

## МЕТОДОЛОГІЯ СТВОРЕННЯ БАЗИ ЗНАНЬ ЖИТТЄВОГО ЦИКЛУ АВТОНОМНИХ ЕНЕРГОГЕНЕРУЮЧИХ УСТАНОВОК

**А.В. Толбатов, В.А. Толбатов**

*Сумський державний університет, м. Суми*

*Наведені основні положення методології створення бази знань життєвого циклу складної технічної системи – автономної електростанції, які базуються на результатах теоретичних та імітаційних досліджень.*

### ВСТУП

Подальший розвиток енергетики є одним із пріоритетних напрямів забезпечення безпеки держави, гарантом нормального функціонування всіх її галузей народного господарства. Вагому роль у розвитку електроенергетики відіграють автономні електростанції, потужність яких не перевищує, як правило, десятків МВт. Такі електростанції у порівнянні зі стаціонарними мають певні переваги, а саме: короткі терміни будівництва; використання типових модулів, пристроїв, механізмів, перевірених в експлуатації; адаптація до інфраструктури міст, житлових масивів, пригородів, промислових об'єктів; екологічні характеристики під час експлуатації; можливість динамічної зміни свого територіального розташування. Прикладом створення автономних електростанцій є газотурбінні електростанції, які випускаються Сумським науково-виробничим підприємством імені М.В. Фрунзе. Така електростанція має потужність 16 МВт, адаптована до роботи потужних газових магістральних мереж, за енергоносієм використовується газ. Основним механізмом виробництва електроенергії служить типова судова або авіаційна газотурбінна установка.

Аналіз функціонування автономної електростанції можна проводити, ґрунтуючись на такому.

1 Автономна електростанція (АЕ) є системою масового обслуговування (рис. 1).

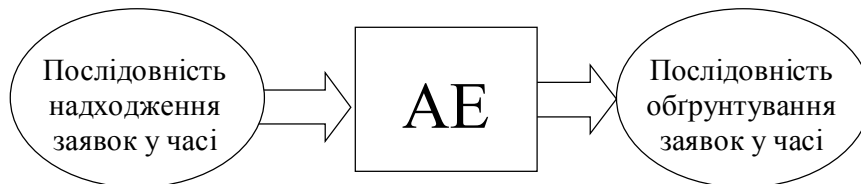


Рисунок 1

При цьому основним завданням АЕ є проведення динамічного процесу обслуговування обмеженої кількості заявок з електроенергоспоживання.

2 АЕ є складною технічною системою.

Основним завданням такої АЕ є забезпечення динамічного процесу перетворення енергії енергоносіїв у електричну енергію, основною властивістю якої є безпосереднє поточне забезпечення заявок на електроенергію без відповідного накопичення, як і показано на рис. 2.

У подальшому будемо розглядати функціонування АЕ як складної системи [3].

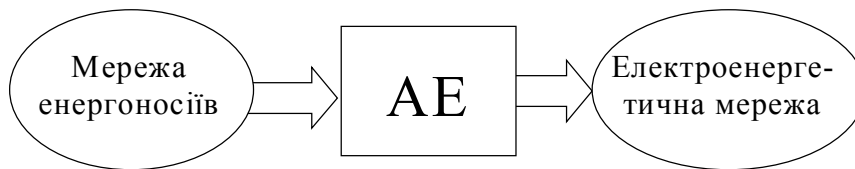


Рисунок 2

Складність систем визначається умовно залежно від кількості елементів. Під елементом системи прийнято розуміти найпростішу неподільну частину системи, але потрібно відмітити, що сам процес ділення системи на елементи є у загальному плані неоднозначним і залежить від мети і завдань досліджень функціонування системи.

Прийнято технічні системи поділяти на:

- прості з  $10 \dots 10^3$  елементів;
- складні з  $10^4 \dots 10^7$  елементів;
- ультраскладні з  $10^8 \dots 10^{30}$  елементів;
- суперскладні з  $10^{31} \dots 10^{200}$  елементів.

