

ДІАГНОСТУВАННЯ АСИНХРОННИХ ДВИГУНІВ ЗА ВІДНОСНИМИ ВТРАТАМИ ПОТУЖНОСТІ

Вовк О.Ю., к.т.н.

*Таврійський державний агротехнологічний університет імені
Дмитра Моторного, м. Запоріжжя, Україна.*

Постановка проблеми. На сьогодні для приводу робочих машин і механізмів найбільше застосовуються електроприводи на базі асинхронних двигунів, кількість яких досягає 95 % від усіх електроприводів [1, 2]. Це пов'язано з високою конструкційною надійністю, значними енергетичними показниками та іншими характеристиками зазначених електродвигунів [3, 4]. Проте їх експлуатаційна надійність поки знаходиться на недостатньому рівні, тому що на підприємствах України щорічно спостерігаються відмови близько чверті встановлених асинхронних двигунів (хоча при іспитах на надійність за такий час відмовляє лише 2 – 3 %) [5, 6]. Однією з причин існування проблеми експлуатаційної надійності асинхронних двигунів є недостатність інформації про їх функціональний стан, який визначається шляхом діагностування [7, 8]. Дослідженням у напрямку діагностування зазначених електродвигунів присвячено багато робіт ([9, 10] та інші). У них наводяться результати розробок методів і засобів діагностування як електродвигунів в цілому, так і окремих їх вузлів. Аналіз робіт, пов'язаних з діагностуванням двигуна в цілому, виявив головні їх недоліки. А саме: вони не встановлюють пошкоджений вузол і мають значну вартість технічної реалізації.

Основні матеріали дослідження. З метою періодичного визначення функціонального стану асинхронного двигуна в цілому і окремих його вузлів пропонується застосовувати метод діагностування, у якому діагностичними параметрами є відносні втрати потужності [11]:

$$d_s = \frac{DP_s}{DP_{s6}}; \quad d_1 = \frac{DP_1}{DP_{16}}; \quad d_2 = \frac{DP_2}{DP_{26}}; \quad d_3 = \frac{DP_3}{DP_{36}}; \quad d_4 = \frac{DP_4}{DP_{46}}, \quad (1)$$

де DP_{s6} , DP_s – відповідно базові та поточні сумарні втрати потужності в електродвигуні, $Вт$; DP_{16} , DP_1 – відповідно базові та поточні втрати потужності в обмотці статора електродвигуна, $Вт$; DP_{26} , DP_2 – відповідно базові та поточні втрати потужності в обмотці ротора електродвигуна, $Вт$; DP_{36} , DP_3 – відповідно базові та поточні втрати потужності у магнітопроводі електродвигуна, $Вт$; DP_{46} , DP_4 – відповідно базові та поточні механічні втрати потужності електродвигуна, $Вт$.

Суть діагностування асинхронного двигуна полягає у наступному. На початку експлуатації під час налагодження робочої машини після її монтажу визначають базові втрати потужності. Через певний проміжок часу експлуатації визначають поточні втрати потужності. Розраховують відносні значення втрат потужності за (1). Якщо $d_s = 1$, то функціональний стан електродвигуна є номінальним; якщо $d_s > 1$, то неномінальним. Електродвигун потрібно виводити у ремонт, якщо d_s перевищує допустиме значення:

$$d_{s(\text{don})} = \frac{P_n}{DP_n} \times \frac{\eta}{\eta_n - 0,15(1 - \eta_n)} - 1 \frac{\ddot{o}}{\emptyset} \quad (2)$$

де DP_n – номінальне значення сумарних втрат потужності електродвигуна, *Вт*; P_n – номінальна потужність електродвигуна, *Вт*; η_n – номінальний коефіцієнт корисної дії електродвигуна.

У разі $d_s > d_{s(\text{don})}$ несправним вузлом електродвигуна є той, у якому відносні втрати потужності мають найбільше значення у порівнянні з іншими, і йому приділяють більшу увагу при дефектації після виведення у ремонт.

Визначення вказаних втрат потужності пропонується здійснювати за результатами дослідів холостого ходу і короткого замикання електродвигуна. Для спрощення технічної реалізації дослід холостого ходу необхідно проводити за двох значень живлячої напруги шляхом перемикання обмотки статора з зірки на трикутник. Дослід короткого замикання потрібно проводити, з'єднавши обмотку статора відкритим трикутником. Такі способи проведення цих дослідів не потребують додаткового регулятора напруги і пристрою для загальмовування ротору двигуна. Втрати потужності за результатами вказаних дослідів визначають так:

$$DP_4 = \frac{U_{x(2)}^2 (P_{x(1)} - 3r_{1x} I_{x(1)}^2) - U_{x(1)}^2 (P_{x(2)} - 3r_{1x} I_{x(2)}^2)}{U_{x(2)}^2 - U_{x(1)}^2}; \quad (3)$$

$$DP_3 = P_{x(2)} - 3r_{1x} I_{x(2)}^2 - DP_4; \quad (4)$$

$$DP_1 = 3r_{1k} I_k^2; \quad (5)$$

$$DP_2 = P_k - DP_1 - DP_3 \times \frac{\eta}{\eta} \frac{U_k}{3U_{x(2)}} \frac{\ddot{o}}{\emptyset}, \quad (6)$$

