

УДК 62-83

О. С. Лиходєєв, І. І. Сидоренко

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ МЕХАТРОННИХ СИСТЕМ ЗА ДОПОМОГОЮ SIMULINK ТА SIMPOWERSYSTEM

Розглядається можливість застосування пакетів Simulink та SimPowerSystem для моделювання мехатронних систем при проведенні досліджень та впровадження даних пакетів у навчальний процес.

К л ю ч о в і с л о в а: мехатроніка, інформація, моделювання, мехатронні системи.

Постановка проблеми. Перші наукові публікації з мехатроніки з'явилися в 70-х роках минулого сторіччя в Японії у зв'язку з розробкою високоточних систем автоматики, керованих за допомогою комп'ютера.

Основною причиною широкого впровадження мехатроніки був розвиток обчислювальної техніки, мікросхемотехніки, мікропроцесорів і мікроконтролерів, що зумовило нове осмислення процесів передачі і перетворення інформації в електромеханічних системах.

Аналіз останніх публікацій. Мехатроніка – це область науки і техніки, заснована на синергетичному об'єднанні вузлів точної механіки з електронними, електротехнічними і комп'ютерними компонентами, які забезпечують проектування і виробництво якісно нових модулів, систем, машин і систем з інтелектуальним управлінням їх функціональними рухами (рис.1) [1].



Рис. 1. Науково-технічна область мехатроніки

У наш час сформувалися наукові школи у провідних технічних ВНЗ, зокрема, факультет мехатроніки транспортних засобів Харківського національного автомобільно-дорожнього університету, кафедра електротехніки і мехатроніки Національного аерокосмічного університету ім. М. С. Жуковського "ХАІ". У Росії відкрита спеціальність підготовки фахівців за напрямом "Мехатроніка та робототехніка".

Мехатронні системи, у склад яких входять електромеханічні перетворювачі з електронною комутацією (актуатори), різні датчики (сенсори), силові напівпровідникові перетворювачі, мікроконтролери і персональні комп'ютери, широко застосовуються і інтенсивно розвиваються [2].

Сьогодні мехатронні пристрої використовуються в медицині (штучні органи), в комп'ютерній техніці (приводи дисків, принтери, сканери), в автомобілях (гальмівні системи, системи керування двигуном), у роботах і маніпуляторах.

За останні роки досягнення, пов'язані з покращанням навчання, обумовлені широким впровадженням сучасних комп'ютерних технологій. Відомі прикладні пакети для дослідження і проектування технічних систем, такі як MatLab, MultiSim, WorkBanch та ін., дозволили якісно змінити і істотно поліпшити технологію викладання, перевести її у віртуальну реальність [3].

У бібліотеках пакетів розширення Simulink і SimPowerSystem пакета Matlab є численні віртуальні елементи і вимірювальні прилади, що дозволяє всебічно досліджувати мехатронні пристрої будь-якої складності.

Мета статті – показати можливість застосування пакетів Simulink та SimPowerSystem для моделювання мехатронних систем не тільки під час проведення досліджень, а і створення імітаційних лабораторних стендів в інтересах навчального процесу.

Виклад основного матеріалу. Властивості мехатронної системи, представлені математичною моделлю, можна вивчати з використанням аналітичних і обчислювальних методів.

Аналітичні методи дослідження складних нелінійних систем все більш витісняються методами комп'ютерного моделювання. Основною проблемою дослідження стає адекватне використання прикладних програм для вирішення конкретної задачі. У зв'язку з цим змінюється зміст роботи дослідника. Вона тепер полягає у виборі відповідного прикладного пакета, в правильному використанні цього пакета і математичних методів, закладених в ньому, обробці отриманих результатів та в їх наочному представленні.

Чисельні методи базуються на застосуванні комп'ютерного моделювання.

Модель на комп'ютері є програмною реалізацією математичної моделі, доповненою різними службовими програмами (графічними та анімаційними).

