоїть на шляху до енергоефективного «розумного» міста в Україні – це його мешканці. В «розумному місті» повинні бути розумні користувачі [2]. Ці технології марні в разі відсутності компетентних користувачів, які вміють взаємодіяти з інтелектуальними послугами та не шкодити їм. «Розумне місто» повинно не тільки розширяти доступ до «розумних» пристроїв для всіх категорій населення, але й забезпечувати їх навчання. Чим більш масштабна інновація впроваджується, тим більше користувачів доведеться навчити, відповідно, тим більш затратним буде процес. А у разі не розуміння населенням вигод і переваг – взагалі провальним.

Література

1. Hollands R. G. Will the Real Smart City Please Stand Up? // City. 2008. № 12 (3). P. 303–320.
2. Energy and Urban Innovation [Electronic resource] / World Energy Council - London, Great Britain, 2010. – 183 p. – Mode of access: <http://www.worldenergy.org/publications/default.asp>.

УДК 535.6

**Володимир Андрійчук, д.т.н., проф.; Ярослав Осадца, к.т.н.; Роман Кріль;
Роман Івасечко, к.т.н.**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

**ВИЗНАЧЕННЯ ТА РОЗРАХУНОК КООРДИНАТ КОЛЬОРОВОСТІ ПОВЕРХНІ
ТІЛА ЗА ДОПОМОГОЮ КАМЕР З МАТРИЧНИМИ ФОТОЧУТЛИВИМИ
ЕЛЕМЕНТАМИ**

Проведено моделювання стандартних джерел світла для колориметричних вимірювань. Запропоновано алгоритм визначення та ідентифікації мозаїчних хвороб рослин з використанням колориметричних вимірювань.

Ключові слова: координати кольору, світлодіод, джерело світла, спектр випромінювання

Volodymyr Andriychuk, Yaroslav Osadtsa, Roman Kril; Roman Ivasechko

**THE DEFINITION AND CALCULATION OF CHROMATICITY COORDINATES
OF THE BODY SURFACE USING CAMERAS WITH MATRIX PHOTSENSITIVE
ELEMENT**

The standard light sources for colorimetric measurements had simulated. The algorithm for detection and identification of plant diseases mosaic using colorimetric measurements is proposed.

Keywords: colorimetric measurement, LED, light source, spectral distribution

Необхідність розробки сучасних високоточних систем для вимірювання кольорних характеристик поверхонь зумовлена, перш за все, широким впровадженням у світлотехнічну галузь нових технологій та підходів до одержання координат кольорності поверхонь, що поставило нові вимоги до вимірювальних комплексів. У зв'язку з цим виникає задача розробки інформаційно-вимірювальних систем з використанням сучасних комп'ютерних технологій. На сьогоднішній день виробниками пропонується широка номенклатура різного роду цифрових пристроїв для колориметричних вимірювання. Перевагами таких вимірювальних приладів є оперативність та можливість отримання великої кількості даних одночасно, а також можливість збереження та відтворення інформації. Проте найбільш суттєвим недоліком таких колориметрів є їх вартість. Тому виникає задача пошуку можливостей використання більш доступніших пристроїв, використання яких дало б можливість із достатньою точністю отримувати інформацію про кольорні характеристики об'єктів. Одним із методів вирішення такої задачі є застосування багатоеlementних давачів оптичного сигналу та пристроїв на їх основі. Ці давачі можна об'єднати в групи лінійних та матричних фотоперетворювачів, які є формувачами зображень в цифрових фото- та відеокамерах, а також в сканувальних пристроях. Колориметричні вимірювання з використанням матричних фото чутливих елементів базуються на отриманні інформації у вигляді масивів даних та проведенні розрахунку координат кольорності по зображеннях отриманих поверхонь.

Нехай маємо дифузновідбиваючу поверхню зі спектральним коефіцієнтом відбивання $\rho(\lambda)$, яка освітлюється джерелом світла із густиною спектрального розподілу потоку випромінювання $\varphi(\lambda)$. Координати кольору такої поверхні в системі координат кольорів XYZ можна визначити за формулами:

$$\begin{aligned} X &= \int_{380}^{780} \varphi(\lambda) \cdot \rho(\lambda) \cdot \bar{x}(\lambda) \cdot d\lambda, \\ Y &= \int_{380}^{780} \varphi(\lambda) \cdot \rho(\lambda) \cdot \bar{y}(\lambda) \cdot d\lambda, \\ Z &= \int_{380}^{780} \varphi(\lambda) \cdot \rho(\lambda) \cdot \bar{z}(\lambda) \cdot d\lambda, \end{aligned} \quad (1)$$

де $\bar{x}(\lambda)$, $\bar{y}(\lambda)$, $\bar{z}(\lambda)$ – питомі координати кольору.

Координати кольоровості в даній системі визначаються за формулами

$$x = \frac{X}{X+Y+Z}, \quad y = \frac{Y}{X+Y+Z}, \quad z = \frac{Z}{X+Y+Z}. \quad (2)$$

З допомогою цифрової фотокамери кольорове зображення поверхні формується комбінацією декількох монохроматичних зображень. В більшості випадків це зображення представляється в системі кольорів RGB, де базовими кольорами є червоний, зелений та синій. Перехід із системи RGB до стандартної колориметричної системи XYZ здійснюється шляхом множення матриці кольорів RGB на матрицю переходу M , яка в загальному випадку має вигляд

$$M = \begin{pmatrix} x_1 & x_2 & x_3 \\ y_1 & y_2 & y_3 \\ z_1 & z_2 & z_3 \end{pmatrix}. \quad (3)$$

Формула переходу має вигляд:

$$\begin{pmatrix} X_3 \\ Y_3 \\ Z_3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} R_3 \\ G_3 \\ B_3 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} x_1 & x_2 & x_3 \\ y_1 & y_2 & y_3 \\ z_1 & z_2 & z_3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} R_3 \cdot x_1 + G_3 \cdot x_2 + B_3 \cdot x_3 \\ R_3 \cdot y_1 + G_3 \cdot y_2 + B_3 \cdot y_3 \\ R_3 \cdot z_1 + G_3 \cdot z_2 + B_3 \cdot z_3 \end{pmatrix}, \quad (4)$$

де X_3, Y_3, Z_3 та R_3, G_3, B_3 – координати кольору цифрового зображення в системах відповідно XYZ та RGB.

Зображення, отримані цифровими фотокамерами відповідають стандартам sRGB та AdobeRGB, кольоровий обхват яких відрізняється від кольорового обхвату системи XYZ, яка рекомендована МКО. Тому значення елементів матриці переходу є різними та залежать від стандарту, якому відповідає зображення. На основі цього, можна припустити, що

$$\left. \begin{aligned} X &= k_x \cdot X_3 \\ Y &= k_y \cdot Y_3 \\ Z &= k_z \cdot Z_3 \end{aligned} \right\}, \quad (5)$$

де k_x, k_y, k_z – коефіцієнти пропорційності між реальними координатами кольору та координатами кольору, отриманими з допомогою фотокамери.

Підставляючи рівняння (5) в (2), отримаємо

$$x = \frac{k_x \cdot X_3}{k_x \cdot X_3 + k_y \cdot Y_3 + k_z \cdot Z_3}, \quad y = \frac{k_y \cdot Y_3}{k_x \cdot X_3 + k_y \cdot Y_3 + k_z \cdot Z_3}, \quad z = \frac{k_z \cdot Z_3}{k_x \cdot X_3 + k_y \cdot Y_3 + k_z \cdot Z_3}. \quad (6)$$

На основі формул (4) – (6) в даній роботі проведено розрахунок координат кольоровості поверхонь несамосвітніх об'єктів по їх зображеннях, отриманих за допомогою фотокамери на основі матричного фотоперетворювача. Значення коефіцієнтів пропорційності k_x, k_y, k_z отримано експериментально в залежності від стандарту зображення та функції спектрального розподілу потоку випромінювання $\varphi(\lambda)$ джерела світла, яке освітлює поверхню об'єкта.

УДК 681.518

Георгій Кулінченко к.т.н., доцент, Євген Мозок, Євген Павленко студент
Сумський державний університет

КЕРУВАННЯ ПОЗИЦІОНУВАННЯМ ПРИСТРОЮ СКАНУВАННЯ

Проаналізовано завдання керування електроприводом скануючого пристрою. Запропоновано схему оцінки динаміки електроприводу для сканування теплового поля. Ключові слова: позиціонування, кроковий двигун, дискретні відліки, теплове поле.

Georgiy Kulichenko, Evgen Mozok, Evgen Pavlenko **CONTROL THE POSITIONING OF THE SCANNING DEVICE**

The problems of controlling the electric drive of the scanning device are analyzed. A scheme for estimating the dynamics of an electric drive for scanning a thermal field is proposed. Key words: positioning, step motor, discrete samples, thermal field

Завдання, які вирішуються при діагностиці устаткування або керуванні технологічними процесами, пов'язаними з контролем параметрів високотемпературних полів, зводяться до локалізації градієнтів температур контрольованого об'єкта. При цьому ефективність діагностики та керування тепловим процесом визначається в першу чергу точністю засобів вимірювання теплового поля, достовірністю і повнотою одержуваної картини поля.

Традиційно моніторинг температурного поля здійснюється апаратно програмними комплексами на основі безпосереднього вимірювання температур за допомогою датчиків, що встановлюються у відповідних зонах контролю [1]. Зображення температурного поля формується після циклу точкових вимірювань, по інтерполяційним значенням температур, отриманих в результаті обробки масиву вимірювань. При цьому завдання збільшення швидкості введення та обробки даних вирішуються в основному за рахунок використання мікропроцесорних і програмних засобів з високою продуктивністю.

Експерименти з практичної реалізації методів побудови картини теплового поля по інтерполяційних значень фіксованої кількості датчиків температури, встановлених на об'єкті, дозволяють лише умовно локалізувати джерело тепла [2]. Істотне збільшення дискретних точок вимірювання на об'єкті до практично прийнятної кількості призводить лише до зменшення середньоквадратичної помилки відновлення поля. Незважаючи на зменшення помилки, достатню швидкодію і можливість корекції спектральної характеристики поля, елементна база технічних засобів не дозволяє довести такі системи до практичного використання.

Альтернативою контактним вимірам теплового поля виступає використання скануючих систем із застосуванням пірометричних датчиків [3]. В результаті обробки масиву даних, отриманих із сканування, на моніторі у вигляді двомірних термограм візуалізується розподіл теплового поля досліджуваного об'єкта.

Для сканування об'єкту вузьким оптичним променем з миттєвим кутовим розміром δ , по заданому закону руху застосовуються системи з оптико механічної розгорткою (Рис. 1). Вимірювання миттєвих значень теплового випромінювання здійснюється в межах кута поля зору (від α до β) за час τ , яке прийнято називати часом кадру.

Завдання періодичних переміщень теплового сканеру вимагає застосування механічного перетворювача руху датчика, що певним чином обмежує швидкість сканування, вносить деякі похибки позиціонування, знижуючи точність і достовірність результатів вимірювань.

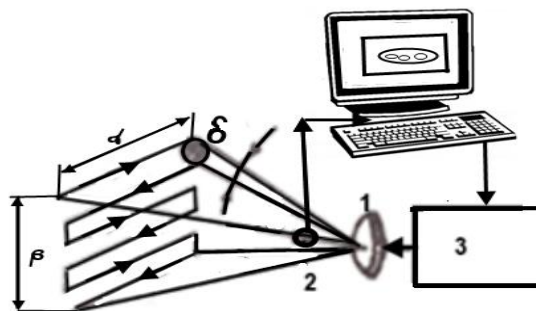


Рис. 1. Сканирующая система

1– оптична система; 2–детектор ІЧ– випромінювання; 3– блок сканування (БС)

Тому при побудові блок сканування до завдань мінімізації часу кадру τ , в якому формується масив дискретних відліків теплового поля, додаються завдання щодо забезпечення точності позиціонування детектора ІЧ–випромінювання і «прив'язки» дискретних відліків поля до реальної геометрії об'єкту сканування.

Алгоритм керування позиціонуванням зводиться до формування необхідної тахограми руху по кожній координаті переміщення (розгін, рівномірне переміщення, гальмування). Цим алгоритмом передбачається забезпечення рівномірності переміщення ІЧ - детектора в процесі оцифровування значень поля і зведення до мінімуму часів розгону та гальмування блоку сканування.

Вирішення сформульованих вимог передбачає використання високо динамічного електроприводу, який в змозі забезпечити мінімальний час перехідних процесів при перемиканні напрямків переміщення давача.