Відомо також, що технічна система характеризується не тільки кількістю елементів, а, в першу чергу, має принципово нові властивості, нові характеристики, яких не мають елементи, а формуються взаємозв'язками і взаємодією самих елементів у сукупності. Саме останнє і дає можливість розв'язувати широке коло задач на основі використання технічних систем.

Однією з актуальних і важливих науково-технічних проблем створення сучасних і надійних автономних електростанцій є розроблення єдиної методології формування бази знань життєвого циклу таких систем.

Цій проблематиці й присвячена дана робота.

### ОСНОВНИЙ ЗМІСТ

Типова спрощена структурна схема автономної електростанції зображена на рис. 3, де 1 – мережа подачі енергоносіїв; 2 – підсистема регулювання подачі енергоносіїв і підготовки процесу виробництва електроенергії; 3 – підсистема створення робочого середовища (наприклад, водяної пари підвищеного тиску) для виробництва електроенергії; 4 – підсистема перетворення робочого середовища в електроенергію (наприклад, парова турбіна з електрогенератором, газова турбіна з електрогенератором); 5 – автоматизована система управління (АСУ) робочої електростанції; 5а – інформаційно-вимірювальна система (ІВС) як складова компонента; 6 – електроенергетична мережа.

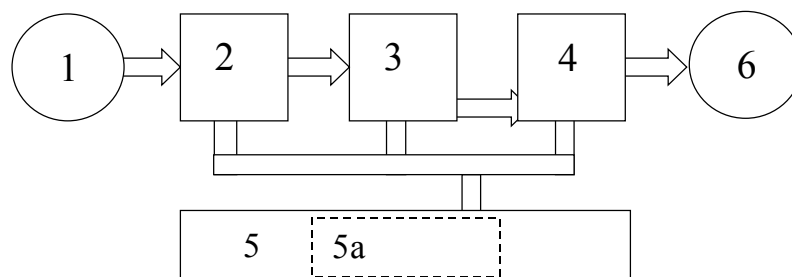


Рисунок 3

Виділимо такі основні етапи життєвого циклу автономної електростанції (АЕ):

- обґрунтування структури, технічних та інших характеристик функціонування на основі забезпечення запропонованих вимог, урахування досвіду аналогічних розробок і результатів їх експлуатації, впровадження новітніх інформаційних технологій;

- технічне проектування і розроблення технічної документації на виготовлення зразка АЕ з використанням сучасних цифрових інформаційних технологій;

- підготовка виробництва, виготовлення експериментальних зразків пристроїв механізмів, модулів АЕ і їх випробування, забезпечення перевірки відповідності необхідних характеристик інших комплектуючих модулів, пристроїв, механізмів, які виготовлені підприємствами-постачальниками;

- процес збирання зразка АЕ в цілому, проведення відповідних перевірок, випробувань на відповідність технічним умовам на АЕ як цілісної технічної системи;

- передача зразка АЕ у дослідну експлуатацію, виконання необхідних доопрацювань, замін, ремонту пристроїв, модулів, механізмів;

- під'єднання АЕ до електроенергетичної мережі для постійної експлуатації.

Запропонована методологія створення бази знань для всіх зазначених етапів життєвого циклу АЕ ґрунтується на використанні результатів:

- теоретичних досліджень;
- імітаційних досліджень;
- експериментальних досліджень.

Більш розгорнуто структуру одного з можливих варіантів бази знань можна проілюструвати блок-схемою, яка зображена на рис. 4.

