



ЕНЕРГОВИРОБНИЦТВО (ЗА СПЕЦІАЛІЗАЦІЄЮ)

DOI <https://doi.org/10.32782/2220-8674-2025-15-1-19>

УДК 621.313.3.025.3-78

О. Ю. Вовк, канд. техн. наук

ORCID: 0000-0003-0154-6972

Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного

e-mail: Oleksandr.vovk@tsatu.edu.ua

ДІАГНОСТУВАННЯ ЕЛЕКТРИФІКОВАНИХ РОБОЧИХ МАШИН В ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ УМОВАХ

Анотація. У роботі отримано метод діагностування робочих машин з електроприводом. Він полягає у визначенні відносних втрат потужності в електродвигуні й механічній частині робочої машини за допомогою дослідів холостого ходу та короткого замикання. Ці досліді запропоновано проводити без застосування регулятора напруги, пристрою для загальмовування ротору і графічної побудови залежностей. Експериментальна перевірка встановила, що він здатен виявляти несправності, які можуть виникати в процесі експлуатації робочих машин. При цьому його технічна реалізація порівняно з існуючими є більш простою і не потребує специфічного обладнання і проведення значних розрахунків.

Ключові слова: асинхронний двигун, механічна частина, дослід холостого ходу, дослід короткого замикання, втрати потужності.

Постановка проблеми. На сьогодні для виробництва різноманітної продукції застосовується значна кількість робочих машин і механізмів з електроприводом. Найбільш розповсюджені електроприводи базуються на асинхронних двигунах з короткозамкненим ротором [1]. Їх загальна кількість становить приблизно 70 % від усіх електричних машин, задіяних у різноманітних технологічних процесах [2]. Чимале застосування асинхронні двигуни отримали через високу конструкційну надійність і порівняно незначну вартість виготовлення й монтажу [3]. Проте на європейських підприємствах щорічно виходять з ладу до 4 % асинхронних двигунів приводу робочих машин [4]. На їх відновлення витрачається близько 8 % грошового обігу галузей економіки [5]. Крім того, додатково виникають певні витрати, пов'язані з раптовою зупинкою технологічних процесів [6]. Виходи з ладу електродвигунів в експлуатаційних умовах відбуваються внаслідок недосконалості пристроїв керування й захисту, а також системи обслуговування асинхронних двигунів [7]. На сьогодні вони не забезпечують підтримання конструкційної надійності асинхронних двигунів в умовах різноманітних експлуатаційних впливів (відхилення й асиметрії живлячої напруги [8], технологічних перевантажень з боку робочих машин, вібрації, вологості, агресивності та температури навколишнього середовища тощо [9]). На функціональний стан приводних електродвигунів також впливає ступінь роботоздатності механічної частини робочої машини. Будь-які несправності, погіршення тертя між її окремими частинами призводять до додаткового навантаження на приводний електродвигун і до прискорення його зношення. Тому дослідження проявів аномальності функціонального стану як приводного електродвигуна, так і механічної частини робочої машини, а також розробка методу їх діагностування є актуальною задачею.

Аналіз останніх досліджень. Однією зі складових системи обслуговування асинхронних двигунів є діагностування. Воно дає змогу визначати функціональний стан електродвигунів і запобігати виникненню їх раптових виходів з ладу. Існуючі методи діагностування згідно [10–14] можна поділити так: часові, частотні, на основі штучного інтелекту. Часові методи діагностування полягають у вимірюванні одного або декількох параметрів через певні проміжки часу і порівнянні їх із базовими значеннями. За відхиленнями поточних значень від базових роблять висновок про справність асинхронних двигунів. Зазвичай методи не є складними в реалізації, але не дають можливості виявляти несправності, які зароджуються, і є чутливими до шумів мережі. Частотні методи діагностування полягають у розкладанні виміряного сигналу (струму, напруги, потужності тощо) у спектральний ряд і порівнянні його з еталонним. За спектрами сигналу, що відрізняються від еталона, виявляють певну несправність. Методи доволі точно дають змогу встановити несправність, що виникає під час експлуатації, але потребують наявності бази еталонних сигналів для кожного електродвигуна і значних розрахунків у разі наявності шумів мережі. Методи на основі штучного інтелекту базуються на штучній нейронній мережі й нечіткій логіці. За умови правильного навчання нейронної мережі такі методи є досить точними, але для здійснення такого навчання потрібно мати суттєвий обсяг даних для конкретного асинхронного двигуна щодо проявів його ймовірних несправностей.

