

МОДЕЛЮВАННЯ АСИНХРОННОГО ЕЛЕКТРОПРИВОДУ

к.т.н. О.Ф. Даниленко

(подав д.т.н., проф. Є.Є. Александров)

Розглянуто розробку програмної моделі електроприводу змінного струму. Модель електроприводу створено за допомогою об'єктно-орієнтованого методу програмування. Його застосування дозволило створити ефективну, надійну в роботі і зручну для подальшого використання модель асинхронного електроприводу. Виконано на моделі дослідження пуску електроприводу.

Сучасна електронна обчислювальна техніка все ширше впроваджується до практики наукових досліджень. В галузі електромеханіки є ряд специфічних задач, які визнаються великою математичною складністю та громіздкістю алгоритму при розв'язанні. Але при використанні персональних комп'ютерів такі задачі можна успішно розв'язувати, без спрощуючих допущень, при використанні алгоритмів цифрового диференціювання.

Особливо цінна та обставина, що розрахунки роботи системи можна проводити на стадії проектування електричної машини або електроприводу в цілому, використовуючи тільки їхні розрахункові параметри.

Розрахунок робочих характеристик електроприводу на ЕОМ при наявності відлагодженої програми, вимагає значно менш часу та коштів, ніж випробування дослідних зразків електроприводу. Крім того, це дозволяє створювати електромеханічні прилади з оптимальними законами керування.

Для реалізації програмної моделі електроприводу обране інтегроване середовище розробки Borland C++ Builder version 4.0 на IBM-сумісних персональних комп'ютерах з операційними системами Win?-ws 98.

Вимоги і властивості програмного продукту можна реалізувати, використовуючи об'єктно-орієнтований метод розробки програмного забезпечення, який на даний момент є найбільш перспективним для моделювання електроприводу. Але шкода те, що Visual C++ і середовище розробки для Java вимагають досить могутніх комп'ютерів. Крім того, CBuilder дозволяє набагато простіше і швидше реалізувати інтерфейс програми для користувача. Виходячи з цього, середовищем розробки обрано Borland C++ Builder version 4.0.

Для проведення дослідження статичного і динамічного режимів ро-

боти системи з урахуванням їх взаємного впливу один на одного застосовано математичну модель електроприводу. Але запис рівнянь, що описують об'єкт в осях u , v з урахуванням несинусоїдальної форми напруги, призводить до надмірної громіздкості рівнянь й невиправданої складності математичної моделі. Тому для дослідження системи доцільно використовувати метод першої гармоніки, запропонований Булгаковим і розвинутий у працях Кривицького та Сандлера [2].

Аналіз моделей електроприводу показує, що для моделювання двигуна та механізму, з урахуванням особливостей джерела живлення найбільш проста модель отримується при записі рівнянь електродвигуна в двох осях α , β непорушних відносно статора, через потокозчеплення [1].

Витрати людської праці при рішенні на ЕОМ задачі Коші для звичайних диференціальних рівнянь порівняні з витратами на те, щоб просто переписати заново формулювання цієї задачі. При бажанні можна безпосередньо з оперативної пам'яті ЕОМ одержати за допомогою графобудівника відображення рішення на екрані дисплея у вигляді графічного зображення, що є результатом обчислення дії електроприводу. Таким чином, при наявності таких пакетів програм, здавалося б, відповідає приведене вище заперечення про складність використання описаного раніш методу обчислення диференціальних рівнянь.

Однак ці програмні пакети застосовуються досить рідко. У ряді випадків використання таких пакетів неможливо через велике завантаження пам'яті ЕОМ та високі вимоги щодо її швидкодії. Крім того, як правило, програми, створені за допомогою таких пакетів, при тій же точності результату вимагають істотно більших витрат машинного часу, ніж програми, засновані на більш спеціалізованих і спрощених методах розв'язання рівнянь типу Адамса, Ейлера або Рунге - Кутта, що більш підходять для даного типу задач.

У той же час, іноді описаний вище алгоритм може бути корисний. Наприклад, при розрахунках траєкторій руху потяга приходиться багаторазово інтегрувати системи диференціальних рівнянь, що описують тягові двигуни та механічну частину приводу цілком визначеного виду при різних початкових умовах і різних значеннях параметрів у правих частинах. Та обставина, що увесь час зважається одна й та ж система диференціальних рівнянь, дає наступні переваги: конкретні формули для правих частин системи мають багато спільного; одночасне обчислення всіх цих похідних вимагає малого числа арифметичних операцій і розглянутий метод іноді виявляється ефективніше інших методів чисельного інтегрування.

При виборі методу розв'язання поставленої задачі найбільш придатним є метод Рунге - Кутта. На це є ряд причин. По-перше, це те, що розроблена програма повинна швидко розраховувати задану систему. При цьому вона повинна працювати на ЕОМ середнього класу, які мають обмеження по ресурсах пам'яті та швидкодії. По-друге, не останню роль

в роботі програми грає точність отриманих вихідних результатів. До цього треба ще додати, що цей метод краще за інші реалізовується на ЕОМ. Розрахунок поведінки системи електроприводу виконано по двох-членній схемі Рунге - Кутта. Алгоритм схеми рішення системи рівнянь має наступні дії.

