

**І.О. Коваленко, к.т.н., доц.
Я.В. Магалецький, студ.**

Житомирський державний технологічний університет

МІКРОПРОЦЕСОРНА СИСТЕМА ВИМІРЮВАННЯ ПУСКОВОГО МОМЕНТУ ЕЛЕКТРОДВИГУНІВ

Запропонована мікропроцесорна система (МПС) вимірювання пускового моменту для перевірки працездатності електродвигунів за їх нормативними характеристиками та параметрами, розроблена структурна схема цієї системи, яка поєднана з МПС та управляється програмним драйвером.

Як відомо, в електричному (тролейбусно-трамвайному, електрокарах), розвантажувально-завантажувальному (на підприємствах, залізницях, портах) транспорті та в гнучких виробничих системах (верстати ЧПУ, робототехніка) широке використання знайшли різноманітні типи електродвигунів. Останні в процесі експлуатації зношуються і потребують ремонту. Після ремонту електродвигуни необхідно протестувати (перевірити) на працездатність за їх нормативними характеристиками та параметрами. Одним з таких параметрів є пусковий момент електродвигуна, вимірювання якого дозволяє судити не тільки про придатність або не придатність до роботи двигуна, але і про якість виконаної роботи тим чи іншим двигуном після ремонту. Також зрозуміло, що така перевірка повинна проводитись у найкоротші терміни та в широких межах потужностей двигунів.

З цією метою запропонована мікропроцесорна система вимірювання пускового моменту електродвигунів за їх нормативними характеристиками та параметрами, яка дозволяє ефективно та з високою точністю виконувати вимірювання та будувати механічні характеристики двигунів на екрані монітора комп'ютера.

Розглянемо запропоновану систему на прикладі вимірювання пускового моменту асинхронного електродвигуна.

Обертальний момент асинхронного двигуна при короткому замиканні (пусковий момент M_n) залежить від положення ротора відносно статора; при провертанні ротора на одне зубкове ділення він змінюється між деякими найбільшим і найменшим значеннями.

Під коротким замиканням асинхронного двигуна розуміють режим живлення обмотки статора при замкненому накоротко і загальмованому роторі.

Залежність пускового моменту асинхронного двигуна від кутового положення його ротора зумовлюється паразитними синхронними моментами, які визначаються явищами синхронізму просторових гармонік МДС і поля при нерухомому роторі. Через синхронні паразитні моменти при нерухомому роторі з'являються характерні коливання пускового моменту в функції кута повороту ротора. Наявні аналітичні способи визначення пускового моменту вимагають знання багатьох параметрів, правильний облік впливу яких пов'язаний зі значними труднощами.

В даній статті запропоновано спосіб вимірювання пускового моменту, що може виконуватись у такій послідовності:

1. Вимірюють силу опору ΔQ_{α} у функції кута повороту ротора α привідного двигуна при відімкненому від електричної мережі випробуваному електродвигуні за один повний оберт і записують одержані значення в оперативний запам'ятовуючий пристрій комп'ютера (ОЗП).

2. Вимірюють силу, пропорційну пусковому моменту, залежно від кута повороту ротора за другий повний оберт привідного двигуна при підключеному до електричної мережі випробуваному електродвигуні, і також записують отримані значення $Q_{\alpha i}$ в ОЗП. При цьому на кожному значенні кута повороту ротора α_i виконують не одне, а k вимірювань для того, щоб отримати середньоарифметичні значення величин ΔQ_{α} і $Q_{\alpha i}$.

3. Виконують корекцію результатів вимірювань і визначають дійсне значення сили, що пропорційна пусковому моменту:

$$Q_{\alpha i} = Q_{\alpha i}^{ср} - \Delta Q_{\alpha i}^{ср}.$$

4. Обчислюють i -те значення пускового моменту при відповідному кутовому положенні ротора ВД:

$$M_{n i} = Q_{\alpha i} \cdot I.$$

5. Виводять числові значення пускового моменту і кута повороту на екран монітора і будують на реєструючому приладі залежність $M_n = f(\alpha)$.