Сучасна тенденція при побудові слідкуючих систем електроприводу, які характеризуються підвищеними вимогами до статичної та динамічної точності, полягає у відмові від узгоджувальних редукторів і малонадійних виконавчих двигунів постійного струму. Нею передбачається перехід до безредукторних електроприводів на основі безколекторних двигунів постійного струму або вентильних двигунів, побудованих на основі синхронних електродвигунів і керованих від транзисторних інверторів з використанням сигналів давача кута повороту ротора двигуна.

Конкуруючий напрямок електроприводу систем сканування можна представити застосуванням серводвигунів, які використовуються там, де потрібні прецизійні зміни положення і швидкості руху. Такі двигуни відрізняються наявністю якорів малого діаметра, відповідно, незначним моментом інерції. За рахунок цього вдається домогтися максимального прискорення при розгоні, тобто швидких переміщень. Ці двигуни зазвичай мають систему давачів зворотного зв'язку, що дозволяє збільшити точність руху і реалізувати складні алгоритми переміщень і взаємодії різних систем.

Альтернативою до серводвигунів виступають крокові двигуни (КД), які в точності позиціонування мають аналогічні показники та дешевше серводвигунів. Додатковою перевагою КД є можливість точного відпрацювання його позицій без давачів зворотного зв'язку по положенню та може керуватись досить простими мікропроцесорними засобами.

Відсутність практичних даних по швидкодії детектора ІЧ– випромінювання дозволяє не висувати на передній план жорсткі вимоги по швидкодії електроприводу, враховуючи те, що по динамічним параметрам КД поступається кращим серводвигунам.

Тому на даному етапі досліджень для побудови блоку сканування приймається КД типу 28BYJ-48-5V, схема керування яким зображена на рис. 2.

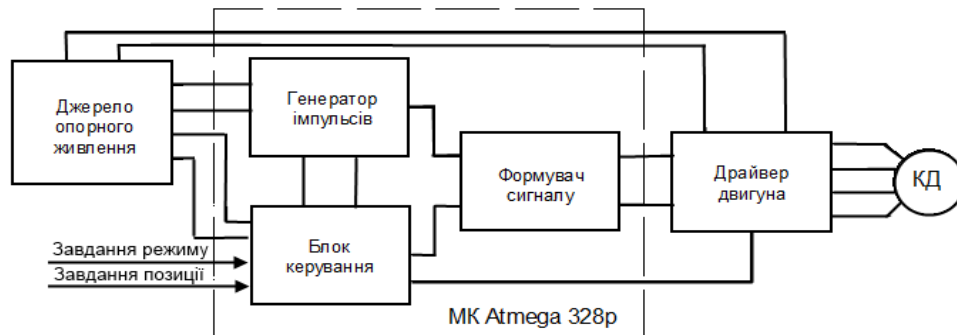


Рис. 2. Схема керування КД

Для оцінки динамічних показників і точності позиціонування БС використовувалась експериментальна установка, схема якої приведена на рис. 3. Переміщення лазерного випромінювача 3, встановленого на валу КД 2, керується схемою керування СККД 1.

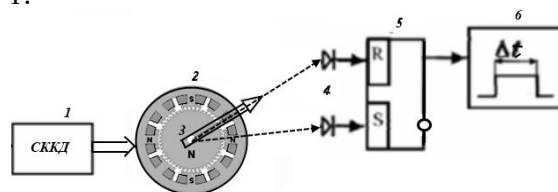


Рис. 3. Схема оцінки параметрів КД

Зміна позиції випромінювача фіксується фотоприймачами 4, зв'язаними через тригер фіксації 5 із запам'ятовуючим осцилографом RIGOLSDS 1022DL. Обробка осцилограми дає змогу отримувати час переміщення променя лазера із однієї позиції до другої.

Описана схема дозволяє відпрацьовувати алгоритми керування БС в аспекті мінімізації часу розгону і гальмування, тим самим вдосконалювати динамічні параметри сканера. Ця установка дає змогу вивчати вплив зміни різних конструкційних параметрів БС на його динаміку, наприклад, зміни типу двигуна.

Оцінки точності позиціонування БС проводиться з допомогою темної пластикової плівки, на яку наноситься контур, що підлягає скануванню. Використовуючи лазерне випромінювання достатньої потужності, реєструються траєкторії переміщення лазерного променя. Аналіз отриманих траєкторій дозволяє оцінити похибку позиціонування БС.

Висновок.

Сформовано засади побудови схеми керування електроприводом блоку сканування, що забезпечує оптико механічну розгортку дискретних відліків теплового поля.

Література

1. Кулинченко Г. В., Мозок Е. Н. Аппаратно-программный комплекс оценки теплового поля / Г. В. Кулинченко, Е. Н. Мозок // Вестник НТУ "ХПИ". – 2015. – № 33 (1142). – С. 83-91.
2. Мозок Е. Н., Кулинченко Г. В. Оценка возможности восстановления конфигурации теплового поля по его дискретным значениям / Е. Н. Мозок, Г. В. Кулинченко // Матеріали V Всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених з автоматичного управління. – м. Херсон. – 2017. – С. 165-168
3. Ritter M. Further development of an open-source thermal imaging system in terms of hardware, software and performance optimizations [Електронний ресурс] / Maximilian Ritter // University of Applied Sciences Pforzheim. – 2017. – Режим доступу до ресурсу: <https://github.com/maxritter/DIY-Thermocam/blob/master/Documents/Scientific%20Paper.pdf>

УДК: 543.422.3

Мирослав Наконечний, к.т.н., Сергій Поталіцин, к.т.н., Микола Липовецький
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

РЕЄСТРАЦІЯ СПЕКТРУ ВИПРОМІНЮВАННЯ ДЖЕРЕЛ СВІТЛА НА ОСНОВІ ПРИБОРУ ЗАРЯДНОГО ЗВ'ЯЗКУ

В роботі приведено спосіб модернізації реєстратора спектру спектрографа ИСП-51 на основі пристрою зарядного зв'язку.

Ключові слова: пристрій зарядного зв'язку, спектр випромінювання, фотоелемент.

Myroslav Nakonechny, Sergiy Potalitsyn, Mykola Lypovetskyi REGISTRATION RADIATION SPECTRUM SOURCES OF LIGHT BASED OF CONTACT IMAGE SENSORS

The work shows the way of modernization registrar spectrum spectrograph ISP-51 based on charge-coupled device.

Keywords: Contact image sensors, radiation spectrum, photocell.

Реєстрація спектру випромінювання джерел світла, традиційно пов'язана з використанням фотоматеріалів. Такий спосіб реєстрації має ряд суттєвих недоліків: необхідність використання фотореактивів, тривалий час фотометрування та подальша «ручна» обробка результатів. Одним із способів вирішення даних проблем є використання в якості фотодетектора пристроїв зарядного зв'язку (ПЗЗ). Система із спектрографа ИСП-51, ПЗЗ лінійки та ПК, дозволяє проводити реєстрацію спектр з подальшою автоматичною обробкою результатів. Функціональна схема такого реєстратора показано на рис. 1.

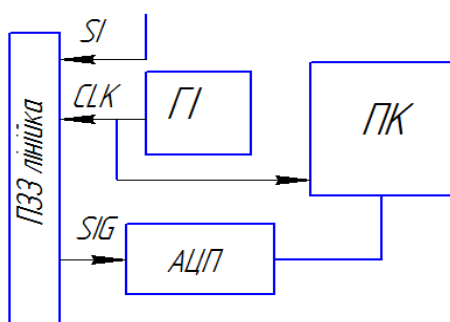


Рис. 1. Функціональна схема реєстратора на основі ПЗЗ лінійки

аналого-цифрового перетворювача (АЦП) передається на комп'ютер для подальшої обробки. Після чого цикл зчитування може повторюватися.

Градування ПЗЗ лінійки по довжині випромінювання здійснюється по лініях випромінювання ртуті та неону. Для чого використовувалася лампа ДРГС-12 або неонова ТН-0.5. Вибір даних ламп зумовлений тим, що вони характеризуються добре відомими спектрами випромінювання у видимому діапазоні.

Робоча значення експозиції для даної ПЗЗ лінійки становить 5 ms, що дозволяє проводити реєстрацію спектра випромінювання, як в стаціонарному, так і в імпульсному режимі.

Для реєстрації спектра випромінювання використана лінійка типу DL100-05AUJK. Дана лінійка складається з 1728 фотоелементів та має ефективну довжину 215 мм, що дає можливість отримувати зображення з роздільною здатністю 8 dpi. Початок зчитування відбувається після подачі короткотривалого імпульсу на цифровий вхід лінійки SI (рис 1). Після чого сформований генератор прямокутних імпульсів ГІ сигнал зчитує значення напруги на фотоелементах. Вихідний аналоговий сигнал за допомогою

УДК 623.32.032

Володимир Медвідь, Ірина Белякова, Вадим Письціо, Олег Шкодзінський,
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

ДОСВІД ЕКСПЛУАТАЦІЇ СВІТЛОДІОДНИХ МОДУЛІЙ

У роботі приведено результати тривалої експлуатації деяких світлодіодних модулів, розглянуто основні проблеми, що виникають при цьому, та запропоновано деякі варіанти їх вирішення.

Ключові слова: світлодіодний модуль, експлуатація світлодіодних модулів.

Volodymyr Medvid, Iryna Belyakova, Vadym Piscio, Oleh Shkodzinsky EXPERIENCES FEATURES OF OPERATING WITH LED MODULES

In this paper presents a results experience of operation with some LED modules, discusses the main problems that arise with them. Suggested of some solutions of the problems that are rises

Keywords: LED module, operation of LED modules

Широке використання світлодіодних джерел світла в різних галузях виробництва та побуті, крім явних переваг над газорозрядними джерелами випромінювання, мають, як виявилось, і ряд недоліків. Найперший з них - це залежність терміну використання від температурного режиму, при якому експлуатуються світлодіоди. З ростом температури р-п переходу світлодіоду змінюється його робочий струм, не дивлячись на те, що напруга живлення залишається незмінною. Це приводить не тільки до прискореного старіння світлодіоду, але і до зміни його світлових характеристик.

Значний вплив на робочу температуру світлодіодів здійснюють несприятливі умови експлуатації – в невеликих за розміром закритих об'єктах, які часто зустрічаються, наприклад, в зовнішніх рекламних вивісках (пластикові світлові об'ємні літери і т.п.). Як правило, в умовах відкритого середовища використовують світлодіоди закритого типу, що мають клас захисту IP63. Найчастіше, це досягається використанням силіконового покриття модулів або лінійки світлодіодів.

На рис. 1 показана світлодіодна стрічка SMD 5050 після експлуатації протягом двох місяців в закритому об'ємі світлової літери рекламної вивіски.



а)



б)

Рис. 1. Вигляд виведеної із експлуатації світлодіодної стрічки SMD 5050 (захисне покриття частково видалено): а) у вимкненому стані, б) у вклученому стані

Схема частини стрічки показана на рис. 2.

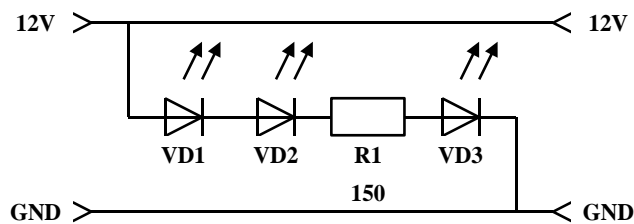


Рис. 2. Електрична схема модуля, що є частиною стрічки SMD 5050

В місці контакту світлодіоду з силіконом спостерігається потемніння останнього, що приводить до значного зменшення яскравості світлодіодів та їх колірності - біле світіння набирає жовтуватого відтінку і зменшує яскравість світлодіоду (рис 1 б).

Мікрофотографії поперечного перерізу світлодіодного модуля із покриттям наведені на наступному рисунку. На рисунку 1 зона деструкції покриття світлодіода, 2 - люмінофор, 3 - захисне покриття, 4 - електроди підведення живлення до кристалу світлодіода, 5 - 6 струмопровідні деталі корпусу. На рисунку видно зону потемніння 1 захисного покриття 3 із появою характерного кратера 7 по всій поверхні покриття.

