

В. А. Лукашенко¹, аспірант,
В. М. Співак², к.т.н., професор,
А. Г. Лукашенко¹, к.т.н., с.н.с.,
М. В. Чичужко³, к.т.н.,
В. М. Лукашенко³, д.т.н., професор,
В. П. Малахов³, д.т.н., професор

¹Інститут електрозварювання ім. Е.О. Патона, м. Київ, Україна

²Національний технічний університет України «КПІ»

³Черкаський державний технологічний університет

ЗНАКОВА МОДЕЛЬ ВИЗНАЧЕННЯ НАЙПРИДАТНІШОГО МІКРОКОНТРОЛЕРА ДЛЯ ПРОБЛЕМНО-ОРІЄНТОВАНИХ СИСТЕМ

Побудовано знакову модель, яка дозволяє швидко визначити тип мікроконтролера (МК), найбільш придатного для відповідних умов роботи в проблемно-орієнтованих системах. Описано алгоритм розробки моделі на базі властивостей теорії неповної подібності та розмірностей. Для множини МК розроблено багатопараметричні критерії подібності на основі фізичного моделювання. Це дозволило при відсутності математичного опису залежностей між параметрами МК побудувати двоквADRANTну знакову модель зв'язків критеріїв подібності в безрозмірних координатах. Для візуалізації множини МК поділена на три групи і підмножини A, B, C, D, що прискорює процедуру вибору відповідного МК при проектуванні.

Ключові слова: мікроконтролер, аналіз параметрів, теорія неповної подібності та розмірностей.

Актуальність. При науково-дослідних розробках виникає необхідність побудови мікропроцесорних систем (МПС) керування. В скрутних економічних умовах при їх проектуванні необхідно дотримуватися таких вимог: універсальності, яка дозволяє використовувати МПС неодноразово; простоти конструкції з типовими компонентами, що забезпечує низьку вартість при збереженні високої надійності та експлуатаційних характеристик.

Широко розповсюджені компоненти МПС в сучасних локальних підсистемах керування використовують недорогі мікроконтролери (МК). Це забезпечує гнучке й ефективне рішення для широкого спектра промислових і науково-лабораторних задач [1, 2, 3].

Вагомий внесок у розвиток мікроконтролерної техніки зробили роботи А. Євстигнеєва, С. Гаврилюка, Н. Зайца, В. Корнієва, Є. Крилова, В. Локазюка, В. Ульриха та ін. Проте в цих роботах недостатньо відображено, як з множини типів існуючих МК визначити швидко той тип, який задовольняє вимогам замовника за необхідними техніко-економічними показниками.

Тому розробка знакової моделі для швидкого вибору мікроконтролера за вимога-

ми замовника є актуальним завданням.

Постановка задачі. Метою роботи є створення знакової моделі для вибору найпридатнішого мікроконтролера за допомогою запропонованого алгоритму її побудови та створення багатопараметричних критеріїв подібності на базі теорії неповної подібності та розмірностей. Для досягнення цієї мети вирішуються такі задачі:

1. Створюється перелік сучасних мікроконтролерів з основними технічними параметрами.

2. Визначається математичний опис залежностей між усіма параметрами. При відсутності залежностей на основі властивостей теорії неповної подібності та розмірностей створюються умовні критерії подібності.

3. Будується знакова модель залежності основних технічних параметрів у безрозмірних координатах для різних типів МК на основі π -теореми і рекомендується вибір найпридатніших МК для відповідних вимог замовника.

Розв'язання задачі. Відомо, що побудова залежностей між усіма технічними параметрами є складним процесом через від-

сутність простого математичного опису їх залежностей. Дійсно, немає аналітичного виразу залежності між діапазоном робочих температур, часом обробки аналогової величини, максимальною робочою частотою, потужністю споживання та ін., які є одними з основних параметрів мікроконтролерів. Тому для розв'язання таких задач пропонується застосування теорії неповної подібності та розмірностей.

Алгоритм побудови знакової моделі для досягнення поставленої мети складається з такої послідовності дій:

1. Складається перелік сучасних мікроконтролерів різних фірм-виробників з основними технічними параметрами за евристичним методом.

