

УДК 681.51  
Смолянкін О.О.  
Луцький національний технічний університет

## ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА І СИМУЛЯЦІЙНА ПЛАТФОРМА РЕАЛЬНОГО ЧАСУ ДЛЯ КОМУТОВАНОГО ГІСТЕРЕЗИСНОГО ДВИГУНА НА БАЗІ КОНТРОЛЕРУ DSPACE

*Розроблена платформа реального часу для управління комутованим гістерезисним двигуном на базі контролера dSPACE. Показано на прикладі складання моделі в програмному середовищі MATLAB/Simulink, а також використання програмного забезпечення від dSPACE ControlDesk.*

Ключові слова: *комутований гістерезисний двигун, dSPACE, DS1104, інтерфейс реального часу, MATLAB, Simulink.*

Як новий тип електричного двигуна, комутований гістерезисний двигун (КГД) є знахідкою широкого використання в промислових галузях відповідних до простих і міцних структур, мала інертність ротора, високо-потужним відношенням на одиницю сили, надійний і дешевий. КГД є обіцяючим приладом для заміни DC двигуна або індукційного двигуна. КГД може бути придатним для автоматичних застосувань, електричних засобів пересування і гібридних електричних засобів пересування, компресорів і т.д.

Операції КГД вимагають складної системи керування. Головне, що комп'ютери або мікропроцесори використовуються для системи керування для зменшення ціни на апаратуру і уникання потреби дизайну складних апаратурних контурів. В минулому, швидкість комп'ютерів і мікропроцесорів була низька, і не могла забезпечити високої частоти операцій середовища для машини. Виконання цифрових сигнальних процесорів (ЦСП) було значно вдосконалене і ціна значно менша. ЦСП звичайно використовувалися на ринку. Тому що маючи велику швидкість, вони могли працювати на високій частоті. Сьогодні контролери КГД часто базуються на ЦСП для проведення кращого виконання. Легко-вибіркова техніка є придатною для високо частотних операцій.

В даний час дослідження в КГД спрямовані на мінімізацію і усунення датчиків положення. Всі вони покладаються на порівняно складні алгоритми управління. Взагалі, коли з'являється нова ідея алгоритму, вона буде вперше змодельована і скоректована в MATLAB, а потім переведена або закодована в мікропроцесор для реалізації. Прогрес є незручний, і є можливість впливу спотворення. Тому пропонується моделювання в реальному часі з використанням експериментальної платформи DSpace-1104.

DS1104 R&D плата контролера є економічно ефективною системою для розробки контролерів. Він підключається до комп'ютера через шину PCI, всі розрахунки в реальному часі здійснюється в Simulink / Real-Time Workshop. Апарат реального часу на основі технології PowerPC встановлює інтерфейси вводу/виводу, роблячи контролери ідеальним рішенням для розробки систем контролю у робототехнічній, аерокосмічній та автомобільній областях. Програмне забезпечення для dSPACE ControlDesk, надає всі функції для управління, моніторингу та автоматизації експериментів і робить розробку контролерів більш ефективною.

DS1104 модернізує комп'ютер до потужної системи розробки для швидкого створення прототипів управління. Simulink забезпечує інтерфейс реального часу через блоки графічної конфігурації аналогово/дискретних та дискретно/аналогових приладів, цифрових ліній вводу/виводу, додаткових інтерфейсів енкодера і PWM. Плата може бути встановлена практично на будь-якому ПК з вільним слотом PCI.

Інтерфейс Реального Часу (ІРЧ) реалізує режим реального часу програмним забезпеченням для dSPACE системи, які поширюють режими реального часу на С-код автоматизації створенням програмного забезпечення Real-Time Workshop і легко інтегрує dSPACE системи реального часу ядра і вхідних/вихідних апаратних моделей, автоматичного створення, компіляцію, компоновання, завантаження і виконання в режимі реального часу С-коду з Simulink моделі. Більш того, ІРЧ створює файл змінних у відповідності до сигналів і параметрів, що дає доступ ControlDesk до цих змінних і редагування параметрів.

На рис.2 показана структура симуляції і експериментальної платформи в реальному часі для КГ двигуна. Лабораторна установка складається з dSPACE DS1104 цифрового сигнального

процесора(ЦСП), персонального комп'ютера з Pentium IV 2000-MHz з Windows XP, 8/6-ти полюсного двигуна, плати двигуна, датчиків крутячого моменту і осцилографа.

DS1104 плата встановлена в ПК. Контролююча програма написана на SIMULINK середовищі з використанням Інтерфейсу Реального Часу (ІРЧ) і виконується основним процесором Power PC 603 який працює на ЦСП DS1104 в реальному часі.