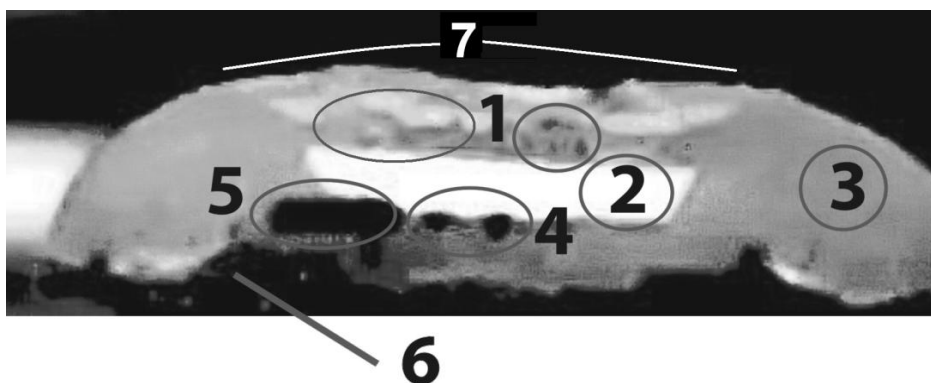


Рис. 3. Мікрофотографія поперечного зрізу експлуатованого світлодіодного модуля через кристал

Із вигляду пошкоджень, що виникли у процесі експлуатації модуля, можна зробити висновок, що основними факторами, котрі призводять до виходу модуля із ладу, є наступними:

1) локальний перегрів захисного покриття, котре у процесі деструкції дає усадку, внаслідок чого виникає кратер 7;

2) вплив синього та ультрафіолетового випромінювання кристалу, що призводять до появи потемнінь у глибині покриття на границі із люмінофором.

Щоб виключити можливість перегріву світлодіодів, необхідно в процесі експлуатації зменшити їх розсіювану потужність.

Для регулювання потужності (а, отже, і яскравості) світлодіодів та світлодіодних модулів використовують, як правило, два способи:

- керування струмом за рахунок зміни постійної напруги живлення,
- керування струмом за рахунок живлення імпульсною напругою світлодіодів із змінною тривалістю імпульсу (широтно-імпульсна модуляція - ШІМ).

У першому випадку, через нелінійність вольт-амперної характеристики світлодіодного модуля, що є частиною світлодіодної стрічки SMD 5050 (рис. 2), незначна зміна напруги живлення приводить до значної зміни струму, а, отже, і світлового потоку світлодіоду.

У другому випадку струм через світлодіод протікає лише протягом певної частини періоду вхідних імпульсів, а їх частота знаходиться в діапазоні

100 Гц...100 кГц, щоб людське око не сприймало пульсацій світлового потоку. Очевидно, що при живленні світлодіодів імпульсною напругою, діюче значення струму в імпульсі може бути наближене до номінального струму, а середнє значення напруги за період (а також споживану потужність) можна зменшувати за рахунок зменшення тривалості імпульсу. Для цього використовуються стандартні пристрої – диммери, що вмикаються послідовно з світлодіодами, – з можливістю регулювання їх яскравості як вручну, так і дистанційно. Для проведення досліджень частотних характеристик світлодіодних модулів SMD 5050 використовувався вихід широтно-імпульсного модулятора експериментальної установки на основі PIC контролера. Напруга вимірювалася за допомогою вольтметра універсального РВ7-22А, струм – за допомогою шунта опором 100 Ом, напруга на ньому контролювалася цифровим осцилографом DT9102А.

Вимірювання світлового потоку здійснювалося за допомогою лінійного датчика освітленості на основі фотодіоду у фотодіодному режимі. В частотному діапазоні входної напруги 15 Гц... 100 кГц світловий потік світлодіодів зростає лінійно із збільшенням середнього значення напруги на його вході (рис. 3). На рис. 3 приведена залежність відносного значення світлового потоку світлодіодів від щільності імпульсів при ШІМ регулюванні. Як видно, залежність є лінійною і не залежить від частоти імпульсів.

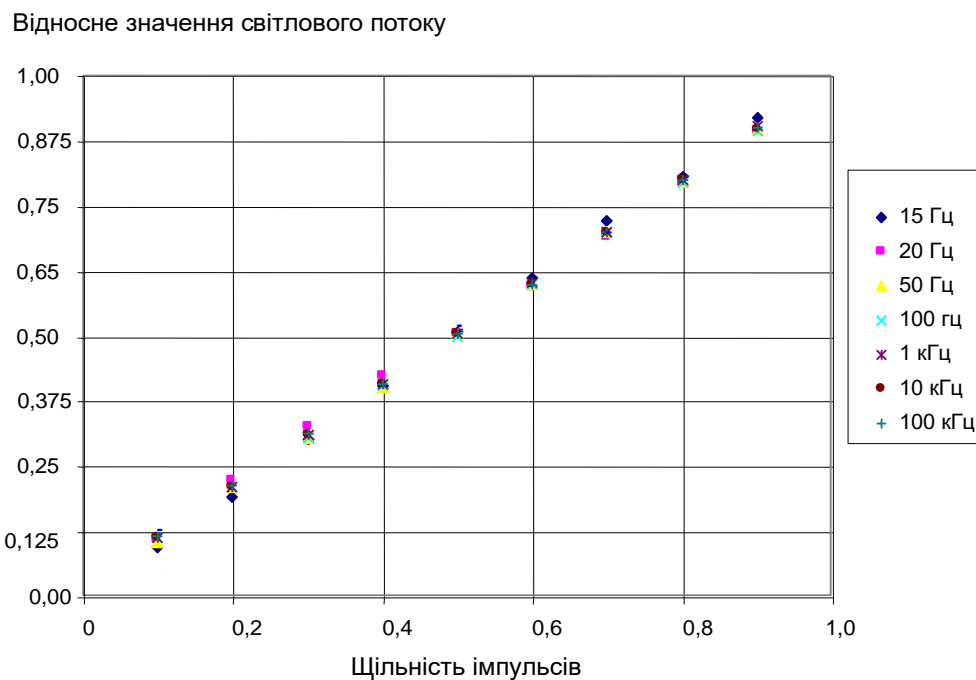


Рис. 3. Залежність світлового потоку SMD - світлодіоду від щільності імпульсів напруги на його вході на частотах 50 Гц... 100 кГц

Отже, основною проблемою при експлуатації світлодіодних модулів є їх перегрів, і в наслідок цього деструкція захисного покриття. Для вирішення цієї проблеми пропонується використовувати живлення світлодіодів імпульсним струмом із використанням ШІМ при номінальному амплітудному значенні напруги.

Основним недоліком такого регулювання є наявність стробоскопічного ефекту із котрим можна боротись збільшенням частоти модуляції.

УДК 623.17.38

Богдан Оробчук, к.т.н., доц., Олександр Рафалюк, Сергій Піскун
Тернопільський національний університет імені Івана Пулюя

ВПРОВАДЖЕННЯ СИСТЕМ ТЕЛЕМЕХАНІКИ КЕРУВАННЯ ЕНЕРГООБ'ЄКТАМИ В НАВЧАЛЬНОМУ ПРОЦЕСІ

Запропонована в статті модель тренажера системи автоматизованого диспетчерського управління дозволяє вивчати принципи функціональних задач, структури, апаратного та програмного забезпечення реальних мереж та енергоспоживання.

Ключові слова: автоматизована система диспетчерського управління; енергетичні об'єкти; модель тренажера; телемеханіка; програмне забезпечення.

Bohdan Orobchuk, Oleksandr Rafalyuk, Sergiy Piskun **INTRODUCTION OF TELEMCHANICS SYSTEMS FOR POWER OBJECTS MANAGEMENT IN THE EDUCATIONAL PROCESS**

The proposed in the article model a simulator the system of automated dispatching control allows to study the principles of functional tasks, structure, hardware and software the reals of power networks and power consumption.

Keywords: automated dispatch control system; energy facilities; model of simulator; telemechanics; software.

Сучасні системи телемеханіки керування енергооб'єктами – це галузь енергетики, яка розвивається швидкими темпами, що, без сумніву, впливає на програми навчальних закладів, які готують спеціалістів для роботи з новими пристроями. Обновлення і удосконалення методів навчання, модернізація навчального процесу з використанням інноваційних інтелектуальних проєктів, застосування нестандартних прийомів, що залучають до у навчальний процес, наочність і близькість до реальності – все це створює сприятливу атмосферу для отримання знань, сприяє становленню грамотних і творчо мислячих спеціалістів. Матеріал стає більш доступним і простим для сприйняття студентами, вони перетворюються в учасників процесу функціонування системи телемеханіки в енергетиці, а отже, підвищується мотивація до навчання [1].

В навчальному процесі кафедри «Системи електроспоживання та комп'ютерні технології в електроенергетиці» Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя проводиться робота щодо адаптації моделі тренажера системи автоматизованого диспетчерського управління (АСДУ) з удосконаленням елементної бази і методів викладання. Варто відмітити переваги такого підходу. По-перше, макетування дозволяє створювати нові методики викладання ключових дисциплін для формування спеціаліста, так як в процесі навчання можна проводити ділові ігри і відпрацьовувати взаємодію різних ієрархічних рівнів системи обслуговування [2]. По-друге, це чудовий апарат для моделювання реальних ситуацій на енергетичних об'єктах (включаючи нештатні), вивчення яких дає представлення про практичну сторону функціонування систем телемеханіки в електроенергетиці. По-третє, можлива імітація будь-яких подій в досліджуваній системі енергоспоживання, що робить модель тренажера універсальним. І останнє, студенти можуть випробувати себе в ролі диспетчера автоматизованої системи диспетчерського управління

Запропонована модель-тренажер АСДУ і автоматизованої системи комерційного обліку електроенергії (АСКОЕ) дозволяє вивчати принципи роботи, функціональні завдання, структуру, технічні засоби і програмне забезпечення автоматизованих систем диспетчерського управління електричними мережами та електроспоживанням.

Модельована автоматизована система створюється на базі розроблених на кафедрі систем електроспоживання та комп'ютерних технологій в електроенергетиці (модель-тренажер телемеханізованої підстанції, виносна панель електричних лічильників для обліку електроенергії на енергооб'єкті), стандартних функціональних пристроїв (телемеханіки, системи автоматизованого обліку енергії) і ЕОМ з відповідним програмним забезпеченням.

У моделі відтворюється різномірне територіально розподілене середовище [3], що представляє інформаційно-пов'язану систему, яка містить наступні основні функціональні підсистеми:

- контрольовані пункти (КП) як пункти формування первинної інформації (ПФП) АСДУ і АСКОЕ;
- апаратура СЗПІ (систем збору і передачі інформації про стан мережі, поточних і інтегральних характеристиках режиму) на контрольованих пунктах;
- система зв'язку;
- диспетчерський пункт (ДП) або пункт управління (ПУ) АСДУ і АСКОЕ, оснащений ЕОМ відповідної конфігурації;
- апаратура СЗПІ на диспетчерському пункті електричної мережі;
- програмні комплекси для ЕОМ ДП електричної мережі, які реалізують завдання оперативно-інформаційного та обчислювального комплексів АСДУ електричної мережі і завдання АСКОЕ;
- диспетчерський щит для відображення інформації про стан і режими мережі на диспетчерському пункті електричної мережі.

Модель-тренажер підстанції дозволяє ознайомитися з методами оперативно-диспетчерського управління в умовах АСДУ, з методами телеконтролю і телеуправління електричними мережами та електроспоживанням. Схема підстанції, число силових трансформаторів і приєднань на стороні її вищої і нижчої напруги прийняті мінімально достатніми для ілюстрації порядку виконання перемикачів в електричних мережах. Схема модельованої підстанції представлена на рис. 1.

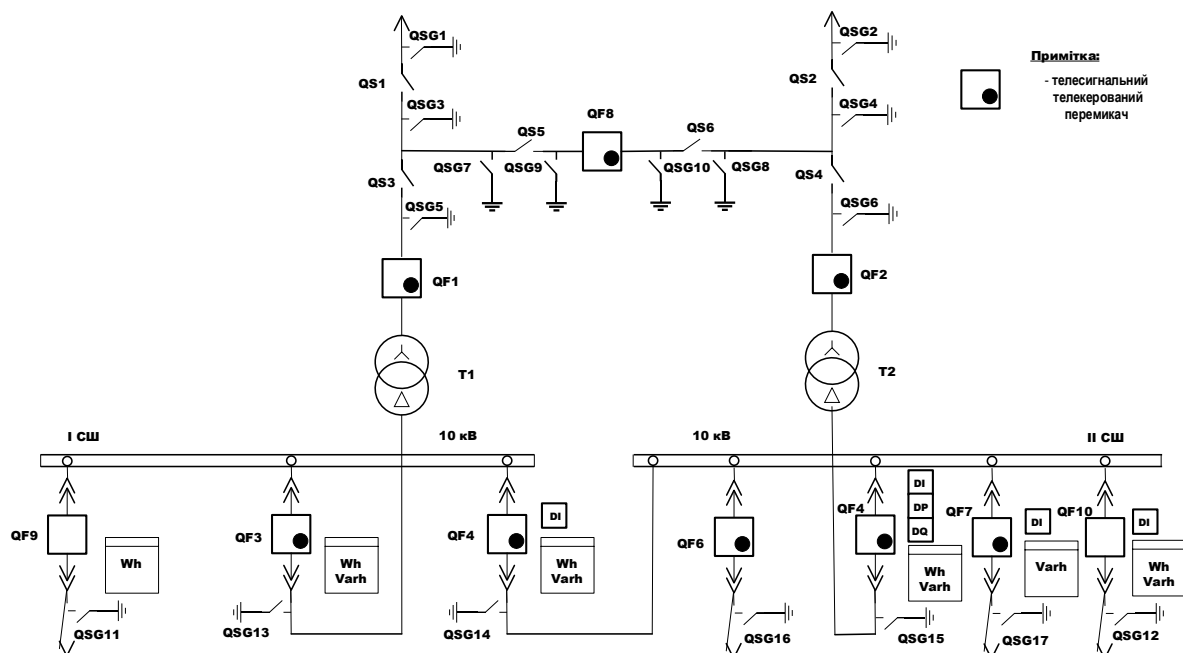


Рис. 1. Імітаційна схема підстанції

Модель-тренажер підстанції містить моделі силових трансформаторів, комутаційні апарати, моделі навантажень на відхідних лініях, вимірювальні прилади для виконання електричних вимірювань, датчики і апаратуру телемеханіки.