2. Визначається узагальнений математичний опис залежностей між параметрами МК на основі фізичного моделювання.

3. При відсутності математичного опису між параметрами використовуються властивості теорії неповної подібності та розмірностей і встановлюються визначальні величини.

4. Створюються багатопараметричні критерії подібності та визначаються їх фізичні тлумачення.

5. Розробляється критеріальне рівняння з використанням визначених критеріїв подібності.

6. Будується знакова модель залежності основних технічних параметрів у безрозмірних координатах для різних типів МК.

Проводиться системний аналіз характеристик відповідних МК за допомогою багатопараметричних критеріїв знакової моделі та пропонуються рекомендації по застосуванню визначених типів МК для забезпечення відповідних вимог замовника.

В роботах [2, 3] аналогічні задачі розв'язані з використанням теорії неповної подібності та розмірностей, принципова можливість якої базується на дотриманні подібності між оригіналом та моделлю тільки частини визначальних величин.

Відповідно до запропонованого алгоритму створюється перелік визначальних величин, що використовує основні параметри сучасних мікроконтролерів (табл. 1).

Таблиця 1

Перелік сучасних мікроконтролерів з основними технічними параметрами

Тип мікроконтролера	Робоча температура, °C	Напруга, В	Струм споживання, А	Час обробки аналогової величини, мкс	Максимальна робоча частота, МГц
ATTiny11L	-55..+125	5,5	0,1	0,5	2
ATTiny12	-55..+125	5,5	0,1	0,5	8
AT90S1200	-55..+125	5,5	0,2	0,5	12
AT90S2313	-40..+85	6	0,2	0,5	10
ATMega8	-55..+125	5,5	0,3	0,5	16
ATMega103L	-40..+105	3,6	0,4	0,5	4
MB90F474L	-40..+85	3,6	0,066	4,65	10
MB90F523B	-40..+85	5,5	0,06	12,5	16
MB90F543G/GS	-40..+85	5,5	0,055	26,3	16
MB90F562B	-40..+85	5,5	0,05	6,13	16
MB90F583C/CA	-40..+85	5,5	0,05	34,7	16
PIC10F200	-40..+125	6,5	0,08	10	4
PIC12C508	-40..+125	7,5	0,2	10	4
PIC14000	-55..+125	6	0,3	0,25	20
PIC16C432	-40..+125	7	0,3	10	20
PIC17C42	-55..+125	7,5	0,25	1	25
PIC18C242	-55..+125	7,5	0,3	12,86	40
dsPIC30F1010	-40..+125	5,5	0,3	3,5	14,55
dsPIC33FJ06GS101	-40..+125	4	0,3	0,5	40
PIC32MX340F128H	-40..+85	4	0,3	10	80

Приклад узагальненого математичного опису залежності між параметрами мікроконтролерів (табл. 1) має такий вигляд:

$$F(Q_{\max}, Q_{\min}, f, t_{30}, P_p, U, I) = 0, \quad (1)$$

де Q_{\max} – максимальна допустима робоча температура;

Q_{\min} – мінімальна допустима робоча температура;

f – максимальна допустима робоча частота МК;

t_{30} – час обробки аналогової величини відповідним МК;

U – максимально допустима робоча напруга;

I – максимально допустимий робочий струм;

P_p – потужність розсіювання, яка обчислюється за формулою [2]:

$$P_p = \frac{150 - T_c}{0.23},$$

де T_c – максимальна температура, °C .

Застосовуючи теорію неповної подібності та розмірностей, створюються умовні критерії подібності. Умовними критеріями подібності називаються прості безрозмірні степеневі комплекси, що сформовані із визначальних величин [3].

Тому при застосуванні теорії неповної подібності та розмірностей визначальних величин за даними табл. 1, формули (1) і при використанні евристичного методу та фізичного моделювання пропонуються такі умовні критерії подібності з їх фізичними тлумаченнями:

$$\left(\frac{Q_{\max} - Q_{\min}}{Q_{\max}} \right) - \text{величина, яка характеризує температурний діапазон роботи МК};$$

$(f \cdot t_{30})$ – величина, яка характеризує швидкість процесу обробки МК;

$(P_p / (U \cdot I))$ – величина, яка характеризує енергетичний резерв МК.