На рис. 4 взяті такі позначення:

**1 – база знань АЕ;**

$\{1-1-i, i = \overline{1, q}, q \in N\}$  - фізичні моделі основних підсистем, модулів, пристроїв, механізмів;

$\{1-2-i, i = \overline{1, q}\}$  - математичні моделі основних підсистем, модулів, пристроїв, механізмів;

**2- напрям теоретичних досліджень;**

$\{2-1-i, i = \overline{1, n}, n \in N\}$  - постановка задач аналізу і синтезу функціонування основних підсистем, модулів, пристроїв, механізмів;

$\{2-2-i, i = \overline{1, n}\}$  - метод розв'язання задач функціонування підсистем, модулів, пристроїв, механізмів;

$\{2-3-i, i = \overline{1, n}\}$  - результати розв'язання задач аналізу функціонування;

**3 – напрям імітаційних досліджень в основному комп'ютерного моделювання;**

$\{3-1-i, i = \overline{1, m}, m \in N\}$  - постановка задач комп'ютерного моделювання;

$\{3-2-i, i = \overline{1, m}\}$  - методи розв'язання задач комп'ютерного моделювання;

$\{3-3-i, i = \overline{1, m}\}$  - результати розв'язання задач комп'ютерного моделювання;

**4 – напрям експериментальних досліджень, формування статистичних даних і результатів їх обробки на етапах випробувань, дослідної і поточної експлуатації АЕ;**

$\{4-1-i, i = \overline{1, k}, k \in N\}$  - поточні статистичні дані вимірювань, контролю характеристик основних підсистем, модулів, пристроїв, механізмів і створення відповідних статистичних баз даних, в тому числі статистичних даних з відмов підсистем, пристроїв, модулів;

$\{4-2-i, i = \overline{1, k}\}$  - статистичні методи та алгоритми обробки відповідних баз даних;

$\{4-3-i, i = \overline{1, k}\}$  - результати статистичної обробки даних;

**5 – аналіз отриманих результатів досліджень;**

**6 – розв'язання задач інтерполяції, апроксимації, прогнозу, визначення характеристик надійності функціонування АЕ;**

**7 – визначення життєвого циклу АЕ, розроблення рекомендацій планових регламентів, ремонтів, заміни модулів АЕ, формування даних для відповідних змін бази знань, адаптованих для конкретного зразка АЕ.**

Кожний з названих етапів розроблення і створення АЕ має відповідну специфіку і свою вагову функцію. Так, наприклад, сучасні цифрові інформаційні технології, в першу чергу CALS – технології, суттєво змінили технологічне наповнення розробки технічної документації виготовлення і сам процес виготовлення механізмів, модулів, підсистем АЕ. З цих питань опублікована значна кількість науково-технічних праць і останнім часом число таких публікацій зростає, умовно кажучи, в геометричній прогресії. Але потрібно об'єктивно відмітити і значущість інших етапів життєвого циклу АЕ, результати досліджень яких є вагомими компонентами бази знань.

Так, перший етап “Обґрунтування структури...” є визначальним для методології створення бази знань життєвого циклу АЕ.

Зупинимося на цьому детальніше.

**Теоретичні дослідження.** Основними об'єктами таких досліджень є фізична і математична моделі функціонування АЕ. Наведемо одне із визначень такої моделі.

**Визначення.** Фізична модель функціонування АЕ – це цілісна, логічно витримана, без протиріч система знань, гіпотез, припущень та умов, яка гомоморфно відображає основні фізичні властивості процесів, явищ функціонування АЕ, ґрунтується на використанні результатів розроблення, випробувань, експлуатації діючих аналогічних АЕ, записана з використанням фізичних законів, термінів, позначень, системи одиниць розмірностей фізичних величин і призначена для постановок і розв'язання широкого кола задач аналізу та синтезу функціонування АЕ.

Математична модель функціонування АЕ є подальшим етапом процесу формалізації опису функціонування АЕ і записана з використанням математичних об'єктів, позначень, термінів.

