

## ОСОБЛИВОСТІ РЕАЛІЗАЦІЇ НЕЙРОМЕРЕЖЕВОГО АЛГОРИТМА КОНТРОЛЮ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ЕЛЕКТРИФІКОВАНИХ МАШИН СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОГО ВИРОБНИЦТВА

Середин М. Ю., Балахонов О. М., Лисиченко М. Л.

*Харківський національний технічний університет сільського господарства імені Петра Василенка*

*Пропонується нейромережевий алгоритм контролю технічного стану електрифікованих машин сільськогосподарського виробництва. Запропонована інженерна методика по розробці систем контролю (діагностики) технічного стану на основі нейронних систем, яка може бути застосована на різних етапах експлуатації електрифікованих машин сільськогосподарського виробництва.*

**Постановка проблеми.** Основним видом електроприводу робочих механізмів виробничих об'єктів, завдяки простоті виробництва і експлуатації, являються асинхронні електродвигуни з короткозамкненим ротором. Широта їх застосування підтверджується тим, що такими електроприводами споживається до 40 % електроенергії, виробленої у світі [1]. А в сільському господарстві на їх долю припадає до 60% споживаної енергії. При цьому електродвигуни знаходяться в дуже важких експлуатаційних умовах: важкі режими роботи, низька якість електроенергії, пил, вологість, агресивне середовище, значне коливання температури та низькій рівень експлуатаційного персоналу. Тому будь які заходи і технічні рішення їх реалізації, що сприятимуть підвищенню рівня надійності є актуальними.

Уведення автоматизації управління технологічними процесами дозволяє до мінімуму понизити збиток від цих наслідків шляхом використання діагностування технічного стану електрифікованих машин сільськогосподарського виробництва (ЕМСГВ), у тому числі і електродвигунів, в робочих режимах. Даний ефект може бути досягнутий тільки за рахунок раннього виявлення дефектів, що зароджуються, а не шляхом планово-попереджувального ремонту, що використовується в більшості господарств, як на Україні так і в інших країнах світу.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** Покращенню економічної ефективності агропромислового виробництва присвячено немало наукових робіт. В останні роки широко розглядаються шляхи та методи оптимізації виробництва, де окремим аспектом йде впровадження наукоємних технологій в сільське господарство.

Використання методів і засобів контролю і аналізу поточного технічного стану на основі використання сучасної мікропроцесорної і комп'ютерної техніки дозволяє впровадити технологію обслуговування ЕМСГВ "по стану" [2], тобто обслуговування і ремонт виконуються залежно від реального поточного технічного стану ЕМСГВ, контрольованого в процесі експлуатації без яких-небудь розбирань і ревізій на базі контролю і аналізу відповідних параметрів. Це може стати джерелом істотного підвищення конкурентоспроможності, рентабельності і прибутковості підприємства. При цьому витрати на технічне обслуговування електродвигунів знижуються на 50-75 % порівняно

з обслуговуванням за системою планово-попереджувального ремонту.

Необхідність контролю технічного стану електрифікованих машин сільськогосподарського виробництва, невід'ємною частиною яких є електродвигун, обумовлюється зниженням його надійності в процесі експлуатації [2]. Своєчасне виявлення і усунення відмови в ЕМСГВ призводить до поліпшення кількісних характеристик надійності як окремо взятого елемента, так і технологічної лінії в цілому. Тому контроль є одним з ефективних шляхів підтримки надійності машин сільськогосподарського виробництва.

**Мета статті.** Пропонується застосування нейромережевого алгоритму для вирішення завдань контролю та діагностики технічного стану електрифікованого устаткування сільськогосподарських машин та їх робочих елементів.

**Основні матеріали дослідження.** Існуюче і створюване нині ЕМСГВ вимагає застосування перспективних методів контролю, заснованих на нових інтелектуальних комп'ютерних технологій, що дозволяють якісно поліпшити процес контролю та діагностики їх технічного стану.

