

СТЕНД ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ МОМЕНТНИХ  
ХАРАКТЕРИСТИК КРОКОВИХ ДВИГУНІВ

Крокові двигуни мають високу точність кута повороту ротора, а похибка не накопичується з кожним кроком, тому дані двигуни застосовують в автоматичних системах різних галузей техніки. Відповідність таких параметрів, як пусковий і робочий момент впливає якість роботи усієї системи, на базі крокового двигуна. Тому потрібні засоби для перевірки даних параметрів, котрі б мали достатню швидкість і точність.

Ключові слова: кроковий двигун, характеристики.

L. V. ZYABLITSEV, A. M. ZALYZETSKIY  
Khmelnitskyi National University

## MODEL FOR RESEARCH OF MOMENT CHARACTERISTICS OF STEPPER MOTORS

Abstract – Stepping motors have high accuracy angle of rotation of the rotor, and the error does not accumulate with each step, and the data engine used in a very precise systems of various branches of engineering. It is clear that according to parameters such as starting and operating point directly depends on the quality of the system. With this tools you need to check these parameters automatically.

This loads the engine stand by band brakes, with two electronic dynamometers relieve moment.

In the test result is fast stepper motors for compliance with passport requirements.

Keywords: stepper motor characteristics.

**Постановка проблеми.** При розробці сучасних автоматизованих пристроїв застосовують крокові двигуни (КД), які найбільш вдало узгоджуються з цифровими системами, оскільки вони представляють собою елементи дискретного типу і виконують різноманітні функції: перетворення числа імпульсів в кутове переміщення вала, датчика кутових положень, електричного редуктора та диференціала і т. і. Продовжується розробка нових конструкцій двигунів, які відрізняються підвищеною швидкістю, статичною і динамічною точністю, потужністю та економічними показниками. Крокові двигуни отримали широке застосування в верстатах з числовим програмним керуванням, координатних столах, робототехніці, автоматизації технологічних процесів, пристроях подачі та дозування та побутових пристроях.

Проведення досліджень та випробувань КД необхідне на усіх етапах виготовлення та використання. На стадії проектування проводять випробування макетних екземплярів для перевірки відповідності показників та характеристик технічним умовам.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** Для крокових двигунів виділяють два основні класи характеристик: статичні та моментні [1]. Кожна з них має свої особливості, характерні для цього типу електричних машин. На рис. 1 наведено систематизацію характеристик КД, оцінювання яких під час контролю забезпечує базову перевірку працездатності та дає можливість встановити відповідність об'єкта контролю певним класам якості. [2] Експериментальне оцінювання цих характеристик є досить трудомістким та складним, вимагає точності та надійності. [1] З цією метою необхідно акцентувати увагу на аналізі наведених характеристик та параметрів (рис. 1).

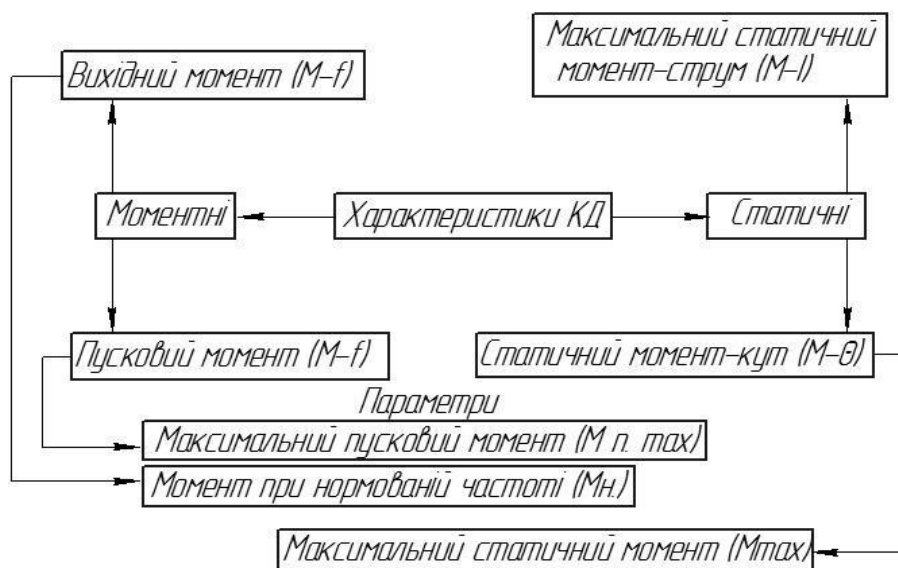


Рис. 1 - Основні характеристики та параметри КД

Зазвичай, в паспортних даних крокових машин вказуються не характеристики механічних та електричних величин, а числові значення основних параметрів, що характеризують двигун у відповідних важливих динамічних чи статичних режимах роботи (номінальний кут повороту, максимальний утримуючий момент, максимальна частота розгону і т. і.). [3] Ці параметри визначаються відповідно в процесі дослідження тих чи інших характеристик КД.