Таким чином, існуючі методи діагностування мають певні недоліки, які призводять до обмеженого їх використання на практиці. До них належать такі: діагностування не всього електродвигуна, а тільки одного з його елементів; у разі діагностування електродвигуна загалом не вказується конкретний вузол, у якому з'явилося пошкодження; відсутність діагностування механічної частини робочої машини; значна вартість технічної реалізації процесу діагностування.

Формулювання мети статті (постановка завдання). У статті поставлено за мету розробку методу діагностування приводного електродвигуна й механічної частини робочої машини, який має просту технічну реалізацію і незначну вартість. Для цього потрібно обґрунтувати діагностичні параметри, методику їх визначення та застосування для встановлення функціонального стану робочої машини.

Основна частина. Розглянемо приводний асинхронний двигун як електромеханічний перетворювач енергії. З перетворенням електричної енергії у механічну в елементах його конструкції відбуваються втрати потужності, які обумовлені різними фізичними явищами. Причому кожен вид втрат локалізований у певних частинах об'єму асинхронного двигуна: електричні втрати в обмотці статора – у провідниках обмотки статора; електричні втрати в обмотці ротора – у провідниках обмотки ротора; втрати в магнітопроводі – переважно в осерді статора; механічні втрати – головню в підшипниках; додаткові втрати мають місце практично у всіх елементах електродвигуна (як у статорі, так і в роторі). Більшість несправностей, які виникають в електродвигуні під час його експлуатації, супроводжуються збільшенням втрат потужності в елементах його конструкції. Наприклад, виткове замикання в обмотці статора призводить до зменшення опору цієї обмотки і до збільшення сили струму у ній, як наслідок, збільшуються втрати потужності в обмотці статора. Зменшення перерізу стрижня обмотки ротора або його відрив у місці приєднання до кільця призводить до збільшення ковзання і, як наслідок, до збільшення втрат потужності в цій обмотці. Порушення ізоляції між листами магнітопроводу статора призводить до зменшення опору магнітопроводу вихровим струмам, до зростання вихрових струмів і, як наслідок, до збільшення втрат потужності в магнітопроводі статора. Погіршення змащення в підшипниках призводить до збільшення сил тертя і, як наслідок, до збільшення механічних втрат. Таким чином, відношення поточного значення втрат потужності в певному елементі конструкції до його базового значення є діагностичним параметром функціонального стану цього елемента. Отже, відношення поточного значення сумарних втрат

потужності в електродвигуні до його базового значення є діагностичним параметром функціонального стану електродвигуна загалом. Назвемо ці діагностичні параметри відносними втратами потужності й запишемо так:

$$B_{oc} = \frac{\Delta P_{e1}}{\Delta P_{e1(\delta)}} \cdot 100; B_{op} = \frac{\Delta P_{e2}}{\Delta P_{e2(\delta)}} \cdot 100; B_{m2} = \frac{\Delta P_{m2}}{\Delta P_{m2(\delta)}} \cdot 100; B_{mx} = \frac{\Delta P_{mx}}{\Delta P_{mx(\delta)}} \cdot 100, \quad (1)$$

де B_{oc} , B_{op} , B_{m2} , B_{mx} – відносні втрати потужності відповідно в обмотці статора, в обмотці ротора, в магнітопроводі, в механічній системі, %;

$\Delta P_{e1(\delta)}$, ΔP_{e1} – відповідно базові та поточні електричні втрати в обмотці статора,

Bm ; $\Delta P_{e2(\delta)}$, ΔP_{e2} – відповідно базові та поточні електричні втрати в обмотці ротора,

Bm ; $\Delta P_{m2(\delta)}$, ΔP_{m2} – відповідно базові та поточні втрати в магнітопроводі, Bm ;

$\Delta P_{mx(\delta)}$, ΔP_{mx} – відповідно базові та поточні механічні втрати, Bm ;

$$B_{\delta\sigma} = \frac{\Delta P_{\Sigma}}{\Delta P_{\Sigma(\delta)}} \cdot 100, \quad (2)$$

де $B_{\delta\sigma}$ – відносні сумарні втрати потужності у електродвигуні, %; $\Delta P_{\Sigma(\delta)}$, P_{Σ} – відповідно базові та поточні сумарні втрати потужності, Bm .

