

УДК 681.51

**Б. І. Мокін, д. т. н., проф.; В. Б. Мокін, д. т. н., проф.; С. О. Жуков, асп.**  
**НОВИЙ МЕТОД МОДЕЛЮВАННЯ СЕКВЕНЦІЙНОГО ОПИСУ**  
**КОМП'ЮТЕРИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ**

*Запропоновано метод моделювання секвенційного опису комп'ютеризованих систем діагностування та контролю параметрів, призначений для тестування працездатності секвенційної моделі на основі оригінального підходу щодо її формалізації.*

**Ключові слова:** секвенція, моделювання, секвенційний опис, комп'ютеризована система.

### **1. Постановка задачі та вихідні передумови**

Загальновідомо, що під час проектування логічних блоків (автоматів) технічних систем досить поширеним є використання секвенційного опису [1]. Цей опис дозволяє досить просто формалізувати усі відповідності між комбінаціями вхідних та вихідних сигналів, синтезувати управляючі структури, оптимізувати структуру системи, автоматизовано синтезувати оптимальну за кількістю елементів електронну схему управляючого автомата системи [2]. Наявна теоретична база синтезу секвенційних автоматів досить детально пророблена, і добре себе зарекомендувала під час синтезу управляючого автомата у вигляді електронної схеми.

Під час проектування технічних систем доцільним є моделювання структурних схем цих систем в таких програмних пакетах, як MatLab, MicroCAP тощо, з метою визначення працездатності систем та відповідності результатів роботи цих систем тим задачам, які перед ними ставляться. Для секвенційного опису технічних систем подібного пакету програм не існує. Усунемо цю проблему.

Використання великої кількості позначень та рівнянь при секвенційному синтезі збільшує імовірність виникнення помилок, які можна буде ідентифікувати лише при розробці схеми синтезованого пристрою. Економічно доцільніше проводити перевірку секвенційної моделі, застосовуючи її моделювання на комп'ютері.

Технічно реалізація логічного (управляючого) блоку на комп'ютері — це програмування розгалуження типу "if ... then ... " ("якщо ... тоді ... "). За умови великої кількості вхідних та вихідних сигналів програмування усіх можливих варіантів їх комбінацій може бути досить тривалим. Тому, доцільним є використання мінімізованого секвенційного опису.

Отже, необхідно розв'язати таку задачу: розробити метод моделювання логічного блоку комп'ютеризованої системи на основі її секвенційного опису, розробити відповідне математичне, алгоритмічне та програмне забезпечення. Програмне забезпечення повинно само синтезувати програмний код відповідно до заданої секвенційної моделі.

### **2. Ідея реалізації методу**

Синтез цифрової схеми з використанням секвенцій проходить такі етапи [3]:

- визначення вхідних та вихідних сигналів залежно від умов роботи системи;
- визначення функцій виходів та функцій збудження елементів пам'яті;
- кодування входів, виходів та внутрішніх станів з урахуванням умов роботи системи;
- створення секвенційної моделі роботи системи та її подальша мінімізація шляхом усунення еквівалентних станів і переходів;
- вибір елементів та реалізація на них структурної схеми системи.

Усі ці операції чітко формалізовані й алгоритмізовані.

Пропонуємо такий аналог формалізації й алгоритмізації цих операцій під час моделювання секвенційного опису логічного блоку комп'ютеризованої системи у

спеціальній комп'ютерній програмі:

- введення в програму назв та характеристик (у т. ч. в яких таблицях і де зберігаються результати зчитування сигналів через порти комп'ютера; це можуть бути таблиці і на іншому комп'ютері, доступні через мережу) вхідних та вихідних сигналів;
- синтез програмного коду підпрограми генерування в циклі змінних стану  $T_i$  ( $i = 1, \dots, N$ );
- налагодження механізму обробки та зберігання результатів обробки у відповідних таблицях бази даних;
- налагодження інструментарію візуалізації результатів обробки у зручному для користувача вигляді;
- забезпечення представлення результатів обробки у вигляді, зручному для передавання в інші програмні пакети — Matlab, Maple, Mathcad, MS Excel тощо;
- автоматичний синтез програмного коду для обробки даних, синтез таблиць і форм бази даних в MS Access або MS Excel, які автоматизують усі попередні етапи в цілому;
- тестування синтезованої логічної частини системи на прикладах, її удосконалення (можливе повторення та переналагодження забезпечення на окремих етапах).

### 3. Алгоритми роботи та інтерфейсу комп'ютерної програми для моделювання секвенційного опису логічної частини комп'ютеризованої системи

Деталізуємо, яким же чином повинен проходити синтез програмного коду на кожному етапі і яким чином програма "зрозуміє" вказівки користувача; опишемо інтерфейс програми.