До статичних характеристик належать характеристики КД, які визначаються в стані спокою, серед них виділяють наступні залежності: максимального статичного моменту від струму в фазах і статичного моменту утримання від кутового відхилення відносно положення рівноваги. Остання є найбільш важливою, оскільки характеризує навантажувальну здатність і дозволяє визначити максимальне значення синхронізуючого моменту КД [4].

Для ідеального крокового двигуна, що має  $N$  кроків на оберт, характеристика  $M(\theta)$  розраховується таким чином [3]:

$$M(\theta) = M_{\max} \sin \left( \frac{p}{2 \cdot l} \cdot q \right) \quad (1)$$

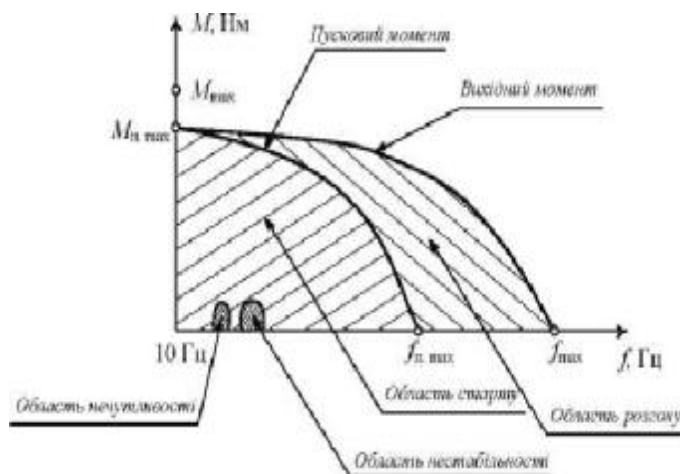


Рис. 2 - Моментні характеристики (криві обертання)

де  $M$  – статичний момент;  $M_{\max}$  – максимальний момент утримання (максимальний синхронізуючий момент);  $\lambda = 2\pi / N$  – номінальний кут кроку;  $\theta$  – кут повороту ротора.

Пускові та вихідні характеристики (або криві обертання) відносяться до класу моментних і визначають момент КД в процесі руху або на його початку. Вони представляють собою залежності моменту крокового двигуна від крокової частоти обертання. Тому, як правило, ці характеристики розглядаються сумісно [2]. На рис. 2 зображено типові залежності пускового та вихідного моментів КД.

**Викладення основного матеріалу.** В даній роботі запропоновано стенд для визначення моментних характеристик КД типу ШД 4 та ШД 5 м та їх основних параметрів.

Стенд складається з наступних вузлів: живлення, вводу (матрична клавіатура 4x4), індикації, мікроконтролера та блоку вихідних ключів. Керування стендом здійснюється за допомогою матричної клавіатури S1 – S16. Кожний з кнопок відповідає певне завдання. У відповідності до завдання мікроконтролер управляє вихідними ключами, що комутують обмотки КД у необхідній послідовності із заданою частотою. Схема керування кроковими двигунами представлена на рис. 3.

При дослідженні КД навантаження двигуна здійснюється стрічковим гальмом з двома тензометричними динамометрами. Загальний вигляд стенда представлений на фото (рис. 4).

Процес дослідження здійснюється в автоматичному режимі. Сигнал з тензометричних динамометрів через АЦП поступають на комп'ютер, де обробляються. Електрична схема перетворення зображена на рис. 5.

Механічні характеристики, отримані при дослідженні приведено на рис. 6. Характеристика ШД 5 м жорстка і досягає частоти в 2100 Гц. В свою чергу, характеристика ШД 4 менш жорстка і помітний різкий спад моменту на частотах 1000 і більше Гц. Досліджені моментні характеристики двигунів відповідають паспортним [5].