Асинхронний двигун вважається несправним, якщо виконується така умова [15]:

$$B_{\delta\sigma} > \frac{P_n}{\Delta P_n} \cdot \frac{1,15 - 0,85 \cdot \eta_n}{0,85 \cdot \eta_n - 0,15} \cdot 100, \quad (3)$$

де ΔP_n – номінальне значення сумарних втрат потужності електродвигуна (за паспортними даними),

Bm ; P_n – номінальна потужність електродвигуна (за паспортними даними), Bm ;

η_n – номінальний коефіцієнт корисної дії електродвигуна (за паспортними даними).

Визначати втрати потужності в окремих вузлах приводного електродвигуна в умовах експлуатації найбільш доцільно за допомогою дослідів холостого ходу й короткого замикання. Дослід холостого ходу пропонується проводити спочатку за з'єднання обмотки статора зіркою, а потім – трикутником. Це дає змогу отримати значення споживаної потужності і струму за двох різних значень прикладеної напруги без застосування регулятора напруги. За допомогою вольтметра, амперметра та ватметра вимірюють таке: $U_{x(1)}$, $U_{x(2)}$ – фазні напруги на затискачах електродвигуна в досліді холостого ходу за з'єднання відповідно зіркою і трикутником, B ; $I_{x(1)}$, $I_{x(2)}$ – сили фазних струмів електродвигуна в досліді холостого ходу за з'єднання відповідно зіркою і трикутником, A ; $P_{x(1)}$, $P_{x(2)}$ – активні потужності, споживані електродвигуном в досліді холостого ходу за з'єднання відповідно зіркою і трикутником, Bm . Після дослідів вимірюється r_{1x} – активний опір фази обмотки статора, Om . За результатами вимірювань визначаються втрати потужності в механічній системі:

$$\Delta P_{mx} = \frac{U_{x(2)}^2 \cdot (P_{x(1)} - 3 \cdot r_{1x} \cdot I_{x(1)}^2) - U_{x(1)}^2 \cdot (P_{x(2)} - 3 \cdot r_{1x} \cdot I_{x(2)}^2)}{U_{x(2)}^2 - U_{x(1)}^2}, \quad (4)$$

та втрати потужності у магнітопроводі:

$$\Delta P_{m2} = P_{x(2)} - 3 \cdot r_{1x} \cdot I_{x(2)}^2 - \Delta P_{mx}. \quad (5)$$

Дослід короткого замикання пропонується проводити за з'єднання обмотки статора відкритим трикутником. Унаслідок цього опори асинхронного двигуна збільшуються в 3 рази, що дає змогу проводити дослід короткого замикання за номінальної напруги мережі без

застосування регулятора напруги. За таких умов сила струму в обмотках статора приблизно в 1,5–2 рази перевищує номінальне значення, що дає можливість електродвигуну витримати нетривалий підвищений температурний вплив під час проведення досліду короткого замикання. Тому за таких умов проведення досліду короткого замикання регулятор напруги не потрібен. Крім того, за з'єднання обмотки статора відкритим трикутником і подачі на неї фазної напруги в обмотці протікатиме однофазний синусоїдний струм. Він обумовить утворення в електродвигуні пульсуючого магнітного поля, тому ротор буде нерухомий і загальмовувати його немає потреби.

У досліді за допомогою вольтметра, амперметра й ватметра вимірюють таке: U_{κ} – напруга на затискачах електродвигуна в досліді короткого замикання, B ; I_{κ} – сила струму в обмотці статора електродвигуна в досліді короткого замикання, A ; P_{κ} – активна потужність, яку споживає електродвигун у досліді короткого замикання, $Вт$. Після досліду вимірюється $r_{1\kappa}$ – активний опір фази обмотки статора, $Ом$. За результатами вимірювань визначаються електричні втрати в обмотці статора:

$$\Delta P_{e1} = 3 \cdot r_{1\kappa} \cdot I_{\kappa}^2, \quad (6)$$

та електричні втрати в обмотці ротора:

$$\Delta P_{e2} = P_{\kappa} - \Delta P_{e1} - \Delta P_{m2} \cdot \left(\frac{U_{\kappa}}{3 \cdot U_{x(2)}} \right)^2. \quad (7)$$

Сумарні втрати потужності у електродвигуні визначаються як сума (4) – (7), тобто

$$\Delta P_{\Sigma} = P_{e2} + \Delta P_{e2} + \Delta P_{m2} + \Delta P_{mx}. \quad (8)$$

