

УДК 631.01.83

**В.Федорейко, канд.техн.наук; В.Понятишин; М.Рутило**

*Тернопільський державний педагогічний університет ім. В.Гнатюка*

## ФІЗИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧИХ РЕЖИМІВ РОБОТИ ЕЛЕКТРОПРИВОДІВ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ МАШИН

*Спроектовано стенд для фізичного моделювання режимів роботи асинхронних електродвигунів за каналом навантаження та управління. Обґрунтована можливість дослідження регульованого електроприводу для різних за характеристикою навантажень з метою визначення енергозберігаючих режимів роботи при мінімізації дисперсії швидкості обертання електродвигунів у перехідних режимах.*

### Умовні позначення

$M_c$	– момент опору робочої машини, Н·м;
$M_0$	– момент опору тертя у рухомих частинах, що не залежить від швидкості, Н·м;
$M_{c,ном}$	– момент опору при номінальній швидкості $\omega_{ном}$ , Н·м;
$x$	– показник ступеня, що характеризує зміну статичного моменту при зміні швидкості;
$\delta A_\Sigma$	– сумарні втрати електродвигуна в динаміці, Вт·с;
$J_\Sigma$	– сумарний момент інерції привода, кг·м <sup>2</sup> ;
$\sigma_\omega$	– середньоквадратичне відхилення швидкості привода, рад/с;
$\omega$	– швидкість асинхронного двигуна, рад/с;
$\omega_{ном}$	– номінальна швидкість асинхронного двигуна, рад/с;
$\sigma_\omega^2$	– дисперсія швидкості привода, с <sup>-2</sup> .

Впровадження автоматизованих і регульованих електроприводів у технологічні та виробничі процеси АПК дозволяє значно зменшити енергомісткість і підвищити якість виконання робочих процесів. При проектуванні такого типу систем виникає необхідність оптимізації режимів їх роботи і на цій основі визначати параметри, реалізація яких дозволяє найбільш раціонально керувати і регулювати виконання технологічних процесів.

На даному етапі розгляду актуальним є підвищення ефективності застосування регульованих асинхронних електроприводів за рахунок використання пристроїв регулювання їх швидкості (перетворювачі частоти, регулятори напруги тощо). Сформульована проблема обумовлює необхідність експериментальних досліджень електроприводів на випробувальних стендах у лабораторних умовах. Це дозволяє моделювати необхідні режими роботи, багаторазово повторювати експерименти при цілеспрямованій зміні режиму і впливу факторів, а також заощаджувати час виконання досліджень та підвищувати коректність отриманих результатів.

Моделювання режимів роботи електромеханічних систем пов'язане із створенням фізичної моделі електропривода. Для виконання аналогічних досліджень у літературі наводяться подібні стенди [1,2], однак промисловість їх серійно не випускає, крім цього, вони не забезпечують реалізації певного режиму роботи в необхідному обсязі.

Одним з недоліків наявних стендів є неможливість функціонального відтворення механічної характеристики реальних робочих машин, яку описує залежність:

$$M_c = M_0 + (M_{c,ном} - M_0) \left( \frac{\omega}{\omega_{ном}} \right)^x, \quad (1)$$

У нашому випадку необхідно моделювати навантаження на проміжку  $x=0, x=1, x=2, x=3, x=-2$ , відстежуючи одночасно величину граничної дисперсії швидкості асинхронного двигуна, від величини якої залежать втрати електроенергії в перехідних режимах [3]:

$$\delta A_\Sigma = 4J_\Sigma (\omega \sigma_\omega + \sigma_\omega^2), \quad (2)$$

Очевидна необхідність аналізу таких режимів роботи, які визначали б критичне значення  $\sigma^2_{\omega}$ , з точки зору економічної доцільності. Аналіз залежності (2) виявляє, що, створюючи широкосмужні частотні збурення в динаміці, можна з допомогою стендових досліджень вийти на оптимальні режими роботи реального електропривода. Крім того, вказані дослідження дозволяють створювати системи контролю границь зони ефективної роботи електропривода в цілому, необхідність їх викликана загальною проблемою енергозбереження. В основі описаних систем має бути обчислювальний комплекс – енергетична модель електромеханічного пристрою. Така модель повинна враховувати чотири складових: мережу; перетворювальний пристрій; двигун; технологічний механізм у площині раціонального використання електроенергії.

Для багатофакторних досліджень електроприводів у лабораторії “Енергетичний менеджмент” при ТДПУ спроектовано і випробувано універсальний автоматизований стенд, що об’єднує комплекс пристроїв та приладів для дослідження статичних та динамічних режимів роботи електроприводу. Блок-схема стенду подана на рис.1. На рис. 2 подано загальний вигляд стенду.

