

УНІВЕРСАЛІЗАЦІЯ СИСТЕМ КЕРУВАННЯ ДВИГУНАМИ ПОСТІЙНОГО СТРУМУ

Лихогуб В.О., бакалавр, Реуцький М.О., к.т.н., доцент
КПІ ім. Ігоря Сікорського, кафедра електромеханіки

Вступ. Стрімкий розвиток електрифікованих механічних пристроїв, який ми можемо спостерігати сьогодні, вимагає систем, на базі яких можна максимально швидко виготовляти та тестувати розробки. Однією з задач, що часто зустрічається при роботі над такими проектами, є керування двигунами постійного струму. Створення універсальної системи керування для даного типу двигунів з зручним та зрозумілим інтерфейсом дозволило б абстрагуватись від питань електромеханіки та електроприводу та розробляти пристрій спираючись на принцип модульності.

Мета роботи. Створення універсальної системи керування двигунами постійного струму у відповідності до сучасних вимог надійності та швидкості.

Матеріали та результати досліджень. Керування двигуном постійного струму, в залежності від задачі, потребує різних підходів, проте є принципи, які зустрічаються найчастіше:

- Керування швидкістю
- Керування положенням
- Керування струмом (моментом)

Виміри. Для забезпечення точного керування положенням та швидкістю двигуна необхідна система вимірювання положення або швидкості, що б відповідала наступним вимогам:

- Завадостійкість
- Механічна надійність
- Відсутність похибки, що накопичується
- Дешевизна
- Зручний інтерфейс для роботи

Одним з варіантів таких систем є безконтактні (оптичні або магнітні) енкодери. Система з 2 енкодерів, що видають сигнали з фазовим зсувом один відносно одного дає змогу визначити відносне положення механізму, напрям та швидкість руху з високою точністю. Цифровий сигнал на виході забезпечує завадостійкість та зручний інтерфейс для роботи з мікроконтролером. Відсутність механічного контакту забезпечує механічну надійність та простоту виготовлення.

Система з 2 енкодерів знайшла широке застосування у техніці, тому виробники мікроконтролерів часто передбачують периферію для роботи такими системами. Для прикладу, розглянемо реалізацію, що представлена у мікроконтролері STM32F1 на базі таймерів з розширеним керуванням (advanced-control timers).

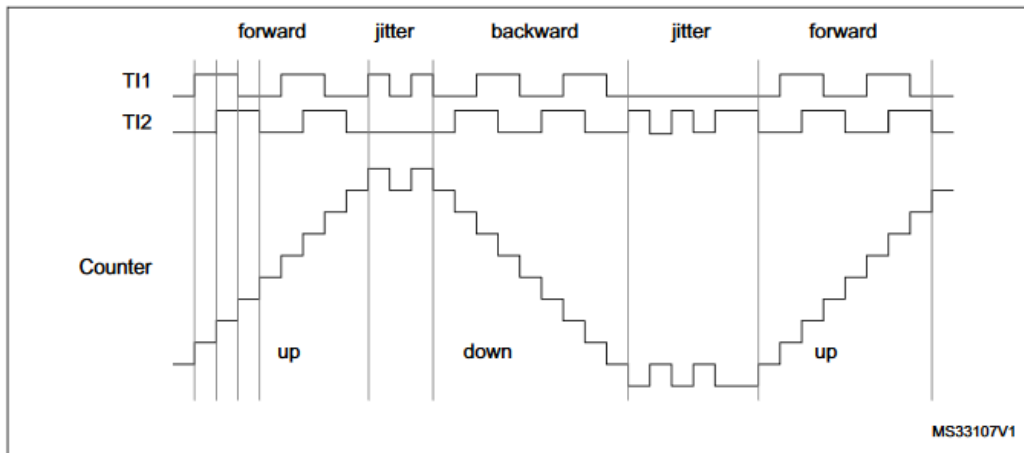


Рисунок 1 – Приклад роботи лічильника в режимі інтерфейсу енкодера[1]

Аналізуючи сигнали на входах таймеру система визначає напрям руху та відповідно змінює значення лічильника. Такий підхід до вимірювання положення не потребує використання ресурсів мікропроцесору, що дозволяє проектувати систему керування, продуктивність якої не залежить від швидкості обертання двигуна.