Для поставлених завдань підготовки спеціалістів з АСДУ прийнятним є використання сучасного програмно-апаратного комплексу мікропроцесорної телемеханіки «Енергія», який кафедрі систем електроспоживання та комп'ютерних технологій в електроенергетиці в необхідній мінімальній комплектації надало ТКБР «Стріла» [4]. У комплект телемеханіки входить пульт оператора (ПО) – робоче місце диспетчера і мнемощит, розроблений та виготовлений викладачами і студентами кафедри спільно з ТКБР «Стріла» (рис. 2), модуль КП і блоки телемеханіки розміщені безпосередньо на стенді в лабораторії (рис. 3). В якості системи автоматизованого обліку енергії спільно з МТ «Енергія» може бути застосована система СБЕК (SCADA «Енергія»).

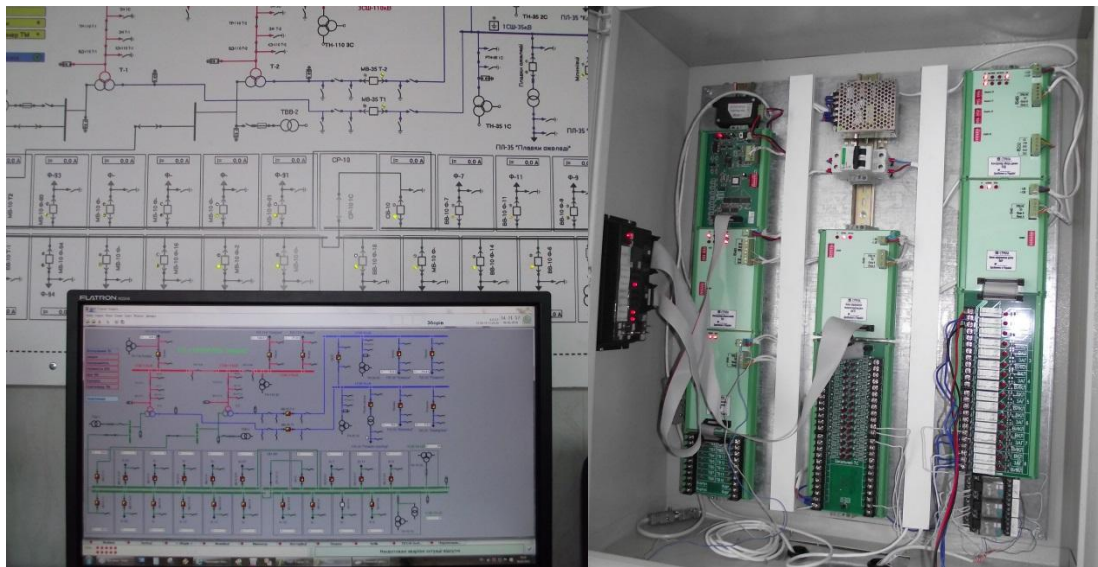


Рис. 2. Робоче місце диспетчера (пульт диспетчера) і фрагмент мнемощита пункту (КП)

На даний час модель тренажера – тільки проект, який досягнув стадії апаратно-програмної реалізації. Але грамотна робота над методикою проведення занять, створення алгоритмів навчання, тестування та адаптації моделі тренажера дозволять в найближчому майбутньому отримати потужний засіб для вивчення спеціальних дисциплін на кафедрі.

Література

1. Совершенствование лабораторного практикума обучения студентов по направлению подготовки электромеханика / [Бондаренко В. И., Орловский И. А., В. и др.] // Электротехнические системы и комплексы. – Магнитогорск. – Вып. 20/2012. – С. 412–438
2. Моделирование систем автоматики для учебного процесса, Д.В. Ефанов, А.А. Лыков, Е.А. Алексеева, А.В. Трофимова, Е.Д. Тимина, К.С. Кононов А.С. Перский// Интеллектуальные системы на транспорте: Сборник материалов II МНПК «ИнтеллектТранс-2012». – СПб., 2012. – С.236-243. – ISBN 978-5-7641-0358-7.
3. Кириленко А.В. Разработка иерархического оперативно-управляющего комплекса и внедрение его в энергообъединении Украины / А.В. Кириленко, В.Л. Прихно, П.А. Черненко // Наука та інновації. – 2008. – № 6. – Т. 4. – С. 12-25
4. Автоматизована система диспетчерського керування «Стріла». Технічний опис і інструкція з експлуатації. – Тернопіль, 2010

УДК 623.407

Вадим Пісьціо, Ірина Белякова, к.т.н., Володимир Медвідь, к.т.н., доц.
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

ОПТИМІЗАЦІЯ ВЛАСНОЇ ФОРМИ КОЛИВАНЬ П'ЄЗОЕЛЕКТРИЧНОГО ТРАНСФОРМАТОРА

У роботі запропонована методика оптимізації власної форми коливань п'єзоелектричного трансформатора на основі його одновимірної моделі. Наведені результати моделювання у програмі FreeFem++.

Ключові слова: п'єзоелектричний трансформатор, оптимізація конструкції, FreeFem++

Vadym Piscio, Iryna Belyakova, Volodymyr Medvid OPTIMIZING OWN FORMS OF VIBRATIONS OF A PIEZOELECTRIC TRANSFORMER

In this paper suggests a technique for optimizing own form of oscillation of piezoelectrical transformer based on its one-dimensional model. The resulted results of modeling in FreeFem ++ program.

Keywords: piezoelectric transformer, design optimization, FreeFem ++.

Розглянемо задачу оптимізації форми плоского п'єзотрансформатора струму (ПТ) з поляризацією за товщиною пластини. Нехай пластинка має товщину h , а її середня площина співпадає з площиною xOy . Матеріал має густину ρ .

Припустимо, що бічні поверхні п'єзотрансформатора вільні від електродів, а верхня і нижня поверхні покриті системою електродів, зазор між якими наближається до 0. Для зменшення втрат енергії п'єзотрансформатор звичайно закріплюють так, щоб його поверхні не передавали зусилля на закріплення. Така умова приводить до граничної умови: $\sigma_{ij}n_j = 0$, де n_j - вектор зовнішньої нормалі. У випадку одновимірних коливань з коловою частотою ω по довжині (координаті x) при змінній ширині $b(x)$ п'єзотрансформатора та симетрії ПТ відносно осі Ox рівняння, що описують його, можуть бути записані у вигляді:

$$\frac{d}{dx}(b\sigma_{11}) + \rho\omega^2 b u_1 = 0;$$
$$\frac{d}{dx} u_1 = s_{11}\sigma_{11} + \frac{d_{31}}{h \cdot b} \int_{-b/2}^{b/2} \varphi(x, y) dy,$$

де $\varphi(x, y)$ - різниця потенціалів між верхнім і нижнім електродами ПТ, яка залежить, в загальному випадку, від двох координат. Так як п'єзотрансформатор найчастіше працює у режимі, близькому до резонансу, можна вважати, що розподіл напружень у трансформаторі буде такий самий, як при власній формі коливань.

Тоді система рівнянь спроститься і може бути записана у вигляді одного рівняння другого порядку:

$$\frac{d}{dx} \left(\frac{1}{b} \frac{d}{dx} (b\sigma_{11}) \right) + \rho\omega^2 s_{11}\sigma_{11} = 0$$

У випадку оптимальної форми ПТ напруження σ_{11} у матеріалі ПТ наближаються до $[\sigma]$, а форма ПТ має наближатись до такої, що описується наступним рівнянням:

$$\frac{d}{dx} \left(\frac{1}{b} \frac{d}{dx} (b[\sigma]) \right) + \rho\omega^2 s_{11}[\sigma] = 0.$$

Цю залежність можна вважати диференціальним рівнянням відносно b , що має

загальний розв'язок, котрий може бути записаний у вигляді:

$$b(x) = B \exp\left(-\frac{\rho\omega^2 s_{11} x^2}{2} + A \cdot x\right).$$

Невідома стала A лише призводить до переміщення п'єзотрансформатора по осі x , а при $A = 0$ невідома стала B визначається необхідною потужністю ПТ.

Легко зрозуміти, дефект такої оптимальної форми полягає в тому, що оптимальна форма п'єзопластини має мати нескінчену довжину, так як у іншому випадку напруження σ_{11} ніколи не досягнуть нульового значення. Але, якщо примусово задати при $|x| > l_r$ ширину $b(x)$, що рівна $b(l_r)$, довжина такої ділянки має бути такою, щоб напруження у матеріалі спали до нуля.

Отримана форма ПТ буде близькою до оптимальної і тим ближче до оптимальної, чим більше l_r .

Графік залежності коефіцієнту використання матеріалу від l_r для п'єзотрансформатора із матеріалу PZT-4 із робочою частотою 78 кГц зображений на рис. 1. Коефіцієнт використання матеріалу визначається за формулою:

$$K_M = \frac{\int \sigma_{11} dV}{V \cdot [\sigma]}$$

де $[\sigma]$ - максимальнодопустимі механічні напруження у матеріалі, V - об'єм п'єзотрансформатора

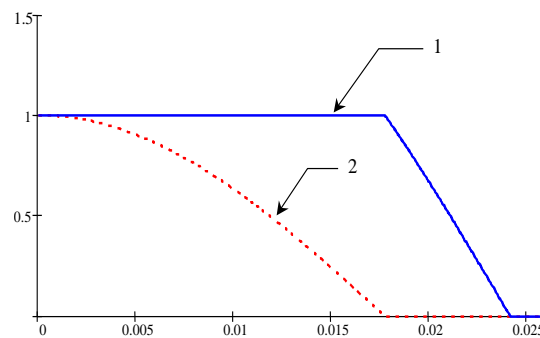


Рис. 1. Розподіл усереднених по ширині напружень у матеріалі п'єзотрансформатора у долях від $[\sigma]$

1 - пропонуванний п'єзотрансформатор, 2 - стандартний п'єзотрансформатор постійної ширини

Ескіз відповідної форми п'єзотрансформатора із матеріалу PZT-4 представлений на рис. 2 ($l_r = \frac{1}{4 \cdot f \sqrt{\rho \cdot s_{11}}} = 0.018$). Пунктирними лініями зображено п'єзотрансформатор "класичної" форми поперечно-поперечного типу із таким самим значенням електричних параметрів.

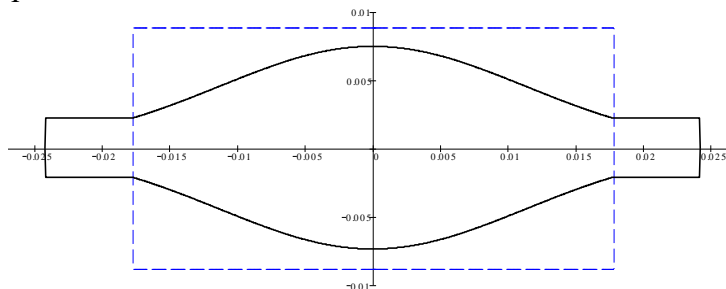


Рис. 2. Форма п'єзотрансформатора, що пропонується у порівнянні із класичним

Розподіл усереднених по ширині механічних напружень σ_{11} (у долях $[\sigma]$) у п'єзотрансформаторі зображений на рис. 1.

Із графіка видно, що напруження у матеріалі пропонованого п'єзотрансформатора близькі до максимально допустимих практично по всьому матеріалі ПТ, крім прикінцевих областей, вклад котрих у загальну роботу матеріалу не значний.

