

АЛГОРИТМ БЕЗДАВАЧЕВОГО МІКРОКОНТРОЛЕРНОГО КЕРУВАННЯ БЕЗКОНТАКТНИМИ ДВИГУНАМИ ПОСТІЙНОГО СТРУМУ

Постановка проблеми. Одним зі сучасних напрямків розробки електромеханічних систем є створення систем керування безконтактними двигунами постійного струму (БДПС), які через свої невеликі габарити при високій ефективності отримали доволі широке використання. Така їхня перевага, як відсутність щіткового контакту, викликає необхідність використання системи керування напругою на статорних обмотках залежно від положення ротора з постійними магнітами. Використання окремого давача положення ротора є не завжди раціональним, зокрема, в БДПС невеликої потужності з обмеженим діапазоном регулювання швидкості. Таким чином виникає задача побудови простої компактною системи бездавачевого керування БДПС.

Аналіз останніх досліджень. Розповсюдженим принципом бездавачевого керування БДПС є вимірювання ЕРС на неактивній обмотці статора, що дає змогу відносно простими способами реалізувати принцип бездавачевого визначення поточного положення ротора. На жаль, спеціалізовані мікроконтролери для керування БДПС [1] більшістю фірм-виробників уже не випускаються, а натомість ними пропонується перехід до універсальних програмованих мікроконтролерів [2, 3]. Свої варіанти бездавачевого керування БДПС пропонують як зацікавлені в розширенні області застосувань своєї продукції фірми-розробники мікроконтролерів [4, 5], так і сторонні розробники систем керування для БДПС [6, 7]. У той же час прості та ефективні алгоритми керування є ноу-хау виробників систем керування, через що залишається актуальною проблема створення ефективного і водночас простого алгоритму керування БДПС.

Задачею досліджень є розробка простого алгоритму бездавачевого керування БДПС для реалізації на доступних промислових мікроконтролерах.

Виклад основного матеріалу. Розв'язати задачу розробки простого і водночас ефективного алгоритму мікроконтролерного керування БДПС можна з врахуванням особливостей архітектури власне промислових мікроконтролерів, зокрема, фірми Microchip з їхньою середньою серією PIC16. Перевагою таких контролерів є наявність декількох каналів вбудованих таймерів, вбудованих аналогово-цифрових перетворювачів (АЦП), аналогових компараторів напруги, що дає змогу мінімізувати необхідне для побудови системи керування обладнання.

Використання сигналу зворотної ЕРС неактивної статорної обмотки БДПС передбачає наявність компаратора для визначення моменту переходу наведеної в обмотці ЕРС через нуль [2-5] для визначення моменту наступної комутації. Алгоритм керування ускладнюють три речі:

- 1) спрацювання компаратора зворотної ЕРС відбувається посередині 60-градусного інтервалу комутації (див. рис. 1), що вимагає належного перерахунку моменту наступної комутації – увімкнення статорної обмотки відповідної фази повинно відбуватися через 30 ел. град. після появи сигналу з компаратора, підімкненого до цієї фази;
- 2) нестабільна робота системи керування на малих швидкостях, що пов'язано зі зниженням рівня наведеної на обмотках статора зворотної ЕРС і зростання впливу сторонніх завод і шумів, які викликають хибне спрацювання компаратора. Це робить неможливим побудову бездавачевих систем за цим принципом для використання в широкому діапазоні регулювання швидкості;
- 3) проблеми стійкості БДПС за різкого накидання моменту навантаження – у цьому випадку можливе «випадання» системи бездавачевого керування з режиму правильної комутації.

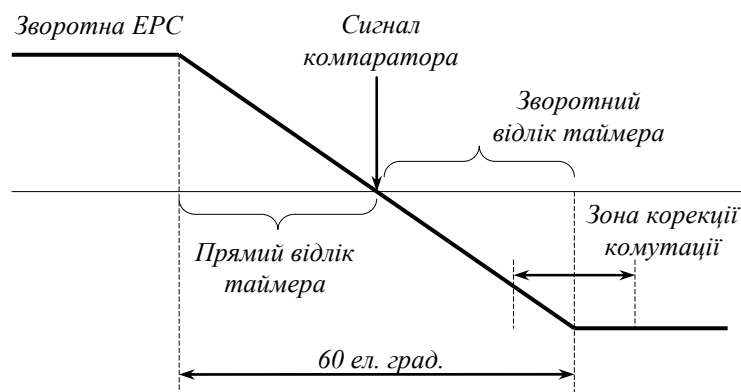


Рис. 1. Ілюстрація знаходження моменту комутації

Для спрощення алгоритму визначення моменту чергової комутації пропонується використати:

- до появи сигналу з компаратора зворотної ЕРС прямий відлік таймера (перша половина 60-градусного інтервалу комутації);
- після появи сигналу з компаратора перейти на зворотний відлік таймера (друга половина 60-градусного інтервалу комутації), що після досягнення ним нульового значення й визначає момент комутації.

