

УДК 681.513.2

ОРГАНІЗАЦІЯ АЛГОРИТМІВ РОБОТИ КОНТРОЛЕРА ТИПУ РМС ПРИ КЕРУВАННІ КРОКОВИМ ДВИГУНОМ

Голодний І.М., к.т.н.,**Лавріненко Ю.М., к.т.н.***Національний університет біоресурсів і природокористування України*

Тел.: (044) 527-85-22

Торопов А.В., к.т.н.*ТОВ "ЦІТ Альтера"*

Тел.: (044) 496-18-88

Анотація – описано регульований електропривод на базі крокового двигуна. Розглянуто роботу контролера, описані основні параметри та їх характеристики. Розглянуті особливості програмування контролера та алгоритми виконання команд. Наведені діаграми зміни швидкості, абсолютного і відносного переміщення, описана особливість роботи привода з циклами повторень.

Ключові слова: кроковий двигун, контролер, переміщення, швидкість, параметри, алгоритм, програма роботи, нульова точка

Постановка проблеми. Кроковий двигун – це електромеханічний пристрій, який перетворює електричні імпульси в дискретні механічні переміщення. Ці двигуни вже давно і успішно застосовуються в найрізноманітніших пристроях. Їх можна зустріти в дисководах, принтерах, плоттерах, сканерах, факсах, дерево- та металообробних верстатах і іншому промисловому та спеціальному обладнанні. В даний час випускається багато різних типів крокових двигунів. Однак вірно вибрати тип двигуна – це ще пів-справи. Не менш важливо вірно вибрати систему керування, що дозволить реалізувати необхідний алгоритм управління технологічним процесом.

Аналіз останніх досліджень. Крокові двигуни використовуються в приводах машин і механізмів в стартозупному режимі, або в приводах неперервного руху, де керуюча дія задається послідовністю електричних імпульсів [1]. На противагу сервоприводам крокові приводи дозволяють отримувати точне переміщення без використання зворотного зв'язку від датчиків кутового положення.

До складу електропривода з кроковим електродвигуном входить

власне двигун (рис.1), силовий блок керування (драйвер) та контролер. При невеликому запланованому ході платформи може використовуватися двигун з подовженим нарізаним валом, по якому рухається платформа з інструментом або деталлю. Це дозволяє здешевити систему крокового двигуна за рахунок виключення кульково-гвинтової пари або іншого пристрою перетворення обертального руху в поступальний.

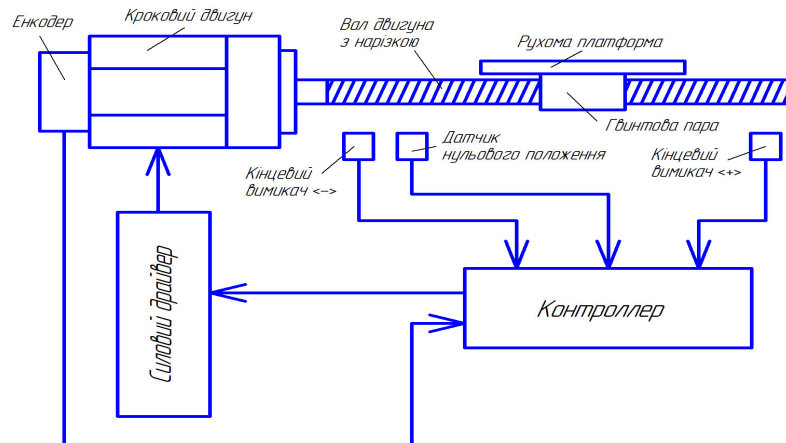


Рис. 1. Електрична схема керування кроковим приводом.

Найчастіше в крокових приводах використовують гібридні двигуни, які поєднують в собі кращі властивості двигунів зі змінним магнітним опором і двигунів з постійними магнітами. Вони забезпечують меншу величину кроку, більший момент і відносно велику швидкість обертання без втрати кроку.

Для керування приводом потрібен спеціальний драйвер крокового двигуна, зокрема для гібридного двигуна серії 23HS може бути використаний драйвер 2L110M. Драйвер являє собою силовий напівпровідниковий перетворювач з вбудованим найпростішим інтерфейсом, оснований на комбінації "крок-напрямок". Драйвер крокового двигуна - це ще й підсилювач потужності, який перетворює імпульси від зовнішньої системи керування в переміщення вала. При цьому кожен імпульс викликає переміщення вала на 1 мікрокрок.

