

Бондаревський С.Л.

кандидат технічних наук, доцент;

Данилейко О.К.

старший викладач;

Коломіц Г.В.

асистент;

Коломіц О.К.

студент,

ДВНЗ «Криворізький національний університет»

ДОСВІД РОЗРОБКИ СТЕНДІВ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДІВ КЕРУВАННЯ КРОКОВИМИ ДВИГУНАМИ

В сучасних системах керування набули широкого впровадження пристрої, що в своїй роботі використовують цифрову обробку сигналу. Побудовані за цим принципом цифрові системи керування призвели до створення нового типу виконавчих механізмів – крокових двигунів (КД), які завоювали масове використання в дисководах, принтерах, сканерах, факсах, а також в промисловому і спеціальному обладнанні [1]. В даний час промисловістю випускається безліч різноманітних типів крокових двигунів [2].

Масове використання КД обумовлено рядом їх беззаперечних переваг, до яких можна віднести [3, 4]:

- кут повороту ротора визначається числом імпульсів, що подані на їх систему керування (драйвер);

- відсутня необхідність у зворотному зв'язку, а швидкість КД пропорційна частоті входних імпульсів.

- точне позиціонування та циклічність без накопичення помилки при повороті від кроку до кроку.

- можливість отримання наднизьких швидкостей без застосуванні редуктора.

- висока надійність за рахунок відсутності колектору.

До недоліків КД відноситься:

- номінальне споживання енергії навіть без навантаження;

- можливий пропуск кроку, отже, втрата контролю положення;

- ускладнена робота на високих швидкостях внаслідок немиттєвої зміни зростання струму.

Виходячи з існуючих двох типів КД – біполярні та уніполярні, розрізняють чотири способи керування [1]. Розглянемо їх докладно.

Перший спосіб, що має назву *хвильової послідовності* («one phase on full step» або «wave drive mode») полягає в почерговій комутації фаз, при цьому вони не перекриваються – в один момент часу включена тільки одна фаза. Перевагою даного способу є те, що точки рівноваги ротора для кожного кроку збігаються з «природними» точками рівноваги ротора знеживленого двигуна. Недоліком даного способу є незначний момент двигуна.

Другий спосіб – *крокова послідовність* («two-phase-on full step» або просто «full step mode») полягає в управлінні фазами з перекриттям – дві суміжні фази вмикаються в один і той же час. Особливістю даного способу є те, що ротор фіксується в проміжних позиціях між полюсами статора і двигун забезпечує приблизно на 40% більший момент, ніж в разі увімкнення однієї фази.

Третій спосіб – *напівкрокова послідовність* («one and two-phase-on half step» або просто «half step mode») – комбінація двох попередніх способів, коли в кожен другий крок до живлення підключається лише одна фаза, а в решті – дві, тобто ротор зупиняється як навпроти полюсів, так і в проміжному положенні між ними. Даний спосіб досить поширений, так як дозволяє отримати для стандартного n -крокового двигуна $2n$ кроків на оберт, тобто КД робить крок в половину основного. Недоліком даного способу є коливання моменту при перемиканні живлення від однієї до двох фаз КД, що може спричиняти підвищення вібрації і шуму.

Четвертий спосіб – *мікрокроковий режим* («micro stepping mode») засновано на поступовій зміні струму в обмотках, що забезпечує отримання більш плавного обертання поля статора, ніж у попередніх способах, в результаті чого забезпечуються менший кут кроку, що здатний забезпечити більш точне позиціонування з величиною від $1/2$ повного кроку до $1/32$. Крім того, ротор можна зафіксувати в будь-якому довільному положенні, тим самим зменшити вібрації і забезпечити практично безшумну роботу аж до нульової частоти. Недоліком даного способу керування є досить складні системи управління, що вимагають застосування спеціалізованого мікропроцесорного обладнання.

Для демонстрації перелічених способів керування на кафедрі електромеханіки ДВНЗ «Криворізький національний університет» розроблено та виготовлено стенди на базі найбільш поширених КД. Розглянемо їх докладніше.

Перший стенд побудовано на трифазному уніполярному кроковому двигуні. Комутації обмоток фаз реалізована за найбільш простим першим способом керування з використанням програмованого логічного контролера (ПЛК). Схема з'єднання ПЛК та КД наведена на рис. 1. Проміжні електронні реле Р1 – Р3 виконують функцію комутаційного елемента для узгодження рівня напруги джерело-ПЛК-КД.

