

УДК 621

О.Ф. Гордєєв, Р.М. Полінкевич, О.І. Давидюк

Луцький національний технічний університет

ПРОГРАМНІ МЕТОДИ І ЗАСОБИ ЦИФРОВОГО МОДЕЛЮВАННЯ ДИНАМІКИ ГІДРОПРИВОДІВ МЕТАЛОРІЗАЛЬНИХ ВЕРСТАТІВ

Розглянуті загальні засоби комп'ютерного моделювання динаміки гідравлічних приводів металорізальних верстатів, наведені програмні засоби в середовищі яких створюються моделі. Зокрема була розроблена математична модель упорного гідростатичного підшипника з внутрішнім циліндричним регулятором для чого розроблена програма – препроцесор, що стало основою методики автоматизації комп'ютерного моделювання гідромеханічних систем стиків.

Ключові слова: програмування, моделювання, гідродинаміка, модель, регулятор.

З розвитком обчислювальної техніки з'явилися програмні комплекси цифрового моделювання динамічних систем, які дозволяють добитися істотних переваг в порівнянні з системами аналогового моделювання. Проте, це вимагає деяких змін в самій методології підготовки і проведення динамічних розрахунків гідромеханічних систем верстатів.

Таким чином можна констатувати, що на даний час питання автоматизації моделювання динаміки гідромеханічних систем верстатів в достатній мірі не вирішене, і вирішення цієї наукової задачі є актуальним.

Побудова моделі – це спосіб візуального представлення деякої ситуації. При побудові моделі, замість виводу і вирішення системи рівнянь для вирішення проблеми, використовуються графічні блоки. Сила цього методу особливо добре виявляється на завданнях, що зазвичай містять математичні рівняння, вирішення яких представляється складним або проблематичним. Проте, якщо може бути побудована модель, яка ілюструє дану ситуацію, то стає зрозуміло, де шукати рішення, і іноді воно стає просто очевидним.

Проектування, що базується на моделях, для вбудованих мікропроцесорних систем все ширше застосовується безпосередньо у виробництві цих систем, оскільки воно скорочує цикл розробки апаратури так само як архітектура, що базується на моделях Model Driven Architecture скорочує цикл розробки програмного забезпечення.

Основою цифрового моделювання динамічних систем, що базується на моделях, є чисельна інтеграція систем диференціальних рівнянь, що описують об'єкт моделювання. Для цього використовуються різні схеми чисельного інтегрування: Ньютона, Ейлера, Адамса, Рунге-кутти і їх модифікації з постійним і змінним кроком інтеграції. Швидкодія сучасних ЕОМ дозволяє наблизити швидкість моделювання практично до швидкості виконання імітації на аналоговій базі. Сучасні системи імітаційного моделювання побудовані за принципом об'єктно-орієнтованого програмування. При цьому набір об'єктних компонентів містить практично вичерпний об'єм блоків різного застосування: динамічні ланки, задаючи дії, типові математичні функції, графічного відображення результатів, векторні функції, генератори випадкових чисел і т.д. Програмування структури модельованого об'єкту як правило наближене до прийнятих в теорії автоматичного управління структурним і блок-схемам. При розробці моделі користувачеві пропонуються засоби програмування на мовах, наближених до правил Pascal, C++, Basic. У ряді програмних систем є навіть засоби анімації, що дозволяють візуалізувати модельовані процеси. На жаль всі ці системи відносяться до класу універсальних зі всіма витікаючими звідси недоліками. Спеціалізація тут досягається в основному створенням бібліотеки динамічних моделей певних класів і додатків: гідравлічних, ядерної фізики, теорії коливальних, роботів, технології і т.д. Оскільки ці програмні системи моделювання (ПСМ) орієнтовані на симуляцію систем автоматичного управління (САУ), то і параметри об'єктних компонентів прив'язані до відповідної термінології теорії автоматичного управління (ТАУ), і, отже, необхідне перетворення параметрів конкретного об'єкту моделювання (ОМ) в параметри ТАУ. Отже – необхідні так звані препроцесорні процедури перетворення параметрів конкретної модельованої гідромеханічної системи в терміни параметрів блок-схеми ТАУ (ОМ-ТАУ), а також при необхідності зворотної процедури інтерпретації результатів моделювання в терміни параметрів ОМ (ТАУ-ОМ).

Для моделювання динамічних систем в даний час розроблено декілька ефективних програмних засобів. Найбільш поширеними ПСМ, що працюють під Windows, є: Simulink, VisSim, LabSim, MVTU та деякі інші.

