



УДК 681.513.2

## СИЛОВИЙ ДРАЙВЕР КРОКОВОГО ДВИГУНА 2L110M

**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 силового драйвера, наведено основні параметри та їх характеристики. Розглянуто особливості створення мікрокрокового режиму роботи двигуна та алгоритми керування силовим драйвером.

**Ключові слова** – кроковий двигун, контролер, силовий драйвер, імпульси, мікрокрок, піковий струм, діючий струм, стопорний струм.

*Постановка проблеми.* Кроковий двигун – це електромеханічний пристрій, який перетворює електричні імпульси в дискретні механічні переміщення. Ці двигуни вже давно та успішно застосовуються в дисководах, принтерах, плоттерах, сканерах, факсах, а також в різноманітному промисловому і спеціальному обладнанні. Нині випускається багато різних типів крокових двигунів. Однак важливо не тільки правильно вибрати тип двигуна, а й вірно вибрати схему драйвера та алгоритм роботи, який найчастіше визначається програмою мікроконтролера.

*Аналіз останніх досліджень.* Крокові двигуни використовуються в приводах машин і механізмів у стартозупному режимі або в приводах безперервного 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 зовнішній контролер. При невеликому запланованому ході платформи може використовуватися двигун із 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.

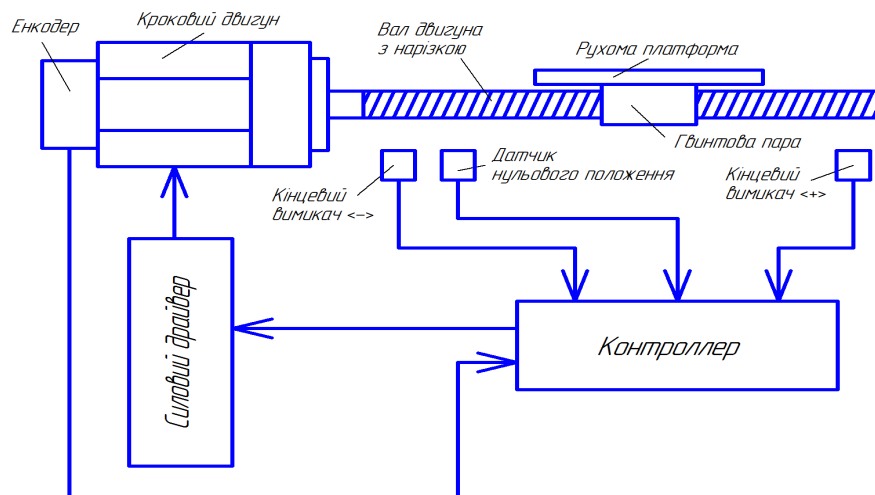


Рис. 1. Електрична схема керування кроковим приводом

*Метою досліджень* – є підвищення ефективності використання системи керування кроковим двигуном.

*Основна частина.* Аналіз роботи напівпровідникового силового блоку проводився з використанням положень теорії електропривода і силової електроніки та паспортних даних пристрою.

Для керування приводом потрібен спеціальний драйвер крокового двигуна, зокрема для гібридного двигуна серії 23HS може бути використано драйвер 2L110M (рис. 2) [2].

Драйвер являє собою силовий напівпровідниковий перетворювач з вбудованим найпростішим інтерфейсом, що забезпечує відпрацювання входних імпульсів напруги. Силовий драйвер крокового двигуна це ще й підсилювач потужності, який перетворює імпульси від зовнішньої системи керування в переміщення валу. При цьому кожен імпульс викликає переміщення валу на один мікрокрок, що дозволяє двигуну працювати плавніше з меншою вібрацією і шумом. Керування струмом двигуна за трьома рівнями, а саме рівнем пікового струму при перемиканні, робочим струмом при перемиканні, а також струмом утримання валу при стопорінні, забезпечує оптимальну роботу двигуна з точки зору перегрівання. Величина заданого струму визначається комбінацією DIP-перемикачів SW1–SW3 (див. рис. 2), а рівень струму під час стопоріння двигуна – перемикачем SW4. Так, при жорстких

вимогах до моменту утримання вала струм повинен бути номінальним. В інших випадках допускається зниження результуючого струму до 50 % від номінального. Крім того, силовий драйвер має захист від перенапруги, імпульсів напруги, перевантаження за струмом, перегріву силових транзисторів і короткого замикання.