У основі запропонованого нейромережевого алгоритму використовується метод параметричної ідентифікації, що полягає на зіставленні результатів вимірів параметрів реального ЕМСГВ з розрахунковими параметрами, вичисленими по його розробленій математичній моделі [3].

На рис. 1 показана типова реалізація методу параметричної ідентифікації.

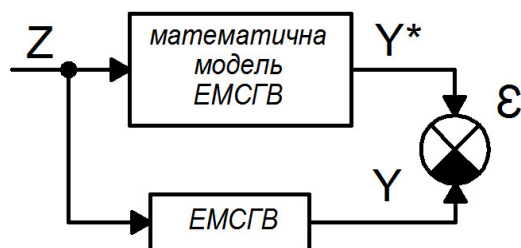


Рисунок 1 – Реалізація методу параметричної ідентифікації

де  $Z$  - вектор вхідних параметрів;

$Y^*$  - вектор вихідних параметрів, вичислених за допомогою математичної моделі ЕМСГВ, що є класи-

чною аналітичною моделлю;

$Y$  - вектор вихідних параметрів ЕМСГВ, отриманих шляхом виміру;  $\varepsilon = Y - Y^*$  - параметр, вихислений покомпонентним порівнянням векторів  $Y^*$  і  $Y$ .

В якості математичної моделі ЕМСГВ застосовується нейромережева модель. Спектр завдань, що вирішуються за допомогою такої моделі в рамках методу параметричної ідентифікації [4,5], досить широкий: від завдань контролю і діагностики технічного стану ЕМСГВ до вказівок потрібної корекції його параметрів.

Основні етапи інженерної методики побудови нейромережевої моделі включають:

- попередній аналіз даних на етапі постановки завдання вибору архітектури нейронної мережі;
- перетворення даних (попередня обробка) для підвищення ефективності процедури налаштування мережі;
- вибір архітектури і структури нейронної мережі;
- побудова алгоритму навчання;
- навчання і тестування нейронної мережі;
- аналіз точності нейромережевого рішення;
- ухвалення рішення на основі отриманих результатів.

Мета рішення задачі параметричної ідентифікації - побудова нейромережевої моделі ЕМСГВ за результатами стендових випробувань. Відмітною особливістю використання нейромережевих технологій для вирішення завдання контролю технічного стану ЕМСГВ є відсутність необхідності застосування математичної моделі, адекватно тієї, що описує складні фізичні процеси в ЕМСГВ. Допуски на вимірювані параметри, що задаються в процесі контролю, тут не задаються в явному виді, а формуються в процесі навчання нейронної мережі на повчальній вибірці.

Тепер розглянемо завдання контролю технічного стану ЕМСГВ на основі нейронних мереж в наступній постановці. Вважатимемо, що усі можливі стани ЕМСГВ можна розбити на класи  $A_1$  і  $A_0$ , що об'єднують споріднені стани, близькі між собою за певними показниками.

Клас  $A_1$  включає усі справні стани ЕМСГВ, а клас  $A_0$  об'єднує усі несправні стани, що характеризуються наявністю виходу хоч би одного контрольованого параметра за межі допуску. Вимагається за результатами обмеженого числа вимірів вектору вихідних параметрів ЕМСГВ  $Y = (y_1, y_2, \dots, y_n)$  прийняти рішення про приналежність ЕМСГВ до одного з вказаних класів станів. Рішення цієї задачі в загальному вигляді зводиться до знаходження деякої розділяючої функції в просторі контрольованих параметрів. Дослідження, проведені багатьма авторами [3,42], показали, що для вирішення завдання контролю технічного стану складних технічних систем використовувалася метрика. Отже, метрика застосовна і для вирішення завдання контролю технічного стану ЕМСГВ.