Simulink – інтерактивний інструмент для моделювання, імітації і аналізу динамічних систем. Він дає можливість будувати графічні блок-діаграми, імітувати динамічні системи, досліджувати працездатність систем і удосконалювати проекти. Використовується як самостійна ПСМ, так і в інтеграції з іншими, більш загальними, програмами моделювання. Simulink повністю інтегрований з MATLAB, забезпечуючи негайним доступом до широкого спектру інструментів аналізу і проектування. Simulink також інтегрується з Stateflow для моделювання поведінки, викликані подіями. Ці переваги роблять Simulink найбільш популярним інструментом для проектування систем управління і комунікації, цифрової обробки і інших додатків моделювання. Єдиним недоліком можна вважати англійський інтерфейс Simulink.

VisSim [на сайті <http://www.vissim.exponenta.ru>] – це візуальна мова програмування, призначена для моделювання динамічних систем, а також проектування, що базується на моделях, для вбудованих мікропроцесорів. VisSim поєднує в собі характерний для Windows інтуїтивний інтерфейс для створення блокових діаграм і могутнє моделююче ядро. Мова розроблена американською компанією Visual Solutions, яка знаходиться в Westford, штат Массачусетс. Мова і програмне середовище VisSim широко використовується в розробці систем управління і цифрової обробки сигналів для моделювання. Вона включає блоки для арифметики, булевих і трансцендентних функцій, а також цифрові фільтри, передавальні функції і чисельного інтегрування. Основними областями моделювання є аерокосмічна, біологіческая, медицинская, Digital Power, електродвигуни, електричні, гідравлічні, механічні, теплові процеси, економетрика. Приклад моделі САР в ПСМ VisSim наведений на рис. 1.

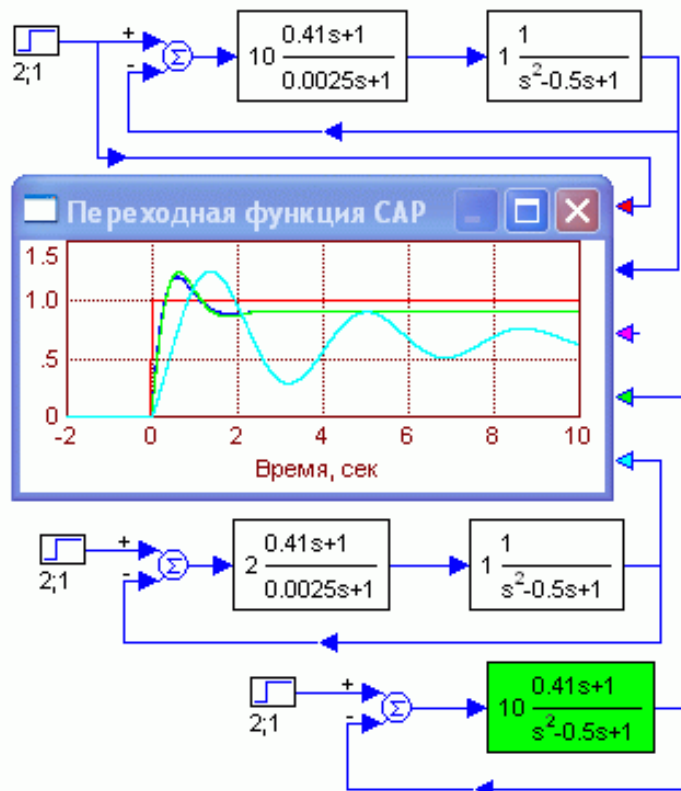


Рис. 1. Приклад моделювання САР в ПСМ VisSim

Програма VisSim – одна з кращих програм об'єктно-орієнтованого моделювання (ООМ) фізичних і технічних об'єктів і систем. Зокрема, в цій програмі можуть бути промоделировані, досліджені і оптимізовані прості і складні системи управління.

VisSim дозволяє створювати ієрархічні діаграми. Як правило, будується модель деякого процесу, що складається з декількох рівнів. При необхідності, частина блоків може бути розроблена на мові Сі або Фортран самим користувачем. Потім система доповнюється віртуальним контролером і налаштовується до отримання бажаного відгуку системи. Додавання повзунків і кнопок спрощує виконання різних сценаріїв «А що, якщо?» для настройки контролера.

Техніка моделювання продуктивності систем в автономному режимі, з подальшою автоматичною генерацією коду з діаграми називається проектуванням, що базується на моделях (Model-Based Development). VisSim має англomовний інтерфейс.

Програмний комплекс "Моделювання в технічних пристроях" (ПК "МВТУ") – сучасне середовище інтелектуального САПР, призначена для детального дослідження і аналізу нестационарних процесів в системах автоматичного управління, в ядерних і теплових енергоустановках, в стежачих приводах і роботах, в будь-яких технічних системах, опис динаміки яких може бути реалізоване методами структурного моделювання. Є альтернативою програмним продуктам SIMULINK, VisSim, MATRIXx і ін. По функціональних можливостях ПК "МВТУ" порівнянна з VisSim і Simulink, має вбудований компілятор Pascal і розвинену довідкову систему.