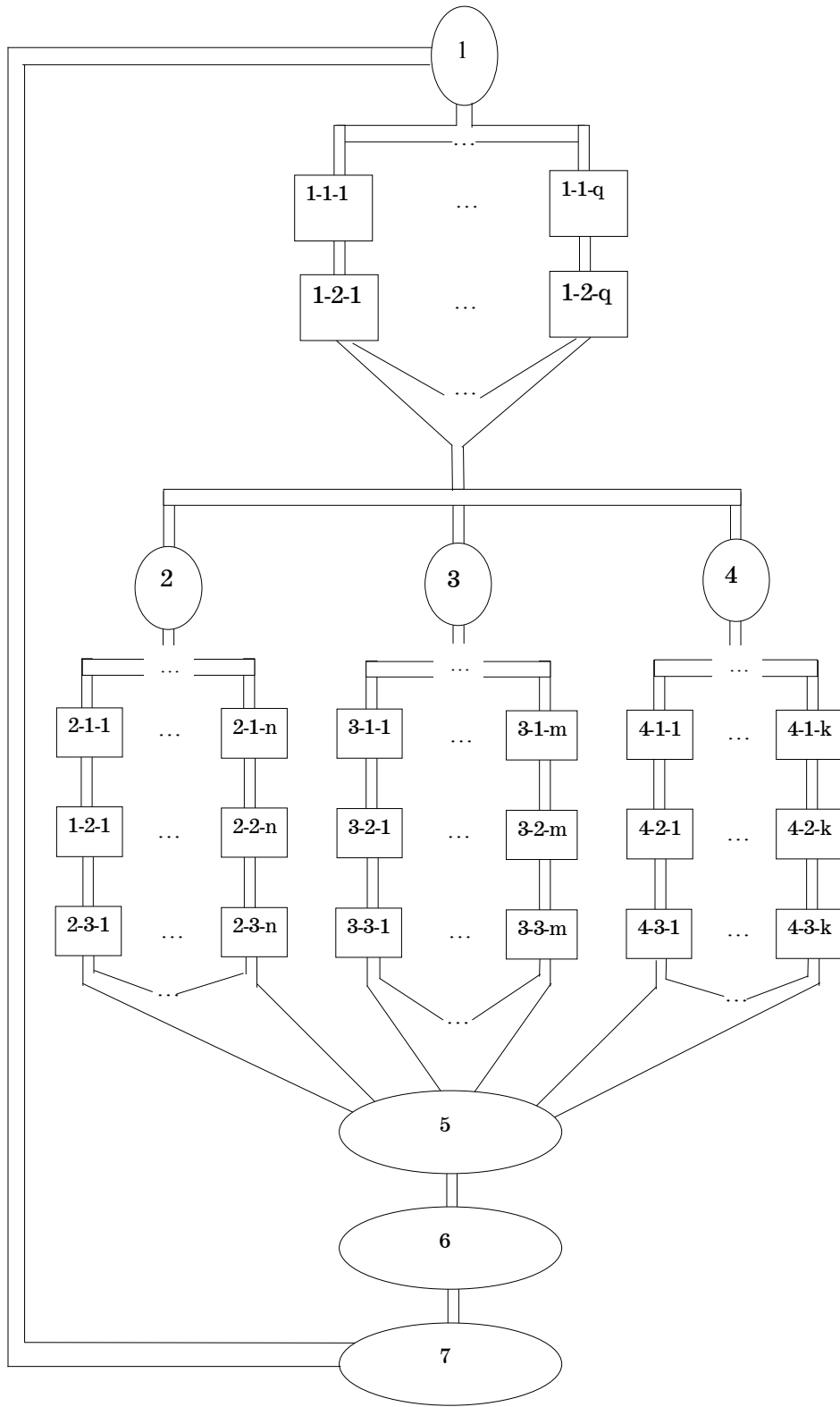


Рисунок 4

Слід відзначити, що математична модель функціонування АЕ є основним об'єктом не тільки теоретичних, а й імітаційних досліджень.

Під час проведення теоретичних досліджень використовується така типова схема аналізу перетворень відповідних ланок, модулів АЕ,

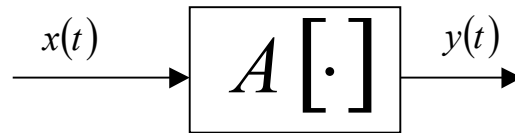


Рисунок 5

де  $x(t)$  – вхідна дія,  $A[\cdot]$  – оператор перетворень,  $y(t)$  – відгук (рис. 5).