Для системи зворотного зв'язку за струмом вимоги щодо точності можуть бути значно нижчими, так як у даному випадку інтегрування величини не відбувається, що означає відсутність накопичення похибки, проте з'являється необхідність гальванічної розв'язки між колом, струм якого вимірюється, та інформаційним колом датчику. Це викликано особливістю мостової схеми керування двигунами постійного струму: потенціал у колі якоря двигуна залежить від напрямку включення.

Можливим рішенням є амперметри на основі датчиків Хола, які забезпечують гальванічну розв'язку, можливість вимірювання струму в обох напрямках при позитивному вихідному сигналі та високу швидкодію. Серед недоліків варто наголосити на складності реалізації для вимірювання невеликих струмів та необхідності фільтрування вихідного сигналу.

Регулятор. Для досягнення бажаної величини на виході системи необхідно реалізувати систему автоматичного керування. Найбільш універсальним та поширеним варіантом на сьогодні є пропорційно-інтегрально-диференційні (ПІД) регулятор. Даний підхід задовольняє більшість задач, які постають при розробці пристроїв, тому є прийнятним варіантом для нашої задачі.

Варто зазначити, що для оптимальної реалізації ПІД регулятора на мікроконтролерах низько бюджетного сегменту, що, як правило, не мають системи FPU, необхідно використовувати виключно цілочисельні операції.

Зв'язок. Так як до системи висуваються високі вимоги до надійності, вибір системи зв'язку надзвичайно важливий. У сучасних пристроях, у яких комунікація між вузлами повинна бути надійною (автомобільна промисловість, авіація і т.д.) стандартом зв'язку є система Controller Area Network (CAN). Перевагами цієї системи є завадостійкість, перевірка прийнятих даних,

можливість під'єднання великої кількості пристроїв до однієї мережі та можливість абітрувати повідомлення відповідно до пріоритетів.

Інформація про стан системи. Для повного та зручного інтегрування системи приводу у загальну систему, керуюча система повинна мати змогу запросити необхідну інформацію про стан системи приводу. Така можливість дозволяє проводити дистанційне налаштування системи приводу, робити діагностику та узгоджувати роботу окремих систем.

Дистанційне налаштування параметрів. Так як коефіцієнти ПІД регуляторів повинні бути налаштовані вже в готовій системі, необхідно мати можливість задавати їх, використовуючи основний протокол зв'язку (CAN). Це дасть можливість проєктувати пристрої без необхідності передбачувати фізичний доступ по мікроконтролера після збірки системи.

Збереження налаштувань у енергонезалежну пам'ять. Так як налаштування системи відбувається через основний протокол зв'язку, а не під час програмування мікроконтролера, необхідно забезпечити можливість збереження налаштувань у енергонезалежну пам'ять. Серед можливих варіантів може бути пам'ять типу EEPROM або FLASH. Для даного проєкту доцільно зупинитись на FLASH пам'яті, так як вона є дешевшою та завжди представлена у мікроконтролерах для збереження машинного коду. Так як використовуючи даний тип пам'яті неможливо перезаписувати інформацію без очистки всього сектору, а також через обмежену кількість циклів очистки-перезапису, доцільно реалізувати алгоритм поступового заповнення сектору та автоматичного визначення останнього записаного блоку пам'ять після перезапуску.

Стенд. Для розробки та перевірки описаної системи було створено стенд, основні елементи якого зображені на рис. 2. Принципова схема системи керування зображена на рис.3. Для системи було розроблено програмне забезпечення у відповідності до поставлених вимог [2]. Архітектура системного забезпечення проєкту зображена на рис. 4.