Високі темпи розвитку апаратних засобів обчислювальної техніки в останнє десятиліття забезпечили реальну можливість створення ефективних програмних засобів САПР, включаючи як традиційних засобів САПР конструкторського напрямку (EUCLID, ACAD, КОМПАС і ін.), так і "інтелектуальних" САПР, призначених для автоматизації наукоємких розрахунків в обґрунтування основних показників проектованої установки, таких як безпека, надійність і ін.

До розряду "інтелектуальних" САПР відносяться програмно-інструментальні засоби автоматизації динамічних розрахунків (АДР). Найбільш важливою ознакою автоматизації є зручність "збірки" з різноманітних модулів, кожен з яких вирішує ту або іншу невелику задачу, деякої єдиної системи, вирішальної завдання більш високого рівня. У ідеалі повна програма розрахунку динаміки - це багатовимірна мережа, у вузли якої автоматично подаються потрібні програмні модулі з бібліотеки моделюючих програм. У ній передбачена можливість розширення, заміни і поліпшення загальної структури і окремих модулів.

Програмно-інструментальні засоби автоматизації динамічних розрахунків (АДР) складних технічних систем дозволяють: у десятки разів скоротити час від розробки математичної моделі об'єкту до отримання результатів моделювання; підвищити надійність результатів розрахунків; оптимізувати отримані рішення, використовуючи багатоваріантний аналіз, і тому подібне. Засоби АДР дають можливість проектувальникові зосередитися на рішенні основної задачі і не відволікатися на розробку програм і алгоритмів.

Найбільш загальним підходом до створення систем АДР, що охоплюють дуже широкий спектр областей застосування (від технічних до організаційних), слід рахувати розвиток методів структурного моделювання. До теперішнього часу за кордоном розроблений ряд програмно-інструментальних засобів для моделювання і аналізу на ЕОМ динамічних систем, в основі яких лежить метод структурного моделювання. Більшість з них є універсальними програмними комплексами (ПК) з бібліотеками типових модулів загальнотехнічного профілю (найбільш відомі з них - SIMULINK, VisSim, Matrixx, CTRL-C, Eysi-5).

В даний час з вітчизняних програмно-інструментальних засобів АДР найбільш розвиненим є програмний комплекс "Моделювання в технічних пристроях" (ПК "МВТУ"), створений в МГТУ ім. Н.Е. Баумана на кафедрі "Ядерні реактори і установки". ПК "МВТУ" по реалізованих в нім ряду нових методів аналізу, по інтерфейсу Користувача і, особливо, по чисельних алгоритмах інтеграції жорстких динамічних систем диференціальних рівнянь є альтернативою вищезгаданим зарубіжним програмним засобам АДР.

Ефективність використання ПК "МВТУ" показана як в учбовому процесі МГТУ ім. Н.Е. Баумана і ряду інших технічних університетів (при виконанні віртуальних лабораторних робіт, в курсовому і дипломному проектуванні), так і у ряді реальних проектних розробок Міністра РФ (розробка математичної моделі АСУ ТП енергоблоку АЕС "БУШЕР"; розрахункове обґрунтування ядерної безпеки ЯЕУ малої потужності для плавучої АЕС в перехідних режимах і в проектних аварійних ситуаціях).

Це введення дозволить інженерам, студентам або аспірантам оцінити потенційні можливості ПК "МВТУ" при вирішенні учбових, технічних і наукових завдань і ухвалити рішення про доцільність його використання в роботі.

Справжній розгляд комплексу "МВТУ" орієнтується на його застосування у вирішенні завдань теорії автоматичного управління (ТАУ), хоча область застосування ПК "МВТУ" може бути значно ширше. Поглиблене вивчення можливостей програми може бути проведене за допомогою ґрунтовних пояснюючих матеріалів і прикладів, що додаються до ПК "МВТУ".

Програмний комплекс "МВТУ" (моделювання всіляких технічних пристроїв, об'єктів і систем) розроблений в МГТУ ім. Н.Е.Баумана колективом авторів під керівництвом доцента О.С.

Козлова і призначений для моделювання і досліджень проєктованих і діючих систем і об'єктів. Комплекс дозволяє моделювати об'єкти широкого спектру складності: від простих елементів систем управління до систем управління ядерними реакторами, для чого власне він і створювався.