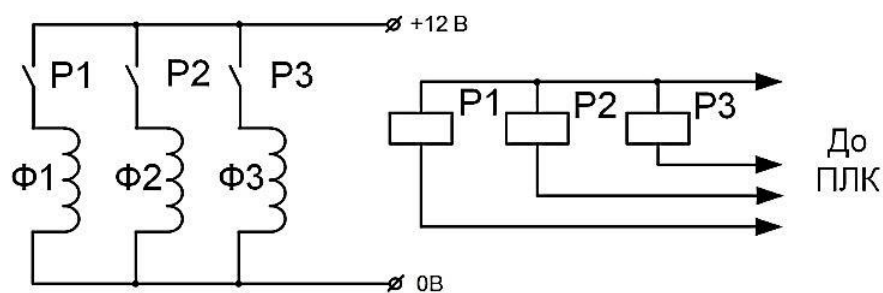


Рис. 1. Схема з'єднання крокового двигуна та ПЛК

ПЛК може бути використаний будь-якого типу з транзисторним виходом (ПЛК з релейним виходом мають обмежену швидкодію). Програмування ПЛК виконано у інструментальному програмному комплексі промислової

автоматизації CoDeSys [4] і реалізує послідовну комутацію обмоток фаз Ф1-Ф2-Ф3 або Ф1-Ф3-Ф2 для зміни напрямку обертання КД.

Другий стенд побудовано на двофазному біполярному кроковому двигуні типу 28BYJ-48, який завдяки невисокій вартості має широкий спектр застосування. Керування реалізується за першим способом. З урахуванням того, що середні точки обмоток з'єднані (роз'єднати їх неможливо) є моменти часу, коли дві напівобмотки під'єднані до джерела живлення. Це потребує дещо складнішої логіки керування, але забезпечує більш плавну зміну моменту.

Третій стенд побудовано на двофазному біполярному кроковому двигуні з використанням досить поширеного драйвера MP8825 [5] на базі контролера DRV8825. Завдяки використанню промислового контролера DRV8825 реалізовано четвертий спосіб керування. Управління роботою КД зводиться тільки до завдання напрямку обертання, величинні кроку та кількості тактових імпульсів.

Таким чином використання в навчальному процесі лабораторних стендів, що побудовані на сучасному обладнанні з використанням світових лідерів електротехнічної продукції та технологій в галузі енергетики та автоматизації, дозволяє значно підвищити теоретичні знання та практичні навички студентів – майбутніх фахівців з електромеханіки. Розроблені стенди використовуються в навчальному процесі в дисциплінах «Електричні машини», «Електротехніка та мікропроцесорна техніка».

Список використаних джерел:

1. Емельянов А.В. Шаговые двигатели: учеб. Пособие / А.В. Емельянов, А.Н. Шилин / ВолгГТУ. Волгоград, 2005. – 48 с.
2. Брускин Д.Э., Зорохович А.Е., Хвостов В.С. Электрические машины и микромашины: Учеб. для электротехн. спец. вузов. 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Высш. шк., 1990. – 528 с.
3. Дискретный электропривод с шаговыми двигателями. Под общ. ред. М.Г. Чиликина. – М., «Энергия», 1971. – 624 с.
4. Кенио Такаши. Шаговые двигатели и их микропроцессорные системы управления: Пер. с англ. – М.: Энергоатомиздат, 1987. – 199 с.
5. Ion Boldea. Electric drives. – Lexington, KY, USA – 2005. 549 с.

Борисюк Д.В.

*інженер кафедри автомобілів і транспортного менеджменту,
Вінницький національний технічний університет*

ДІАГНОСТУВАННЯ КЕРОВАНИХ МОСТІВ КОЛІСНИХ ТРАКТОРІВ ЗА СТАТИЧНИМИ ТА ДИНАМІЧНИМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ

Керований міст колісного трактора можна представити як багатовимірну динамічну систему. На виході цієї динамічної системи можуть бути розглянуті різні випадкові функції або процеси, наприклад вертикальні переміщення або прискорення рами трактора, відносні переміщення моста і рами, динамічні