Наведена методика визначення втрат потужності в електродвигуні має певний недолік, пов'язаний із точністю визначення їх абсолютних значень. Це обумовлено тим, що характеристики холостого ходу асинхронного двигуна потрібно знімати для більшої кількості точок, а дослід короткого замикання – проводити за його номінального струму. Тобто методика має деяку методичну похибку визначення абсолютних значень втрат потужності. Ця похибка має постійне значення в разі встановлення базових і поточних значень втрат потужності, що обумовлено незмінністю умов проведення досліду та розрахунку. У разі ділення одного абсолютного значення втрат потужності на інше методична похибка скорочується й отримується точне значення діагностичного параметра. Тобто наведена методика дає змогу точно встановлювати відносні втрати потужності у приводному електродвигуні та не потребує застосування регулятора напруги і пристрою для загальмовування ротора.

Діагностування асинхронного двигуна полягає у фіксації змін його функціонального стану протягом експлуатації за допомогою дослідів холостого ходу й короткого замикання за методикою, наведеною вище. Назвемо ці досліді випробуванням приводного електродвигуна. На початку експлуатації електродвигун, встановлений на новій робочій машині, вважається справним. На цьому етапі на ньому проводять базове випробування, за результатами якого встановлюють базові значення окремих втрат потужності за (4)–(7) та сумарних втрат за (8). Через деякий час експлуатації (індивідуальний для кожного типу робочих машин) проводять поточне випробування, за результатами якого встановлюють поточні значення окремих втрат потужності за (4)–(7) та сумарних втрат за (8). Потім визначають відносні сумарні втрати потужності в електродвигуні за (2) і порівнюють їх з допустимим значенням (3). Якщо нерівність (3) виконується, то електродвигун є несправним і його виводять у ремонт. Для полегшення пошуку несправного вузла визначають відносні втрати потужності в окремих вузлах електродвигуна за (1). Вузол, у якому найбільша відносна втрата потужності, вважається несправним і йому

потрібно приділити найбільшу увагу під час дефектації. Таких вузлів може бути декілька, якщо декілька відносних втрат суттєво відрізняються від інших. Таким чином, блок-схема визначення функціонального стану приводного електродвигуна за періодичного контролю в експлуатації має вигляд, наведений на рис. 1.

Розглянемо механічну частину робочої машини як електромеханічний перетворювач енергії. За перетворення електричної енергії у механічну в елементах її конструкції відбуваються втрати потужності, які обумовлені явищем тертя.

Якщо електродвигун, який приводить у рух механічну частину робочої машини, працює без приєднання до неї, то механічна потужність на його валу дорівнює механічним втратам у ньому, тобто

$$P_{mx(x.x.\partial\theta)} = \Delta P_{mx}, \quad (9)$$

де $P_{mx(x.x.\partial\theta)}$ – механічна потужність на валу електродвигуна, який працює на холостому ході, Вт.

Значення ΔP_{mx} (а відповідно і $P_{mx(x.x.\partial\theta)}$) визначається за (4) згідно з наведеною вище методикою.