Критеріальне рівняння набуває такого вигляду:

$$g \left(\left(\frac{Q_{\max} - Q_{\min}}{Q_{\max}} \right); (f \cdot t_{30}); (P_p / U \cdot I) \right) = 0. \quad (2)$$

Аналізуючи рівняння (2), пропонується побудувати знакову модель в двох квадрантах, де загальна абсциса визначає критерій, який характеризує швидкість обробки інформації, що відповідає таким критеріальним рівнянням:

$$\varphi(P_p / (U \cdot I); (f \cdot t_{30})) = 0, \quad (3)$$

$$\psi \left(\frac{Q_{\max} - Q_{\min}}{Q_{\max}}; f \cdot t_{30} \right) = 0.$$

Результати розрахунків визначених критеріїв використовувалися при побудові знакової моделі в двох квадрантах, яка зображена на рис. 1.

Для спрощення процедури візуалізації при аналізі множина сучасних МК з відповідними багатьма основними технічними параметрами розподіляється на групи I, II, III та підмножини A, B, C, D, що зображені на рис. 1.

При цьому розташований у першому квадранті масив МК, який характеризує температурний діапазон, розподіляється на дві підмножини A та B. З них найкращою є підмножина A, якій належать МК за номерами 1, 2, 3, 5, 14, 16, 17.

Масив МК розподілений на підмножини C та D, які характеризують енергетичний резерв. При цьому МК за номерами 7 і 20, що відносяться до підмножини D, мають резерв енергетичний. Це дозволяє провести удосконалення або за рахунок автотестування, або за рахунок розширення функціональних можливостей при імплементуванні спеціалізованого сопроцесора або перетворювача кодів на площі єдиного кристала, визначеного МК [3].

Масив МК, що характеризує швидкість процесу обробки відповідної інформації [2], розподіляється на три групи (I, II, III), найгіршою з них є група I, найкращою – III. Найпридатнішими є МК за номерами 9, 11, 17, 20.

Але щодо критерію, який характеризує швидкість процесу обробки інформації МК, для визначення можливості його вдосконалення необхідно провести подальше дослідження з більш детальним аналізом складових параметрів цього критерію, тобто з'ясувати питання, за рахунок якого параметра необхідно покращити сформований критерій.