Переваги програмного комплексу "МВТУ":

- простота побудови моделей, управління їх роботою, проведення досліджень і отримання їх результатів;
- можливість за бажання обійтися при побудові моделей без запису програмної коди. В той же час, у разі потреби, комплекс дозволяє скористатися могутнім математичним апаратом;
- відносна висока швидкодія, що дозволяє моделювати багато систем в реальному і прискореному масштабах часу;
- можливість створення анімації, що дозволяє відтворювати зовнішній вигляд працюючих і досліджуваних об'єктів і вимірювальних приладів, що збільшує наочність моделі.
- відвертість за рахунок реалізації в ПК "МВТУ" декількох механізмів обміну даними із зовнішніми розрахунковими програмами, а також за рахунок вбудованого в ПК інтерпретатора математичних функцій;
- принцип вкладеності структур (глибина вкладеності необмежена), що особливо актуально при моделюванні складних динамічних систем;
- векторизація алгоритмів передачі і обробки даних за рахунок реалізації ліній зв'язку типу "шина" даних і векторизації входів/виходів всіх типових блоків;
- наявність якнайповнішої загально-технічної і ряду спеціалізованих бібліотек типових блоків;
- наявність бібліотеки «Контроль і управління», що дозволяє формувати в ПК "МВТУ" панелі (щити) приладів для відображення і оперативного управління модельованою системою в процесі розрахунку;
- 16 алгоритмів інтегрування, включаючи 10 нових ефективних алгоритмів (5 явних і 5 неявних) для жорстких систем диференціальних рівнянь;

Принцип моделювання в ПК "МВТУ" полягає в створенні і дослідженні віртуального аналога реальної системи – моделі. Модель функціонує відповідно до тих же рівнянь, що і модельована система. При моделюванні не обов'язково записувати ці рівняння в явному вигляді, про це поклопочеться програма. Модель складається користувачем в спеціальному вікні програми з'єднанням окремих віртуальних блоків, відповідних елементам реальної системи.

Віртуальні блоки умовно зовні представляються на робочому просторі вікна моделі прямокутниками, тобто вони видимі дослідникові, мають входи і (або) виходи і функціонують відповідно до певних рівнянь, алгоритм вирішення яких реалізується в цифровому вигляді. Під функціонуванням віртуального блоку розуміється те, що він реагує на віртуальні дії (функції часу), що подаються іншими блоками на його вхід, певною зміною величини вихідного сигналу.

Взаємодія між блоками умовно відображається на робочому просторі вікна моделі у вигляді сполучних ліній. Сполучні лінії в ПК "МВТУ", як і блоки, є однонаправленими, передають віртуальні дії тільки в одному напрямі. Іншими словами, подальші блоки і ланки не впливають на роботу попередніх. Для моделі електричного ланцюга, наприклад, це означає, що вихідний опір попереднього блоку значно менше вхідного опору подальшого блоку. Сигнали, що діють в моделі можна спостерігати і реєструвати віртуальними індикаторами. Для цього програма створює спеціальні вікна з тимчасовими, частотними графіками, фазовими портретами і ін.

Параметри і характеристики блоків, як і структуру схеми моделі, дослідник може змінювати. Програма надає можливість обчислювати різні характеристики побудованих моделей, зокрема амплітудно-частотні, аналізуючи які можна глибоко вивчити властивості моделі, а, отже, і модельованої реальної системи.

Модель ПК "МВТУ" може бути збережена у вигляді окремого файлу і, при необхідності, відкрита знову.

Як приклад з використанням ПК "МВТУ" була розроблена ММ упорного ГСП з внутрішнім щільним регулятором для чого розроблена програма – препроцесор, що стало основою методики автоматизації комп'ютерного моделювання гідромеханічних систем стиків.

1.Гордеев О.Ф., Захаров П.О. Гідравлічні опори шпинделів верстатів. – Вісник ЖІТІ "Технічні науки". Спеціальний випуск. – Житомир: ЖІТІ, 2001. – С. 108-113.

-
2. Дэбни Дж., Харман Т. Simulink 4. Секреты мастерства. Издательство: Бином. Лаборатория знаний, 2003 г. Твердый переплет, 404 стр. ISBN 5-94774-048-6, 0-13-1-017085-2. Тираж: 3000 экз. Формат: 70x100/16.
 3. Дьяконов В.П. Matlab 6.5 SP1/7 + Simulink 5/6. Основы применения. М.: СОЛОН-Пресс, 2005. - 800с.
 4. Поршнев С. Компьютерное моделирование физических процессов в пакете MATLAB. Горячая Линия - Телеком. 2003.
 5. Потемкин В. MATLAB 6: Среда проектирования инженерных приложений. Диалог-МИФИ. 2003.
 6. Черных И.В. Simulink: среда создания инженерных приложений. Диалог-МИФИ. 2003.
 7. Черных И.В. Моделирование электротехнических устройств в MATLAB, SimPowerSystems и Simulink. 1-е издание, 2007 год, 288 стр., формат 17x24 см, мягкая обложка, ISBN 978-5-388-00020-0.