Для підтвердження розвинутих положень було проведено 2-d моделювання п'єзотрансформатора за допомогою програми FreeFem++. Для моделювання використовувався функціонал, що описує коливання п'єзотрансформатора у наступній формі:

$$J(u,v) = \int_S \left(\frac{\partial}{\partial x} v_1 \right) \cdot \left(c_{11} \cdot \frac{\partial}{\partial x} u_1 + c_{12} \cdot \frac{\partial}{\partial y} u_2 \right) + \left(\frac{\partial}{\partial y} v_2 \right) \cdot \left(c_{12} \cdot \frac{\partial}{\partial x} u_1 + c_{11} \cdot \frac{\partial}{\partial y} u_2 \right) + \left(\frac{\partial}{\partial x} v_2 + \frac{\partial}{\partial y} v_1 \right) \cdot \left(c_{66} \right) \cdot \left(\frac{\partial}{\partial x} u_2 + \frac{\partial}{\partial y} u_1 \right) + \rho \omega^2 \lambda (u_1 \cdot v_1 + u_2 \cdot v_2) ds,$$

де v - пробні переміщення.

Далі проводилась дискретизація області за допомогою методу скінчених елементів із використанням базисних функцій другого порядку, будувалась відповідні глобальні матриці і розв'язувалась стандартна задача відносно власної форми коливань.

Потім, на основі розрахованих форм власних переміщень, за допомогою співвідношень:

$$\sigma_{11} = c_{11} \cdot \frac{\partial}{\partial x} u_1 + c_{12} \cdot \frac{\partial}{\partial y} u_2 \quad \sigma_{22} = c_{12} \cdot \frac{\partial}{\partial x} u_1 + c_{11} \cdot \frac{\partial}{\partial y} u_2 \quad \sigma_{12} = c_{66} \cdot \frac{\partial}{\partial x} u_2 + c_{66} \cdot \frac{\partial}{\partial y} u_1$$

отримувались значення напружень у матеріалі, котрі відразу нормувались так, щоб максимальні напруження були не більші за $[\sigma]$.

Далі обчислювався коефіцієнт використання матеріалу за формулою:

$$K_M = \frac{\int \sigma_{11} dV}{V \cdot [\sigma]}$$

Для порівняння, паралельно проводилось моделювання п'єзотрансформатора звичайної форми. Розподіл найвищих напружень у матеріалі (σ_{11}) поданий на наступних рисунках.

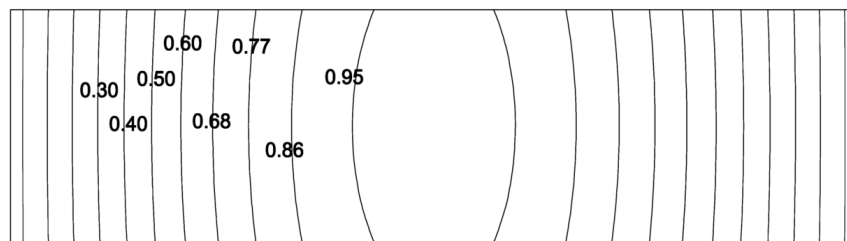


Рис. 3. Розподіл σ_{11} по ширині п'єзотрансформатора "звичайної" форми

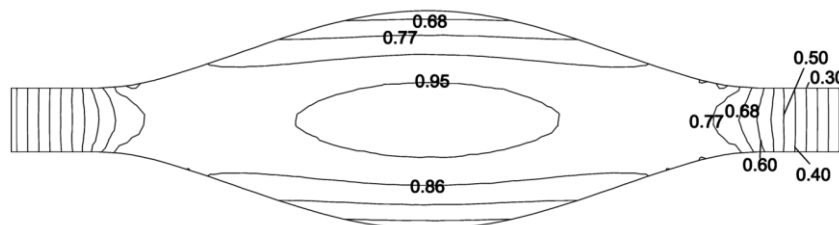


Рис. 4. Розподіл σ_{11} по ширині п'єзотрансформатора форми, що пропонується

Із порівняння рисунків видно, що напруження у п'єзотрансформаторі, який пропонується, розподілені значно рівномірніше. Це дозволяє отримати вищий коефіцієнт використання матеріалу, покращити техніко-економічні показники п'єзотрансформаторів та знизити їх вартість.

УДК [621.311.25:551.521.1]:63

Микола Тарасенко, д.т.н., проф., Катерина Козак, к.т.н., ст. викладач
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ СОНЯЧНИХ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЙ В УКРАЇНІ

Досліджено енергетичну ефективність сонячних електростанцій в умовах України. Проведено відповідні розрахунки та побудовано графічні залежності.

Ключові слова: енергоефективність, сонячні електростанції, енергоресурси.

Mykola Tarasenko, Kateryna Kozak

ENERGY EFFICIENCY OF SOLAR POWER PLANTS IN UKRAINE

There has been researched the energy efficiency of solar power plants in the conditions of Ukraine. It has been calculated energy efficiency of solar power stations and constructed corresponding graphic dependences.

Keywords: energy efficiency, solar power, energy resources.

При величезних обсягах витрачання енергоресурсів людство не зможе витримати високі темпи нарощування енергоспоживання не тільки за запасами паливно-енергетичних ресурсів (ПЕР) та економічними можливостями, але й за вимогами екології. Наслідки впливу використання ПЕР на навколишнє середовище є згубними й незворотними для існування вищих форм життя на Землі. Інтенсивне спалювання вуглеводного палива призводить до зростання концентрації вуглекислого газу та інших газових домішок в атмосфері, підсилюючи дію парникового ефекту. Вже сьогодні спостерігаються значні просторові неоднорідності полів температур. Виникають стихійні катаклізми. Все це вказує не тільки на необхідність скорочення питомих витрат енергоносіїв, але й на актуальність переходу до альтернативної енергетики та регулювання чисельності населення на планеті.

Одним з перспективних напрямків вирішення згаданої проблеми є впровадження сонячних електростанцій (СЕС). При проектуванні СЕС слід пам'ятати, що ефективність роботи сонячних панелей у натурних умовах суттєво залежить від: 1 – інтенсивності сонячної радіації (рис. 1); 2 – температури навколишнього середовища (рис. 2). 3 – вологості (рис. 3). Найбільша ефективність СЕС припадає на діапазон часу від 10 до 19 години протягом місяців березень – вересень

Практично встановлено, що для реалізації СЕС потужністю 1 МВт потрібно 2 га землі. В той час, як для спорудження атомної електростанції потужністю 1000 МВт – лише 50 га. Тобто 0,05 га на 1 МВт. Тому найбільшого розповсюдження СЕС набули в космосі, де вартість електричної енергії має другорядну роль. Незважаючи на це кількість СЕС на планеті невпинно зростає.

Для оцінки енергоефективності використання СЕС в Україні ми провели відповідні розрахунки для всіх областей, використавши онлайн калькулятор *atmosfera* [1]. За результатами розрахунків були побудовані графічні залежності наведені на рис. 4 і 5. З рис. 4 видно, що найкращий кут для встановлення СЕС до горизонту 30°. Енергоефективність використання СЕС в різних областях України різна. Найкращою є Одеська область, де можна отримати найбільшу кількість сонячних кВт·год. Трохи гіршими за цим показником є Донецька, Луганська, Миколаївська та Херсонська області. Найгіршою є Харківська обл. (рис. 5).

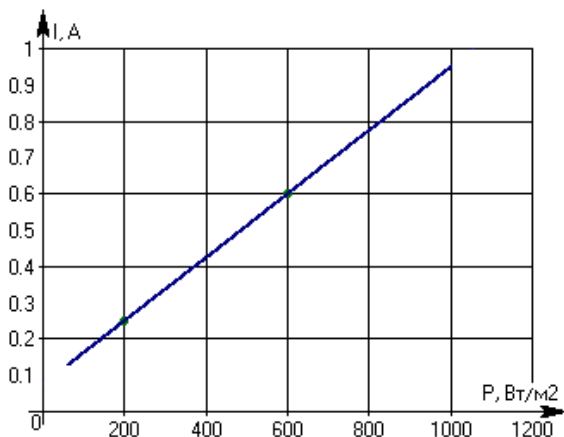


Рис. 1. Залежність струму короткого замикання від інтенсивності сонячної радіації

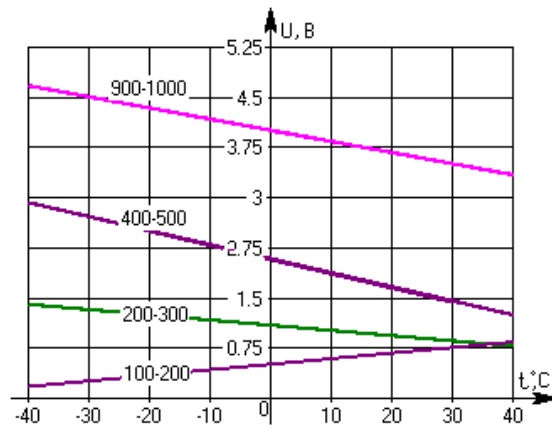


Рис. 2. Залежність напруги на навантаженні СЕС від температури при різних рівнях опромінення (Вт/м²)

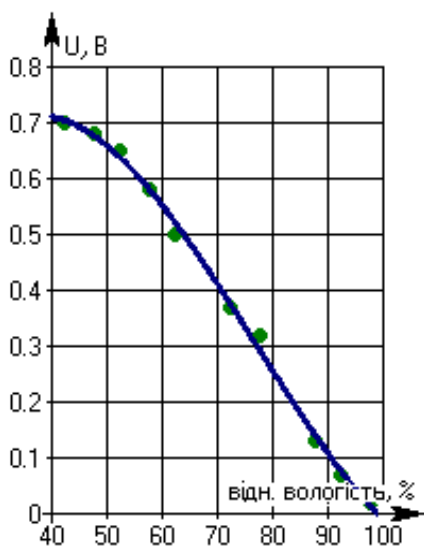


Рис. 3. Залежність напруги на навантаженні СЕС від вологості повітря

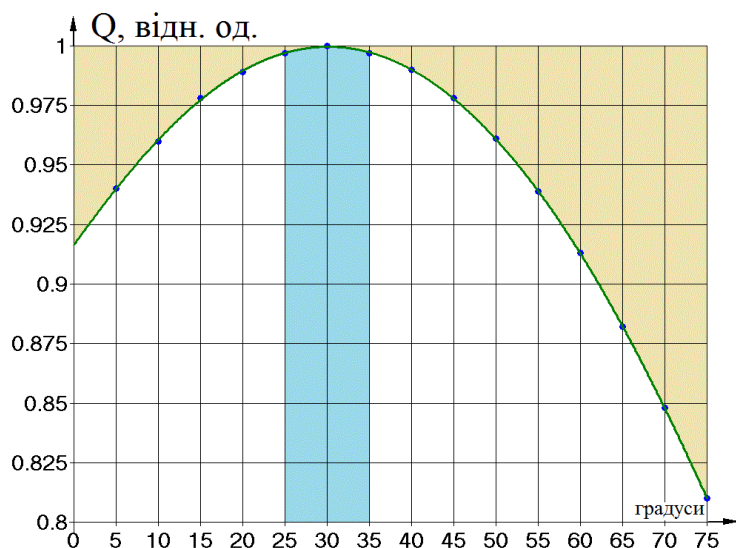


Рис. 4. Залежність кількості виробленої електроенергії від кута нахилу фото панелей до горизонту

Очевидно, що енергоефективність СЕС не може змінюватися стрибкоподібно при переході через кордони областей як це показано на рис. 5. Тому ми апроксимували отримані стовпчикоподібні залежності логарифмічною функцією

$$Q = -0,081 \cdot \ln(N) + 1, \text{ відн. од.}, \quad (1)$$

де Q – річний виробіток електроенергії СЕС, відн. од.;

N – номер області або регіону (декількох областей в яких виробляється однакова кількість електричної енергії). Сьомий регіон об'єднує Закарпатську, Івано-Франківську та Чернівецьку області.

Для отримання величин річних виробіток електроенергії СЕС для пронумерованих областей і регіонів рис. 5 у натуральному вираженні достатньо річний виробіток електроенергії СЕС для Одеської області (3952 кВт·год) помножити на Q , отриману розрахунковим шляхом за виразом (1).