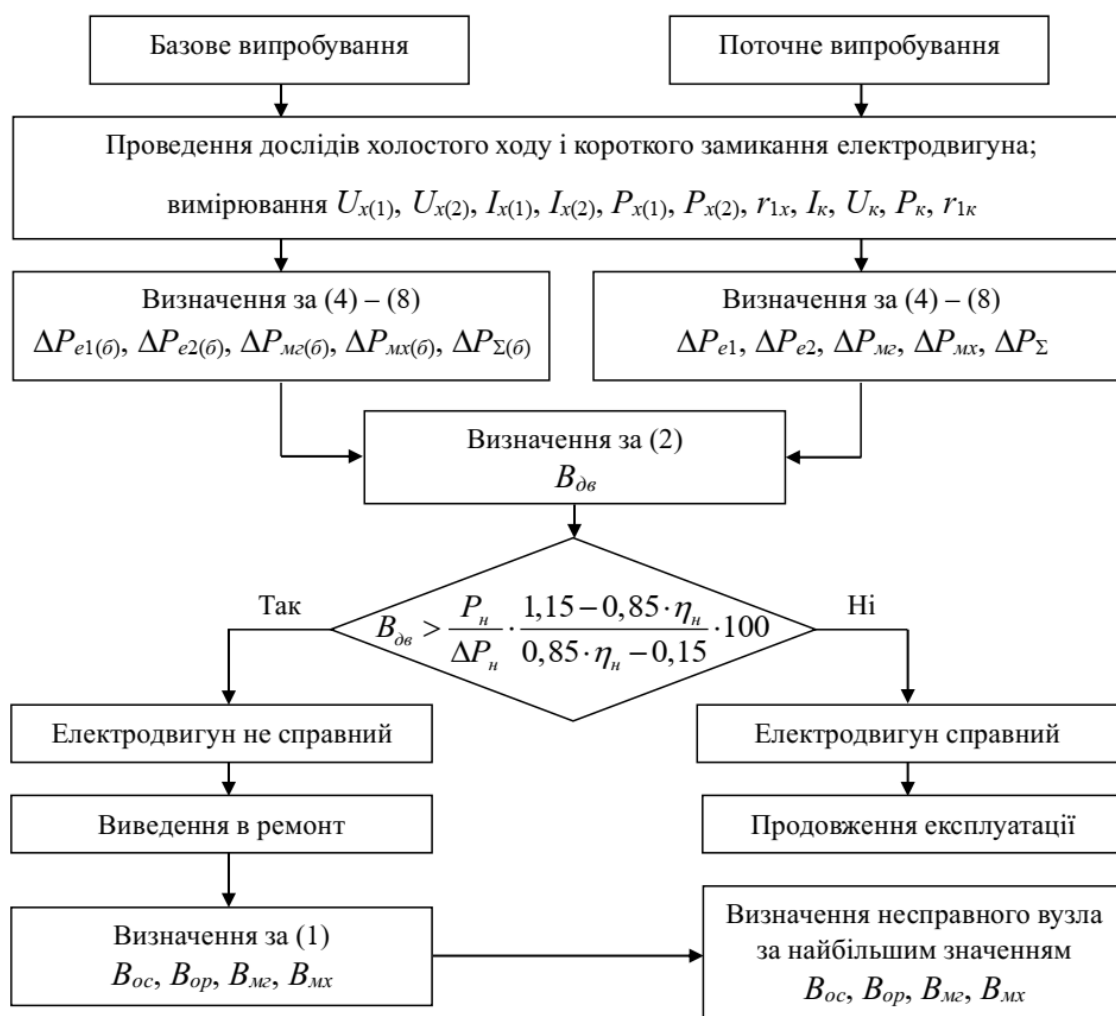


Рис. 1. Блок-схема визначення функціонального стану приводного електродвигуна за періодичного контролю в експлуатації

Якщо приводний електродвигун працює з приєднаною до нього робочою машиною, яка працює на холостому ході (тобто не завантажена сировиною, що у ній переробляється), то механічна потужність на його валу дорівнює:

$$P_{mx(x.x.pм)} = \Delta P_{mx} + P_{x.x.pм}, \quad (10)$$

де $P_{mx(x.x.pм)}$ – механічна потужність на валу електродвигуна, який працює з приєднаною незавантаженою робочою машиною, $Вт$; $P_{x.x.pм}$ – потужність, яка витрачається на тертя елементів механічної частини незавантаженої робочої машини, $Вт$.

Для визначення механічної потужності на валу електродвигуна, який працює з приєднаною незавантаженою робочою машиною, проводять його дослід холостого ходу за методикою, описаною вище, і розраховують $P_{mx(x.x.pм)}$ за (4).

З (10) випливає, що

$$P_{x.x.pм} = P_{mx(x.x.pм)} - \Delta P_{mx}. \quad (11)$$

У разі погіршення змащування окремих елементів механічної частини робочої машини або виникнення їх механічних ушкоджень збільшуватимуться втрати потужності в таких елементах, що обумовить зростання $P_{x.x.pм}$. Тому діагностичним параметром функціонального стану механічної частини робочої машини є відносна потужність, яка витрачається на тертя елементів механічної частини незавантаженої робочої машини, тобто

$$B_{pm} = \frac{P_{x.x.pм}}{P_{x.x.pм(б)}} \cdot 100, \quad (12)$$

де B_{pm} – відносна потужність, яка витрачається на тертя елементів механічної частини незавантаженої робочої машини, %;

$P_{x.x.pм(б)}$, $P_{x.x.pм}$ – відповідно базова та поточна потужність, яка витрачається на тертя елементів механічної частини незавантаженої робочої машини, $Вт$.