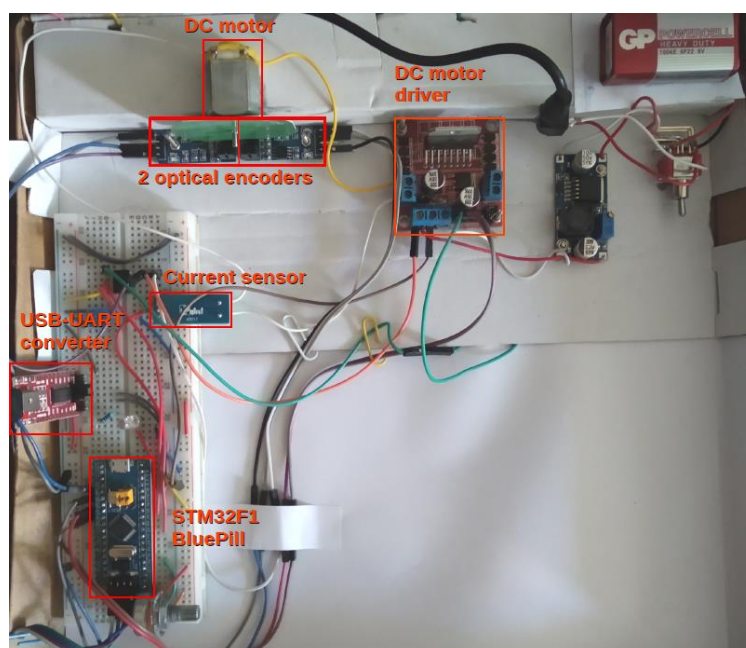


Рисунок 2 – Основні елементи стенду

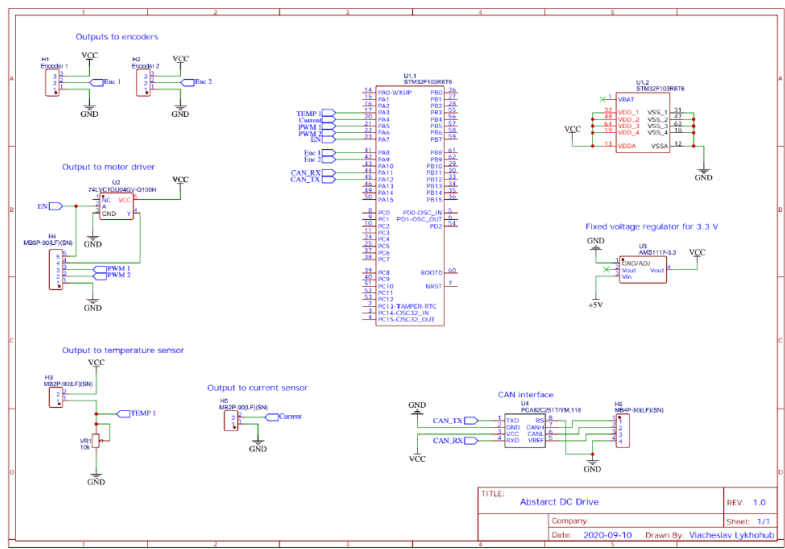


Рисунок 3 – Принципова схема системи керування

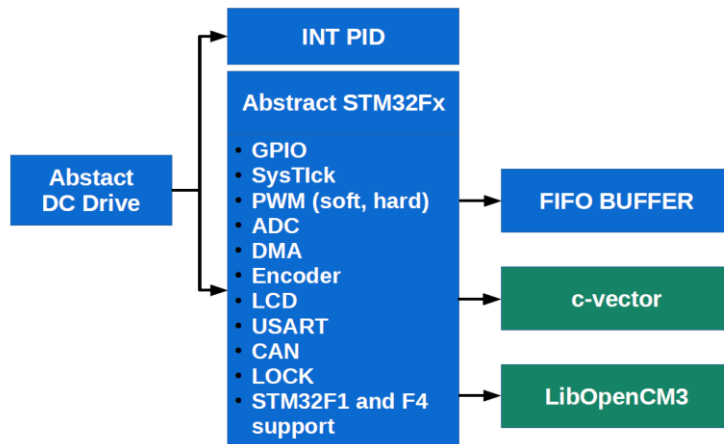


Рисунок 4 – Архітектура програмного забезпечення проєкту. Елементи позначені синім кольором розроблені для проєкту, елементи позначені зеленим - програмне забезпечення інших розробників

На рис. 5-8 зображені графіки, що були зняті при фінальних випробуваннях системи. Демонстрація роботи системи представлена у відео-огляді [3].

