

## СТРУКТУРНО-КОМПОНЕНТНИЙ ПІДХІД ПРИ МОДЕЛЮВАННІ ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНИХ СИСТЕМ У LABVIEW

**Вступ.** Модернізація існуючого виробництва та впровадження високотехнологічного обладнання потребують як залучення сучасних досягнень науково-технічного прогресу в галузі інформаційних, обчислювальних і комунікаційних технологій, так і наявності кваліфікованих фахівців з високим рівнем знань у предметній галузі, які повною мірою володіють сучасною технікою і новітніми досягненнями зазначених технологій.

Реалізація цих задач прямо або опосередковано пов'язана з питаннями набуття умінь, навичок та нових знань у відповідній предметній галузі. Зокрема, галузі промислової автоматизації та автоматизації наукових досліджень, які пов'язані з застосуванням діагностичного та експериментального обладнання тощо. При цьому слід зазначити, що на даний час практично вся автоматизація реалізується на цифрових пристроях. Зазначені аспекти, у свою чергу, пов'язані з технологіями проєктування, розробки і використанням як прикладного програмного забезпечення (ПЗ), так і програмних засобів, як інструменту їх розробки.

**Аналіз попередніх досліджень.** На кафедрі САУЕ КДПУ протягом останніх років ведеться робота з модифікації та модернізації методів і технологій навчання, зокрема, розробляються та створюються універсальні, спеціалізовані автоматизовані лабораторні комплекси та віртуальні лабораторні комплекси (ВЛК) на основі пакета NI LabView ([www.ni.com](http://www.ni.com)). Їх застосування є важливою ланкою, що визначає ефективність навчального процесу та має на меті: відпрацювання основних прийомів і технологій планування та проведення експериментальних досліджень, включаючи їх основні етапи: формулювання мети та задачі дослідження, визначення способів і методів досягнення мети, вибір обладнання, отримання та обробки експериментальних даних, що характеризують поведінку об'єкта чи процесу, який досліджується [1-4].

Найбільш близькими за структурою побудови є комплекси «Электрический привод. Курс дистанционного обучения», який розроблений у Московському енергетичному інституті під керівництвом д.т.н., проф. М.Ф.Льїнського, «Лабораторний практикум для дистанційного обучения общетехническим дисциплинам» Новосибірського державного технічного університету [5], та комплекси, що впроваджуються на кафедрі електричних машин Харківського національного технічного університету «ХП» [6].

Виконання комплексу робіт з віртуальних комплексів привело до розуміння того, що ВЛК – це не просто модель електропривода із зручним інтерфейсом, а модель електромеханічного обладнання або електромеханічного комплексу з технологічним механізмом. У цьому зв'язку стає очевидним, що роботи по віртуальному обладнанню необхідно розглядати, як можливість вивчення фундаментальних основ перетворення усіх видів енергії (в кінематичних зв'язках; електричних контурах; магнітних зв'язках та інш.); нових принципів управління електромеханічними системами, у тому числі інтелектуальних. Такий підхід вимагає вирішення питання створення моделей досліджуваного об'єкта з урахуванням усіх його особливостей.

**Ціль досліджень.** Створення технології моделювання електромеханічних систем на основі структурно-компонентного підходу.

**Матеріал і результати досліджень.** Як базові елементи при проведенні досліджень роботи компонентів (об'єктів, підсистем) системи електропривода та фізичних процесів виступають, відповідні математичні моделі (ММ), що їх описують, а також програмне забезпечення – керуючий алгоритм, за яким імітується процес функціонування як кожного компонента, так і системи у цілому. Процес функціонування як компонентів, так і усієї системи електропривода відбувається за певними правилами (законами) у рамках математичної моделі та умов моделювання. Модель може бути поданою у вигляді типових функцій, виконуваних системою електропривода, структури інформаційних і керуючих взаємозв'язків між ними.

Запишемо у загальному вигляді математичну модель системи електропривода у матричний формі:

$$\dot{x} = Ax + Bu + Cz + f(x),$$

де  $x$  - вектор стану;  $A$  - матриця стану;  $u$  - вектор управління;  $B$  - матриця управління;  $z$  - вектор збурення;  $G$  - матриця збурення;  $f(x)$  - вектор нелінійних функцій. Вектор  $f(x)$  характеризує нелінійності елементів, нелінійні зв'язки в системі керування, нелінійні функції кутової частоти обертання валу, прискорення тощо.