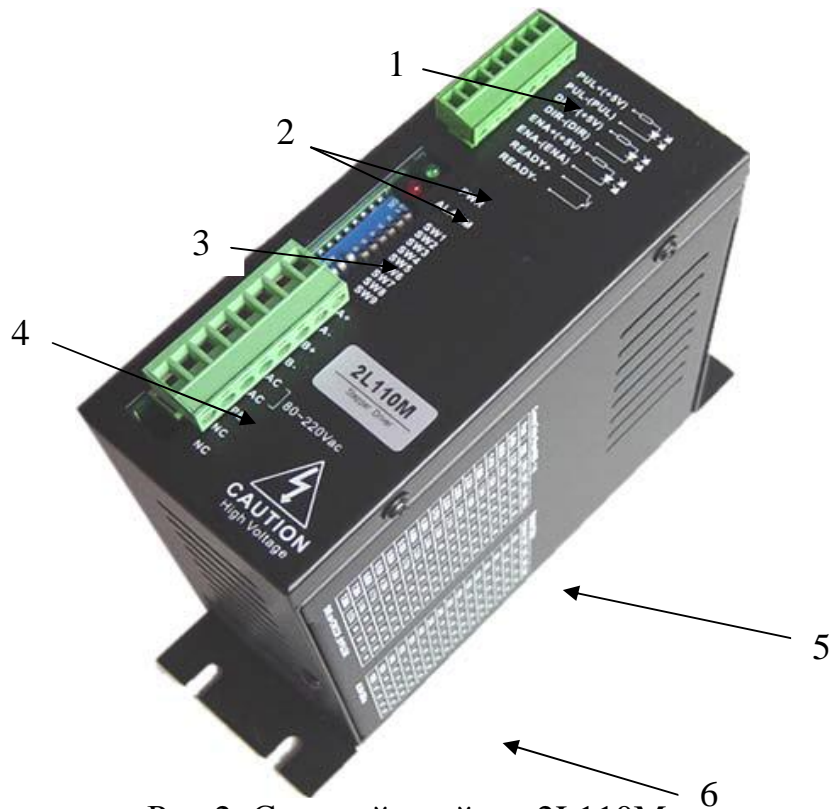


Рис 2. Силовий драйвер 2L110M:

1 – з'єднувач драйвера P1; 2 – світлодіодні індикатори; 3 – DIP-перемикачі SW1–SW9; 4 – з'єднувач драйвера P2; 5 – таблиця установки значення мікрокоду; 6 – таблиця установки значення струму

Важливою і суттєвою перевагою цього драйвера є можливість роботи при підвищеній напрузі змінного струму, тобто користувачеві не потрібно встановлювати додатковий випрямляч, вартість якого іноді перевищує навіть важіль самого приводу. В той же час наявність вбудованого джерела підвищеної напруги дозволяє забезпечити підвищені швидкості обертання без зменшення моменту обертання.

В таб. 1 та 2 описано функції сигналів, що подаються на контакти з'єднувачів P1 та P2.

Для керування силовим драйвером використовують зовнішній контролер серії PMC, який може створювати два основні типи завдання переміщення: PUL/DIR – "крок/напрямок" та CW/CCW – "імпульс/імпульс" (рис. 3).