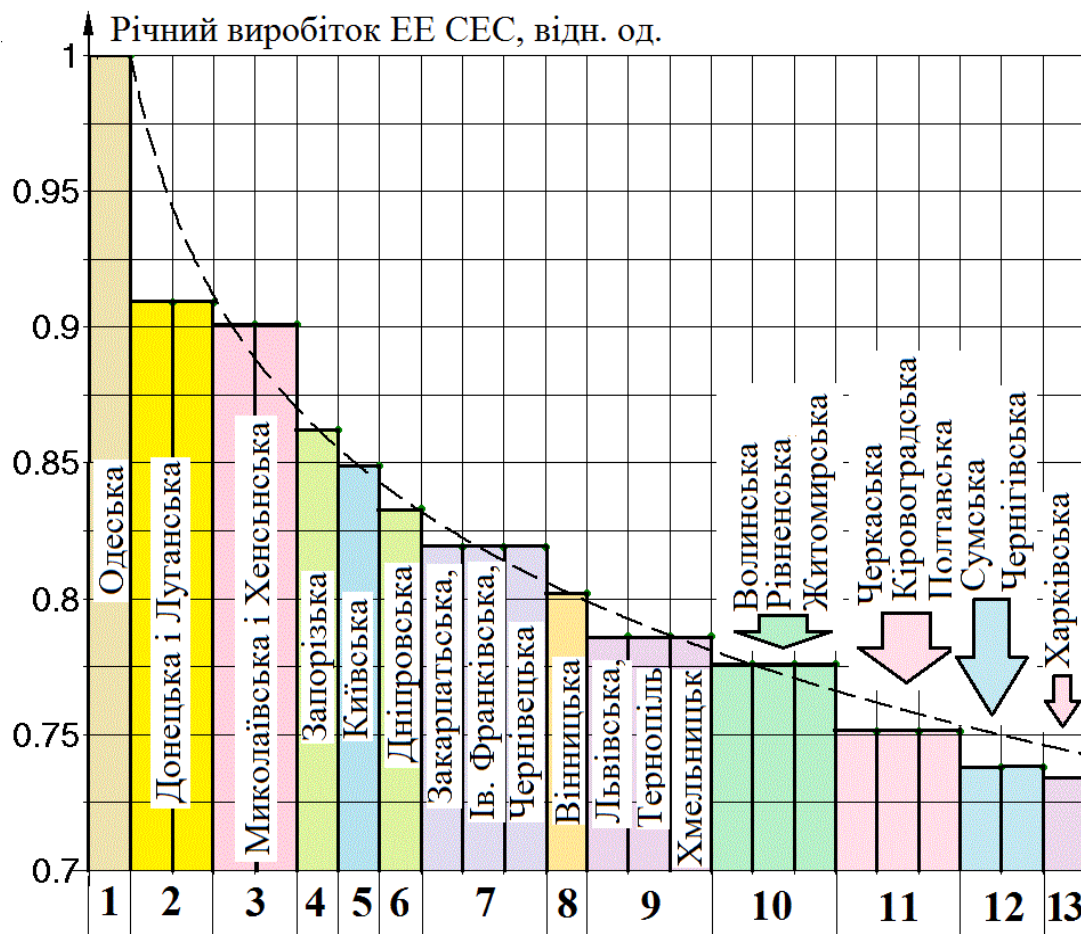


Рис. 5. Річний виробіток ЕЕ СЕС площею 19,2 м² по областях України для при автономності 1 доба, куту нахилу до горизонту 30°, вартості СЕС 4520 доларів, добовому споживанні 5 кВт·год, ємності акумуляторних батарей 5 кВт·год

Залежності вартості (2) і окупності (3) СЕС (у відносних одиницях) від добового споживання електроенергії носять лінійний характер і добре описуються наступними виразами

$$V = 0,031 \cdot q + 0,985, \text{ відн. од.} \quad (2)$$

$$G = 0,504 \cdot q + 15,855, \text{ роки.} \quad (3)$$

де V – вартість спорудження СЕС, відн. од.;

G – окупність СЕС, роки;

q – добове споживання ЕЕ, кВт·год/добу.

Для отримання величини вартості СЕС у натуральному вираженні для будь-якого добового споживання ЕЕ достатньо визначені за формулою (2) дані помножити на вартість СЕС при добовому споживанні ЕЕ 0,5 кВт·год, яка визначається за [1]. Для Одеської області для зазначених вище параметрів вартість СЕС становить $V = 3962$ долара, а окупність – 16,11 років при тарифі на електроенергію 1,68 грн/(кВт·год).

УДК 621.31

Ярослав Філюк, Володимир Андрійчук, д.т.н., проф.

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

ВИКОРИСТАННЯ ДАНИХ МЕТЕОСЛУЖБ ДЛЯ ОЦІНКИ ЕНЕРГЕТИЧНОГО ПОТЕНЦІАЛУ СОНЯЧНОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ

Змонтована експериментальна установка для вимірювання та запису потоку сонячної енергії. Встановлено зв'язок між хмарністю і потоком сонячної енергії

Ключові слова: сонячна енергія, мікроконтролер, хмарність.

Yaroslav Filyuk, Volodymyr Andriychuk.

USE OF METEOROLOGICAL DATA FOR EVALUATION OF ENERGY POTENTIAL OF SOLAR RADIATION

Mounted experimental installation to measure and recording the flow of solar energy. The relationship between cloudiness and of the flow solar energy.

Keywords: solar energy, microcontroller, cloudiness.

Одним з основних та найбільш перспективних напрямів відновлювальної енергетики є сонячна енергетика. В Україні існують достатньо сприятливі умови для використання сонячної енергії. При дослідженні енергетичного потенціалу сонячного випромінювання потрібно враховувати не тільки координати місцевості, але і кліматичні умови. На даний час по всій території України є дані метеослужб, які слідкують за кліматичними умовами відповідної місцевості, які зводяться до визначення хмарності та температури. Проте немає даних по потоку сонячного випромінювання. Тому виникає задача встановлення зв'язку між хмарністю і потоком сонячної енергії.

Для цього були проведені дослідження сонячного випромінювання в м. Тернополі. Була розроблена і змонтована вимірювальна установка на базі факультету прикладних інформаційних технологій та електроінженерії. Фотодатчик був розташований на верхній терасі корпусу №7. Всі виміри оброблялися мікроконтролером і записувалися в реальному часі з інтервалом 1хв на накопичувач у вигляді окремого файлу для кожного дня вимірювань. Дослідження розподілу густини енергетичного потоку сонячного випромінювання були розпочаті 1 травня 2016 р.

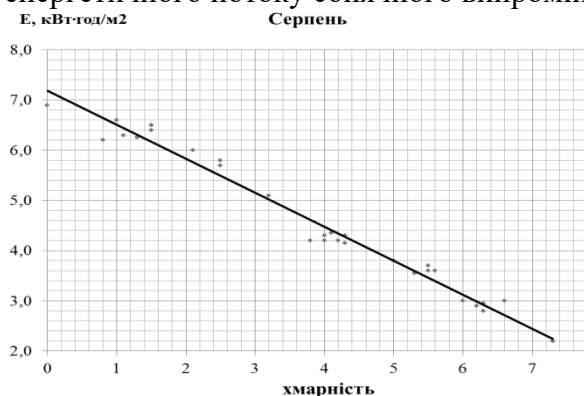


Рис. 1. Графік залежності енергії сонячного випромінювання від хмарності

На даний час метеослужби представляють дані з інтервалом одна година і середні значення за день. Для оцінки енергії сонячного випромінювання було проведено співставлення результатів вимірювань із середньою хмарністю за день. Отриманий графік залежності енергії сонячного випромінювання від хмарності для серпня представлений на рис.1, він має лінійний характер і описується рівнянням:

$$E = -0,67 \cdot N + 7,19$$

де N – хмарність;

E - енергії сонячного випромінювання.

Такі ж графіки і рівняння були отримані для кожного місяця впродовж року, що дало змогу оцінити енергетичний потенціал по всій території Тернопільської області.

ЗМІСТ

Секція: МАТЕМАТИЧНІ МОДЕЛІ ТА ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ 3

Микола Бугайов

**АЛГОРИТМ СТАБІЛІЗАЦІЇ ЙМОВІРНОСТІ ХИБНОЇ ТРИВОГИ ІЗ
ВИКОРИСТАННЯМ РОЗПОДІЛУ МАКСИМАЛЬНИХ ЗНАЧЕНЬ 3**

Ольга Данилюк, к.т.н., доцент, Ірина Данилюк, к.т.н.

СТІЙКІСТЬ ДО СТИРАННЯ КАПСУЛЬОВАНИХ ДОБРИВ 5

Ігор Добротвор, д.т.н., доцент, Данило Стухляк, аспірант

**ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЯВІВ МЕЖ СТРУКТУР КОМПОЗИТІВ МЕТОДАМИ
РОЗПІЗНАВАННЯ ОБРАЗІВ 8**

Дмитро Іваненко, к.т.н., доцент, Аліна Андрушкевич

МАТЕМАТИЧНІ МОДЕЛІ СУЧАСНИХ ПОТОЧНИХ ШИФРІВ 11

Александр Кузнецов, Бахытжан Ахметов, Анар Ташимова

**МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ КЛЮЧЕВОГО РАСПИСАНИЯ БЛОЧНЫХ
СИММЕТРИЧНЫХ ШИФРОВ 14**

Дар'я Макарова, студентка

АРХІТЕКТУРА МІКРОСЕРВІСІВ 17

Максим Слободян, магістр; Валерій Мартинюк, д.т.н., професор

МОДЕЛЬ СОНЯЧНОЇ БАТАРЕЇ В СЕРЕДОВИЩІ SIMULINK 20

Павло Струбицький, к.т.н., доцент, Катерина Пришляк, викладач-стажист

АНАЛІЗ ПЛАТІЖНИХ СИСТЕМ ЗА ДОПОМОГОЮ ІМІТАЦІЙНОЇ МОДЕЛІ 23

Надія Тимофієва, д.т.н., ст. наук. співр.

**ОДИН ЕВРИСТИЧНИЙ АЛГОРИТМ КОНТРОЛЮ ТОПОЛОГІЇ ДРУКОВАНИХ ПЛАТ,
ЩО ҐРУНТУЄТЬСЯ НА РОЗПІЗНАВАННІ ВХІДНОЇ ІНФОРМАЦІЇ 26**

Владислав Худов, Ростислав Худов, Ірина Хижняк

**МЕТОД СЕГМЕНТУВАННЯ ЗОБРАЖЕНЬ, ЩО ОТРИМАНІ З БОРТОВИХ СИСТЕМ
ОПТИКО-ЕЛЕКТРОННОГО СПОСТЕРЕЖЕННЯ 29**

Роман Юзефович, к.т.н., доц.; Ігор Яворський, д.ф.-м.н., проф.; Іван Мацько, к.т.н.;

Оксана Дзерин, магістр

**ДОСЛІДЖЕННЯ ЗМІЩЕННЯ ОЦІНКИ ВЗАЄМОСПЕКТРАЛЬНОЇ ГУСТИНИ ПРИ
КОГЕРЕНТНОМУ СПЕКТРАЛЬНОМУ АНАЛІЗІ ВІБРАЦІЙНИХ СИГНАЛІВ 31**

Секція: ОБЧИСЛЮВАЛЬНІ МЕТОДИ ТА ЗАСОБИ В РАДІОТЕХНІЦІ І ПРИЛАДОБУДУВАННІ.....	34
Андрій Абрамчук студент, Віталій Добровольський студент, Олег Ратушний студент, Ігор Зелінський к.ф.-м.н. доцент	
S-МОДЕЛЬ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ АВТОГЕНЕРАТОРА НА ПОЛЬОВОМУ ТРАНЗИСТОРІ	34
Наталя Ащепкова, к. т. н., Сергій Капера, асп.	
МОДЕЛЮВАННЯ РУХІВ РОБОТА НАВАНТАЖУВАЧА	36
Наталя Ащепкова, к. т. н., доцент, Сергій Петров, студент	
МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ СХВАТОМ ВИРОБНИЧОГО РОБОТУ....	37
Наталія Ащепкова, к. т. н., доцент, Тимур Чулков, студент	
МОДЕЛЮВАННЯ ВЗАЄМОДІЇ «ЗАГАРБНИЙ ПРИСТРІЙ - ОБ'ЄКТ»	38
Віра Пастернак аспірант, Степан Машталяр аспірант, Юрій Баліцький студент, Давид Мариненко студент	
МОДЕЛЮВАННЯ ПРИВІДНИХ ЗУСИЛЬ ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЗАДАНОГО ПЕРЕМІЩЕННЯ ДВОЛАНКОВОГО МАНПУЛЯТОРА	40
Надія Бурау, д.т.н., професор, Сергій Рупіч, аспірант	
ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ БАГАТОКЛАСОВОГО НЕЙРОМЕРЕЖЕВОГО РОЗПІЗНАВАННЯ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ОБ'ЄКТІВ ЗА ДІАГНОСТИЧНИМИ ОЗНАКАМИ РІЗНИХ ПОРЯДКІВ	42
Любомир Жовтуля, Мар'яна Рибіцька, Віталій Цих, к.т.н., Андрій Яворський, к.т.н, доцент	
ВИЗНАЧЕННЯ ДІЛЯНОК ПРОТЯЖНИХ ІНЖЕНЕРНИХ СПОРУД З ПІДВИЩЕНОЮ НЕБЕЗПЕКОЮ В ЗОНАХ ІЗ ЗНАЧНОЮ ГЕОДИНАМІЧНОЮ АКТИВНІСТЮ	45
Володимир Кругльов, аспірант, Михайло Паламар, д.т.н., проф., Андрій Чайківський, к.т.н.,	
ОСОБЛИВОСТІ МОДЕЛЮВАННЯ ЦИФРОВОГО РАДІОПРИЙМАЧА НА ОСНОВІ DDS AD6620	48
Олександра Литвинець, Андрій Булашенко, ст. викл.	
ХМАРНІ СХОВИЩА	51
Андрій Матусів студент, Дмитро Магдій студент, Сергій Шевчук аспірант	
S-МОДЕЛЬ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАЛЕЖНОСТІ ПОВЕДІНКИ СТАЦІОНАРНИХ ДИНАМІЧНИХ СИСТЕМ ТРЕТЬОГО ПОРЯДКУ ВІД ЗМІНИ ВНУТРІШНІХ ПАРАМЕТРІВ СИСТЕМИ ТА ПОЧАТКОВИХ УМОВ	53
Назар Парадюк студент, Зіновій Горбань студент, Богдан Чернецький студент, Мирослава Яворська к.т.н. доцент	
ПРОГРАМНА РЕАЛІЗАЦІЯ ПОБУДОВИ СТИСКАЮЧОГО КОДУ ДЛЯ ОПТИМІЗАЦІЇ ОБРОБКИ ДАНИХ	55

Сергій Плєснецов, к.т.н.