На перших етапах комп'ютерного моделювання на створення моделей мовами програмування високого рівня витрачали дуже багато часу. Пізніше була розроблена безліч прикладних пакетів моделювання, що автоматизують етап представлення математичної моделі на комп'ютері.

Найперспективнішими прикладними пакетами є Matlab з широко розвинутими розширеннями (Toolboxes) і пакет Simulink зі своїми розширеннями (Blocksets) фірми Math Work [4].

Пакет Simulink є додатком до пакета Matlab. У випадку моделювання з використанням Simulink реалізується принцип візуального програмування, відповідно до якого, користувач на екрані з бібліотек стандартних блоків створює модель пристрою і здійснює розрахунки. При цьому, на відміну від класичних способів моделювання, не потрібно досконально вивчати мову програмування і чисельні методи математики, достатньо загальних знань, потрібних для роботи на комп'ютері, і знань з тієї області, в якій він працює.

Бібліотека блоків SimPowerSystem є однією з додаткових бібліотек Simulink, що орієнтована на моделювання пристроїв силової електроніки. До складу бібліотеки SimPowerSystems входять вісім основних розділів (рис. 2): Electrical Sources – джерела електричної енергії; Elements – електротехнічні елементи; Power Electronics – пристрої силової електроніки; Machines – електричні машини; Measurements – вимірювальні і контрольні пристрої; Application Library – бібліотека інженерних додатків; Extra Library – додаткові бібліотеки; Powergui – аналіз електричних схем.

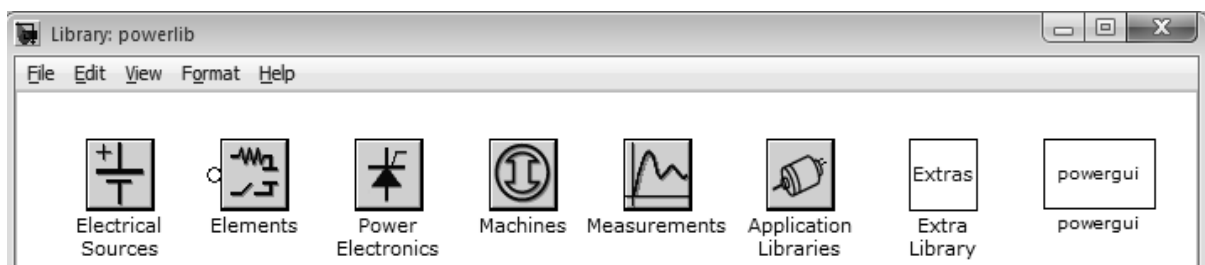


Рис. 2. Бібліотека SimPowerSystem

Використовуючи блоки з цих розділів, користувач в змозі за короткий час створити повноцінну модель достатньо складної електромеханічної системи.

У SimPowerSystem складні електротехнічні системи можна моделювати, поєднуючи методи віртуального та структурного моделювання. Наприклад, силову частину напівпровідникового перетворювача електричної енергії можна створити з використанням віртуальних блоків SimPowerSystem, а систему керування – за допомогою блоків Simulink, що відображають лише алгоритм роботи, а не її електричну схему.

Методика моделювання в SimPowerSystem нічим не відрізняється від методики створення моделі на основі базової бібліотеки Simulink. Тобто необхідно виконати розстановку блоків на схемі, задати їх параметри, з'єднати блоки і встановити параметри розрахунку моделі в цілому. Однак ці моделі мають і деякі особливості [4].

1. Входи і виходи блоків, на відміну від блоків Simulink, не є спрямованими, оскільки фактично є еквівалентами електричних контактів. Таким чином, електричний струм може через вхід або вихід блока проходити в двох напрямках – усередину блока і назовні.

2. Сполучні лінії між блоками є моделями електричних проводів, по яких струм може проходити в двох напрямках, тоді як у Simulink-моделях інформаційний сигнал надходить тільки в одному напрямку.

3. S-блоки і SPS-блоки не можуть бути безпосередньо з'єднані один з одним, оскільки мають сигнали різної природи. Сигнал від S-блока можна передати до SPS-блока через керовані джерела струму або напруги, а у зворотньому напрямку – за допомогою вимірювачів струму або напруги.