Механічна частина робочої машини вважається несправною, якщо виконується така умова:

$$B_{pm} > \frac{M_0}{M_0 + \Delta M_{0(дон)}} \cdot 100, \quad (13)$$

де M_0 – момент зрушення робочої машини, $Н \cdot м$;

$\Delta M_{0(дон)}$ – допустиме абсолютне відхилення моменту зрушення робочої машини (вказується у паспортних даних), $Н \cdot м$.

Діагностування механічної частини робочої машини полягає у фіксації змін її функціонального стану протягом експлуатації за допомогою дослідів роботи приводного електродвигуна без приєднаної механічної частини робочої машини (дослід холостого ходу електродвигуна) і з приєднаною незавантаженою механічною частиною робочої машини (дослід холостого ходу механічної частини робочої машини) аналогічно досліді холостого ходу електродвигуна, показаному вище. Назвемо ці досліді випробуванням механічної частини робочої машини. На початку експлуатації механічна частина нової робочої машини вважається справною. На цьому етапі на ній проводять базове випробування. За результатами цього випробування встановлюють базове значення потужності, яка витрачається на тертя елементів механічної частини незавантаженої робочої машини, за (4) і (11). Через деякий час експлуатації (індивідуальний для кожного типу робочих машин) проводять поточне випробування. За його результатами встановлюють поточне значення потужності, яка витрачається на тертя елементів механічної частини незавантаженої робочої машини, за (4) і (11). Потім визначають відносну потужність, яка витрачається на тертя елементів механічної частини незавантаженої робочої машини, за

(12) і порівнюють його з допустимим значенням (13). Якщо нерівність (13) виконується, то механічна частина робочої машини є несправною і її спрямовують на профілактичне обслуговування або виводять у ремонт. Таким чином, блок-схема визначення функціонального стану механічної частини робочої машини за періодичного контролю в експлуатації має вигляд, наведений на рис. 2.

У лабораторних умовах запропонований метод діагностування було перевірено на стрічковому транспортері. У нього було спочатку введено погіршення змащування механічної частини, а потім виткове замикання обмотки статора приводного електродвигуна. В обох випадках запропонований метод діагностування виявив ці несправності.