БЕЗКОНТАКТНИЙ УЛЬТРАЗВУКОВИЙ ПЕРЕТВОРЮВАЧ ДЛЯ КОНТРОЛЮ ТРУБЧАТИХ НЕФЕРОМАГНІТНИХ МЕТАЛОВИРОБІВ..... 56

Павло Пришляк студент, Віталій Гасса студент, Мирослава Яворська к.т.н., доцент

ГЕНЕРАТОР АПРОКСИМУЮЧОГО ПОЛІНОМІАЛЬНОГО СПЕКТРУ СИГНАЛУ НА ЗАДАНОМУ ІНТЕРВАЛІ 58

Ілля Савенко студент

ВПЛИВ ПРОМІЖНОГО СПОЛУЧНОГО ШАРУ CR-AU-IN-AU-CR НА ХАРАКТЕРИСТИКИ АКУСТООПТИЧНОГО МОДУЛЯТОРА 60

Михайло Паламар д.т.н., професор, Роман Сіправський

КОМП'ЮТЕРНИЙ АНАЛІЗ РОСТУ ТА РОЗПОВСЮДЖЕННЯ СПОР ТЕРМОФІЛЬНИХ ТА МЕЗОФІЛЬНИХ МІКРООРГАНІЗМІВ..... 63

Старушенко Тарас, бакалавр, студент

ОЦІНКА ФАЗИ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОГО СИГНАЛУ ДЛЯ ВИЯВЛЕННЯ ЛЮДИНИ ЗА ОПТИЧНО НЕПРОЗОРОЮ ПЕРЕШКОДОЮ 66

Володимир Стрембіцький, Михайло Стрембіцький к. т. н. , Михайло Паламар д.т.н., проф.

АДАПТИВНА СИСТЕМА УПРАВЛІННЯ МОБІЛЬНИМ РОБОТОМ 69

Богдан Трембач, аспірант

ДОСЛІДЖЕННЯ СИСТЕМНИХ ХАРАКТЕРИСТИК КОМПОНЕНТІВ ЦИФРОВОГО КОРЕЛЯТОРА 72

Сергій Шевчук, аспірант

АНАЛІЗ ПЕРЕДУМОВ СТВОРЕННЯ МУЛЬТИ-СЕНСОРНОЇ ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНА СИСТЕМА ДЛЯ МОНІТОРИНГУ ТА РОЗПІЗНАВАННЯ МАЛИХ ОБ'ЄКТІВ 74

Секція: СУПУТНИКОВІ ТА НАЗЕМНІ СИСТЕМИ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙ 75

Ірина Дедів, к.т.н.

ОПТИМІЗАЦІЯ ПРОЦЕСУ ПРОЕКТУВАННЯ ПУСКО-РЕГУЛЮЮЧИХ ПРИСТРОЇВ ЛАМП ДЕННОГО СВІТЛА..... 75

Василь Дунець, к.т.н.

МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ СПЕКЛ-ШУМУ ДЛЯ ЗАДАЧ СЕГМЕНТАЦІЇ ТА КЛАСИФІКАЦІЇ РАДІОЛОКАЦІЙНИХ ЗОБРАЖЕНЬ 77

Михайло Паламар, д.т.н., проф., Юрій Наконечний, ст.викл., Юрій Апостол, ст.викл.

АНАЛІЗ ПОХИБОК КУТОВОГО ВИМІРЮВАЛЬНОГО ПРИСТРОЮ СУПУТНИКОВОЇ АНТЕННОЇ СИСТЕМИ..... 80

Кирило Соколов, студент РТФ

**ОБМІН ІНФОРМАЦІЄЮ У ОПТИЧНОМУ ДІАПАЗОНІ З ВИКОРИСТАННЯМ
ТЕХНОЛОГІЇ LI-FI..... 83**

Сергій Дуда, Григорій Химич, Юрій Умзар, к.т.н., доц., Олег Байдак

ПОЛЯРИЗАТОР ДЛЯ КА – ДІАПАЗОНУ..... 85

Анатолій Поіхало, Юрій Наконечний, Андрій Паламар, Юрій Пастернак

**ЗАСТОСУВАННЯ ЧАСТОТНО РЕГУЛЬОВАНИХ АСИНХРОННИХ ДВИГУНІВ У
СИСТЕМІ ПРЕЦИЗІЙНОГО УПРАВЛІННЯ АНТЕННИМ КОМПЛЕКСОМ 88**

Григорій Химич

**АДАПТАЦІЯ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИХ МЕРЕЖ МІСТА ТЕРНОПОЛЯ ДЛЯ
ТЕХНОЛОГІЇ «SMART CITY» 91**

Григорій Химич, Ноемія Морайш, Олександр Швець

СУПУТНИКОВІ СИСТЕМИ ЗВ'ЯЗКУ Й ПЕРЕДАЧІ ДАНИХ У «SMART CITY»..... 94

Олександр Шефер, к.т.н., доцент

**ПРО МОЖЛИВІСТЬ ЧАСТКОВОГО ПРОСВІТЛЕННЯ ПЛАЗМИ НАВКОЛО
КОСМІЧНОГО АПАРАТУ ДЛЯ ПОКРАЩЕННЯ ЯКОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ
НАЗЕМНИХ ТА СУПУТНИКОВИХ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙ..... 97**

Секція: ЕЛЕКТРОЖИВЛЕННЯ РАДІОЕЛЕКТРОННОЇ АПАРАТУРИ100

**Крочак Валентин, студент, Худз'юк Володимир, студент, Савчук Михайло, викладач-методист
ЛАБОРАТОРНИЙ ДВОПОЛЯРНИЙ БЛОК ЖИВЛЕННЯ ДБЖ-1-17 100**

Володимир Лесів, Анатолій Марценюк

ОДНОПІВПЕРІОДНИЙ ВИПРЯМЛЯЧ ДЛЯ ЗМЕНШЕННЯ СПЕКТРУ СИГНАЛУ .. 102

Анатолій Лупенко, д.т.н., професор

**КОРЕКТОР КОЕФІЦІЄНТА ПОТУЖНОСТІ НА БАЗІ МОДИФІКОВАНОГО
ЗНИЖУВАЛЬНОГО ПЕРЕТВОРЮВАЧА НАПРУГИ..... 103**

Олександр Мишковець, Валерій Лазарюк, к.т.н., доцент

**АНАЛІЗ ВИКОРИСТАННЯ ТИРИСТОРНИХ ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ ЕЛЕКТРИЧНОЇ
ЕНЕРГІЇ В ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧИХ ТЕХНОЛОГІЯХ 105**

Сергій Цирульник, Валентина Вернигора

ЛАБОРАТОРНИЙ БЛОК ЖИВЛЕННЯ 108

Володимир Яськів, к. т. н., доцент, Анна Яськів

**МЕТОД ПОБУДОВИ ВИСОКОЧАСТОТНОГО СИЛОВОГО ІНВЕРТОРА НА ОСНОВІ
МАГНІТНИХ ПІДСИЛОВАЧІВ 112**

Секція: БІОМЕДИЧНА ІНЖЕНЕРІЯ.....115

Олена Гевко, к.м.н., доцент, Юрій Катрусак, Андрій Кубашок, Ольга Фуч

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ МУЗИКОТЕРАПІЇ НА СПЕКТРАЛЬНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЕЛЕКТРОЕНЦЕФАЛОГРАМИ..... 115

Ярослав Драган, д.ф.-м.н., професор, Василь Дозорський, к.т.н., доцент, Леонід Дедів, к.т.н., доцент, Ірина Дедів, к.т.н.

МЕТОДИ СТАТИСТИЧНОГО ОПРАЦЮВАННЯ РЕАЛІЗАЦІЙ ПЕРІОДИЧНО КОРЕЛЬОВАНОГО ВИПАДКОВОГО ПРОЦЕСУ 117

Гошинський В.Б. д.мед. н., проф., Господарський А.Я. канд. мед.наук., доц. Дубиняк Т.С.ст. викл. , Мельник Ю.В. ²студентка групи РП-31

ДОСЛІДЖЕННЯ ДИНАМІКИ ВЕНОЗНОГО КРОВОТОКУ У ВИПАДКАХ З ПАТОЛОГІЄЮ ВЕНОЗНОГО КЛАПАНА 119

Юрій Паляниця, Галина Шадріна, к.т.н., доцент

АЛГОРИТМ ПОПЕРЕДНЬОГО ОПРАЦЮВАННЯ ФОНОКАРДІОСИГНАЛУ ДЛЯ АВТОМАТИЗОВАНИХ ДІАГНОСТИЧНИХ СИСТЕМ..... 120

Павло Тимків

УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДУ ОПРАЦЮВАННЯ НИЗЬКОІНТЕНСИВНОГО ЕЛЕКТРОРЕТИНОСИГНАЛУ 123

Микола Хвостівський, к.т.н., доцент

МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ПРОЦЕСІВ ІЗ ЗМІННОЮ ФАЗОЮ 126

Микола Хвостівський, к.т.н., доцент, Лілія Хвостівська

ЗМІНО-ПЕРІОДИЧНИЙ КОРЕЛЬОВАНИЙ ВИПАДКОВИЙ ПРОЦЕС 129

Євгенія Яворська, к.т.н., доцент, Василь Дозорський, к.т.н., доцент, Оксана Дозорська

СИСТЕМА ВІДБОРУ БІОСИГНАЛІВ ДЛЯ ЗАДАЧІ ВІДНОВЛЕННЯ КОМУНІКАТИВНОЇ ФУНКЦІЇ МОВИ 131

Секція: АВТОМАТИЗАЦІЯ ТА КОМП'ЮТЕРНІ ТЕХНОЛОГІЇ.....133

Василь Бадищук, к.т.н., Ігор Чихіра к.т.н., доцент, Андрій Станько, студент

МОДЕРНІЗАЦІЯ НАЯВНИХ ПИЛОВИХ ПРОТИТЕЧІЙНИХ УСТАНОВОК ПРИ АВТОМАТИЗАЦІЇ ВИРОБНИЦТВА 133

Р. Ватаман, студент. Юрій Тягур, к.ф.-м.н., с.н.с., доцент.

ВИМІРЮВАННЯ ПОТУЖНОСТІ СОНЯЧНОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ 135

Назарій Волошин, Петро Федорів

МЕТОДИ АВТОМАТИЧНОГО РОЗПІЗНАВАННЯ АВТОМОБІЛЬНИХ НОМЕРНИХ ЗНАКІВ 137

Роман Золотий, к.т.н., доцент, Андрій Недошитко

РОЗРОБКА АВТОМАТИЗОВАНИХ СИСТЕМ КЕРУВАННЯ НА БАЗІ КОНТРОЛЕРІВ ARDUINO..... 139

Ганна Крих, к.т.н., доцент, Галина Матіко, к.т.н., доцент, Антін Дмитришин

ІДЕНТИФІКАЦІЯ ОБ'ЄКТА РЕГУЛЮВАННЯ В ЗАМКНУТІЙ СИСТЕМІ АВТОМАТИЧНОГО РЕГУЛЮВАННЯ..... 140

Віталій Карташов, к.т.н., доц.