Плата перетворювача IGBT — це  $2(N+1)$  - варіантна схема управління з двома перетворювачами струму. Схема управління використовує один верхній перемикач між кожною парою фаз у 4-фазному приводі, що дає в загальній складності 6 компонентів(фаз) IGBT. Виводи IGBTs підключені до фази A&C і B&D відповідно. Перетворювач струму типу LN25-NP встановлений з коефіцієнтом конверсії  $K_N = 3/1000$ .

Логічний привід і формувач сигналу конвертує логічний рівень сигналу TTL з DS1104-виходу в потрібний для ШІМ сигнал з використанням оптопар. Вихідний сигнал буде зникати у разі перевантаження по струму. Сигнал положення і сигнал команди старт/стоп формуються на рівні TTL, як цифровий вхід DS1104.

Для живлення інших плат використовується живлення постійним струмом напругою 15В або 5В або -15В.

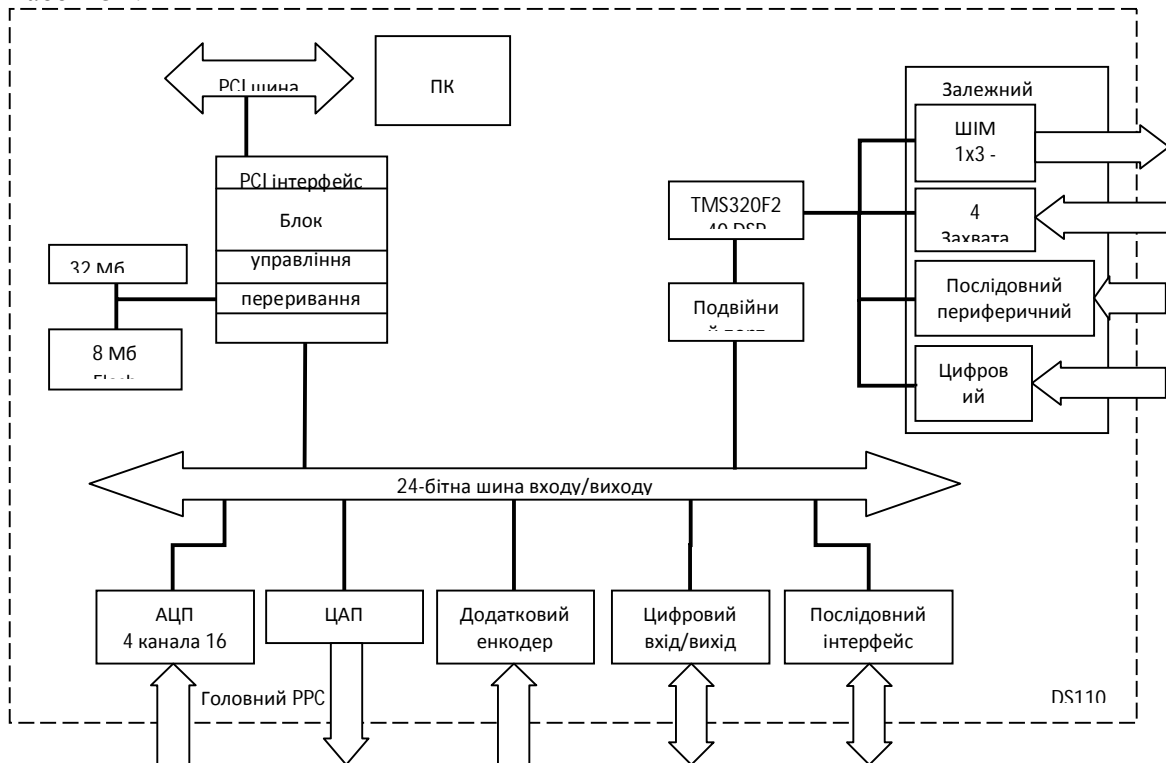


Рис.1 Блокова діаграма DS1104 R&D плати контролера

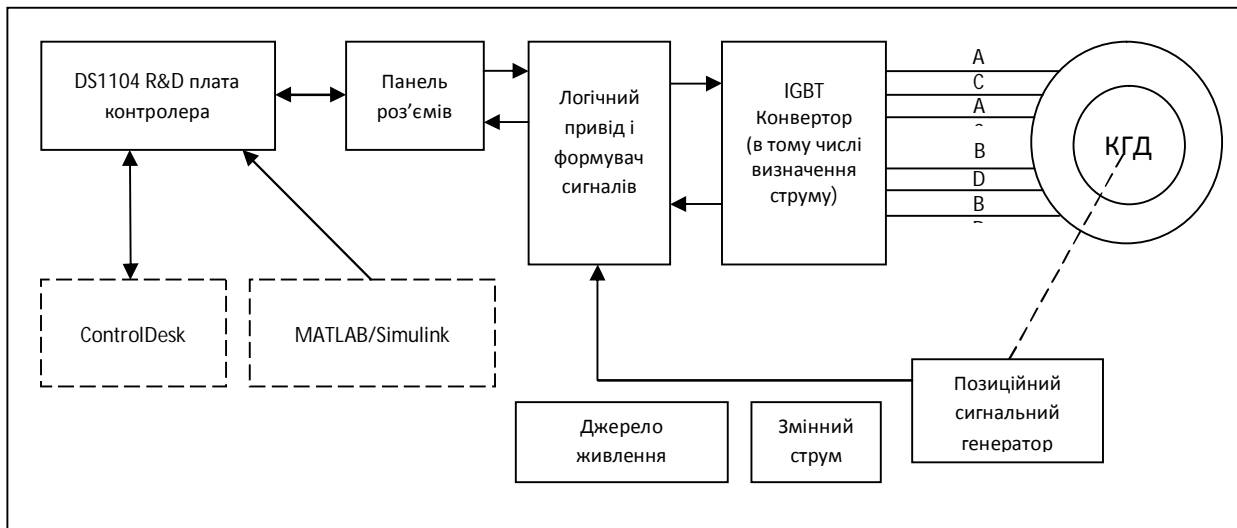


Рис.2 Структура симуляції і експериментальної платформи в реальному часі для КГ двигуна

Комутований гістерезисний двигун є одним з безщіткових і гістерезисних двигунів. Гістерезисний двигун — це електричний двигун, в якому крутний момент створюється зусиллям його рухомої частини, щоб перейти до позиції, де індуктивність збудженої обмотки буде максимальним. На рис. 3 видно 4 фази КГД з 8 полюсами статора і 6 полюсами ротора (8/6 КГД). Коли фази двигуна знаходяться під напругою в послідовності А, В, С, D..., ротор обертається в напрямі проти годинникової стрілки, який