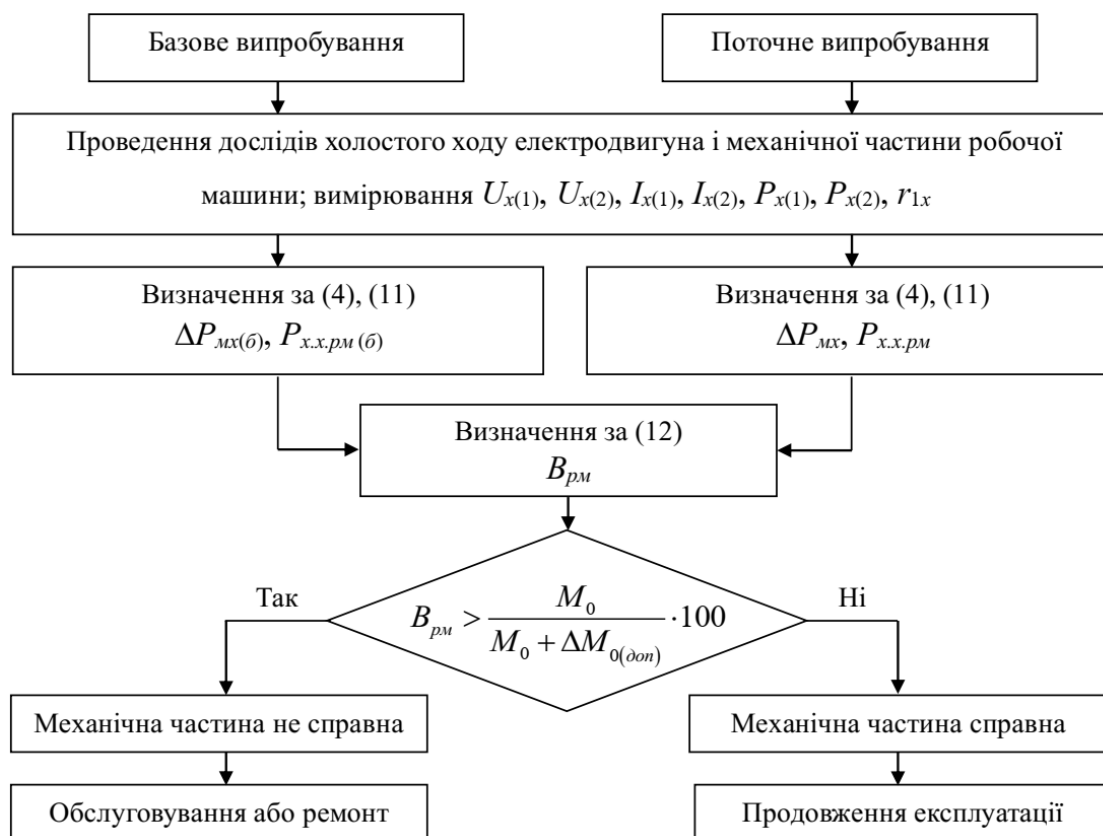


Рис. 2. Блок-схема визначення функціонального стану механічної частини робочої машини за періодичного контролю в експлуатації

Висновки. Таким чином, у роботі запропоновано метод діагностування робочих машин, які приводяться у дію електроприводом з асинхронним двигуном. Він спрямований на контроль функціонального стану як приводних електродвигунів, так і механічних частин робочих машин за періодичного контролю в експлуатаційних умовах. Метод ґрунтується на оригінальній методиці проведення дослідів холостого ходу й короткого замикання, яка не передбачає наявності регулятора напруги, пристрою для загальмовування ротору і графічних побудов. Як діагностичні параметри застосовано відносні втрати потужності в електродвигуні й механічній частині робочої машини. Складено блок-схеми для визначення несправності електрифікованих робочих машин. Недоліком запропонованого у статті методу є те, що його можна застосовувати тільки для робочих машин, у яких приводні асинхронні двигуни мають шість вивідних затисків. Подальші дослідження мають бути спрямовані на розробку методу діагностування несправностей окремих елементів механічних частин робочих машин.