Драйвер крокової двигуна виконує три основних завдання:

1. Вмикає і вимикає струм в обмотках, а також змінює його напрям. При виконанні цього завдання система керування електроприводом працює без збоїв.
2. Підтримує задане значення струму при обертанні вала двигуна, а також при роботі в режимі стопоріння.
3. Забезпечує якомога швидше наростання і спад струму для досягнення необхідних швидкісних характеристик.

Інтелектуальною частиною електроприводу, що формує керуючі імпульси на драйвер відповідно з технологією, можуть бути

різноманітні пристрої від мікроконтролера до складної системи числового програмного керування (ЧПК). При цьому необхідність використання того чи іншого пристрою визначається кількістю координатних осей і точністю синхронізації переміщення між приводами. Так, при кількості осей від трьох до восьми найбільш доцільним є використання системи ЧПК, а при одній чи двох достатньо використання найпростішого мікроконтролера з частотним виходом. Недоліком запропонованих рішень є значна відмінність принципів програмування ЧПК та мікроконтролерів від стандартних систем позиціонування електроприводу на базі серводвигунів та перетворювачів частоти. Це призводить до необхідності вивчення G-кодування при реалізації багатокординатних систем або мов програмування процесорів. Спеціалісту з електроприводу це суттєво ускладнює процес вводу в експлуатацію системи крокового електроприводу. Одним з варіантів вирішення проблеми реалізації системи керування є використання спеціалізованих контролерів, в яких реалізовані команди, характерні для електроприводів переміщення. Одним з таких є контролери серії PMC-1HS/PMC-2HS від компанії Autonics, які розширюють можливості керування двигуном і можуть використовуватися для одно- та двокординатних систем.

Переваги використання таких контролерів в електроприводах з кроковими двигунами:

1. Можливість підключення до комп'ютера для простого програмування та налагодження.

2. Багаторазове перепрограмування. Один і той же контролер при переорієнтації виробництва або розширенні переліку завдань можна перепрограмувати для виконання інших функцій.

Формування мети статті. Метою даної роботи є підвищення ефективності використання системи керування кроковим двигуном.

Основна частина. Високошвидкісний автономний програмований контролер переміщення типу PMC-1HS може виконувати програму з 64 команд, записаних у відповіді регістри (REG 0-63), типу PMC-2HS має можливість налаштувань як по вісі X, так і по вісі Y. Налаштування роботи контролера проводять за допомогою комп'ютера або панелі для програмування PMC-232-2TU. При програмуванні з комп'ютера запускають стартове вікно (головний екран) програми (рис. 2) та вводять параметри у вікна її редагування.