6. Визначають мінімальне значення $M_{n_{\min}}$ і відповідний йому кут повороту α .

На рис. 1 показано структурну схему, яка реалізує запропонований спосіб вимірювання пускового моменту електродвигунів. Комп'ютерно-вимірювальна система містить випробувальний стенд, аналоговий вимірювальний канал (АВК), частотний вимірювальний канал (ЧВК) і мікропроцесорну систему (МПС).

Випробувальний стенд містить випробуваний двигун ВД, закріплений на основі. Ротор привідного двигуна ПД встановлено в підшипники, які закріплені в основі так, що корпус і статор ПД можуть вільно провертатись відносно ротора. Вільний кінець валу ВД муфтою ЗМ з'єднується з валом привідного двигуна. Важіль В закріплений на корпусі статора ПД і з'єднаний з ємнісним датчиком сили ЄДС. Вихід датчика сили підключено до входу аналогового вимірювального каналу АВК. Вал привідного двигуна з'єднано зі входом датчика кута ДК. Вихід ДК з'єднано зі входом частотно-вимірювального каналу ЧВК. Управління привідним і випробуваним електродвигунами здійснюється через тиристорний комутатор ТК.

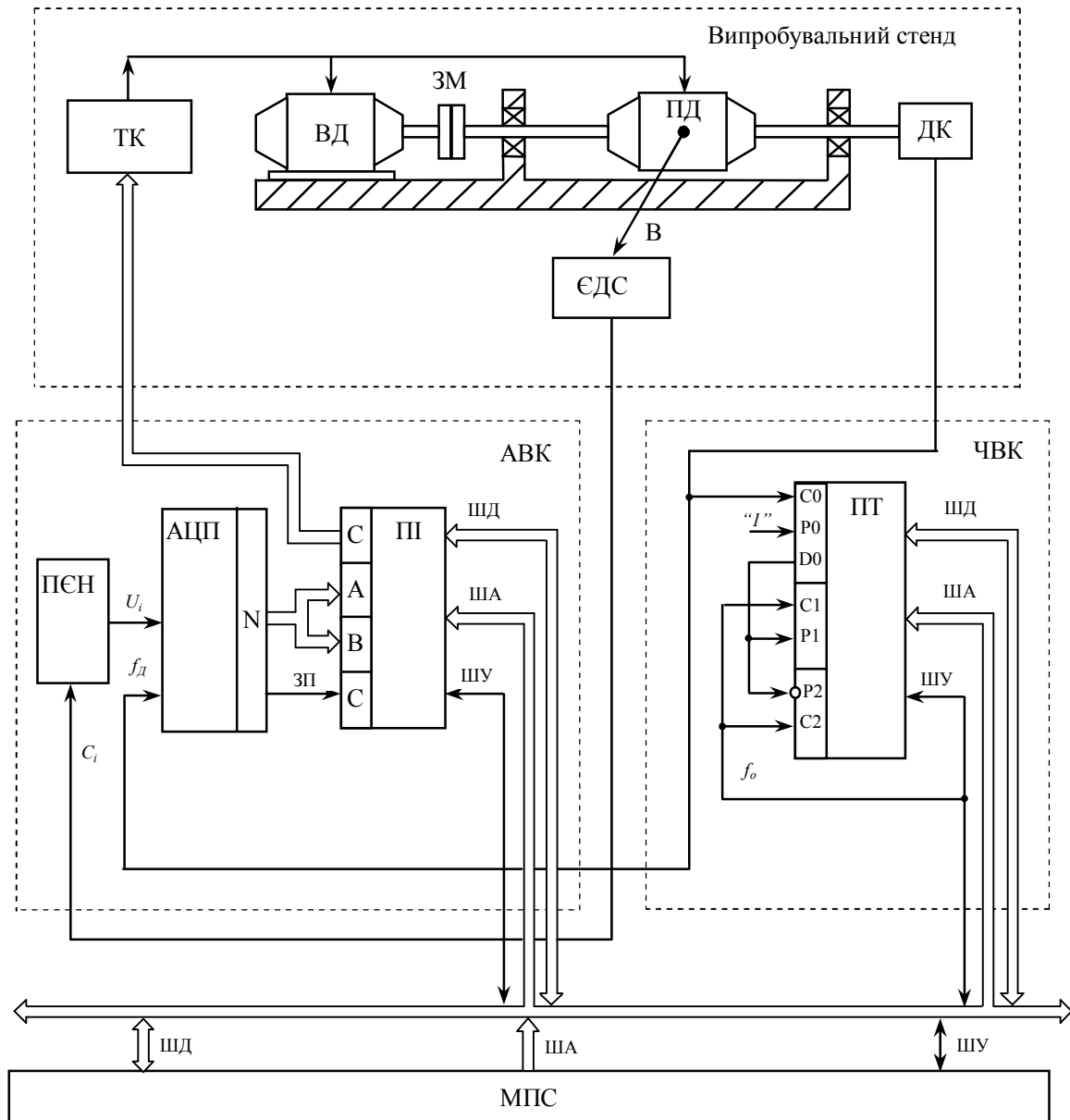


Рис. 1. Структурна схема комп'ютерно-вимірювальної системи пускового моменту

Аналоговий вимірювальний канал містить перетворювач ємність–напруга ПСН, аналогово-цифровий перетворювач АЦП і паралельний інтерфейс ПІ. Порти А і В паралельного інтерфейсу призначені для узгодження виходів АЦП із мікропроцесорною системою, а через порт С здійснюється управління тиристорним комутатором.

Частотно-вимірювальний канал реалізовано на програмованому таймері ПТ. Лічильник ЛТ0 програмованого таймера виконує функції пристрою виділення періоду, а лічильники ЛТ1 і

ЛТ2 – вимірювача кута повороту α . Запуск “ЗП” аналого-цифрового перетворювача здійснюється імпульсами f_d з виходу датчика кута.

Комп’ютерно-вимірювальна система пускового моменту працює під управлінням програмного забезпечення згідно з алгоритмом, наведеним на рис. 2.