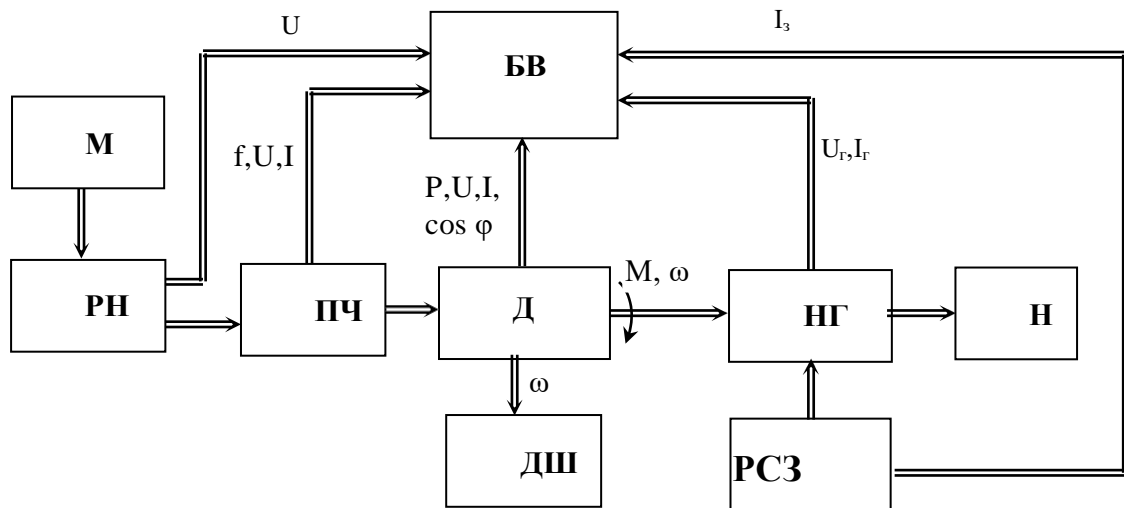


Рис.1. Блок-схема стенду:

М – мережа; РН – регулятор напруги; ПЧ – перетворювач частоти; Д – електродвигун; ДШ – датчик швидкості; НГ – навантажувальний генератор; РСЗ – регулятор струму збудження; Н – навантаження генератора; БВ – блок вимірювання.

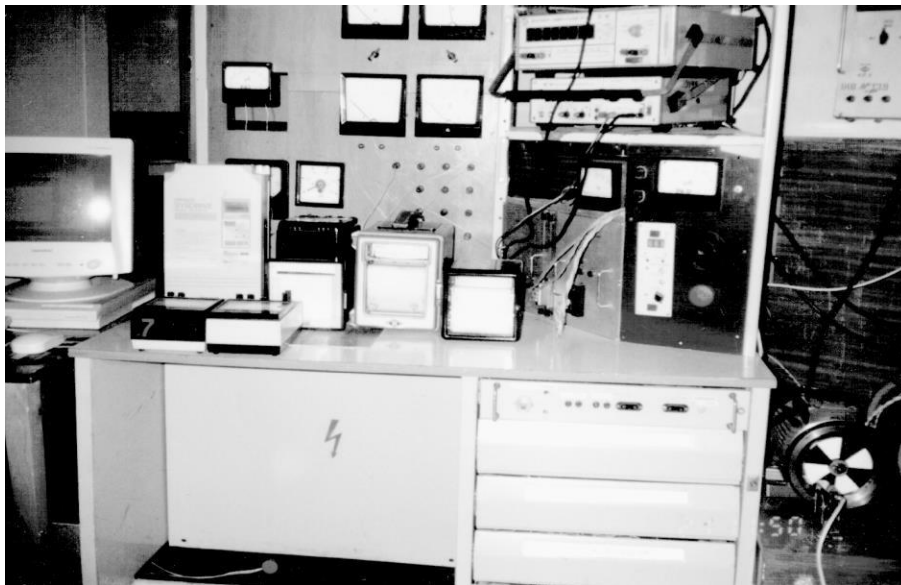


Рис.2. Загальний вигляд стенду.

Стенд забезпечує можливість під'єднання як регуляторів напруги, так і перетворювачів частоти. Напруга живлення регулюється в межах  $0,1 - 1,2 U_H$  за допомогою трьох однофазних автотрансформаторів, що дозволяє формувати різне за симетрією живлення. Стенд дозволяє досліджувати та отримувати дані для побудови характеристик холостого ходу, короткого замикання, механічних характеристик, відтворювати схемні рішення елементів автоматизованого електропривода, контролювати швидкість обертання ротора електродвигуна, та ін. Крім цього, на установці можлива реалізація замкнутих систем регулювання швидкості обертання, що дозволяє відпрацьовувати параметри і режими роботи регулятора, мінімізуючи вираз (2).

