Рішення Geehy APM32F035 для регулювання частоти без використання електролітичних конденсаторів

Андрій Мартинов, НВП ЄВРОКОМ КОМПОНЕНТС
E-mail: info@eurocom-c.com

Відкрийте для себе інноваційне рішення для керування двигунами від Geehy, яке створює нові можливості для розробки енергоефективних побутових приладів. Мікроконтролер APM32F035 у поєднанні з драйвером GHD1620T реалізує технологію регулювання частоти без використання електролітичних конденсаторів.
Стаття детально розкриває архітектуру рішення, його переваги та демонструє реальні результати випробувань, що підтверджують високу ефективність та стабільність роботи.

З зростанням попиту на енергоефективність, збільшення терміну експлуатації та оптимізацією витрат у сфері інтелектуальної побутової техніки, технологія регулювання частоти без використання електролітичних конденсаторів привертає все більшу увагу увагу. Як економічно обгрунтоване та ефективне рішення для керування PMSM (*Permanent Magnet Synchronous Motor*), цей підхід дозволяє замінити традиційні електролітичні конденсатори плівковими, що значно знижує вартість та подовжує термін служби. Він також забезпечує «синусоїдальний» струм при живленні від однофазної мережі без складних активних схем корекції коефіцієнта потужності PFC (*Power Factor Correction*), спрощуючи конструкцію та підвищуючи надійність.

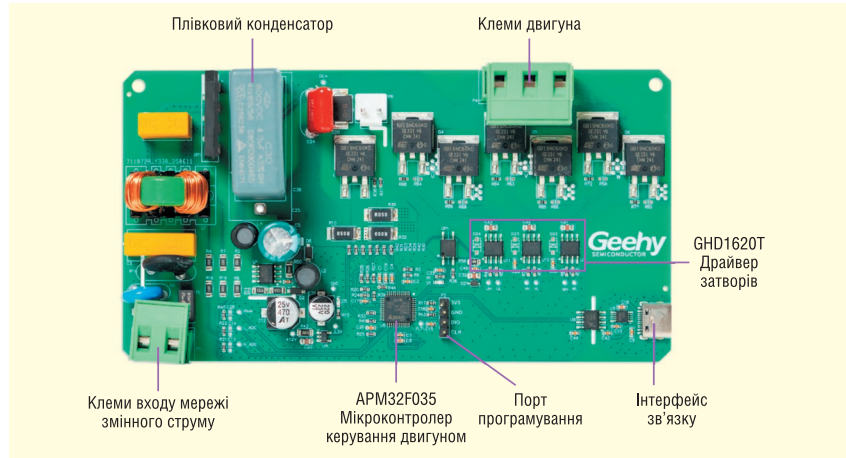


Рис. 1. Плата регулювання частоти обертів двигуна без електролітичних конденсаторів

Щоб задовольнити вимогам щодо малого коефіцієнта гармонік, високого коефіцієнта потужності та економічної ефективності, компанія Geehy представила своє рішення для регулювання частоти без використання електролітичних конденсаторів. Це рішення поєднує мікроконтролер керування двигуном APM32F035 з трьома драйверами двигуна GHD1620T, що працюють у поєднанні з плівковими конденсаторами та схемою на ключах IGBT. Без зовнішньої схеми PFC воно формує гармонічний струм і покращує коефіцієнт потужності за допомогою плати, забезпечуючи ефективне та практичне рішення для керування інвертором (рис. 1).

Це рішення забезпечує низький рівень шуму, зменшення коефіцієнта гармонік, високу надійність і стабільну швидкість обертання двигуна. Воно знижує витрати, подовжує термін служби та підвищує надійність системи.

Після випрямлення для фільтрації змінного струму застосовуються плівкові конденсатори. Мікроконтролер APM32F035 виконує функцію головного контролера, яки й визначає напругу змінного струму та фазний струм двигуна для векторного регулювання. За допомогою TIM1 генеруються три набори комплементарних імпульсних сигналів, які надсилаються до драйверів GHD1620T, що керують IGBT ключами для формування напруги керування PMSM (рис. 2).