В основі пропонованої методики використовується побудова еталонної (усередненою) моделі ЕМСГВ, отриманої за результатами стендових випробувань і зберігається в нейромережевому базисі в якості інформаційного портрета технічного стану устаткування. В процесі контролю технічного стану ЕМСГВ здійс-

нюється вимір його параметрів; далі обчислюється метрика, що характеризує відмінність параметрів індивідуального ЕМСГВ і його еталонної (нейромережевої) моделі, тобто оцінюється приналежність вектору вихідних параметрів кожного з модулів ЕМСГВ до одного з класів  $A_1$  або  $A_0$ . За величиною цієї метрики приймається рішення про фактичний технічний стан досліджуваного ЕМСГВ.

Ідея пропонованого алгоритму контролю технічного стану ЕМСГВ полягає в наступному: стан ЕМСГВ представляється точкою в просторі контрольованих параметрів  $y_1, y_2, \dots, y_n$ . Для оцінки працездатності ЕМСГВ необхідно вчислити відстань від цієї точки до еталонної, такої, що відповідає справному стану устаткування [4,5]. Якщо ця відстань дорівнює нулю, то технічний стан ЕМСГВ співпадає з еталонним; чим більше величина вказаної відстані, тим більше відмінність параметрів контрольованого і еталонного.

В якості оцінок метричної відстані (метрик) можна виділити наступні:

- метрика Евкліда

$$d = \sqrt{\sum_{i=1}^n (y_i - y_{ie3}^{HC})^2}, \quad (1)$$

де  $y_i$  - виміряне значення і-го параметра ЕМСГВ;

$y_{ie3}^{HC}$  - еталонне значення цього параметра, що вчислений за допомогою нейронної мережі;

- метрика Чебишева

$$d = \max |y_i - y_{ie3}^{HC}|, \quad (2)$$

Фізичний сенс метрики (1) полягає в тому, що вона характеризує середньоквадратичне відхилення в просторі виходів (контрольованих параметрів) між ЕМСГВ і його еталонною моделлю, а метрика (2) характеризує найбільше відхилення між цими виходами.

При цьому у рамках запропонованого алгоритму робиться вчислення метричної відстані за формулами (1) і (2) як функції напрацювання ЕМСГВ з метою оцінки його працездатності в порівнянні з еталонним впродовж усього часу випробувань.

Для моніторингу дійсного стану ЕМСГВ розроблено апаратно - програмний комплекс для виконання робіт по аудиту стану і умов роботи електричної і механічної частини електродвигунів і пов'язаних з ними механічних пристроїв. Це зроблено на основі аналізу сигналів, що знімаються безпосередньо з ЕМСГВ, що досліджується.

Блок-схема комплексу складається з набору датчиків, що отримують сигнали з досліджуваної ЕМСГВ, плати збору дійсних параметрів та аналізатору даних. При проведенні повторних вимірів на цьому устаткуванні формується база даних, що дозволяє відстежувати динаміку розвитку ушкоджень в часі, що дає можливість завчасно планувати виведення устаткування в ремонт.

Блок-схема комплексу представлена на рис. 2.

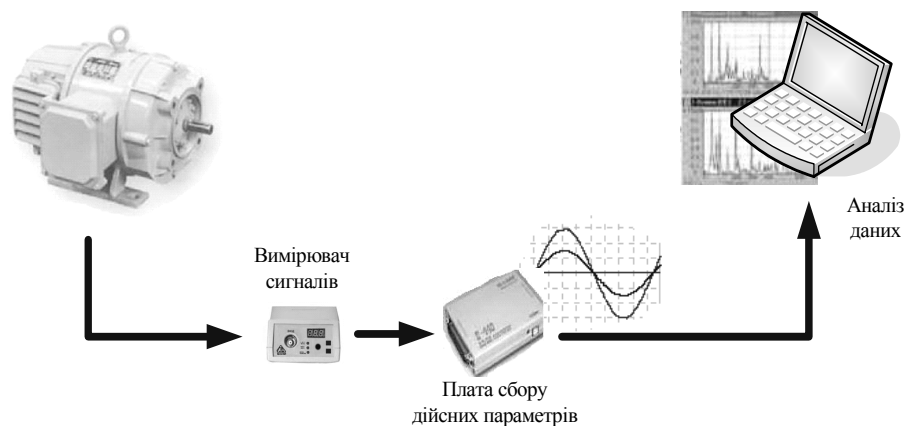


Рисунок 2 – Блок-схема комплексу

Проаналізовані дійсні параметри електричних і механічних частин електродвигунів і пов'язаних з ними механічних пристроїв далі надходять до нейромережі, де порівнюються з аналогічними ідеальними параметрами математичної моделі.