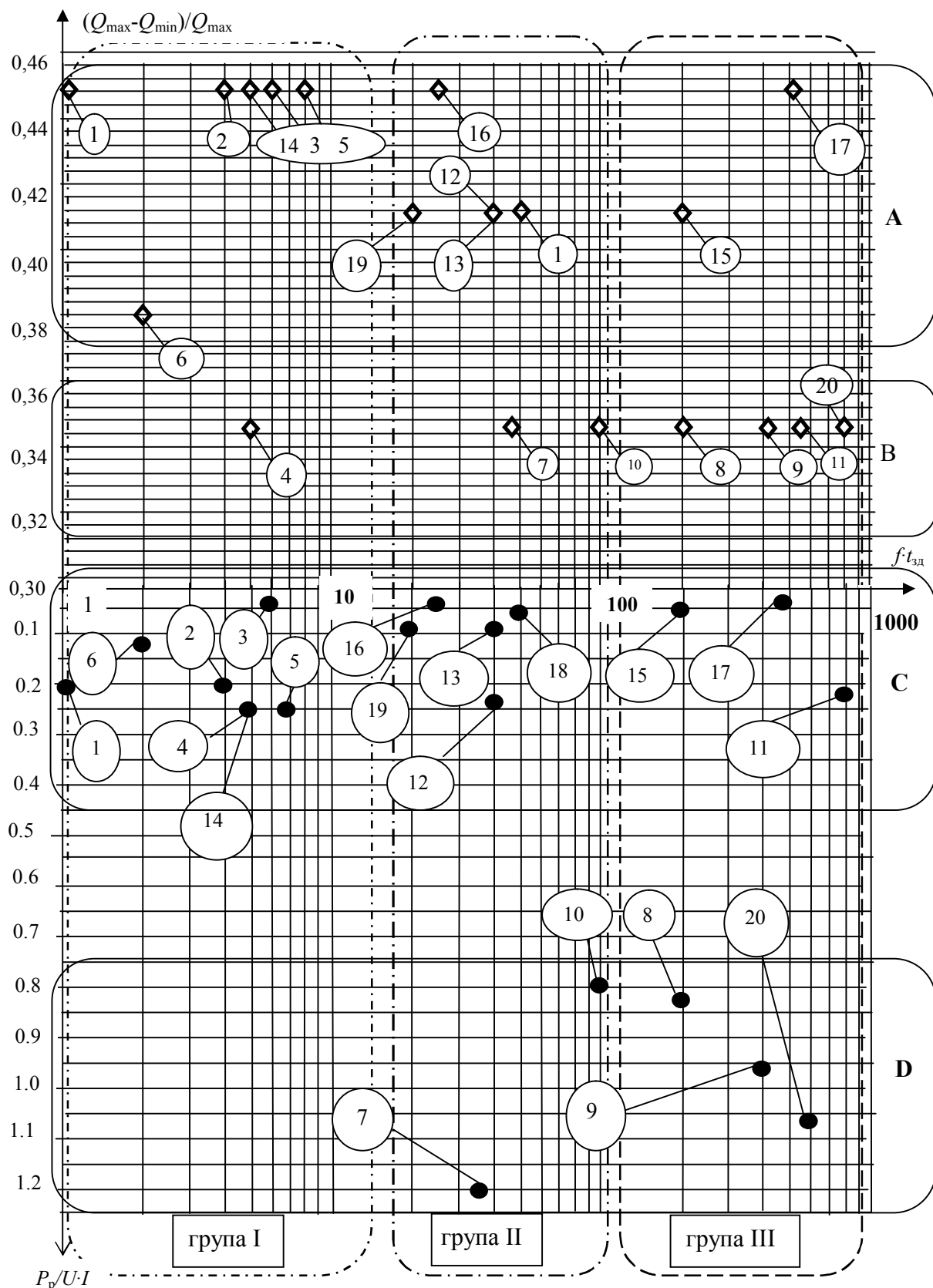


Рис. 1. Двоквадрантна знакова модель для вибору типу мікроконтролера за багатьма параметрами в безрозмірних координатах

Примітка: цифри 1, 2, 3, 4, ..., 17, 18, 19, 20 відповідають порядковому номеру мікроконтролерів табл. 1.

Висновки:

1. Запропоновано алгоритм побудови двоквadrантної знакової моделі на основі властивостей теорії неповної подібності та розмірностей, який включає:

- складання переліку сучасних мікроконтролерів з основними технічними параметрами на основі евристичного методу;
- визначення існування математичного опису залежностей між параметрами МК на основі фізичного моделювання;
- встановлення значень визначальних величин на базі параметрів МК створеного переліку;
- створення багатопараметричних критеріїв подібності та визначення їх фізичного тлумачення на базі евристичного методу та методу нульових степеней;
- розроблення критеріальних рівнянь з використанням визначених критеріїв подібності.

Перевага запропонованого алгоритму полягає в тому, що при профільному проектуванні спеціалізованого обладнання є можливість створити базу даних відповідних МК з організацією малої кількості адрес, що значно скорочує час цього етапу.

2. Побудовано двоквadrантну знакову модель залежностей семи основних технічних параметрів у безрозмірних координатах $(Q_{\max} - Q_{\min})/Q_{\max}$ і $(f \cdot t_{30})$ та $(P_p/U \cdot I)$ і $(f \cdot t_{30})$ для 20 типів мікроконтролерів, візуалізація моделі дозволяє замовнику або спеціалісту, що розробляє систему керування з використанням МК, таке:

- швидко вибрати із множини сучасних мікроконтролерів той, що має найкращі відповідні параметри завдяки багатопараметричним критеріям подібності;
- за скорочений час визначити напрямки удосконалення МК.