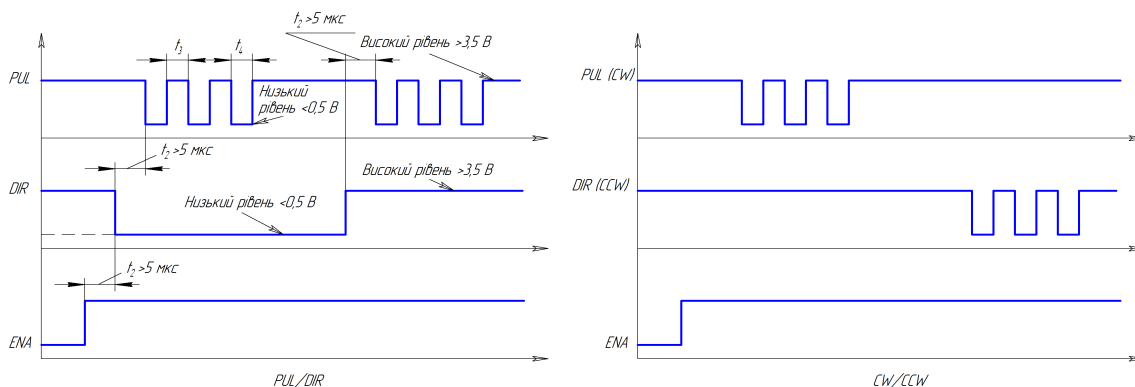


Рис. 3. Діаграма послідовності сигналів керування

Таблиця 1 - Сигнали керування контактів з'єднувача P1

Призначення клеми	Опис функції
PUL+(+5 V) PUL-(PUL)	Сигнал PULSE: в режимі роботи з одноканальним частотним входом (імпульс/напрямок) на цей вхід подається імпульсний сигнал, який відпрацьовується приводом за кожним переднім фронтом. В режимі роботи з двоканальним частотним входом (імпульс/імпульс) на цей вхід подається імпульс обертання за годинниковою стрілкою (CW). Для гарантованого спрацювання ширина імпульсів повинна бути більшою ніж 1,2 мкс
DIR+(+5 V) DIR-(DIR)	Сигнал DIR: в режимі роботи з одноканальним частотним входом цей вхід сприймає низький/високий рівні напруги, що відображують два напрямки обертання двигуна. В режимі роботи з двоканальним частотним входом (встановлюється перемикачем SW5), це вхід для подачі імпульсів руху проти годинникової стрілки (CCW), які відпрацьовуються за кожним переднім фронтом. Для гарантованого спрацювання команди переміщення сигнал визначення напрямку руху повинен бути надісланий не пізніше, ніж за 5 мкс до імпульсу переміщення
ENA+(+5 V) ENA-(ENA)	Сигнал Enable: використовується для вмикання/вимикання керування вихідними транзисторами драйвера. Високий рівень сигналу застосовується для активації ключів, а низький – для вимикання. Зазвичай цей вхід залишається як правило непідключеним (керування транзисторами активоване)
READY+	Додатний вихід сигналу аварії: READY є виходом оптопари з відкритим колектором, активним при нормальній роботі привода. Максимальна допустима напруга 30 В DC, максимальний вихідний струм 20 мА. Зазвичай підключається до клем входів програмованого логічного контролера
READY-	Від'ємний вихід сигналу аварії

*Примітки:* 1. Стан ON перемикача SW5 відповідає режиму PUL/DIR (імпульс/напрямок), стан OFF – режиму CW/CCW (імпульс/імпульс).

2. Напрямок руху також залежить від схеми підключення приводного двигуна. Зміна місцями двох проводів однієї обмотки призведе до реверсу руху (наприклад, підключення клем А+ і А- двигуна до клем А- і А+ драйвера призведе до зміни напрямку руху).

У режимі роботи з двоканальним частотним входом "імпульс/імпульс" імпульси подаються на обидва частотні входи PUL (CW) і DIR (CCW) залежно від необхідного напрямку обертання. При перемиканні привода в режим роботи з одноканальним частотним входом "крок/напрямок" напрямок руху визначається рівнем напруги на вході DIR. Для гарантованої обробки внутрішнім мікроконтролером, тривалість високого і низького рівня імпульсу повинна бути не менше 1,5 мкс.

Таблиця - 2 Силові контакти з'єднувача P2

Призначення клеми	Опис функції
AC	Вхід змінного струму. Напруга може бути в межах 80...220 В. Рекомендується працювати при напрузі 180 В, тобто приєднувати силовий драйвер до мережі через потужний знижувальний трансформатор.
AC	
Phase A	Обмотки A двигуна (підключити до A+ і A- двигуна)
Phase B	Обмотки B двигуна (підключити до B+ і B- двигуна)
PE	Підключення клеми заземлення

Силова частина драйвера складається з восьми транзисторів VT1–VT8 (рис. 4), які працюють у режимі ШІМ зі стабілізацією струму в обмотках. Ширина імпульсу визначається різницею між реальним значенням струму та струмом, заданим за допомогою DIP-перемикачів. У більшості існуючих схем кожний із силових транзисторів шунтується зворотним діодом для зменшення перенапруги (на схемі не показано). Величини струмів в обмотках вимірюються датчиками струму в кожній обмотці двигуна.