**Висновки.** Розроблений нейромережевий алгоритм контролю технічного стану ЕМСГВ в середовищі методу параметричної ідентифікації дозволяє:

- прогнозувати параметри конкретного екземпляра ЕМСГВ за результатами його випробувань;
- об'єктивно призначати допуски на розкид параметрів;
- оцінювати технічний стан ЕМСГВ в процесі експлуатації за величиною контрольованих параметрів на основі порівняння розрахункових і експериментальних даних.

Пропонований нейромережевий алгоритм контролю технічного стану ЕМСГВ може бути використаний для створення експертних систем діагностування електрифікованого устаткування.

#### Список використаних джерел

1. Бондаренко В. І. Основи електричного привода: [навч. посібн.] / В. І. Бондаренко – Запоріжжя: ЗНТУ, 2003. – 314 с.
2. Балахонов О. М. Модернізація вимірювального пристрою ТЭМП-4 / О. М. Балахонов, О. К. Тищенко, М. М. Вітренко // Вісник Харківського державного технічного університету сільського господарства: Проблеми енергозбереження та енергозабезпечення в АПК України – Харків: ХДТУСГ, 2003. – Вип. 19, Т.1. – С. 215-219.
3. Технические средства диагностирования: Справочник / В. В. Клюев, П. П. Пархоменко, В. Е. Абрамчук и др.; под общ. ред. В. В. Клюева. – М.: Машиностроение, 1989. – 672 с.
4. Хайкин С. Нейронные сети: [полный курс, 2-е издание; пер. с англ.] / Саймон Хайкин — М.: Издательский дом "Вильямс", 2006. – 1104 с.
5. Сейдж Э. П., Мелса Дж. Л. Идентификация систем управления / Э. П. Сейдж, Дж. Л. Мелса – М.: Наука, 1974. – 246 с.
6. Андреев М. А., Андреев А. Н., Водовозов А. М., Елюков А. С. Вычисление эквивалентных пара-

метров асинхронного электропривода по экспериментальным данным: матер. 5 между. научн.-техн. конф. ["Автоматизация и энергосбережение машиностроительного и металлургического производств, технология и надежность машин, приборов и оборудования"], (Вологда – 2009 г.) – Вологда: ВоГТУ, 2009. – Т.1 – С. 34-38.

#### Аннотация

### ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ НЕЙРОСЕТЕВОГО АЛГОРИТМА КОНТРОЛЯ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ЭЛЕКТРИФИЦИРОВАННЫХ МАШИН СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА

Середин М. Ю., Балахонов А. М., Лисиченко Н. Л.

*Предлагается нейросетевой алгоритм контроля технического состояния авиационного радиоэлектронного оборудования. Предложена инженерная методика по разработке систем контроля (диагностики) на основе нейронных систем, которая может быть применена на различных этапах эксплуатации электрифицированных машин сельскохозяйственного производства.*

#### Abstract

### FEATURES OF REALIZATION OF A NEURAL NETWORK ALGORITHM TO CONTROL OPERATING CONDITIONS OF ELECTRIFIED AGRICULTURAL MACHINERY

M. Seredin, O. Balahonov, M. Lysychenko

*The author presents a neural network algorithm to control operating conditions of electrified agricultural machinery. He offers an engineering procedure to develop systems of control (diagnosis) based on neural systems. The procedure under discussion can be applied at the different stages of maintenance of electrified agricultural machinery.*