3. Проведено системний аналіз характеристик відповідних МК, за результатами якого запропоновано для імплементування їх у проблемно-орієнтовані системи такі рекомендації типів МК:

- для швидкокодуючих – MB90F543G/GS, PIC18C242, MB90F543G/GS;

- для роботи МК у широкому температурному діапазоні – ATTiny11L, ATTiny12, AT90S2313, ATMega8, PIC14000, PIC17C42, PIC18C242;

- для вдосконалення МК підмножини D – MB90F474L в групі II, PIC32MX340F128H в групі III, які мають 20 та 10 % енергетичного резерву відповідно.

Список літератури

1. Lukashenko, V. M., Chichuzhko, M. V., Lukashenko, A. G. and Lukashenko, V. A. (2013) Creation of multicriteria qualitative evaluation method of microcontroller manufacturers. *Nauka i studia. Przemysl*, 17 (85), pp. 97–102.
2. Знаковая модель качественной оценки современных компонентов маршрутизаторов / В. М. Лукашенко, К. С. Рудаков, А. Г. Лукашенко, С. А. Миценко // *Вісник НТУУ «КПІ»*. – 2013. – № 45. – С. 142–148. – (Серія : приладобудування).
3. Лукашенко В. М. Метод розширення функціональних можливостей сучасних мікроконтролерів / В. М. Лукашенко, М. В. Чичужко, Д. А. Лукашенко // *Вісник Хмельницького національного університету*. – 2013. – № 6. – С. 186–189.

References

1. Lukashenko, V. M., Chichuzhko, M. V., Lukashenko, A. G. and Lukashenko, V. A. (2013) Creation of multicriteria qualitative evaluation method of microcontroller manufacturers. *Nauka i studia. Przemysl*, 17 (85), pp. 97–102.
2. Lukashenko, V. M., Rudakov, K. S., Lukashenko, A. G. and Mitsenko, S. A. (2013) Sign model of qualitative assessment of modern routers components. *Visnyk NTUU "KPI". Seriya "Pryladobuduvannya"*, (45), pp. 142–148 [in Russian].
3. Lukashenko, V. M., Chichuzhko, M. V. and Lukashenko, D. A. (2013) The method of expansion of functional possibilities of modern microcontrollers. *Visnyk Khmelnytskoho natsionalnoho universytetu*, (6), pp. 186–189 [in Ukrainian].

V. A. Lukashenko¹, *aspirant*,
V. M. Spivak², *Ph.D., professor*,
A. G. Lukashenko¹, *Ph.D.*,
M. V. Chichuzhko³, *Ph.D.*,
V. M. Lukashenko¹, *D.Tech.Sc., professor*,
V. P. Malahov³, *D.Tech.Sc., professor*

¹E. O. Paton Electric Welding Institute, Kyiv

²National Technical University of Ukraine «Kyiv Polytechnic Institute»

³Cherkasy State Technological University

SIGN MODEL FOR DETERMINING THE MOST SUITABLE MICROCONTROLLER FOR PROBLEM-ORIENTED SYSTEMS

The aim of the article is to create sign model for a choice of the most suitable microcontroller using the offered algorithm of its construction and the creation of multiparameter similarity criteria based on the theory of incomplete similarity and dimensions. To achieve this, the following problems are solved: a list of modern microcontrollers with basic technical parameters is made, mathematical description of relationships between all parameters is determined and sign model of the dependence for main technical parameters in dimensionless coordinates for various MC types is constructed.

Sign model allows to quickly identify the type of microcontroller (MC), which is most suitable for respective operating conditions in problem-oriented systems. An algorithm for creating a model based on the properties of the theory of incomplete similarity and dimensions is described. The advantage of the offered algorithm is that at profile design of specialized equipment there is a possibility to create a database of relevant MC with the organization of a small number of addresses, which greatly reduces the time of this phase.

For variety of MC multi-parameter similarity criteria based on physical modeling are designed. It allows with no mathematical description of dependencies between MC parameters to build two-quadrant sign model of similarity criteria relations in dimensionless coordinates. For visualization the set of MC is divided into three groups and subsets A, B, C, D, that accelerates the process of suitable MC choice at designing.

Keywords: *microcontroller, parameters analysis, theory of incomplete similarity and dimensions.*

Стаття надійшла до редакції 04.11.2014.

Рецензенти: Рудницький В. М., д.т.н., професор,
Головня Б. П., д.т.н., професор.