На першому етапі користувач спочатку заповнює форму, вказуючи кількість вхідних і вихідних сигналів та назви їх характеристик. На основі цієї інформації програма синтезує таблицю в MS Access або MS Excel та відповідну форму, куди користувач повинен ввести вже конкретні назви цих сигналів та їх характеристики. Обов'язковими характеристиками є шлях до таблиці, де зберігаються результати спостережень цих сигналів, назви її полів та тип даних (числовий цілий, числовий дробовий, текстовий тощо). Важливо, що технічно не є проблемою зчитування цих даних через мережу Інтернет, тобто обробка даних може відбуватись на великій відстані від вимірювальних пристроїв, що розширює можливості комп'ютерної системи в цілому.

На другому етапі у зручній формі користувач налагоджує алгоритм автоматичного заповнення ще однієї таблиці бази даних з інформацією про стани системи на основі відповідної моделі.

На третьому етапі програми спочатку користувач задає усі набори  $S_k$  ( $k = 1, \dots, K$ ) комбінацій вхідних змінних та змінних стану, які містить мінімізована секвенційна модель системи. У результаті програма автоматично формує код типу "if ... then ...".

На четвертому етапі чітко задається в яких таблицях (назва, шлях, поля) зберігаються значення вихідних змінних і задається алгоритм їх обробки. Для програмування обробки може використовуватись вбудований редактор математичних виразів MS Access або, що краще, зовнішні обчислювальні модулі в середовищі MS Excel.

На п'ятому етапі вибираються види графіків, за допомогою яких буде проводитись візуалізація результатів обробки даних. Доцільно цей етап реалізовувати засобами MS Excel.

Збереження результатів обробки даних у форматі MS Excel автоматично дає можливість їх подальшого використання в усіх сучасних обчислювальних пакетах Matlab, Maple, Mathcad та ін., оскільки усі вони мають можливість звертання напряму до файлів MS Excel, що вже давно стали загальноприйнятим стандартом зберігання числової інформації.

За результатами налагодження усіх форм програма остаточно синтезує окремий пакет програм, який далі виконує усі функції логічної частини комп'ютерної системи в середовищі MS Office. Доцільно провести її тестування на практичних прикладах і у разі необхідності,

удосконалення. Для цього пакет програм для автоматизованого синтезу повинен мати можливість запам'ятовування налагоджень на кожному етапі, щоб забезпечити подальше редагування цих налагоджень.

Задача розв'язана.

#### 4. Приклад застосування комп'ютерної програми для моделювання секвенційного опису логічної частини комп'ютеризованої системи

Розглянемо роботу розробленого забезпечення на прикладі. На рис. 1 зображена форма, за допомогою якої здійснюється введення у програму набору можливих вхідних та вихідних сигналів системи. На рис. 2 та рис. 3 зображені форми, за допомогою яких здійснюється відповідно визначення функцій усіх запам'ятовуваних елементів системи та опис функцій і параметрів кожного тригера системи.

Кількість:	Позначення:	Опис:
3	I	струм якоря двигуна ПС
	R	опір якоря двигуна ПС
	T	температура обмоток статора двигуна ПС

Кількість:	Позначення:	Опис:
2	Y1	Сигнал про вичерпання ресурсу колектора двигуна ПС
	Y2	Сигнал про вичерпання ресурсу обмоток статора двигуна ПС