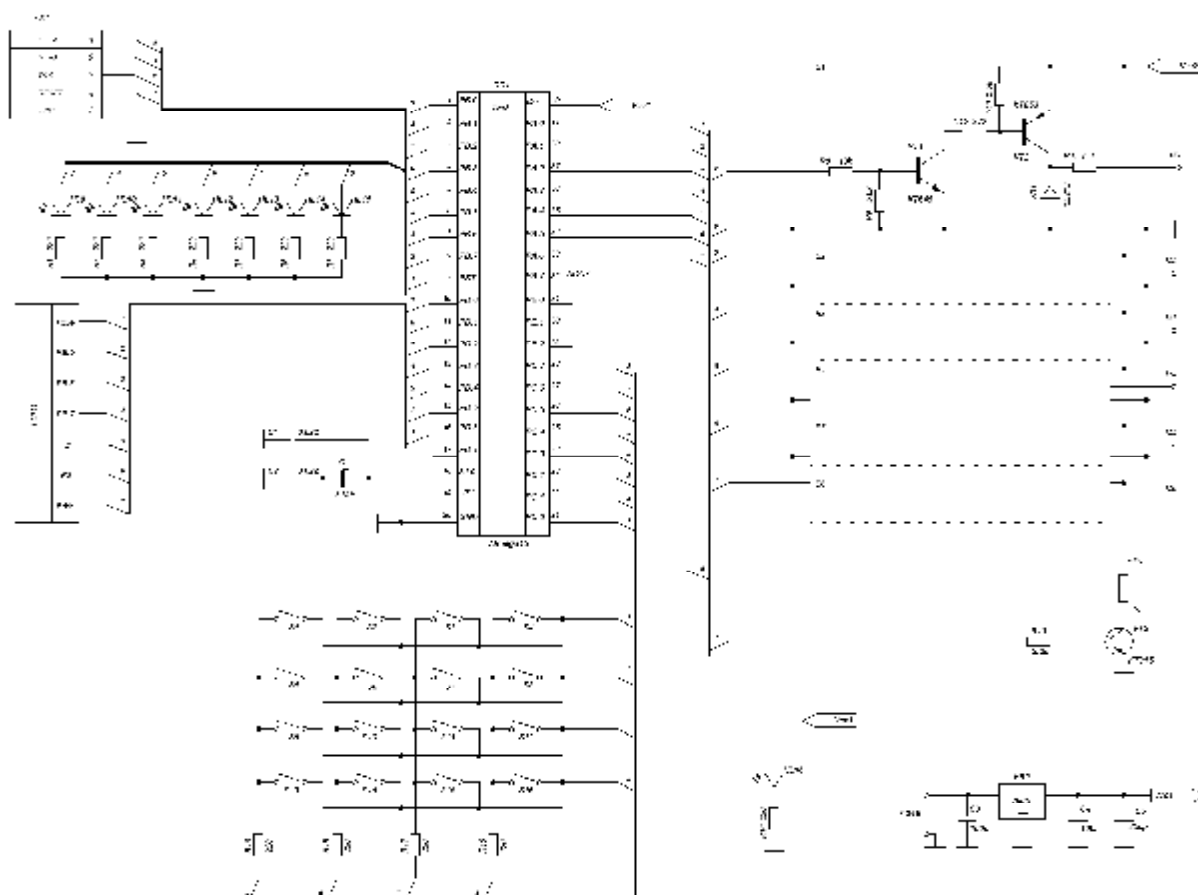


Рис. 3. Схема електрична принципова стенда для керування КД

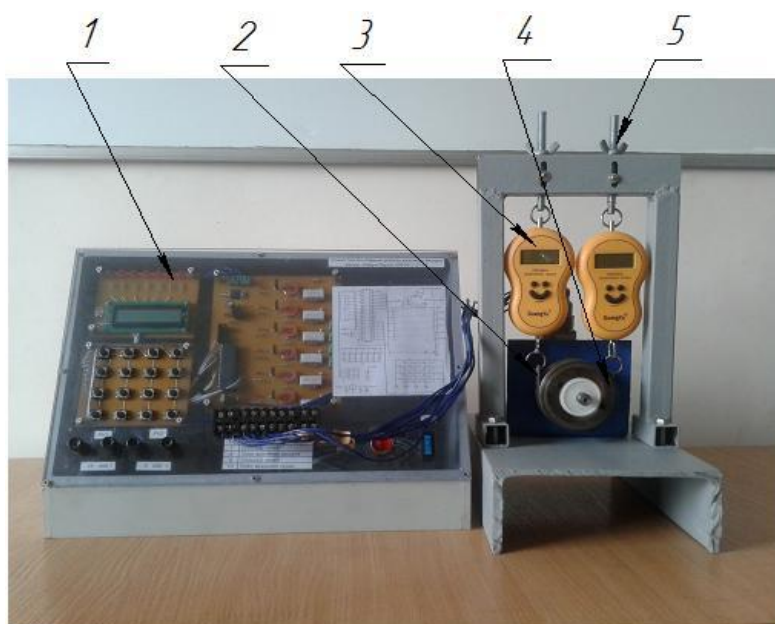


Рис. 4. Загальний вигляд стенду: 1 - Схема керування, 2 - стрічкове гальмо, 3 - тензометричний динамометр, 4 - шків, 5 - натяжний пристрій