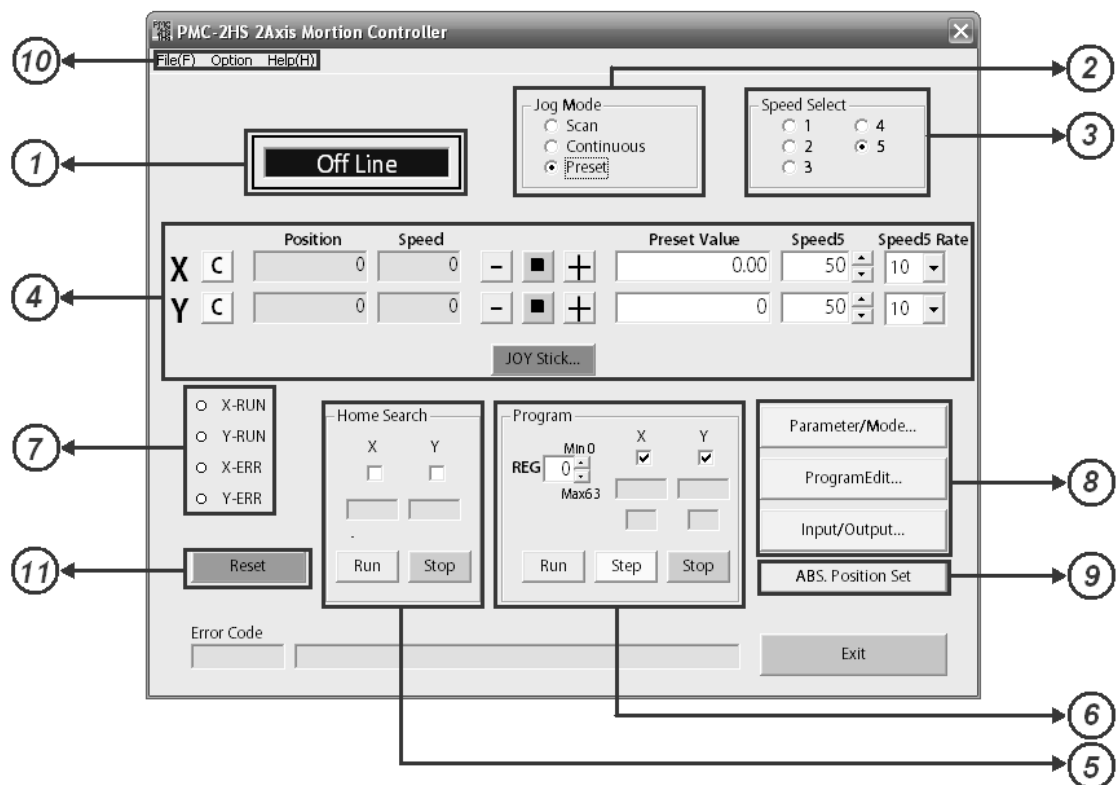


Рис.2. Головний екран програмування контролера:

1 – стан підключення приладу до ПК; 2 – вибір типу ручного режиму керування; 3 – вибір швидкості привода; 4 – робота в ручному режимі керування; 5 – виконання процедури пошуку нульової точки; 6 – виконання програми; 7 – відображення стану привода; 8 – відкриття вікон редагування параметрів та програми; 9 – реєстрація поточного положення; 10 – конфігурація управління файлами і зв'язок з ПК; 11 – скидання виконання програми.

Основні параметри контролера типу РМС наведені в табл.1.

Множник швидкості є параметр для пропорційного збільшення значень показників руху, таких як швидкість, прискорення, уповільнення, тобто встановлені значення вказаних параметрів збільшуються на множник швидкості. Використовується при необхідності досягнення значень, що виходять за межі 8000 імп/с. При збільшенні множника швидкості двигун працює на вищій швидкості, але зменшується роздільна здатність завдання. Тому для отримання необхідного діапазону зміни швидкості двигуна з заданою точністю необхідно задавати мінімальне значення множника.

Параметрами "**Темп прискорення (П)**" та "**Темп уповільнення (У)**" визначають час перехідного процесу при переході від однієї фіксованої швидкості до наступної.

Фактичний темп прискорення, імп/с², визначають як добуток:

$$П \times 125 \times \text{Множник швидкості}.$$

Фактичний темп уповільнення, імп/с^2 , визначають як добуток:

$$U \times 125 \times \text{Множник швидкості},$$

де U , U – налаштоване значення прискорення та уповільнення, задане в параметрах "Темп прискорення" і "Темп уповільнення"; 125 – конструктивний коефіцієнт.

Таблиця 1. Основні параметри контролера РМС
та діапазони їх налаштування

Параметри	Діапазон налаштування	Значення за замовчуванням,
Множник швидкості	1 – 500	10
Темп прискорення Π	1 – 8000 імп/с^2	400 імп/с^2
Темп уповільнення U	1 – 8000 імп/с^2	400 імп/с^2
Стартова швидкість StV	1 – 8000 імп/с	50 імп/с
Швидкість $V1$	1 – 8000 імп/с	10 імп/с
Швидкість $V2$	1 – 8000 імп/с	100 імп/с
Швидкість $V3$	1 – 8000 імп/с	1000 імп/с
Швидкість $V4$	1 – 8000 імп/с	8000 імп/с
Пошук нульової точки на низькій швидкості	1 – 8000 імп/с	20 імп/с
Пошук нульової точки на високій швидкості	1 – 8000 імп/с	1000 імп/с
Програмне обмеження у напрямку "+"	-8388608 – +8388607 одиниць	+8388607 одиниць
Програмне обмеження у напрямку "-"	-8388608 – +8388607 одиниць	-8388607 одиниць
Чисельник параметрів імпульсів	1 – 65535 одиниць	1000 одиниць
Знаменник параметрів імпульсів	1 – 65535 одиниць	1000 одиниць

Значення темпу уповільнення при налаштуванні алгоритму зазвичай встановлюють за замовчуванням, тобто приймають таким, як і встановлений рівень прискорення, але можна задати і інші його значення.