На даній установці є оптична система вимірювання швидкості обертання ротора двигуна, в якій використовується принцип широтно-імпульсної модуляції. Система побудована за структурною схемою поданого на рис.3.

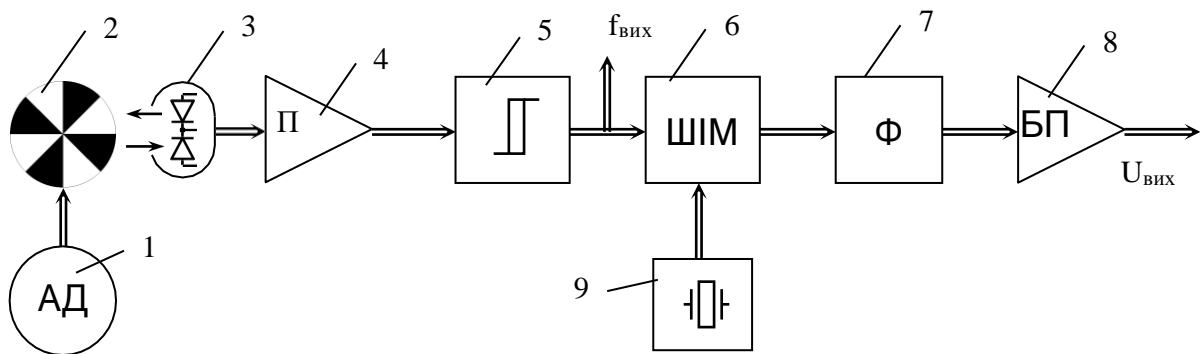


Рис.3. Структурна схема системи контролю швидкості обертання:

1 – асинхронний двигун; 2 – диск із секторами; 3 – оптична пара; 4 – підсилювач імпульсів; 5 – тригер Шмідта; 6 – широтно-імпульсний модулятор; 7 – диференціальна ланка; 8 – буферний підсилювач; 9 – кварцевий калібратор.

На валу електродвигуна закріплений диск, на який нанесені сектори з різною світловідбивною здатністю (білі й чорні).

Диск модулює інтенсивність світлого потоку з частотою, пропорційною до швидкості його обертання і кількості пар секторів на ньому. Сигнал з виходу оптопари підсилюється, і за допомогою тригера Шмідта відбувається амплітудна селекція вхідного сигналу і формуються прямокутні імпульси на його виході, необхідні для чіткої роботи широтно-імпульсного модулятора (ШИМ). ШИМ формує прямокутні імпульси з частотою вхідного сигналу, а тривалість імпульса і його амплітуда - сталі. Диференціальна ланка необхідна для згладжування імпульсів і отримання діючого значення на виході.

Згідно з вищесказаним залежність вихідної напруги  $U_{вих}$  від швидкості обертання вала двигуна  $U_{вих}=f(\omega)$  є лінійною, тобто прямопропорційною характеристикою (рис.4.).

Вихідний сигнал може використовуватися як для вимірювання швидкості обертання, так і для організації зворотних зв'язків у системах автоматизованого електроприводу. В даній установці для візуалізації числа обертів використовується цифровий вольтметр В6-17 з встановленим діапазоном і масштабним дільником дискретністю 0,01В (1 оберт), або самописний вольтметр типу Н370АМ.

Зведена відносна похибка такої системи вимірювання швидкості не більша за 1%.

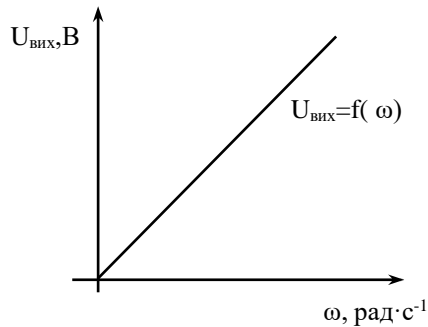


Рис.4. Залежність вихідної напруги тахометра від швидкості обертання двигуна.

Стенд побудований за системою: двигун – генератор (Д – Г), вали яких з’єднані через клинопасову передачу. Для моделювання механічних характеристик робочих машин служить навантажувальний генератор (НГ) типу ПЗ1 з незалежним збудженням. Форму кривої навантаження задає струм збудження генератора, обмотка якого живиться від незалежного регульованого джерела (РСЗ). Усі параметри електропривода (струм, напруга, потужність, момент, швидкість) контролюються, а при потребі реєструються у блоці вимірювальних приладів (БВП).