1. Задаються початкові умови t_0, x_0, y_0 .
2. Вибирається крок $h = \Delta t$.
3. Обчислюються коефіцієнти в циклі $i = \overline{0, n-1}$:

$$k1 = f(t_i, x_i, y_i); \quad q1 = q(t_i, x_i, y_i);$$

$$k2 = f(t_i + h, x_i + h*k1, y_i + h*q1);$$

$$q2 = q(t_i + h, x_i + h*k1, y_i + h*q1),$$

де n – загальна кількість кроків обчислення функції.

4. Обчислюються наступні значення:

$$x_{i+1} = x_i + h/2(k1 + k2);$$

$$y_{i+1} = y_i + h/2(q1 + q2).$$

5. Будується графічний об'єкт та наносяться осі координат. Виводяться на екран значення змінних x_i та y_i в необхідних точках вузлів при $t_0, t_1, t_2 \dots$.

Вхідними параметрами моделі є амплітудне значення напруги, початковий момент опору навантаження, електрична швидкість обертання ротора, момент інерції навантаження, число пар полюсів, повна індуктивність статора, повна індуктивність ротора, взаємна індуктивність статора та ротора, активний опір статора, активний опір ротора, коефіцієнт впливу швидкості на момент, крок для чисельного методу, час моделювання.

Ці дані доцільно задавати на початку розрахунку вручну, вводячи числові значення і встановлюючи прапорці відповідних параметрів перед запуском моделі. Тому очевидним є вибір організації вхідних даних у вигляді текстових рядків, що містять чисельні значення даних параметрів. В системі реалізовано ручне введення таких рядків з підтримкою стандартних текстових операцій у Windows. Це дозволить використовувати вже існуючі вхідні текстові рядки, копіюючи їх з будь-якого текстового редактора.

Моделювання електроприводу здійснено на комп'ютері типу Pentium, який має 48 Мб ОЗП і тактову частоту 166 МГц і частоту системної шини 75 МГц. Результати моделювання електроприводу, які наведені на рис.1, підтвердили працездатність і надійність програмної моделі.

Вихідними даними програми є реакція моделі на вхідні дані. Стан моделі описується її параметрами. Виходячи з цього, збереження стану моделі реалізовано у вигляді структурованого текстового файлу. Це дозволяє аналізувати стан моделі розробленої програми і змінювати цей стан прямо змінюючи значення властивостей моделі. Але це також мож-

ливо виконувати безпосередньо у самій програмі. Час обробки параметрів, насамперед, залежить від щільності вибору кроку обчислення.

У поданому прикладі розрахунки були виконані за 20 секунд. Для

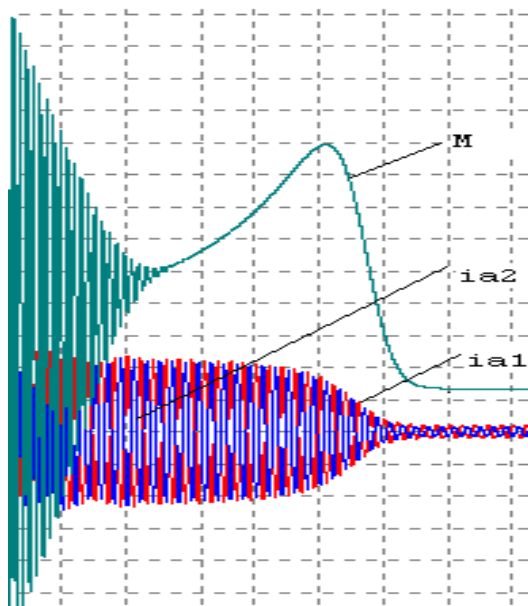


Рис. 1. Результати моделювання електроприводу

порівняння, математичний пакет MatCat 2000 робить цю процедуру на машині з подібними параметрами за дві хвилини. Розроблений програмний продукт має практичні можливості застосування. Незважаючи на те, що зараз існує дуже багато математичних пакетів, які здатні робити подібні розрахунки, але справа в тому, що вони вимагають великих витрат пам'яті для постановки системи та машинного часу для виконання розрахунків.

Програма виконана у вигляді окремого модуля і здатна зберігати рішення в заданій точці. В разі потреби можна продовжити рішення з цієї точки із збереженими даними. На відміну від інших великих універсальних пакетів, представлений програмний продукт можна використовувати на підприємствах, на яких є комп'ютери середнього класу з невисокими показниками по швидкодії, в вузьких спеціалізованих колах для швидкого отримання потрібних результатів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Бахвалов Н.С., Жидков Н.П., Кобельков Г.М. Численные методы. – М.: Наука, 1987. – 600 с.
2. Сандлер Д.И., Сорбатов М.В. Системы автоматического управления с асинхронными двигателями – М.: Энергоатомиздат, 1998. – 325 с.

Надійшла до редколегії 15.10.2001