Щоб налагодити роботу привода з встановленою швидкістю, потрібно встановити чотири швидкісних параметри: початкову (стартову) швидкість привода, робочу швидкість привода, темпи прискорення та уповільнення

Наприклад, якщо необхідно запустити привод за 0,3 с від початку 500 імп/с до швидкості руху 20000 імп/с , швидкісні параметри налаштовують так:

$$\text{фактичний темп прискорення: } (20000-500)/0,3=65000 \text{ (імп/с}^2\text{)}.$$

Якщо множник швидкості 10, тоді в параметрі "Темп прискорення" налаштовують:

значення прискорення $\Pi = 65000/(125 \times 10) = 52 \text{ імп/с}^2$;
стартова швидкість (запуску) $StV = 500/10 = 50 \text{ імп/с}$;
значення швидкості руху привода $V = 20000/10 = 2000 \text{ імп/с}$.

Стартова (початкова) швидкість StV – це швидкість, з якої починається регульований перехід із заданим прискоренням до вищої робочої швидкості або кінцева швидкість, до якої відбувається регульований перехід із заданим уповільненням від вищої робочої швидкості.

Фактична початкова швидкість є добуток стартової швидкості (StV) на множник швидкості.

Якщо встановлена робоча швидкість руху більша, наприклад $V3$, ніж початкова StV , привод буде розганятися до заданої швидкості або уповільнюватися з заданим прискоренням (рис. 3). У цьому випадку параметри швидкості потрібно налаштувати. Якщо встановлена робоча швидкість руху $V1$ менша, ніж стартова, привод буде працювати на встановленій швидкості до закінчення заданого переміщення без регулювання.

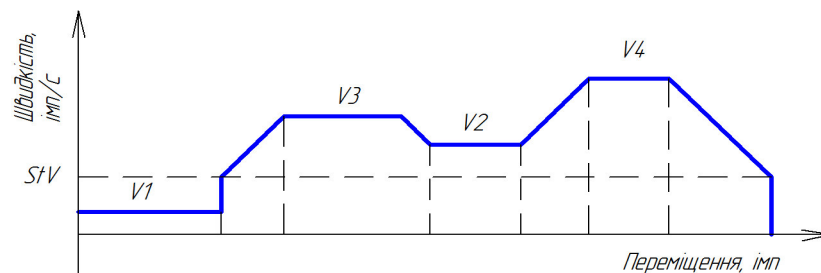


Рис. 3. Діаграма переміщення привода з заданою швидкістю.

Параметри швидкості $V1$, $V2$, $V3$, $V4$ – це налаштована швидкість руху привода з відповідним значенням. Чотири значення швидкості можна задавати на обох осях. Фактична швидкість привода є добуток швидкості на множник швидкості. Необхідно зазначити, що на головному екрані програмування (рис. 2, поз. 3) є п'ята швидкість. Цю швидкість використовують зазвичай при наладці і тільки в ручному режимі. Її можна змінювати також в процесі роботи привода.

Пошук нульової (початкової, домашньої) точки на низькій та високій швидкостях – налаштування швидкості пошуку заданої початкової точки. Процедура пошуку нульової точки вмикається тоді, коли сама нульова точка задана, тобто зафіксована і контролюється датчиком нульового положення (рис. 1).

Програмне обмеження у напрямку "+" та "-" налаштовує програмне значення межі переміщення робочого органу в прямому та зворотному напрямках. Крім програмного обмеження можна задати апаратним за допомогою кінцевих вимикачів (рис. 1). Задане значення

програмного обмеження пов'язане з чисельником/знаменником діапазону імпульсів (табл. 1).

Чисельник та знаменник параметрів імпульсів здійснює масштабування даних про місцезнаходження робочого органу.