Рис. 1. Введення та опис вхідних та вихідних сигналів системи

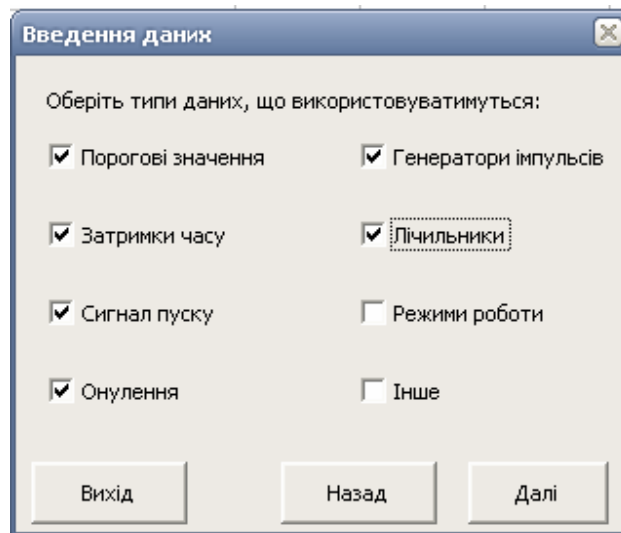


Рис. 2. Визначення функцій запам'ятовуючих елементів системи

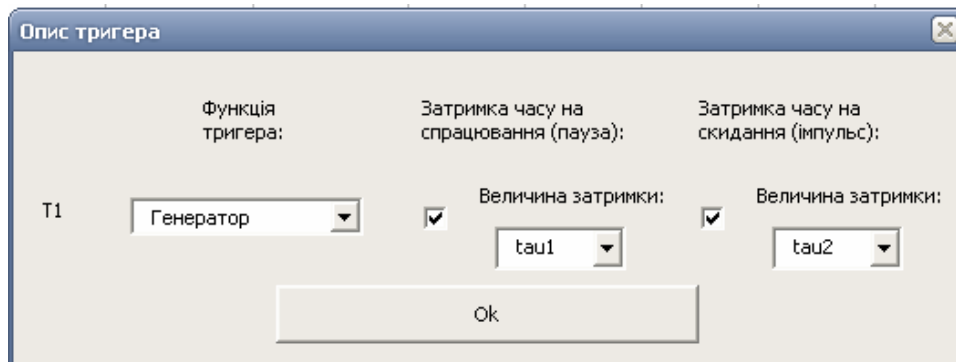


Рис. 3. Визначення функцій і параметрів кожного тригера системи

На рис. 4 зображена форма, за допомогою якої здійснюється введення мінімізованої системи секвенцій у програму.

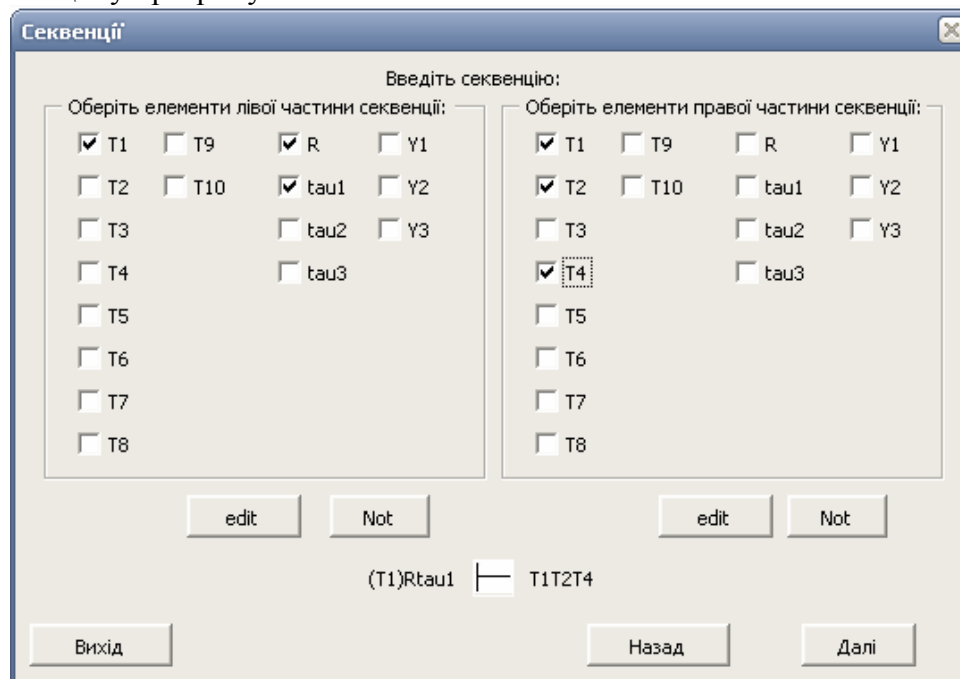


Рис. 4. Введення мінімізованої системи секвенцій

На основі попередньо введених даних на формі генеруються усі можливі складові секвенційної моделі у вигляді елементів управління "Прапорець". Встановлюючи кожен такий прапорець у лівій і правій частинах форми, ми обираємо відповідно складові лівої та правої частини секвенцій. У нижній частині вікна постійно відображається секвенція, що вводиться. Вона оновлюється після натиснення будь-якого прапорця. У випадку, якщо в процесі введення секвенції виникла помилка, кнопка "edit" дозволяє повторно ввести останню секвенцію. Кнопка "Not" виконує функцію логічного заперечення. На рис. 5 зображені результати моделювання в табличному вигляді та у вигляді діаграм роботи тригерів при певному режимі роботи схеми. Кожен стовпчик таблиці та діаграм показують стани тригерів, які беруть участь у роботі схеми, в певний період часу. Результати моделювання дозволяють не тільки візуально оцінити результат роботи схеми, а й простежити, як змінюється стан системи в часі. Це дозволить не тільки перевірити роботу схеми, а і, у разі виникнення помилки, візуально визначити, на якому етапі проектування вона допущена.