Природно, моделі, розроблені на загальносистемних позиціях набудуть значимість, якщо вони будуть забезпечувати достатньо широкі можливості їх конструктивного використання на практиці. Це може бути забезпеченим при розгляданні процесів функціонування електромеханічної системи на структурно-функціональному рівні при абстрагуванні від різноманіття конструктивних можливостей і способів їх реалізації [7]. За цих загальносистемних позицій у складі технічної системи можуть бути виділені три види конструктивних об'єктів, що мають різне функціональне призначення [7]: «керуючі пристрої» (КП), «виконавчі підсистеми» та «ресурси». Саме визначені види об'єктів за функціональним призначенням і складають систему електропривода.

Тож кожний із компонентів системи електропривода (незалежно від його типу – постійного або змінного струму, незалежно від компонентів, що його утворюють) може бути представлений відповідним структурно-функціональним об'єктом, що містить відповідну йому ММ на структурно-функціональній схемі.

Наприклад, у найпростішому вигляді система електропривода постійного струму описується рівняннями перетворювача, електричної рівноваги та руху. Відповідна узагальнена структурно-функціональна схема даної системи наведена на рис. 1.

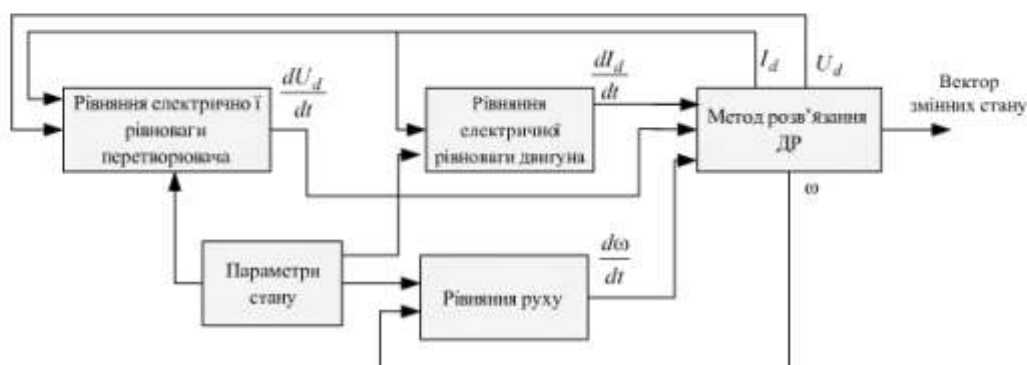


Рисунок 1 – Узагальнена структурно-функціональна схема дослідження електромеханічної системи

Практична реалізація даного підходу, безумовно, може бути виконана як із застосуванням мов програмування (наприклад, C++, Pascal), так і пакетів загального та спеціального призначення (наприклад, MathCAD, MatLab). Їх використання як інструмента розробки має свої переваги та недоліки [2]. На думку авторів найбільш повно охоплює та відповідає вище визначеним цілям і поставленим задачам пакет LabView. У даному контексті слід зазначити наступне. LabView є середовищем графічного програмування, що отримало широке розповсюдження в промисловості та освіті при проведенні наукових досліджень і виконанні проектних робіт. Цьому сприяють безперечні переваги пакета – висока продуктивність при розробці програм, названих віртуальних пристроїв (ВП) і широкий набір функціональних можливостей мови і середовища програмування. ВП складається з ПК, спеціального програмного продукту, вбудованого в ПК плати, яка виконує такі самі функції, що й традиційний вимірювальний пристрій; програми, розроблені в LabView також називаються ВП. Програмування в LabView здійснюється графічно, тобто відсутній звичайний текстовий опис алгоритму на мові високого рівня – досить скласти блок-схему алгоритму і внести її до програми. На даний час LabView став фактично стандартом у галузі програмних засобів обробки сигналів, моделювання складних систем, розробки віртуальних комплексів.

Практична реалізація схеми за рис. 1 потребує створення (у нотатції LabView) SubVi із застосуванням DLL, що реалізують кожний із функціональних компонентів системи за призначенням. Кожний такий SubVi містить відповідну DLL і може бути з'єднаний у подальшому із будь-яким іншим SubVi через відповідні входи/виходи – вхідні та вихідні параметри. Розроблений універсальний бібліотечний модуль складається із двох модулів: dll1m.vi і dll2m.vi.