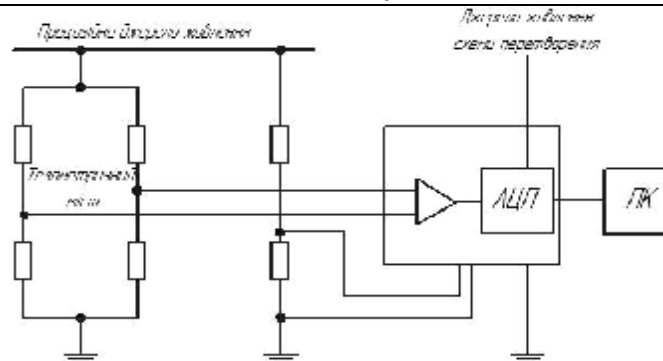


Рис. 5. Схема електрична принципова для зняття і обробки сигналу з тензометричного динамометра

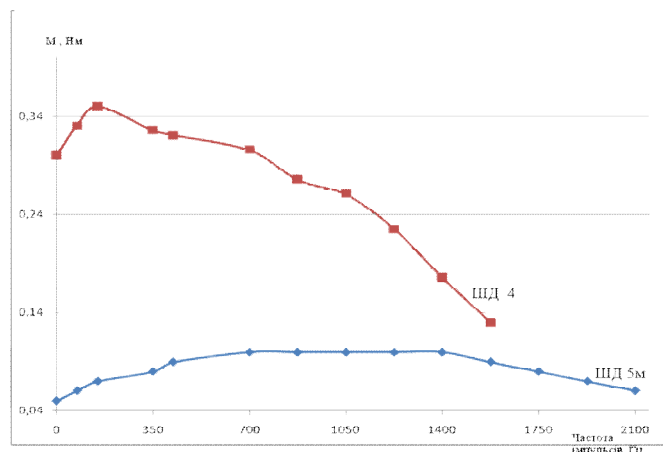


Рис. 6. Механічні характеристики крокових двигунів типу ШД 4 і ШД 5 м

**Висновки.** В результаті проведених досліджень крокових двигунів ШД 4 та ШД 5 м, отримано механічні характеристики даних двигунів, з яких можна визначити статичні та динамічні моментні параметри КД.

Таким чином стенд для зняття моментних характеристик КД володіє достатньою точністю та швидкодією, що забезпечується обробкою результатів досліджень на комп'ютері.

Запропонований пристрій можна використовувати на підприємствах, які випускають крокові двигуни з можливістю додаткової адаптації під конструкцію КД, а також в навчальному процесі для проведення наукових та лабораторних досліджень.

### Література

1. Кухарчук В.В. Автоматизований контроль параметрів крокових двигунів : [монографія] / В.В. Кухарчук, В.В. Усов. – Вінниця. – 141 с.
2. Кенио Т. Шаговые двигатели и их микропроцессорные системы управления / Кенио Т. ; [пер. с англ.]. – М. : Энергоатомиздат, 1987. – 200 с.
3. Ивоботенко Б.А. Дискретный электропривод с шаговыми двигателями / Ивоботенко Б.А., Рубцов В.П., Садовский Л.А. ; под общ. ред. М.Г. Чиликина. – М. : Энергия, 1971. – 624 с.
4. Исмаилов Ш.Ю. Автоматические системы и приборы с шаговыми двигателями / Исмаилов Ш.Ю. – 1968. – 136 с.
5. Карпенко Б.К. Шаговые электродвигатели / Карпенко Б.К. – К. : Техника, 1972. – 216 с.

### References

1. Kukharchuk V. Automated parameter control stepper motors: monograph V. V. Kukharchuk, V. V. Usov. – Vinnitsa – 141 p. [in Ukrainian]
2. Kenio T. Stepper motors and microprocessor control systems Translate from English. - Moscow: Energoatomizdat, 1987. 200 p. [in Russian]
3. Ivobotenko B.A., Rubtsov V.P., Sadowski L.A. Discrete actuator with stepper motors Moscow: Energiya, 1971. - 624 p. [in Russian]
4. Ismailov S. U. Systems and appliances of stepper 1968. – 136 p. [in Russian]
5. Karpenko B.K. Stepper motors. Kiev Technique 1972. - 216 p. [in Russian]

Рецензія/Peer review : 22.3.2013 р.

Надрукована/Printed :22.4.2013 р.