Щоб мати доступ до бібліотеки Electric Drives, необхідно відкрити головну бібліотеку SimPowerSystems (powerlib), потім відкрити бібліотеку інженерних додатків Applications Libraries, що дозволяє моделювати електроприводи постійного та змінного струму, механічні передачі та редуктори (рис. 3).

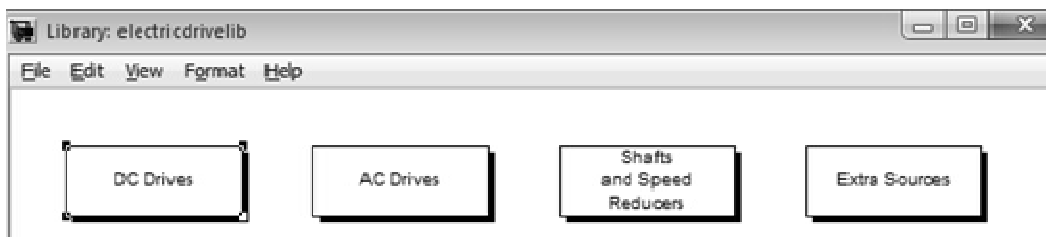


Рис. 3. Бібліотека Electric Drives

Розглянемо створення імітаційних лабораторних стендів систем постійного струму в пакеті Sim Power System. В останній версії пакета SimPowerSystem додана бібліотека електроприводів постійного струму (рис. 4).

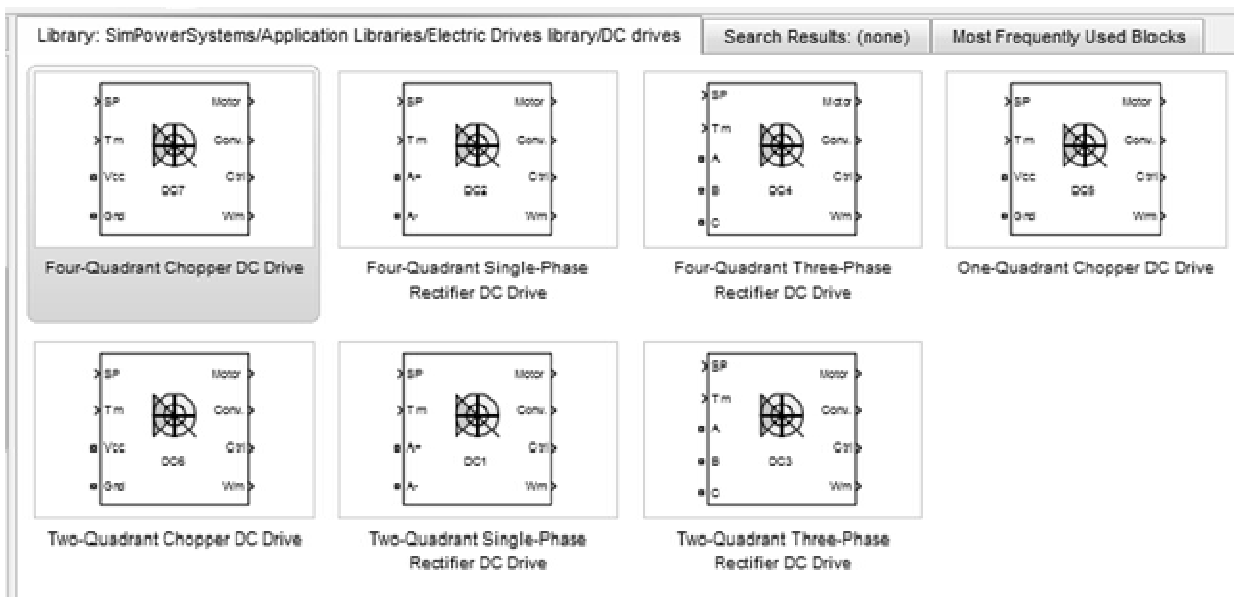


Рис. 4. Бібліотека електроприводів постійного струму

Зазначена бібліотека містить нереверсивні (Two-Quadrant) і реверсивні (Four-Quadrant) електроприводи з однофазними (Single-Phase) і трифазними (Three-Phase) випрямлячами (Rectifier) і широтно-імпульсними перетворювачами (Chopper).