ми визначаємо як позитивний напрям. Термінали OULTON 8/6 КГД, які використовуються в нашій платформі представлені на рис.3. Згідно з раніше встановленим позитивним напрямком, термінали 1,2,3 та 4 перевірені і встановлені на зв'язок з кінцями фаз А, D, С і В відповідно, і термінали 5 і 6 мають зв'язок з загальними кінцями фаз А і С, і фаз В і D відповідно. Термінали з 7 по 12 відповідають за живлення(7 і 12), і датчики положення(8-11).

Щоб показати, як ця платформа працює, візьмемо розімкнуту схему управління ШІМ(рис. 4) як приклад, у якому робочий цикл D, може регулюватися кутом включення  $\theta_{on}$  і кутом існування  $\theta_D$  відповідно. Більш складні системи можуть бути побудовані на основі цієї моделі без необхідності будь-якого додаткового обладнання.

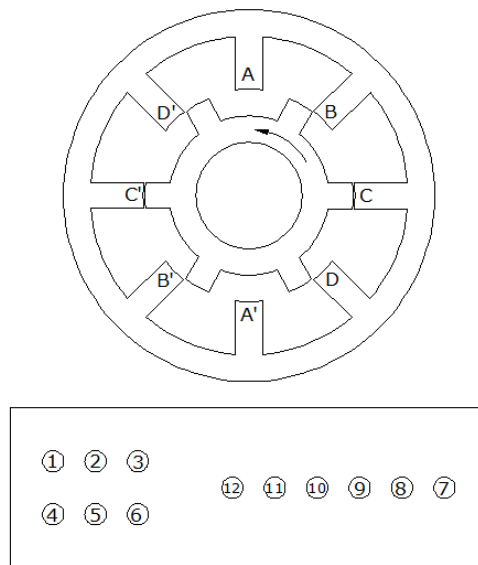


Рис.3 OULTON 8/6 КГД і термінал визначення

Дві фази керуються одночасно для запуску двигуна. При позитивному запуску термінали 10 і 11 визначають фази, які мають бути під напругою, як показано в таблиці 1. При негативному запуску, термінали 8 і 9 визначають фази, які мають бути під напругою, як показано у таблиці 2.

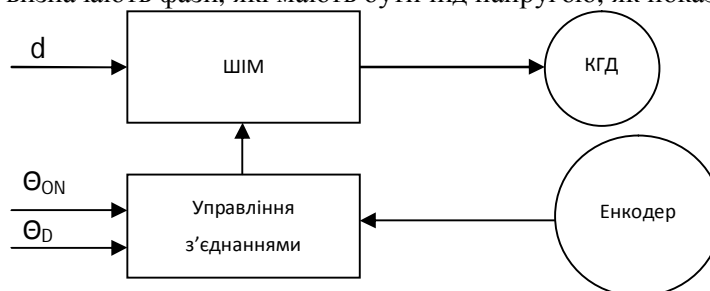


Рис.4 КГ двигун розімкнутої системи управління

Таблиця 1

Позитивний запуск

10	11	A	B	C	D
0	0	1	1	0	0
0	1	1	0	0	1

1	0	0	1	1	0
1	1	0	0	1	1

Таблиця 2

Негативний запуск

8	9	A	B	C	D
0	0	0	1	1	0
0	1	1	1	0	0
1	0	0	0	1	1
1	1	1	0	0	1

На рис.5 показано моделювання блоків для позитивного обертання в режимі реального часу.