Переваги рішення для регулювання частоти обертів без використання електролітичних конденсаторів:

- Однокристальне керування: мікроконтролер APM32F035 (72 МГц, зі

співпроцесором M0CP, високошвидкісним АЦП та операційними підсилювачами) обробляє вибірку напруги змінного струму та FOC (*Field-Oriented Control*) на одному ядрі.

- Надійна робота приводу: точність швидкості двигуна та навантажувальна здатність відповідають традиційним приводам на основі конденсаторів, забезпечуючи стабільну роботу.
- Удосконалений алгоритм: запатентований алгоритм відстеження напруги адаптується до динамічних змін навантаження, зменшує гармоніки та усуває необхідність у схемі PFC.
- Висока економічна ефективність: плівкові конденсатори зменшують вартість системи на 15–20%, зменшують розмір плати на 30% та подовжують термін експлуатації виробу.
- Висока потужність приводу: плівковий конденсатор 4 мкФ підтримує потужність інвертора до 400 Вт.

В таблиці 1 наведені основні технічні характеристики системи регулювання частоти без використання електролітичних конденсаторів.

В таблиці 2 показані дані щодо регулювання швидкості без електролітичних конденсаторів.

На рисунку 3 представлена осцилограма сигналів керування без електролітичного конденсатора.

Особливості мікроконтролера керування двигуном APM32F035 (рис. 4):

- Ефективна продуктивність: Cortex-M0+ із співпроцесором M0CP зменшує навантаження на ЦП і підтримує безсенсорний FOC.
- Високошвидкісний АЦП: частота дискретизації до 1 МГц із сегментованою роботою для точного розділення напруги та струму.
- Точний таймер: TIM1 виводить чотири комплементарні групи PWM з вбудованим мертвим часом і ADC-з'єднанням для точного керування двигуном.
- Широкосмугові операційні підсилювачі: чотири вбудовані операційні підсилювачі з настроюваним коефіцієнтом підсилення або попередньо встановленими опціями, швидкістю наростання 10 В/мкс і коефіцієнтом підсилення-смуги пропускання (*Gain-Bandwidth Product, GBWP*) 10 МГц для швидкого відгуку.

Особливості спеціального драйвера затвора двигуна (рис. 5):

- 600-В подвійний N-канальний драйвер для однофазних двигунів.
- Широкий діапазон напруги: 10–20 В; сумісний з логікою 3.3 В/5 В.