Всі електроприводи побудовані аналогічно, до їх складу входять виконавчий двигун, силовий напівпровідниковий перетворювач, регулятор струму і регулятор частоти обертання.

Розглянемо схему з використанням блока DC1 пакета SimPowerSystems (див. рис. 5). Вона моделює нереверсивний електропривод постійного струму з однофазним випрямлячем. Використовується двигун постійного струму з незалежним збудженням. Напругу якоря забезпечує однофазний випрямляч за допомогою двох ПІ-регуляторів. Випрямляч живиться напругою 220 В

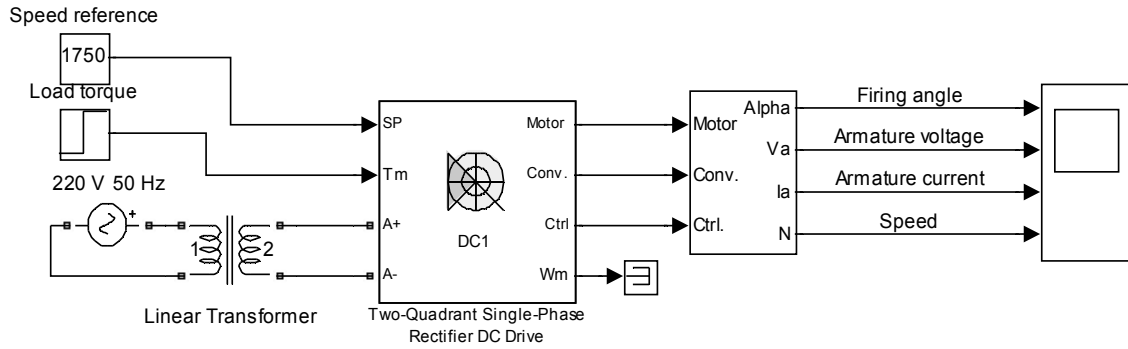


Рис. 5. Система постійного струму з нереверсивним електроприводом та однофазним випрямлячем у SimPowerSystems

змінного струму частотою 50 Гц через лінійний трансформатор для підвищення напруги до достатньої величини.

Регулятори контролюють кут включення тиристорів випрямляча. Перший ПІ-регулятор – це регулятор частоти обертання, а другий – регулятор струму. Регулятор частоти обертання змінює величину струму якоря за допомогою контролера струму з метою отримання електромагнітного моменту, необхідного для досягнення бажаної частоти обертання. Задане значення частоти обертання підтримується прискоренням та гальмуванням, щоб уникнути різкої зміни характеристики, яка може спричинити перевантаження якоря по струму і дестабілізувати систему. Регулятор контролює струм якоря, обчислюючи відповідний кут включення тиристора. Це створює вихідну напругу випрямляча, необхідну для отримання бажаного струму якоря.

Індуктивність згладжування 150 мГн включена послідовно з ланцюгом якоря для зниження коливань струму останнього.

При моделюванні можливо спостерігати напругу і струм якоря двигуна, кут включення випрямляча і частоту обертання двигуна (рис. 6).