Вхідні дії і відповідні відгуки описуються [1...7]:

- детермінованими функціями (гармонійні, полігармонійні, періодичні, фінітні);
- випадковими функціями (випадкові величини, вектори, процеси, поля);
- адитивними і мультиплікативними комбінаціями детермінованих і випадкових функцій.

Оператори перетворень при аналізі функціонування АЕ використовуються такі:

- диференційні та інтегральні;
- лінійні і нелінійні;
- з постійними і змінними в часі параметрами;
- прості і складні оператори.

У цілому задачі аналізу функціонування АЕ розподіляються на три види [7]:

- прямі, коли задані  $x(t)$ ,  $A[\cdot]$  і потрібно визначити  $y(t)$ ;
- обернені, коли задані  $y(t)$ ,  $A[\cdot]$  і потрібно визначити  $x(t)$ ;
- задачі ідентифікації, коли задані  $x(t)$ ,  $y(t)$  і потрібно визначити  $A[\cdot]$ .

Задачі аналізу значно ускладнюються, якщо замість простих операторів перетворень потрібно дослідити дію складного, а саме:

$$A_{\Sigma}[\cdot] = A_1 A_2 \dots A_n [\cdot].$$

Задачі синтезу функціонування АЕ ґрунтуються на використанні відповідного критерію оптимальності, наприклад, лінійна стаціонарна оптимальна фільтрація Колмогорова-Вінера, лінійна нестаціонарна фільтрація Калмана-Б'юсі.

Результати розв'язання задач аналізу і синтезу функціонування АЕ наведені в науково-технічних публікаціях, у тому числі [6,7].

### ІМІТАЦІЙНІ ДОСЛІДЖЕННЯ

Результати теоретичних досліджень мають фундаментальний характер, а відповідна конкретизація обґрунтування структури АЕ проводиться в процесі імітаційних досліджень. При цьому потенційні ресурси обчислювальної техніки (мережі ЕОМ, ПЕОМ) дають можливість дослідити цілу низку варіантів структури АЕ і, базуючись на вибраному критерії обґрунтувати один із них [2-5].

## ВИСНОВКИ

Створення бази знань життєвого циклу АЕ є складною науково-технічною проблемою, методологію якої на сьогодні не можна вважати завершеною. Цей динамічний процес знаходиться у стадії формування, але значущість баз знань життєвого циклу технічних систем зростає, і цей факт обумовлений ефективним упровадженням сучасних інформаційних технологій.

У роботі наведені положення методології створення бази знань життєвого циклу АЕ з використанням результатів теоретичних та імітаційних досліджень.

## SUMMARY

### METHODOLOGY FOR CREATING OF LIFE CYCLE KNOWLEDGE BASE IN ISOLATED GENERATING PLANTS

*Tolbatov A.V., Tolbatov V.A.*

*Herein were specified the main provisions of methodology for creating of life cycle knowledge base in complicated technical system as isolated generating plant which are based on the results of theoretical and simulation researches.*

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Андерсон Т. Статистический анализ временных рядов // Пер. с англ. – М.: Мир, 1976. – 765 с.
2. Афифи А., Эйзен С. Статистический анализ. Подход с использованием ЭВМ // Пер. с англ. – М.: Мир, 1982. – 488 с.
3. Бусленко Н.П. Моделирование сложных систем. – М.: Наука, 1978. – 399 с.
4. Виленкин С.Я. Статистическая обработка результатов исследования случайных функций. – М.: Энергия, 1979. – 320 с.
5. Ермаков С.М., Михайлов Г.А. Курс статистического моделирования. – М.: Наука, 1976. – 320 с.
6. Применение цифровой обработки сигналов // Под ред. Э. Опенгейма // Пер. с англ. – М.: Мир, 1980. – 552 с.
7. Пугачев В.С. Теория случайных функций и ее применение к задачам автоматического управления. – М.: ГИФМЛ, 1960. – 884 с.

***Толбатов А.В.;***

***Толбатов В.А., канд. техн. наук***

*Надійшла до редакції 8 травня 2008 р.*