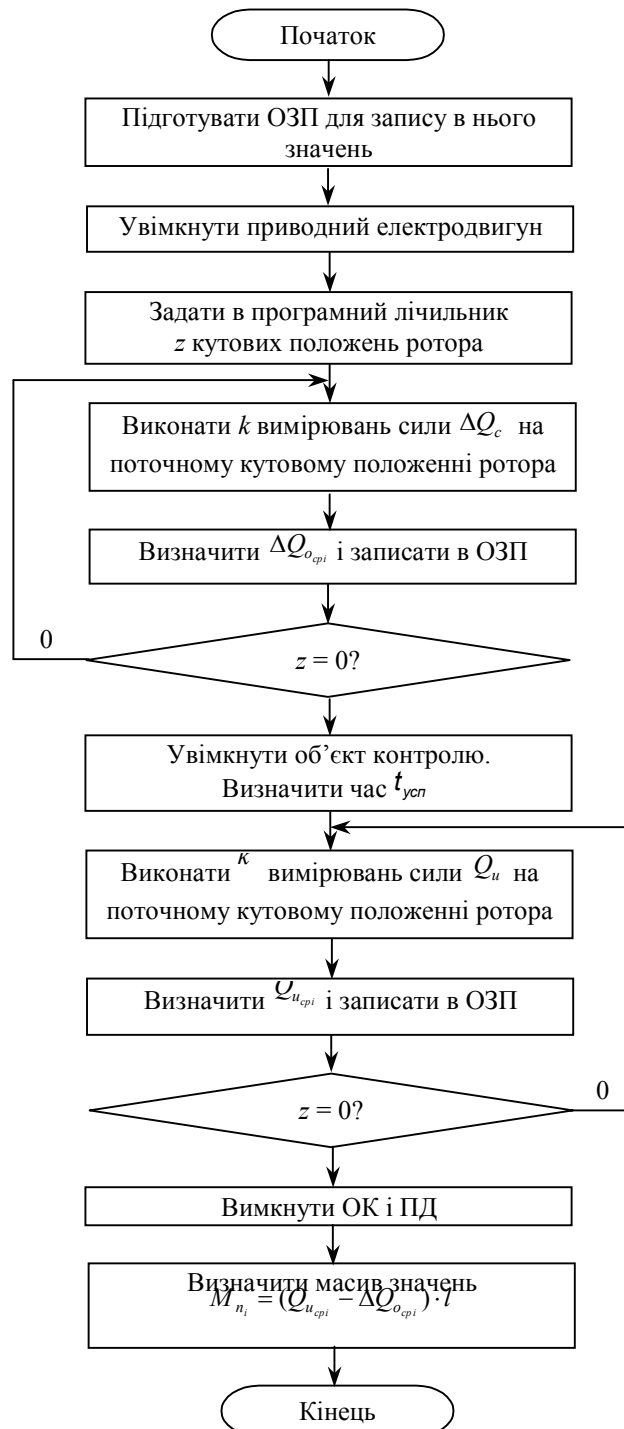


Рис. 2. Узагальнений алгоритм визначення пускового моменту електродвигуна

Перед вмиканням привідного двигуна в оперативному запам'ятовуючому пристрої МПС встановлюються початкова адреса і довжина буфера, в якому будуть зберігатися числові значення сили Q_c . Потім МПС переходить на підпрограму управління привідним двигуном.

Привідний двигун приводить в обертальний рух через муфту ротор випробуваного двигуна. При цьому на роботу КВС впливають дисипативні сили, сумарне значення яких $\Delta M_c = \Delta Q_c \cdot l$.

Сила ΔQ_c створює момент опору ΔM_o відносно осі ротора привідного двигуна, який передається на його статор і за допомогою важеля з довжиною плеча l діє на ємнісний датчик сили. На виході останнього з'являється напруга U_i , пропорційна силі опору ΔQ_o , яка через аналоговий вимірювальний канал записується в буфер оперативного запам'ятовуючого пристрою МПС. Момент опору ΔM_o вносить систематичну похибку при вимірюванні M_n :

$$\Delta M_o = (\Delta Q_{ВД} + \Delta Q_{ПД} + \Delta Q_{Ж} + \Delta Q_{П} + \Delta Q_{ВДД} + \Delta Q_{ВДП}) \cdot l,$$

де $\Delta Q_{ВД}$ – систематична похибка, що виникає від сил тертя $\Delta Q_{ПД}$ у підшипниках відповідно ВД і ПД; $\Delta Q_{Ж}$ – систематична похибка, зумовлена неідеальністю жорсткого з'єднання муфти і наспіввісності при поєднанні роторів привідного і випробуваного двигунів; $\Delta Q_{П}$ – систематична похибка, що виникає від сил тертя в підшипниках випробувального стенда; $\Delta Q_{ВДД}$, $\Delta Q_{ВДП}$ – вентиляційні втрати випробуваного і привідного двигунів відповідно.

Однак систематична ΔQ_o змінюється випадковим чином при повторних вимірюваннях. Для зменшення впливу випадкової складової похибки на кожному кутовому положенні α_i ротора виконують не одне, а k вимірювань сили ΔQ_o . Оскільки на результати вимірювань впливає значна кількість випадкових похибок, можна припустити, що густина розподілу ΔQ_o підпорядковується нормальному закону. Щоб зменшити вплив випадкового шуму, використаємо класичний метод згладжування за алгоритмом середньоарифметичного із вмісту буфера ОЗП:

$$\Delta Q_{o_{\text{ср}}} = \frac{1}{k} \sum_{k=1}^k Q_{ok}.$$

Після цього результат $\Delta Q_{o_{\text{ср}}}$ запам'ятовується, збільшується на одиницю адреси буфера сили опору і зменшується на одиницю вміст лічильника довжини буфера z .