Бібліотечний модуль dll1m.vi (рис. 2) призначений для кодування диференціальних і алгебраїчних рівнянь з текстового в числовий формат.

Вхідною змінною є структура, що складається з трьох елементів: двомірний (2D) масив рядків для завдання правих і лівих частин (шуканих змінних) диференціальних рівнянь; одновірний (1D) масив рядків для завдання параметрів із відомим числовим значенням (змінних користувачем в процесі обчислень); двомірний (2D) масив рядків для завдання алгебраїчних рівнянь (якщо такі є).

Вихідною змінною є структура, що складається з трьох числових масивів (3D, 2D, 1D), що являють собою числове представлення правих частин диференціальних рівнянь, невідомих змінних і параметрів системи.

Бібліотечний модуль dll2m.vi (рис. 3) призначений для обчислення правих частин диференціальних рівнянь і реалізації методу Рунге-Кутта 4-го порядку.

Вхідною змінною є структура, що складається з семи елементів: перші три є елементами вихідної структури dll1m.vi; четвертий – являє собою одновірний (1D) масив із значеннями параметрів системи; п'ятий – одновірний (1D) масив із значеннями правих частин диференціальних рівнянь у поточний момент часу; шостий – поточний момент часу; сьомий – крок інтегрування.

Вихідною змінною є структура, що містить числовий масив (1D) значень правих частин диференціальних рівнянь в наступний (розрахунковий) момент часу.

На основі dll1m.vi, dll2m.vi з метою прискорення і універсалізації розрахунків створюються dll-бібліотеки dll1m.dll і dll2m.dll. Виклик бібліотек показаний на рис. 4. Тестування роботи бібліотек здійснюється на базі системи диференціальних рівнянь, що описують двигун постійного струму незалежного збудження (рис. 5).