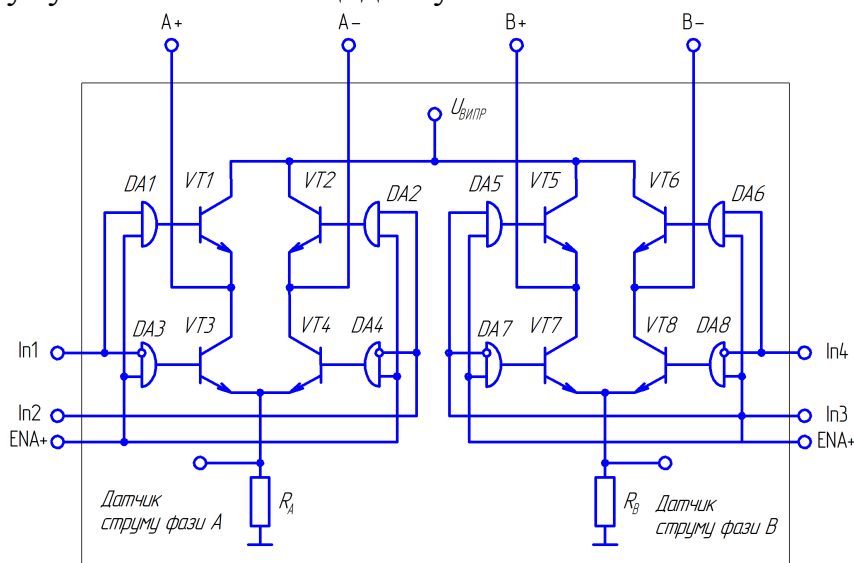


Рис. 4. Електрична схема силовій частини драйвера

На входи  $In1-In4$  надходять імпульси з вбудованого в драйвер мікроконтролера. Частота перемикання пар ключів  $VT1-VT8$  визначається частотою імпульсів, що надходять на вхід PUL у режимі роботи з одноканальним частотним входом та входи PUL/DIR у режимі роботи з двоканальним частотним входом. Імпульси з мікроконтролера надходять на операційні підсилювачі  $DA1 - DA8$ , а з них - на керування силовими ключами  $VT1-VT8$ . За функціональними характеристиками підсилювачі  $DA3, DA4, DA7, DA8$  у схемі використані з функцією "Заборона", а  $DA1, DA2, DA5, DA6$  - з функцією логічного множення "И".

Сигнал дозволу роботи  $ENA+$  і  $ENA-$  є апаратним дозволом роботи і забезпечує гарантоване вимкнення ключів при надходженні сигналу з нульовим потенціалом. Таке схемне рішення використовується для забезпечення вимог з електробезпеки щодо ураження персоналу електричним струмом.

Розглянемо алгоритм роботи привода в напівкровоковому режимі. В початковий момент роботи за відсутності сигналів на  $In1-In4$  відкриті транзистори  $VT3, VT4, VT7, VT8$ . Коли сигнал надходить на  $In1$ ,  $VT3$  закривається, а  $VT1$  вмикається. В цьому випадку до обмотки  $A$  прикладається випрямлена напруга живлення драйвера. Потім імпульс подається на вхід  $In3$ , вмикається  $VT5$  і вимикається  $VT7$ . Обмотка  $B$  отримує напругу живлення і вал двигуна обертається на півкроку. Після цього знімається сигнал з  $In1$  і двигун обертається в тому ж напрямку знову на півкроку, оскільки під напругою залишається лише обмотка  $B$ . Слід зазначити, що при живленні обох обмоток у напівкровоковому режимі струм у кожній обмотці стабілізується на рівні 0,707 від номінального.

При мікрокровоковому режимі роботи векторна сума струмів в обмотках  $A$  і  $B$  (рис. 5) формує результуючий вектор струму з амплітудою, номінальною для підключеного двигуна, та кутом, кратним

$$\alpha = \frac{360^\circ}{p_{II}N},$$

де  $p_{II}$  – число пар полюсів,

$N$  – число перемикань обмоток двигуна.

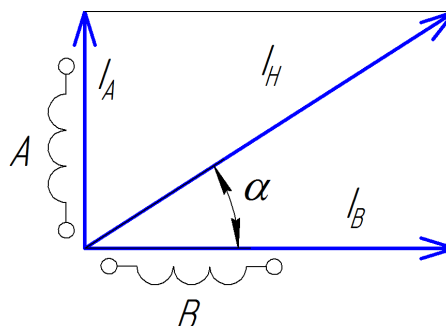


Рис. 5. Векторна діаграма струмів в обмотках двигуна



Кратність мікрокроку також виставляється за допомогою DIP-перемикачів.

#### *Висновки*

Силовий драйвер є джерелом постійного струму, який не тільки керує роботою крокового двигуна, а й здійснює захист від аварійних режимів.

Мікрокровий режим створюється зміною співвідношення значень струму в обмотках  $A$  та  $B$ . Результируюча векторна сума відповідає номінальному значенню струму, заданому DIP-перемикачами.

#### *Список літератури*

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. Two-phase hybrid stepper motor driver. Model 2L110M. Електронний ресурс  
[http://www.motionking.com/download/2L110M\\_Instruction\\_Rev.E.pdf](http://www.motionking.com/download/2L110M_Instruction_Rev.E.pdf)

## **СИЛОВОЙ ДРАЙВЕР ШАГОВОГО ДВИГАТЕЛЯ 2L110M**

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

**Аннотация** - описан регулируемый электропривод на базе шагового двигателя. Рассмотрена работа силового драйвера, приведены основные параметры и их характеристики. Рассмотрены особенности создания микрошагового режима работы двигателя и алгоритмы управления силовым драйвером.

## **DRIVE OF STEPPER MOTOR 2L110M**

I. Golodnyi, Yu. Lawrinenko, A. Toropov

#### *Summary*

**Described the regulated electric drive based on stepper motor. Work of power drivers are the key parameters and their characteristics. The features create a microstepping mode of the engine and power control algorithms driver.**