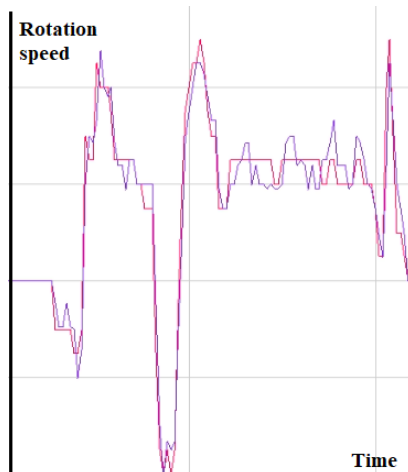


Рисунок 5 – Робота системи у режимі регулювання швидкості обертання. Червоний графік – вхідний сигнал, синій графік – сигнал зворотнього зв'язку

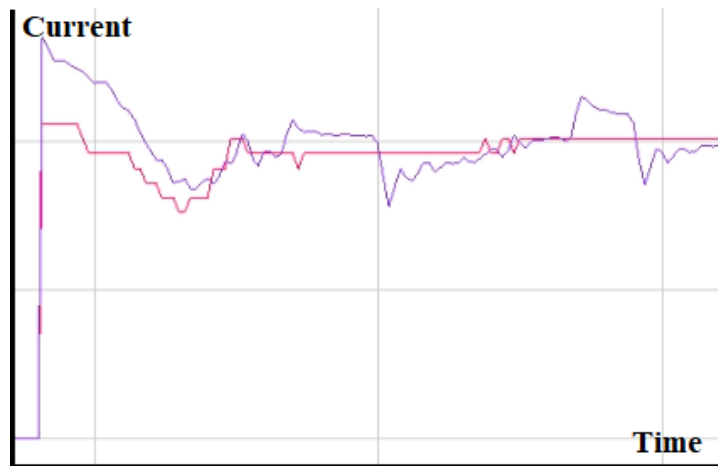


Рисунок 6 – Робота системи у режимі регулювання струму.
Червоний графік – вхідний сигнал, синій графік – сигнал зворотнього зв'язку

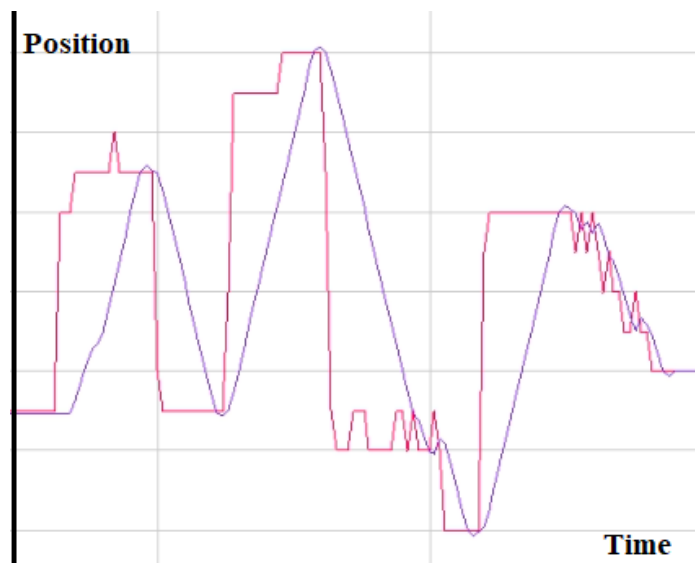


Рисунок 7 – Робота системи у режимі регулювання положення.
Червоний графік – вхідний сигнал, синій графік – сигнал зворотнього зв'язку

Висновки. Уніфікація систем приводу є актуальним питанням та потребує, в першу чергу, створення чітких вимог у відповідності до стандартів сучасних розробок. Описана система керування двигуном постійного струму відповідає усім поставленим вимогам, а продумана архітектура програмного забезпечення дозволяє модифікувати його та підлаштовувати під нові вимоги.

Перелік посилань

1. STMicroelectronics, “Reference manual RM0008 Rev 20”, December 2018.
2. Viacheslav Lykhohub Abstract DC Drive, [Електронний ресурс]
URL:<https://github.com/SlavaLikhohub/Abstract-DC-Drive> (дата доступу 17.11.2020).
3. Viacheslav Lykhohub Abstract DC Drive Preview
URL:<https://www.youtube.com/watch?v=tyCCANgLpCM> (дата доступу 17.11.2020).