Список використаних джерел

1. Cherif H., Benakcha A., Khechekhouché A., Menacer A., Chehaidia S.E., Panchal H. Experimental diagnosis of inter-turns stator fault and unbalanced voltage supply in induction motor using MCSA and DWER. *Periodicals of Engineering and Natural Sciences*. 2020. Vol. 8 (3). P. 1202–1216. <http://dx.doi.org/10.21533/pen.v8i3.1058>.
2. Maestre-Cambronel D., Rojas J.P., Duarte-Forero J. Evaluation of Faults in the Squirrel Cage Three-Phase Induction Motors. *Revista Ingenierías Universidad De Medellín*. 2022. Vol. 21 (40). P. 126–142. <https://doi.org/10.22395/rium.v21n40a8>.
3. Vovk O., Kvitka S., Halko S., Strebkov O. Energy-Saving Control of Asynchronous Electric Motors for Driving Working Machines. In *Modern Development Paths of Agricultural Production*; Springer: Cham, Switzerland. 2019. P. 415–423. https://doi.org/10.1007/978-3-030-14918-5_43.
4. Ferreira F.J.T.E., Baoming G., de Almeida A.T. Reliability and Operation of High-Efficiency Induction Motors. *IEEE Trans. Ind. Appl.* 2016. Vol. 52 (6). P. 4628–4637. <https://doi.org/10.1109/TIA.2016.2600677>.
5. Sudhakar I., Adi Narayana S., Anil Prakash M. Condition Monitoring of a 3- ϕ Induction Motor by Vibration Spectrum analysis using Fft Analyser – A Case Study. *Mater. Today: Proc.* 2017, Vol. 4 (2/A). P. 1099–1105. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2017.01.125>.
6. Tareq M.A. Al-Quraan, Vovk O., Halko S., Kvitka S., Suprun O., Miroshnyk O., Nitsenko V., Nurul Mohammad Zayed, K. M. Anwarul Islam. Energy-Saving Load Control of Induction Electric Motors for Drives of Working Machines to Reduce Thermal Wear. *Inventions*. 2022. Vol. 7 (92). <https://doi.org/10.3390/inventions7040092>.
7. Misra S., Kumar S., Sayyad S., Bongale A., Jadhav P., Kotecha K., Abraham A., Gabralla L.A. Fault Detection in Induction Motor Using Time Domain and Spectral Imaging-Based Transfer Learning Approach on Vibration Data. *Sensors*. 2022. Vol. 22. P. 8210. <https://doi.org/10.3390/s22218210>.
8. Rodriguez-Blanco M.A., Golikov V., Vazquez-Avila J.L., Samovarov O., Sanchez-Lara R., Osorio-Sánchez R., Pérez-Ramírez A. Comprehensive and Simplified Fault Diagnosis for Three-Phase Induction Motor Using Parity Equation Approach in Stator Current Reference Frame. *Machines*. 2022. Vol. 10. P. 379. <https://doi.org/10.3390/machines10050379>.
9. Al_Issa H.A., Qawaqzeh M., Kurashkin S., Halko S., Kvitka S., Vovk O., Miroshnyk O. Monitoring of power transformers using thermal model and permission time of overload. *International Journal of Electrical and Computer Engineering*. 2022. Vol. 13 (3). P. 2323–2334. <http://doi.org/10.11591/ijece.v12i3.pp2323-2334>.
10. Yiqi Liu, Ali M. Bazzi. A review and comparison of fault detection and diagnosis methods for squirrel-cage induction motors: State of the art. *ISA Transactions*. 2017. Vol. 70. P. 400–409. <http://dx.doi.org/10.1016/j.isatra.2017.06.001>.
11. Terron-Santiago C., Martinez-Roman J., Puche-Panadero R., Sapena-Bano A. A Review of Techniques Used for Induction Machine Fault Modelling. *Sensors*. 2021. Vol. 21. P. 4855. <https://doi.org/10.3390/s21144855>.
12. Garcia-Calva T., Morinigo-Sotelo D., Fernandez-Cavero V., Romero-Troncoso R. Early Detection of Faults in Induction Motors – A Review. *Energies*. 2022. Vol. 15. P. 7855. <https://doi.org/10.3390/en15217855>.
13. Gultekin M.A., Bazzi A. Review of Fault Detection and Diagnosis Techniques for AC Motor Drives. *Energies*. 2023. Vol. 16. P. 5602. <https://doi.org/10.3390/en16155602>.
14. Frosini L. Monitoring and Diagnostics of Electrical Machines and Drives: a State of the Art. *2019 IEEE Workshop on Electrical Machines Design, Control and Diagnosis (WEMDCD)*, Athens, Greece, 2019. P. 169–176. <https://doi.org/10.1109/WEMDCD.2019.8887815>.
15. IEC60034-1. International standard. Rotating electrical machines. Part 1: Rating and performance.

Стаття надійшла до редакції 25.03.2025 р.



O. Vovk
Dmytro Motornyi Tavria State Agrrotechnological University

DIAGNOSTICS OF ELECTRIFIED WORKING MACHINES IN OPERATING CONDITIONS

Summary

The work considers the control of the functional state of electrified working machines, which are driven by asynchronous motors. It is shown that they are the most widespread due to the high structural reliability of the drive electric motors. However, in practice, many cases of their failure are observed due to the presence of certain operational influences that are difficult to predict during design. One of the ways to correct this situation is to use periodic diagnostics of these working machines. Analysis of existing diagnostic methods revealed their imperfection, which complicates the application of these methods in production operation. Therefore, the paper substantiates rational diagnostic parameters relative power losses in the asynchronous motor and the mechanical part of the working machine, changes in which are caused by their malfunctions. These parameters allow assessing the functional state of the specified elements of the working machine during its periodic control under operating conditions. It is proposed to determine the specified diagnostic parameters using idling and short-circuit experiments. For the drive electric motor, both experiments are conducted, for the mechanical part of the working machine an idle test. The work proposes an original method for conducting the specified experiments, which allows you to get rid of the voltage regulator and the device for braking the rotor. The method of calculating diagnostic parameters based on the results of the specified experiments makes it possible not to perform graphical constructions of the characteristics of the electric motor. The work consists of block diagrams for detecting faults in the drive electric motor and the mechanical part of the working machine. Using the specified diagnostic parameters, the method of their determination and the block diagram for detecting faults, a method for diagnosing working machines with an electric drive based on asynchronous motors has been developed. Its technical implementation, in comparison with existing methods, is simpler and does not require specific equipment and significant calculations. Experimental verification of this diagnostic method has shown its ability to detect the most common faults in working machines. The disadvantage of the method is that it can be used only for asynchronous motors with six output terminals.

Keywords: asynchronous motor, mechanical part, no-load test, short-circuit test, power loss.