Чисельник параметрів імпульсів конвертує дані про місцезнаходження, які вводяться чи відображаються у значенні кількості імпульсів. Вказані дані можуть бути виражені в міліметрах або дюймах.

Наприклад, якщо 1 мм переміщення відповідає п'яти імпульсам, то для завдання переміщення у міліметрах необхідно задати співвідношення "чисельник/знаменник" рівним 5/1. Коли вхідне значення, що задається у основному вікні або у програмі, дорівнює 10 мм, воно конвертується в 50 імпульсів і відображається у вікні поточного положення у вигляді 10,0. Якщо результат обчислення має десятковий дріб, його округлюють до 1 імпульсу найближчого числа.

Після установки параметри необхідно записати в пам'ять контролера та скласти програму роботи привода. В програмі є 12 команд (табл. 2).

Таблиця 2. Перелік команд для програмування контролера

Тип команди	Скорочене позначення (код)	Опис
Команди переміщення	ABS	Абсолютне переміщення
	INC	Відносне переміщення
	HOM	Процедура пошуку нульової точки
I/O Команди вмикання виходів	IJP	Умова вмикання переходу при спрацюванні дискретного входу
	OUT	Вмикання/вимикання виходу
	OTP	Формування імпульсу на виході
Команди управління програмою	JMP	Перехід до вказаного регістру
	REP	Початок повторення
	RPE	Кінець повторення
	END	Кінець програми
Інші команди	TIM	Таймер [мілісекунди]
	NOP	Немає операції

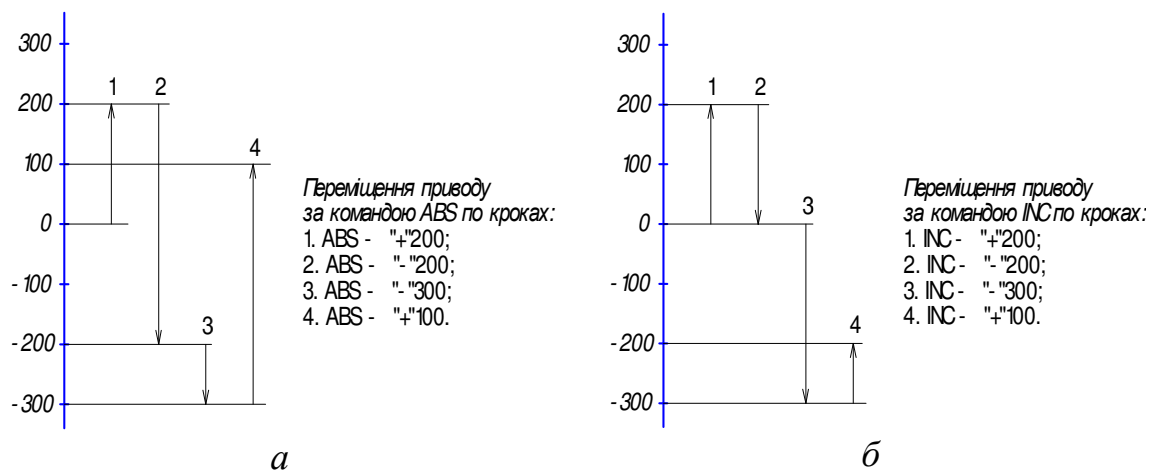
Найбільш вживаними є команди переміщення та команди управління програмою.

За командами абсолютного та відносного переміщення робочий орган переміщується у задане положення відносно нульової точки (команда ABS) чи поточної точки (команда INC) його знаходження. При цьому задається величина переміщення, швидкість та витримка часу після виконання команди. Суть абсолютного і відносного переміщення пояснює діаграма на рис. 4. Величину переміщення можна задати в імпульсах, міліметрах чи дюймах в залежності від співвідношення в параметрах значення чисельника/знаменника.

Перед командою ABS абсолютного переміщення необхідно виконати процедуру пошуку нульової точки.

Для переведення приводу в режим очікування до зазначеного часу використовують команду TIM. Час задається в мілісекундах.

Якщо алгоритмом процесу передбачено повторення певних циклів, то командою управління REP задають початок повторення. Виконання команди починається з наступного регістру. Вказана кількість повторень відбуватиметься до команди RPE "Кінець повторень".