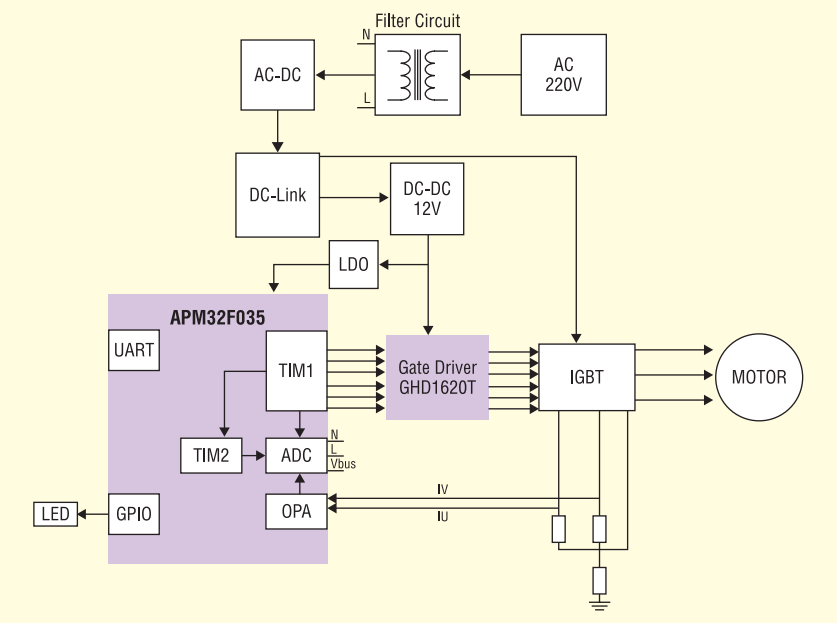


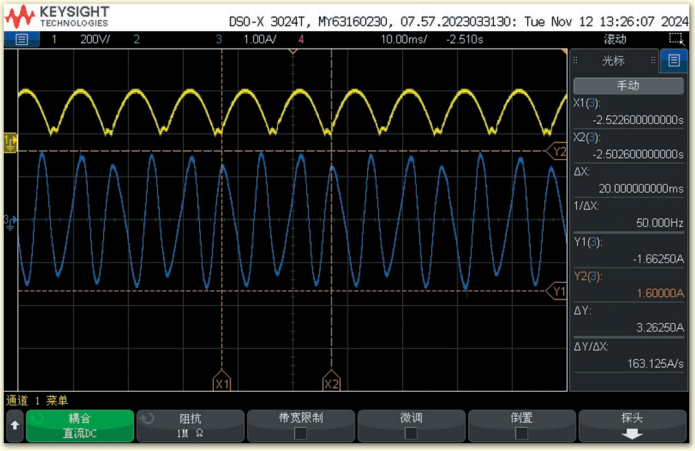
Рис. 2. Блок-схема регулятора частоти без електролітичних конденсаторів

Таблиця 1. Ключові показники ефективності

Параметр	Характеристика
Діапазон вхідної напруги змінного струму	165–275 В
Частота дискретизації струму	16 кГц
Коефіцієнт корисної дії	91–97% (залежно від рівня потужності)
Швидкість обертання двигуна	1200–4500 об/хв
Точність підтримання швидкості	±5%
Пусковий режим	Запускається при тиску 0.1/0.45 МПа при змінному струмі 176 В
Номінальна потужність	300 Вт

Таблиця 2. Дані щодо регулювання швидкості без електролітичних конденсаторів

Швидкість (об/хв)	Стабільність швидкості (Стабільність швидкості = Макс. – Мін. швидкість)
1500	2
2000	3
2500	4
3000	8
3500	8
4000	12
4500	12



176 В змінного струму при 4500 об/хв: жовтий = напруга шини, синій = струм двигуна

Рис. 3. Осцилограма сигналів керування без електролітичного конденсатора

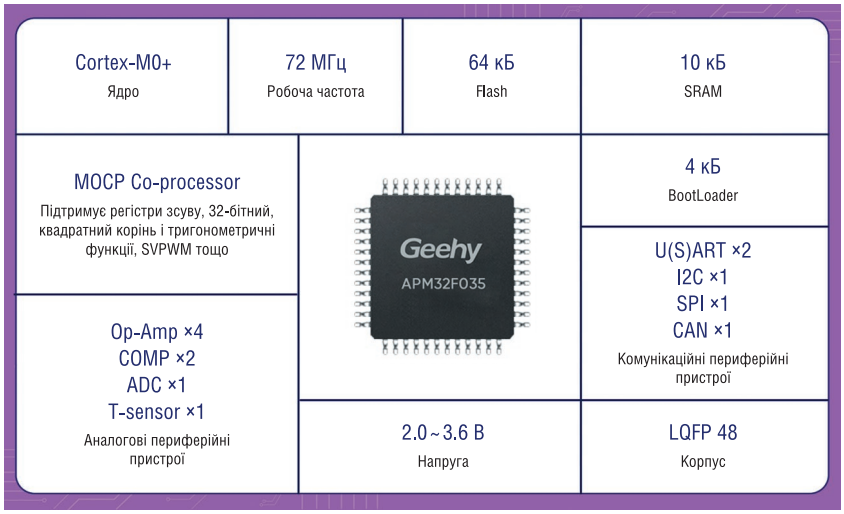


Рис. 4. Особливості мікроконтролера керування двигуном APM32F035

Рис. 5. Спеціальний драйвер затвора двигуна GHD1620T

- Плаваюча напруга зміщення: +600 В; підтримує BLDC та щіткові двигуни постійного струму.
- Вбудований захисний інтервал 500 нс, захист від недонапруги/перегріву та запобігання наскрізному струму.
- Вбудований бутстрап-діод для стабільного перемикання високої сторони.
- Вбудований датчик температури для компенсації та адаптивного контролю ефективності двигуна.