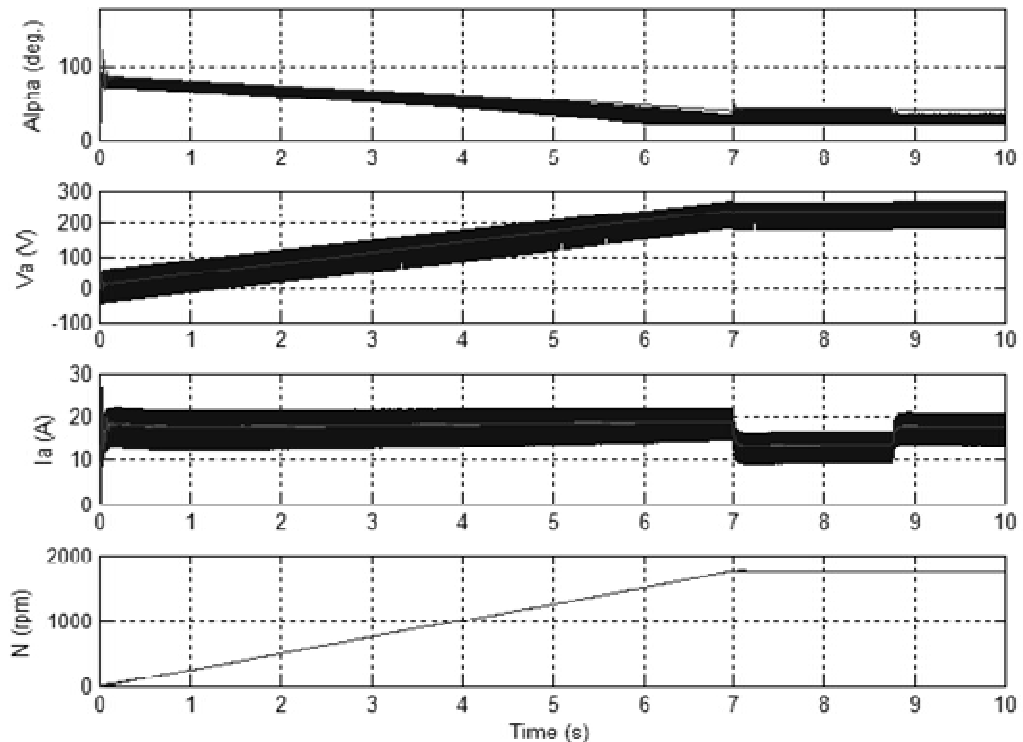


Рис. 6. Результати моделювання

Задана частота обертання дорівнює 1750 об/хв, початковий момент навантаження 15 Н·м. Зауважимо, що частота обертання двигуна відповідає характеристиці лінійно наростаючого сигналу

(+250 об/с) і досягає сталого значення при $t = 7,0$ с. Струм якоря повністю відповідає струмовій характеристиці, а кут включення залишається менше 90° , перетворювач знаходиться в режимі випрямляча. Нижня межа кута запалювання була встановлена до 20° . При $t = 7,25$ с момент навантаження змінюється від 15 до 20 Н·м. Частота обертання двигуна швидко відновлюється до величини 1750 об/хв при $t = 9$ с. Величина струму зростає приблизно до 17,5 А, що генерує більш високий електромагнітний момент для підтримання необхідної частоти обертання. Як було зазначено вище, струм якоря повністю відповідає своїй характеристиці.

Висновки

Таким чином, віртуальні блоки та імітаційні лабораторні стенди доцільно розробляти для того, щоб користувач, який не має досвіду в питаннях програмування, мав можливість в конкретній технічній області провести модельний експеримент, задавши зрозумілі йому параметри технічного пристрою. Такі моделі виконують роль лабораторного стенда, який дозволяє задавати і досліджувати будь-які режими і характеристики.

Список використаних джерел

1. Государственный образовательный стандарт высшего профессионального образования РФ. Направление подготовки дипломированного специалиста 652000 [Текст] // Мехатроника и робототехника. – М., 2000. – 24 с.
2. Подураев, Ю. В. Мехатроника: основы, методы, применение [Текст] / Ю. В. Подураев. – М. : Машиностроение, 2006. – 256 с.
3. Черных, И. В. Моделирование электротехнических устройств в MATLAB, SimPowerSystems и Simulink [Текст] / И. В. Черных. – М. : ДМК Пресс; СПб. : Питер, 2008. – 288 с.
4. Sibille. G. SimPowerSystems For Use with Simulink / G. Sibille, L.A. Dessant / TheMath Works. Inc. – Natic, USA, 2006.

Стаття надійшла до редакції 18.04.2012 р.