Такий спосіб дає змогу спростити алгоритм керування через те, що нульове значення таймера, як правило, просто ідентифікується системними командами мікроконтролера. Ще однією його перевагою є адаптація системи керування до швидких (протягом 1-2 періодів комутації) змін моменту навантаження.

Запуск таймера, відслідковування сигналу компаратора чи вимірювання сигналу зворотної ЕРС за допомогою вбудованого АЦП, як правило, призводить до певних затримок у роботі алгоритму, зокрема, похибок у визначенні таймером часу до появи сигналу від компаратора. Це може вимагати наступної корекції під час визначення моменту наступної комутації (див. рис. 1), яку допустимо здійснюватися доволі простим чином на фіксовану величину $\pm 25\%$ чи $\pm 50\%$, що відповідає кутам $\pm 7,5$ і ± 15 ел. град., відповідно. Така, здавалося б, неточна корекція цілком допустима, оскільки проведені в СКБ електромеханічних систем дослідження показали незначний вплив неправильного визначення моменту комутації з похибкою до 10-15 ел. град. на момент і споживаний струм БДПС. Така похибка в багатополосних двигунах може бути співвимірною з механічною точністю виготовлення магнітної системи.

Побудова власне самого алгоритму спрощеної корекції базується на застосуванні операцій зсуву вправо реєстру таймера після закінчення прямого відліку замість ресурсомістких операцій ділення:

- зсуву на 1 біт вправо для корекції на 50%, що відповідає 15 ел. град.;
- для корекції на 25%, що відповідає 7,5 ел. град., підсумовування двох значень показу таймера:
 - 1) зсунутого на 1 біт вправо;
 - 2) зсунутого на 2 біти вправо.

Непоганим варіантом вдосконалення алгоритму бездавачевого керування є застосування фільтрації показів таймера за допомогою простого рекурсивного фільтра. Це дає змогу зменшити вплив розкиду отриманих відліків таймера внаслідок технологічного розкиду положення полюсів БДПС, що неминуче виникають у процесі його виготовлення. Такий фільтр можна реалізувати за найпростішою схемою:

$$T_{\phi_i} = \frac{T_i + T_{\phi_{i-1}}}{2}, \text{ де } T_{\phi_{i-1}}, T_{\phi_i}, T_i - \text{відповідно, попереднє і поточне значення відфільтрованих значень показів таймера і поточне значення відліку таймера.}$$

Операція ділення в мікроконтролерній реалізації алгоритму фільтрації здійснюється простим зсувом вправо отриманої суми відліків на один двійковий розряд.

Висновки. Пропонований алгоритм дає змогу спростити реалізацію систем бездавачевого керування безконтактними двигунами постійного струму на відносно малопотужних промислових мікроконтролерах і адаптувати поведінку БДПС до швидких змін моменту навантаження.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ткачук В.І. Режими роботи електроприводу транспортного засобу на базі вентильних двигунів без давачів у явному вигляді / В. І. Ткачук, І. С. Біляковський, Б. Л. Копчак // Вісник Національного університету «Львівська політехніка». Електроенергетичні та електромеханічні системи. – Львів: НУ«ЛП», 2009. – №654. – С. 237-242.
2. Motor Drive Solutions. Fairchild Semiconductor [електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу : http://www.fairchildsemi.com/markets/motor/motor_drive_solutions.pdf
3. NXP Semiconductors – Microcontrollers (Design example – Brushless DC motor control) [електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу : <http://ics.nxp.com/support/design/microcontrollers/lpc29xx.blcdc.motor.control>
4. Brushless DC Motor Control Made Easy. AN857. – 2002, Microchip Technology Inc. [електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу : <http://ww1.microchip.com/downloads/en/AppNotes/00857a.pdf>
5. Sensored BLDC Motor Control Using dsPIC30F2010. AN957. – [електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу : <http://ww1.microchip.com/downloads/en/AppNotes/BLDC%20MC%2000957a.pdf>
6. Щур І. З. Стратегії керування безредукторними електроприводами на базі безконтактних вбудованих електромеханічних модулів з постійними магнітами / І. З. Щур, О. В. Макарчук, М. В. Черепаняк // Вісник Національного університету «Львівська політехніка». Електроенергетичні та електромеханічні системи. – Львів: НУ«ЛП», 2008. – №615. – С. 167-175.
7. Журкіна В. М. Електропривод відкривання і закривання засувки укриття телескопа СМ-690 на базі вентильного двигуна постійного струму / В. М. Журкіна, Є. М. Казанцев, К. І. Снітков // Вісник Національного університету «Львівська політехніка». Електроенергетичні та електромеханічні системи. – Львів: НУ«ЛП», 2009. – №654. – С. 81-88.