Компанія Geehy пропонує повний набір рішень для керування двигунами, що включає MCU + драйвер + IPM, які працюють за власними алгоритмами, платформами розробки та спеціальною системою команд для керування двигунами. Маючи досвід у різних сферах застосування: вбудованому програмному забезпеченні, пристроях та апаратному забезпеченні, Geehy пропонує замкнену екосистему, яка допомагає клієнтам не тільки підвищити ефективність двигунів, а й прискорити розробку.

Примітка перекладача: *Одним з методів регулювання частоти обертів двигунів є зміна частоти напруги збудження (так зване частотне регулювання). Відомо, що оберти прямо пропорційні частоті напруги збудження — чим вона більше, тим вищі оберти, і навпаки. З іншого боку, зниження частоти вимагає одночасного зменшення величини напруги збудження. В найпростішому випадку у всьому діапазоні регулювання повинно зберігатися співвідношення між частотою напруги збудження та напругою збудження. Тут забезпечується векторний алгоритм керування обертами двигуна.*

Додаткову інформацію щодо продукції компанії Geehy можна отримати у офіційного дистриб'ютора в Україні — компанії ТОВ «НВП ЄВРОКОМ КОМПОНЕНТС»:
тел./факс: (044) 33-44-575,
e-mail: info@eurocom-c.com,
www.eurocom-c.com CN

ЕКОНОМІЧНА СЕРІЯ МІКРОКОНТРОЛЕРІВ APM32F403

Орієнтуючись на середній та високий сегменти промислового ринку, компанія ***Geehy*** *випустила економічну серію мікроконтролерів APM32F403. Серія, розроблена з метою досягнення балансу між продуктивністю, вартістю та енергоефективністю, отримала сертифікат функціональної безпеки IEC 60730/60335 і надає бібліотеку безпеки, що відповідає класу B, що дозволяє клієнтам прискорити розробку безпечних і надійних продуктів.*

Серія APM32F403 забезпечує високу продуктивність обробки в режимі реального часу, широкі можливості інтеграції, низьке енергоспоживання та економічну ефективність на одній платформі. Завдяки високій масштабованості та портативності вона ідеально підходить для зарядних станцій, BMS, кодерів, сканерів штрих-кодів, ігрових периферійних пристроїв, систем HVAC, інтелектуальних приладів, принтерів чеків, медичних інструментів та систем безпеки.

APM32F403, що працює на базі ядра Arm Cortex-M4F з тактовою частотою до 120 МГц, інтегрує FPU з одинарною точністю і два блоки DMA з 12 потоками даних для підвищення обчислювальної продуктивності. Він має 128 КБ флеш-пам'яті та 32 КБ SRAM і доступний у 4-х варіантах корпусу: QFN36, QFN48, LQFP48 та LQFP64.

APM32F403 інтегрує широкий спектр периферійних пристроїв для підвищення гнучкості проєктування системи. Він має подвійні інтерфейси CAN, що підтримують протоколи 2.0A і 2.0B (активні) зі швидкістю до 1 Мбіт/с, високошвидкісний контролер USB_OTG з PHY, один інтерфейс I²C, чотири інтерфейси U(S)ART (з DMA) і два інтерфейси SPI (до 18 Мбіт/с). Він також має датчик температури та два 12-бітні АЦП із частотою дискретизації до 1 МГц для точного збору даних у реальному часі.

APM32F403 працює в широкому діапазоні напруги від 2.0 до 3.6 В і температурному діапазоні від −40 до +105 °C, відповідаючи промисловим стандартам надійності. Він забезпечує високу стійкість до електромагнітних завад, а також захист від електростатичного розряду з номіналом ±5000 В (HBM) і ±1000 В (CDM), гарантуючи надійну роботу в суворих умовах.

www.geehy.com