В процесі програмування кількість повторень може бути в діапазоні від 1 до 255. Команда RPE "Кінець повторень" повинна замикає в нижньому регістрі (реєстраційний номер більший, ніж команда REP). Повторення циклів можна налаштувати до трьох разів.

Приклад алгоритму роботи привода з повтореннями наведено на рис. 5.

Спочатку привод послідовно виконує команди від 00 до 20-го регістра. Після 20-го регістра розпочинається цикл 1-го повторення – команди тричі переходять від 20-го до 15-го регістра. Після циклу 1-го повторення привод послідовно виконує команди від 20 до 25 регістра.

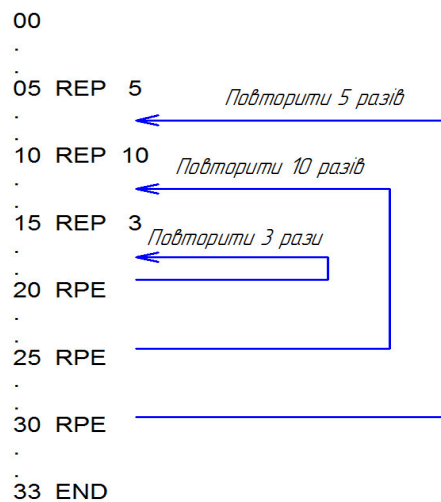


Рис. 5. Алгоритм роботи привода з циклом повторень.

Після 25-го регістра розпочинається цикл 2-го повторення – команди переходять від 25-го до 10-го регістра. Від 10-го регістра послідовно виконуються команди до 20-го регістра, затим розпочинається цикл першого повторення (тричі), після якого команди послідовно переходять від 20-го до 25-го регістра. Після 25-го регістра привод переходить для виконання команди з 10-го регістра, тобто повторюється виконання циклу 2-го повторення і так десять разів. Після циклу 2-го повторення привод виконує команди від 25-го до 30-го регістра.

Після 30-го регістра розпочинається цикл 3-го повторення – команди переходять від 30-го до 5-го регістра, від 5-го регістра послідовно виконуються команди до 20-го, затим розпочинається цикл першого повторення (тричі), після якого команди послідовно переходять від 20-го до 25-го регістра. З 25-го регістра розпочинається цикл 2-го повторення (десять разів), після якого команди п'ять разів послідовно переходять від 25-го до 30-го регістра. Після третього повторення привод виконує команди від 30-го регістра до 33-го (до команди END).

Висновки. Використання контролерів серії PMC в системі керування кроковим двигуном значно спрощує процес програмування та налагодження для сучасного спеціаліста з електроприводу.

Список використаних джерел

1. Кулиниченко Г.В. Оценка характеристик мехатронного модуля на базе шагового двигателя / Г.В. Кулиниченко, В.А. Багута, А.Г. Коробов // Вісник НТУ "ХПІ" – Харків, 2013, №51(1024). – С. 43 – 53.
2. Контролер типу PMC-1HS/PMC-2HS. Електронний ресурс http://download.autonics.com/upload/data/PMC_1_2HS_EN_E_15_0050B_120207.PDF

ОРГАНИЗАЦИЯ АЛГОРИТМОВ РАБОТЫ КОНТРОЛЛЕРА ТИПА РМС ПРИ УПРАВЛЕНИИ ШАГОВЫМ ДВИГАТЕЛЕМ

Голодный И.М., Лавриненко Ю.Н., Торопов А.В.

Аннотация - описан регулируемый электропривод на базе шагового двигателя. Рассмотрена работа контроллера, описаны основные параметры и их характеристики. Рассмотрены особенности программирования контроллера и алгоритмы выполнения команд. Приведены диаграммы изменения скорости, абсолютного и относительного перемещения, описана особенность работы привода с циклами повторений.

ORGANIZATION OF OPERATIVE ALGORITHMS FOR RMS- TYPE CONTROLLER FOR STEPPER MOTOR CONTROL

I. Golodnyi, Yu. Lavrinenko, A. Toropov

Summary

Regulated electric drive based on stepper motor is described. Principles of controller working are considered and basic parameters and characteristics are described. The features of the controller programming and algorithms of command execution are considered.

The diagrams of speed changing, absolute and relative moving are shown; the feature of drive working with the cycles of reiterations is described.