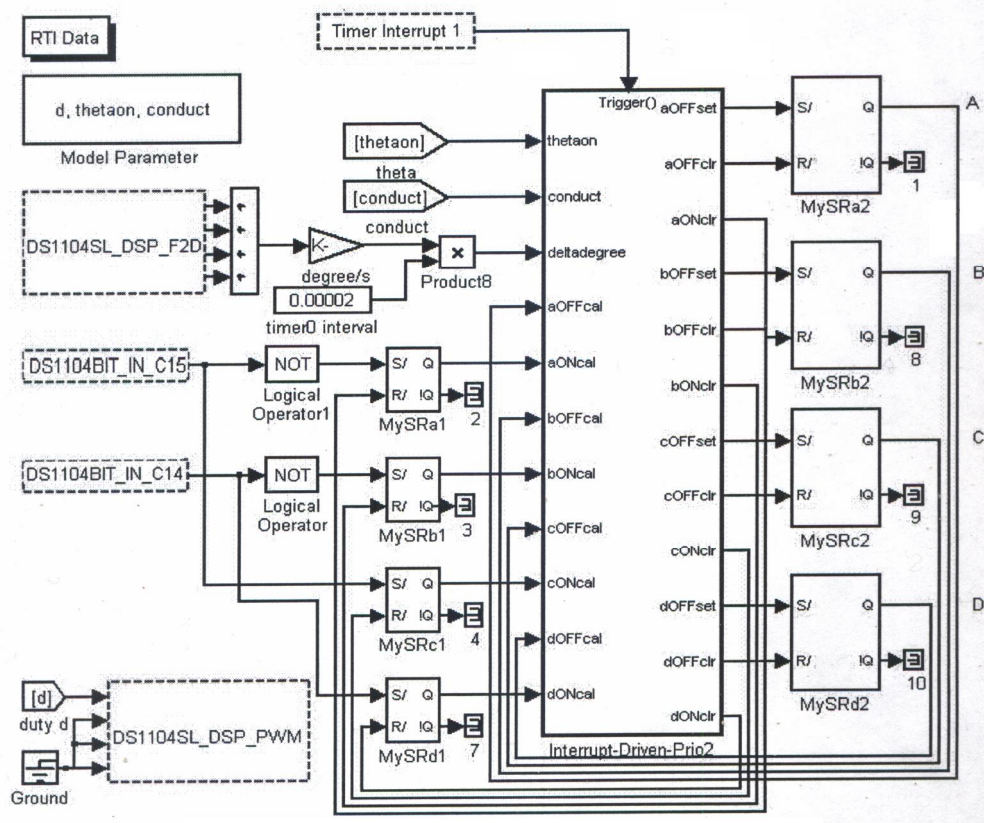


Рис.5 Симуляційні блоки в режимі реального часу для позитивного обертання

DSPACE забезпечує залежне DSP вимірювання прямокутного сигналу, який пов'язаний з блоком ІПЧ DS1104SL\_DSP\_F2D для вимірювання частоти квадратних сигналів від 4 незалежних каналів. Чотири сигнали позицій пов'язані з SCAP1 ~ SCAP4, а їх середня частота з DS1104SL\_DSP\_F2D блоком, що призводить до швидкості 60 градусів/с.

Залежний DSP забезпечує чотири вихідні канали для 1-фазного ШІМ-сигналу, і використовує блок DS1104SL\_DSP\_PWM для генерації стандартних сигналів з ШІМ. Simulink входу 0~1 відповідає робочий цикл 0~100%.

DSPACE також надає блок переривання таймера, який дозволяє використовувати таймери як джерела переривань в моделі Simulink.

Платформа може бути використана в області датчиків контролю КГД. Дискретні датчики положення збільшують проблеми надійності і вартості КГД. Для реалізації датчиків контролю, повинні використовуватись нелінійні моделі, а також нечітка логіка і штучний інтелект.

1. T.J.E Miller, Switched Reluctance Motors and their Control, Magna Physics publishing and Clarendon Oxford 1993

2. dSPACE, DS1104 R&D Controller Board Installation and Configuration Guide, 2003.
3. dSPACE, Real-time interface (RTI and RTI-MP) implementation guide (For Release 3.5), 2003.
4. Li Yaping, Yu Shuhong, Zhong Qingchang, Simulink Simulation of Digital Logic Circuit, Measurement & Control Technology, 1999, 18(2):28-50.