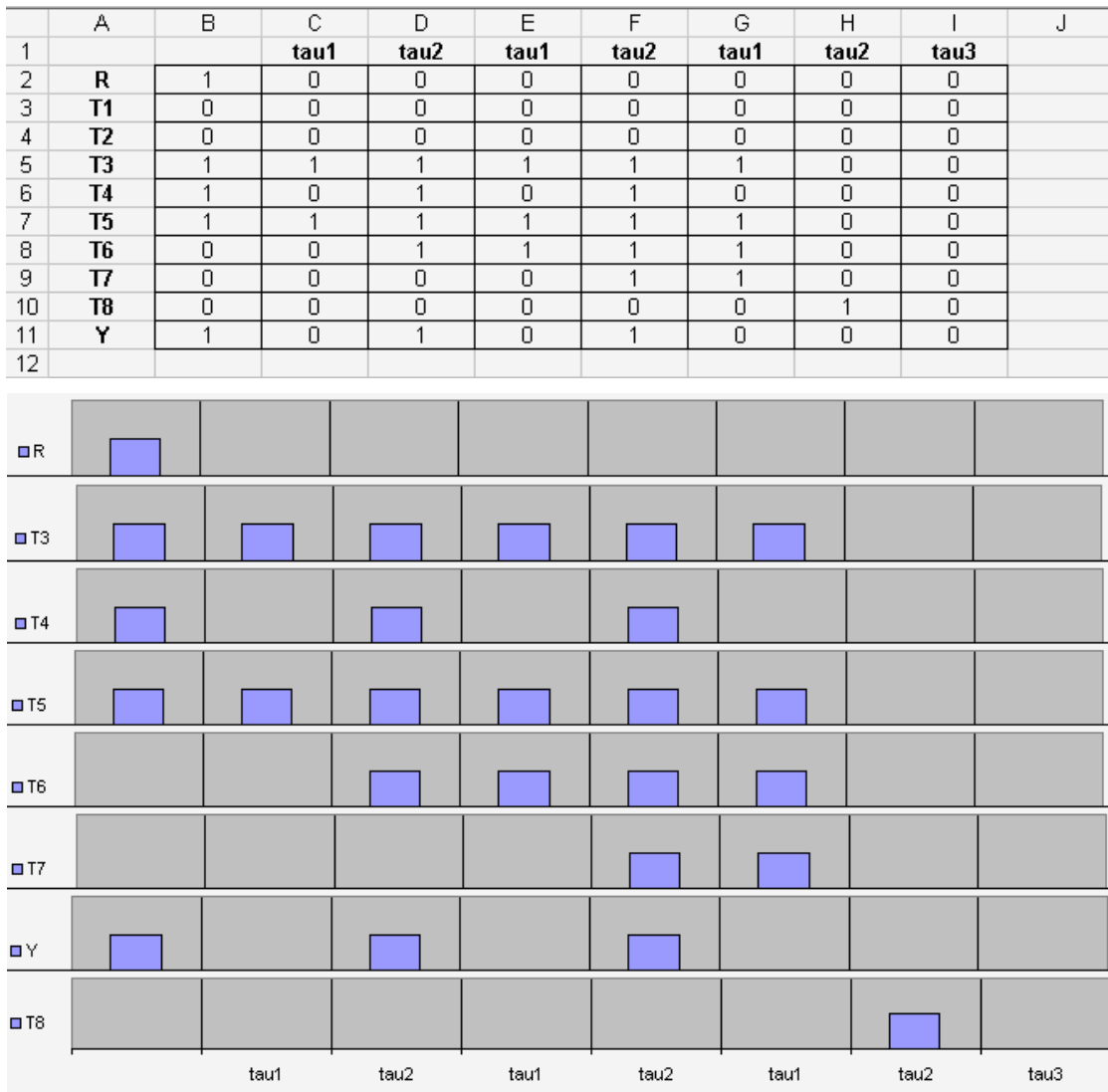


Рис. 5. Результати моделювання

## 5. Висновки

Запропоновано метод моделювання секвенціального опису комп'ютеризованих систем діагностування та контролю параметрів, що дозволяє здійснювати тестування працездатності секвенційної моделі на основі оригінального підходу щодо її формалізації.

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Захаров В.Н. Автоматы с распределенной памятью. – М.: Энергия, 1975. – 136 с.
2. Лазарев В.Г., Пийль Е.И. Синтез управляющих автоматов. – М.: Энергия, 1978. – 408 с.
3. Захаров В.Н., Поспелов Д.А., Хазацкий В.Е. Системы управления. Задание. Проектирование. Реализация. 2-е изд. перераб. и доп., М.: Энергия, 1977. – 424 с.

*Мокін Борис Іванович* – професор кафедри електромеханічних систем автоматизації в промисловості і на транспорті, ректор.

*Мокін Віталій Борисович* – завідувач кафедри моделювання та моніторингу складних систем.

*Жуков Сергій Олександрович* – аспірант кафедри моделювання та моніторингу складних систем. Вінницький національний технічний університет.