ВИКОРИСТАННЯ КОНТРОЛЕРІВ ПЛК ОВЕН 110-60 У НАВЧАЛЬНОМУ ПРОЦЕСІ..... 143

Владислав Кліщенко, бакалавр, студент

ФІЗИЧНЕ ЗНИЩЕННЯ МІКРОСХЕМИ ПАМ'ЯТІ..... 144

Ігор Козбур, Галина Козбур, Олександр Шовкун

ПНЕВМАТИЧНІ ТА ЕЛЕКТРОМАГНІТНІ ВІБРАЦІЙНІ ТРАНСПОРТЕРИ З АВТОНАЛАГОДЖЕННЯМ ЧАСТОТИ ЗБУДЖЕННЯ 146

Дмитро Кочук, Анастасія Ваховська, Олег Назаревич к.т.н., ст.викл.

АНАЛІЗ ВІДОМИХ ЕКОДАВАЧІВ ТА ПІДБІР ОПТИМАЛЬНОГО ВАРІАНТУ ДЛЯ МОНІТОРИНГУ ЕКОСИСТЕМИ ІТ-КОМПАНІЇ 149

Ігор Коноваленко, к.т.н., доц., Павло Марущак, д.т.н., проф.

РОЗПІЗНАВАННЯ ТА ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ВІДОКРЕМЛЕНИХ ЯМОК В'ЯЗКОГО ВІДРИВУ ТА ЇХ КОНГЛОМЕРАТІВ 152

Андрій Курко, к.т.н., доц.

АВТОМАТИЗАЦІЯ ДОСЛІДЖЕННЯ СИЛОВИХ ПАРАМЕТРІВ ЗУБЧАСТИХ ПЕРЕДАЧ ЗАСОБАМИ СЕРЕДОВИЩА LabVIEW 154

Ярослав Литвиненко, к.т.н., доц., Павло Марущак, д.т.н., проф., Тетяна Лавренюк

СЕГМЕНТАЦІЯ ЦИКЛІЧНИХ СИГНАЛІВ В ЗАДАЧАХ ЦИФРОВОЇ ОБРОБКИ ДАНИХ: ДЕТЕРМІНОВАНИЙ ПІДХІД..... 155

Федір Матіко, д.т.н., доцент, Віктор Джигирей, аспірант, Віталій Нагорняк

ДОСЛІДЖЕННЯ ГАЗОДИНАМІЧНИХ ЯВИЩ У ВИТРАТОМІРАХ ЗМІННОГО ПЕРЕПАДУ ТИСКУ ЗАСОБАМИ CFD МОДЕЛЮВАННЯ 158

Андрій Микитишин, к.т.н., доцент

ДОСЛІДЖЕННЯ АЛГОРИТМІВ МАРШРУТИЗАЦІЇ В КОМП'ЮТЕРНИХ МЕРЕЖАХ 161

Роман Михайлишин

АНАЛІЗ ВПЛИВУ ПАРАМЕТРІВ БАЗУЮЧИХ ЕЛЕМЕНТІВ СТРУМИННОГО ЗАХОПЛЮВАЛЬНОГО ПРИСТРОЮ НА ЙОГО ВАНТАЖОПІДЙМАЛЬНІСТЬ..... 164

Роман Михайлишин, Володимир Савків, к.т.н., доц., Франтішек Духон, д-р. філос., доц., Михайло Михайлишин, к. ф.-м. н, доц.

АНАЛІЗ ВПЛИВУ МАСО-ГАБАРИТНИХ ПАРАМЕТРІВ ОБ'ЄКТІВ МАНІПУЛЮВАННЯ НА НЕОБХІДНУ ВАНТАЖОПДІЙМАЛЬНІСТЬ СТРУМИННИХ ЗАХОПЛЮВАЛЬНИХ ПРИСТРОЇВ..... 167

Борис Мороз, д.т.н., проф., Денис Костенко, Вікторія Костенко

СЕМАНТИЧНА ТА ОНТОЛОГІЧНА КОМПОНЕНТИ МОДЕЛЕЙ ПОШУКУ 170

Анастасія Наконечна, студент, Олег Назаревич, к.т.н., старший викладач

РОЛЬ ANDROID-ДОДАТКІВ У СФЕРІ КОМУНІКАЦІЇ СУЧАСНОГО СУСПІЛЬСТВА 173

Сергій Ольшевський, асистент, Святослав Переверзев, студент

КОМПЕНСУВАННЯ ВПЛИВУ ЛІНІЇ ЗВ'ЯЗКУ ДЛЯ СЕНСОРУ РЕЗИСТИВНОГО ТИПУ 175

Діана Півторак, к.т.н., Сергій Лакоза, Олексій Попов

МЕТОД ОЦІНКИ ВИСОТИ СОНЦЯ ТА ЙОГО АЗИМУТУ 178

Вадим Пісьціо, Ігор Козбур, Олена Рогатинська

ВИЗНАЧЕННЯ ЗОНИ ЗАДАНИХ ПАРАМЕТРІВ ЯКОСТІ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ МЕТОДОМ D-РОЗБИТТЯ 179

Любомир Побережний, д.т.н., проф., Мирослав Мазур, к.ф.-м.н., доц., А. Грицанчук аспір., Любов Побережна, к.т.н.

КОМП'ЮТЕРИЗОВАНИЙ ВИПРОБОВУВАЛЬНИЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ МОДЕЛЮВАННЯ ПОВЕДІНКИ МАТЕРІАЛУ ТРУБОПРОВІДІВ ЗА ТРИВАЛОЇ ДІЇ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ СЕРЕДОВИЩ 181

Андрій Сірівчук

СТРУКТУРА СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ АВТОНОМНИМ ПІДВОДНИМ АПАРАТОМ З РАДІОБУЄМ 184

Петро Стухлях д.т.н., професор, Василь Бадишук, к.т.н.

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСІВ РОБОТИ ТЕПЛОГЕНЕРАТОРІВ І СИСТЕМ КОНТРОЛЮ З ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧОЮ МЕТОЮ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ АВТОМАТИЗАЦІЇ ТА ДИСПЕТЧЕРИЗАЦІЇ 187

Олег Тотосько, к.т.н., доцент, Віталій Левицький, к.т.н., доцент, Олександр Голотенко, к.т.н., доцент

АВТОМАТИЗАЦІЯ ДОСЛІДЖЕНЬ ФІЗИКО-МЕХАНІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ЕПОКСИКОМПОЗИТІВ ЕЛЕКТРОІСКРОВИМ ГІДРОУДАРОМ 188

Ігор Чихіра к.т.н., доцент, Василь Бадишук к.т.н.

ПРИНЦИПИ ОПТИМІЗАЦІЯ СЕРВЕРА БАЗ ДАНИХ MySQL..... 190

Олег Шкодзінський, к.т.н., доцент; Ігор Коноваленко, к.т.н., доцент

ФУНКЦІЙНІ МОЖЛИВОСТІ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОННОГО НАВЧАННЯ «ATUTOR» ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦІЇ ОСВІТНЬОГО ПРОЦЕСУ 191

Олександр. Шовкун, Ігор Козбур, Галина Козбур

ЕЛЕКТРОМАГНІТНИЙ ВІБРОПРИВОД ЖИВИЛЬНИКА 194

Секція: СВІТЛОТЕХНІКА І ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКА196

Віталій Бурмака, Микола Тарасенко, д.т.н., проф.

ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ СВІТЛОПРОЗОРИХ КОНСТРУКЦІЙ ДЛЯ ПРИРОДНОГО ОСВІТЛЕННЯ ПРИМІЩЕНЬ..... 196

Віталій Гіджеліцький, Андрій Деркач, Ігор Стадник д. т. н., проф.

ОБГРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ МАШИНИ НА СТВОРЕННЯ ЗАДАНИХ ГРАДІЄНТІВ ШВИДКОСТЕЙ З ЇХ РІВНОМІРНИМ РОЗПОДІЛОМ 199

Олександр Герега, студент, Вадим Коваль, к.т.н., доц.

ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ ОСВІТЛЕННЯ АДМІНІСТРАТИВНИХ ПРИМІЩЕНЬ..... 201

Степан Герега, студент, Вадим Коваль, к.т.н., доц.; Ярослав Філюк

ЗБІЛЬШЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ СОНЯЧНИХ ПАНЕЛЕЙ..... 202

Євген Гончаров к.т.н., доц., Ігор Поляков к.т.н., доц., НаталіяКрюкова к.т.н., доц.

ТЕХНОЛОГІЇ РОЗВИТКУ ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИЧНИХ СИСТЕМ..... 203

Мирослав Зінь, канд. техн. наук, доцент, Юрій Підгайний

ОСОБЛИВОСТІ ЕКСПЛУАТАЦІЇ МІКРОГЕС В М. БЕРЕЖАНИ ПРОТЯГОМ ПЕРШИХ ТРЬОХ МІСЯЦІВ ПІСЛЯ ЗАПУСКУ 206

Роман Івасечко к.т.н, ас., Роман Кріль

ТЕРМОЕЛЕКТРИЧНИЙ ГЕНЕРАТОР ДЛЯ ГЕНЕРАЦІЇ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ З ДИМОВИХ ГАЗІВ ТВЕРДОПАЛИВНИХ КОТЛІВ 209

Вадим Коваль, к.т.н., доц.

ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ СУМІЩЕНОГО ОСВІТЛЕННЯ 211

Козак Катерина, к.т.н., Микола Тарасенко, д.т.н., проф., Аліса Кудряшова

ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ КОНЦЕПЦІЇ «РОЗУМНЕ» МІСТО 213

Володимир Андрійчук, д.т.н., проф.; Ярослав Осадца, к.т.н.; Роман Кріль;
Роман Івасечко, к.т.н.

ВИЗНАЧЕННЯ ТА РОЗРАХУНОК КООРДИНАТ КОЛЬОРОВОСТІ ПОВЕРХНІ ТІЛА ЗА ДОПОМОГОЮ КАМЕР З МАТРИЧНИМИ ФОТОЧУТЛИВИМИ ЕЛЕМЕНТАМИ 215

Георгій Кулінченко к.т.н., доцент, Євген Мозок, Євген Павленко студент

КЕРУВАННЯ ПОЗИЦІОНУВАННЯМ ПРИСТРОЮ СКАНУВАННЯ..... 217

Мирослав Наконечний, к.т.н., Сергій Поталіцин, к.т.н., Микола Липовецький

РЕЄСТРАЦІЯ СПЕКТРУ ВИПРОМІНЮВАННЯ ДЖЕРЕЛ СВІТЛА НА ОСНОВІ ПРИСТРОЮ ЗАРЯДНОГО ЗВ'ЯЗКУ 220

Володимир Медвідь, Ірина Белякова, Вадим Пісьціо, Олег Шкодзінський, ДОСВІД ЕКСПЛУАТАЦІЇ СВІТЛОДІОДНИХ МОДУЛЕЙ	221
Богдан Оробчук, к.т.н., доц., Олександр Рафалюк, Сергій Піскун ВПРОВАДЖЕННЯ СИСТЕМ ТЕЛЕМЕХАНІКИ КЕРУВАННЯ ЕНЕРГООБ'ЄКТАМИ В НАВЧАЛЬНОМУ ПРОЦЕСІ.....	224
Вадим Пісьціо, Ірина Белякова, к.т.н., Володимир Медвідь, к.т.н., доц. ОПТИМІЗАЦІЯ ВЛАСНОЇ ФОРМИ КОЛИВАНЬ П'ЄЗОЕЛЕКТРИЧНОГО ТРАНСФОРМАТОРА	227
Микола Тарасенко, д.т.н., проф., Катерина Козак, к.т.н., ст. викладач ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ СОНЯЧНИХ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЙ В УКРАЇНІ.....	230
Ярослав Філюк, Володимир Андрійчук, д.т.н., проф. ВИКОРИСТАННЯ ДАНИХ МЕТЕОСЛУЖБ ДЛЯ ОЦІНКИ ЕНЕРГЕТИЧНОГО ПОТЕНЦІАЛУ СОНЯЧНОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ.....	233

Наукове видання

Матеріали III Всеукраїнської науково-технічної конференції

**«ТЕОРЕТИЧНІ ТА ПРИКЛАДНІ АСПЕКТИ
РАДІОТЕХНІКИ І ПРИЛАДОБУДУВАННЯ»**

8-9 червня 2017 року

Збірник тез доповідей

ISBN 978-617-7331-38 -3

Підписано до друку 31.05.2017. Формат 60×90, 1/16.
Друк лазерний. Папір офсетний. Гарнітура TimesNewRoman.
Умовно-друк. арк. 13,9. Наклад – 100 прим.
Замовлення № 310517

Друк ФОП Паляниця В. А.
Свідоцтво ДК №4870 від 20.03.2015 р.
м. Тернопіль, вул. Б. Хмельницького, 9а, оф.38.
тел. (0352) 528-777.