Привідний двигун повертається на кут α_2 , ротор випробуваного двигуна і сила опору ΔQ_{o_2} діють на датчик сили через важіль. Тут механічна величина перетворюється в напругу, яка в АЦП аналогового вимірювального каналу перетворюється в цифровий код. Ця інформація через системну шину записується в буфер ОЗП. У такому стані ротора виконується також k вимірювань сили опору і обчислюється наступне значення $\Delta Q_{o_{\text{ср}2}}$. Результат запам'ятовується в наступній комірці ОЗП. І так триває до тих пір, поки привідний двигун не завершить перший повний оберт. У результаті цього в оперативному запам'ятовуючому пристрої сформується масив даних. При цьому адреса кожного елемента масиву, в якому зберігається поточне значення сили опору, відповідає поточному значенню кута повороту ротора ВД.

Після цього в момент проходження однієї з фаз мережі живлення через нуль тиристорний комутатор подає живлення на ВД. Через час, що дорівнює $t_{\text{уст}}$, по завершенні перехідного процесу у вимірювальному перетворювачі починається вимірювання моменту на роторі випробуваного двигуна. При цьому на датчик діє сила Q_u і напруга U_i на виході датчика через аналоговий вимірювальний канал записується в другий буфер ОЗП мікропроцесорної системи.

По завершенні другого повного оберту ротора ВД останній знеструлюється. Відмикається і привідний двигун. При цьому в ОЗП, крім масиву $\Delta Q_{o_{\text{ср}}}$, нагромаджується масив із z (кількість градацій модулятора датчика кута) значень $Q_{u_{\text{ср}}}$, також впорядкований за номером кутових положень.

Потім мікропроцесорна система обчислює значення пускового моменту в кожному з z кутових положень ротора:

$$M_{n_z} = (Q_{u_{\text{ср}z}} - \Delta Q_{o_{\text{ср}z}}) \cdot l.$$

Після цього програмно визначається мінімальне значення пускового моменту $M_{n_{\text{min}}}$ і відповідний йому кут повороту. Величина $M_{n_{\text{min}}}$ характеризує значення пускового моменту випробуваного електродвигуна. Можливе також виведення функціональної залежності $M_n = f(\alpha)$ на екран монітора або друкуючий пристрій.

Таким чином, розглянутий алгоритм виконання вимірювального експерименту й обробки результатів вимірювань дозволяє істотно підвищити точність вимірювання. Експериментальні дослідження показали, що вимірювання можуть виконуватись з похибкою, яка не перевищить 1,5 %. Гнучкість програмної реалізації вимірювальної системи дозволяє використовувати широкий спектр мікропроцесорних систем

та мікропроцесорів, навіть порівняно застарілих з малою швидкістю, а також деякі типи мікроконтролерів (при необхідності спрощення та здешевлення системи в цілому)

ЛІТЕРАТУРА:

1. Коваленко І.О., Коваль А.М. Метрологія та вимірювальна техніка. – Ж.: ЖІТІ, 2001.
2. Переверткин С.М. и др. МикроЭВМ в информационно-измерительных системах. – М.: Машиностроение, 1987.
3. Цапенко М.П. Измерительные информационные системы: структуры и алгоритмы, системотехническое проектирование. – М.: Энергоатомиздат, 1985.

КОВАЛЕНКО Іван Олексійович – кандидат технічних наук, доцент кафедри автоматизації і комп'ютеризованих технологій Житомирського державного технологічного університету.

Наукові інтереси:

- кібернетика;
- радіотехнічні системи;
- вимірювання і комп'ютерно-вимірювальна техніка.

МАГАЛЕЦЬКИЙ Ярослав Валентинович – студент факультету інформаційно-комп'ютерних технологій Житомирського державного технологічного університету.

Наукові інтереси:

- кібернетика;
- радіотехнічні системи;
- вимірювання і комп'ютерно-вимірювальна техніка.

Подано 20.09.2005