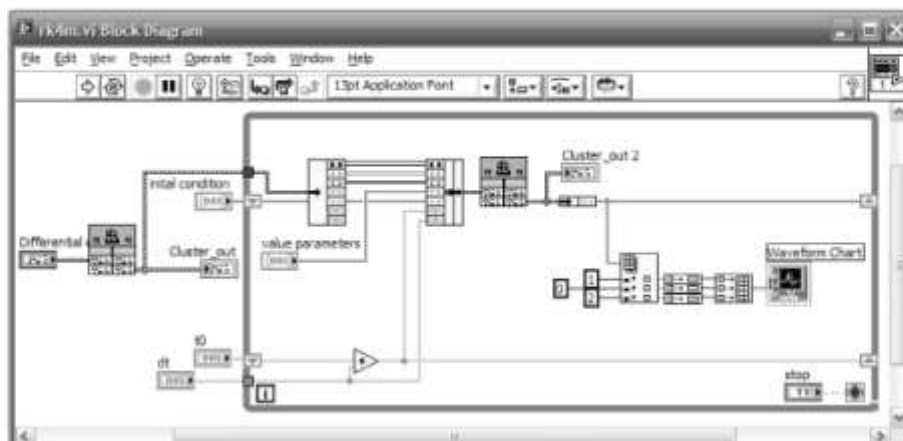


Рисунок 4 – Діаграма виклику dll-бібліотек dll1m.dll і dll2m.dll

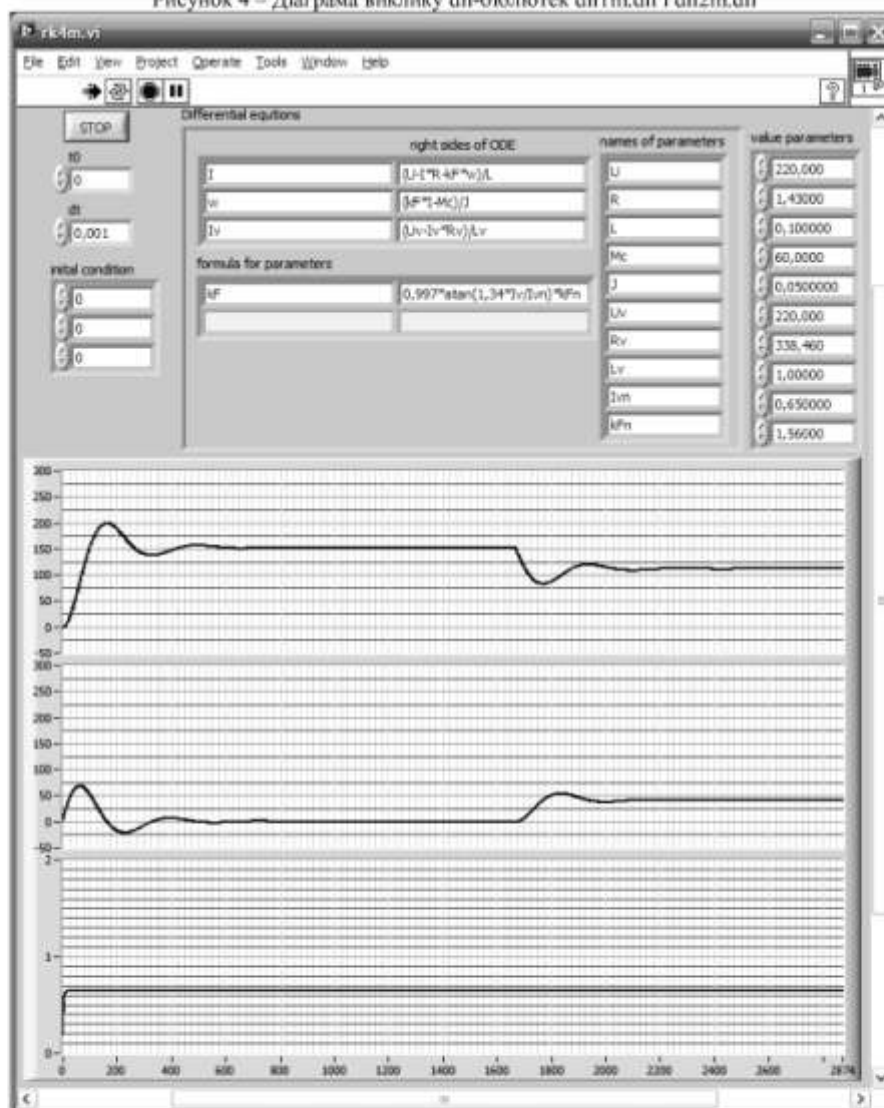


Рисунок 5 – Результати тестування dll-бібліотек dll1m.dll і dll2m.dll

**Висновки.** Варіативність функціональних компонентів бібліотеки об'єктів дозволяє створювати для проведення досліджень будь-які електромеханічні системи різної складності на основі власноруч розроблених бібліотечних модулів. Останнє дозволяє створювати такі SubVi, що містять математичні моделі наукового та дослідницького характеру. Слід зазначити можливість «нарошування» дослідницької системи.

Застосування можливостей пакету LabView для побудови інтерактивних віртуальних навчально-наукових дослідницьких комплексів (стендів) надають додаткові механізми та сприяють більш повному та глибокому вивченню прикладної предметної галузі, що є особливо важливим у професійній підготовці майбутніх фахівців.

#### Література

1. Свєтіфєєв В.О., Чорний О.П. Концепція побудови віртуальних комплексів для дослідження і діагностики електромеханічних систем // Електромеханічні і енергозберігаючі системи/ Кременчук: КДПУ, 2007. – Вип.1/2007. – С.20-23
2. Родькін Д.Й., Чорний О.П. та ін. Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір № 12512 – Програмний продукт “Віртуальний лабораторний комплекс дослідження електромеханічних систем”. 2005.
3. Евстифеев В.А., Черный А.П., Величко Т.В. Виртуальный комплекс для учебного процесса и научных исследований. // Проблемы автоматизированного электропривода. Теория и практика: Вестник Национального технического университета «ХПИ», Тематический выпуск 45'2005. - Харьков: НТУ «ХПИ», 2005. С. 25-28.
4. Кравец А.М., Коренькова Т.В., Продан В.С. Виртуальный лабораторный комплекс гидротранспортной установки с активным регулированием параметров // Вісник Кременчуцького державного політехнічного університету: №3, 2006.
5. Электрический привод. Курс дистанционного обучения // <http://aer.mpei.ac.ru/old/eldrive/>
6. Мильх В.І., Майстренко О.М. Віртуальний стенд для дослідження двигуна постійного струму // Вісник Кременчуцького державного політехнічного університету: №3/2006(39), Ч1, С.149-151.
7. Кириллов Н.П. IDEF0-модель процессов функционирования технической системы // <http://is.ifmo.ru>.