Перспективним напрямком дослідження динамічних режимів електроприводів є моделювання його робочих режимів у реальному масштабі часу. Для даного напрямку досліджень спроектована структурна схема (рис.5.) комплексу програмно-апаратних засобів з використанням ПЕОМ, які створюють можливість моделювання у динаміці механічних характеристик робочих машин, що застосовуються в АПК (вентиляторів, pomp, змішувачів, компресорів тощо).

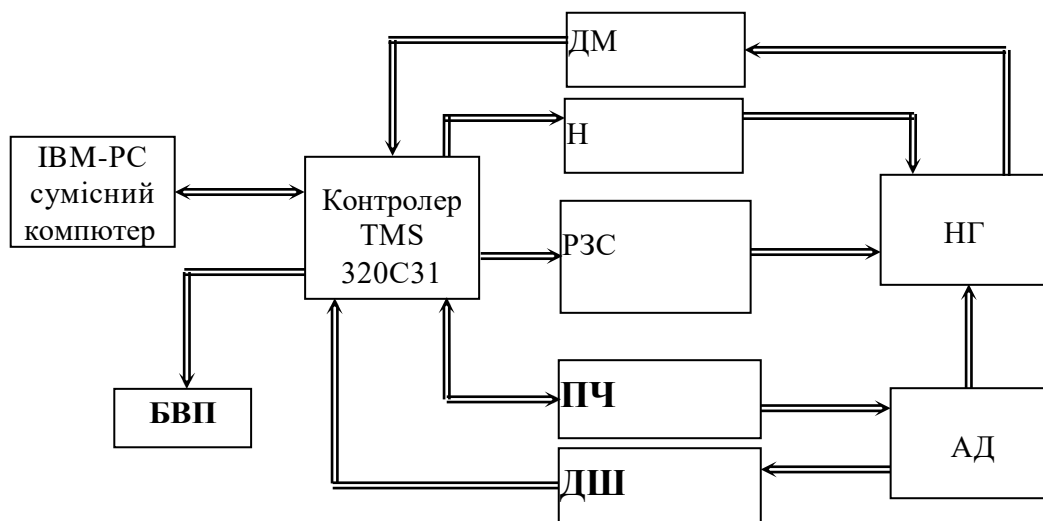


Рис.5. Структурна схема комплексу динамічного моделювання:

БВП – блок вимірювальних приладів; ДМ – датчик крутного моменту; Н – навантаження генератора; РСЗ – регулятор струму збудження; ПЧ – перетворювач частоти; ДШ – датчик швидкості; НГ – навантажувальний генератор; АД – асинхронний двигун.

Головним елементом системи є контролер на базі ЦПП TMS 320C31. Інтерфейс контролера забезпечує можливість отримувати дані з декількох аналогових і цифрових периферійних пристроїв і водночас керувати виконавчими механізмами через цифрові та аналогові вихідні канали. Модулі, з’єднані з датчиками аналогових сигналів, забезпечені електронною термокомпенсацією для зменшення похибки.

Дана система з допомогою пакетів програмних засобів дозволяє забезпечити реалізацію алгоритмів керування і регулювання, а також автоматичної реєстрації експериментальних даних. Крім того, виконується поточний контроль за системою

загалом. Засоби візуального спостереження відображають значення фізичних величин у будь-який момент часу.

Для задання робочих режимів роботи і законів регулювання, а також забезпечення зв'язку з оператором системи контролер оснащується інтерфейсом RS-232, через який здійснюється під'єднання до ПЕОМ.

Описані дослідження повинні проводитися в реальному масштабі часу, тому для їх реалізації використовується програмне забезпечення з використанням пакету MATLAB та інструменту візуального моделювання SIMULINK.

*The stand for physical simulation of modes of operations of asynchronous electric motors on the channel of a load and control(management) is developed. The opportunity of researches of the governed electric drive is shown at different on performance loads with the purpose of definition energy of saving modes of operations by minimization of a variance of speed of rotation of electric motors in transient regimes.*

### **Література**

1. Корчемний М.О. Динаміка асинхронних електроприводів сільськогосподарських машин при випадкових навантаженнях.–Дис... докт.техн.наук.–Київ, 1996. -422с.
2. Чуєнко Р.М. Універсальний стенд для лабораторних випробувань асинхронних електродвигунів// Науковий вісник національного аграрного університету. – 2000. - Вип.24.-С.181-187.
3. Федорейко В.С. Енергозберігаючі режими роботи електроприводів дозаторів потокових ліній приготування кормових сумішей// Науковий вісник національного аграрного університету. – 2000. - Вип.24-С.191-197.

*Одержано 28.02.01 р.*