де $U_{x(1)}, U_{x(2)}$ – 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, $Вт$; r_{1x} – активний опір фази обмотки статора після досліді холостого ходу, $Ом$; U_k – напруга на затискачах електродвигуна в досліді короткого замикання, B ; I_k – сила струму у обмотці статора електродвигуна в досліді короткого замикання, A ; P_k – активна потужність, яку споживає електродвигун в досліді короткого замикання, $Вт$; r_{1k} – активний опір фази обмотки статора після досліді короткого замикання, $Ом$.

Для перевірки запропонованого методу діагностування у асинхронний двигун потужністю 2,2 кВт, для якого $\alpha_{(don)} = 1,19$, уводились такі несправності: 1) замикання у обмотці статора; 2) замикання у обмотці статора та зношення підшипника; 3) замикання у обмотці статора, зношення підшипника та обрив стрижня ротору; 4) замикання у обмотці статора, зношення підшипника, обрив стрижня ротору та порушення міжлистової ізоляції магнітопроводу статора.

Результати діагностування у зазначених випадках були такими:

- 1) $\alpha = 1,21$, $\alpha_1 = 1,36$, $\alpha_2 = 1,08$, $\alpha_3 = 1,08$, $\alpha_4 = 0,98$;
 - 2) $\alpha = 1,22$, $\alpha_1 = 1,36$, $\alpha_2 = 1,08$, $\alpha_3 = 1,08$, $\alpha_4 = 1,2$;
 - 3) $\alpha = 1,31$, $\alpha_1 = 1,43$, $\alpha_2 = 1,21$, $\alpha_3 = 1,08$, $\alpha_4 = 1,2$;
 - 4) $\alpha = 1,34$, $\alpha_1 = 1,47$, $\alpha_2 = 1,21$, $\alpha_3 = 1,32$, $\alpha_4 = 1,2$,
- тобто в усіх випадках метод виявляв ці несправності.

Висновки. Таким чином, у результаті досліджень запропоновано метод діагностування асинхронних двигунів на базі дослідів холостого ходу та короткого замикання без регулятора напруги і пристрою для загальмовування ротору. Він ґрунтується на відносних втратах потужності електродвигуна і дозволяє із достатньою для практики точністю визначати можливість подальшого застосування двигуна для приводу певної робочої машини.

Список використаних джерел

1. Квітка С.О., Безменнікова Л.М., Вовк О.Ю., Квітка О.С. Методи управління та апаратна реалізація сучасних перетворювачів частоти. *Праці ТДАТУ*. 2013. Вип.3, Т.2. С. 164–171.
2. Вовк О.Ю. Ресурсозберігаюче управління асинхронними електродвигунами. *Збірник тез доповідей VIII Міжнародної науково-практичної конференції пам'яті І.І. Мартиненка "Енергозабезпечення технологічних процесів"*. Мелітополь: ТДАТУ. 2019. С.12.
3. Квітка С.О., Вовк О.Ю., Квітка О.С. Дослідження втрат активної потужності в асинхронному електродвигуні. *Науковий вісник ТДАТУ*, 2017. Вип.7, Т.1. С. 126–134.

4. Квітка С.О., Вовк О.Ю., Стребков О.А., Волошина А.А. Розробка системи забезпечення ресурсоенергозберігаючого експлуатаційного режиму роботи асинхронного електродвигуна. *Енергетика і автоматика*. 2016. №4(30). С. 89–97.
5. Квітка С.О., Безменнікова Л.М., Вовк О.Ю., Квітка О.С. Пристрій захисту групи трифазних асинхронних електродвигунів від аварійних режимів роботи. *Праці ТДАТУ*, 2012. Вип.12, Т.2. С. 23–27.
6. Квітка С.О., Вовк О.Ю., Квітка О.С. Пристрій контролю функціонального стану та захисту групи асинхронних електродвигунів від аварійних режимів роботи. *Вісник ХНТУСГ*. 2014. Вип.153. С.85–87.
7. Вовк О.Ю., Квітка С.О., Безменнікова Л.М. Періодичне діагностування механічної частини робочої машини з асинхронним електроприводом в експлуатації. *Праці ТДАТУ*. 2012. Вип.12, Т.2. С. 54–58.
8. Квітка С.О., Вовк О.Ю., Квітка О.С. Пристрій контролю функціонального стану і захисту асинхронних електродвигунів від аварійних режимів роботи. *Вісник ХНТУСГ*. 2017. Вип.186. С. 90–92.
9. Вовк О.Ю., Квітка С.О. Періодичний контроль функціонального стану асинхронних електродвигунів за енергетичними показниками. *Праці ТДАТУ*. 2020. Вип.20, Т.4. С. 115–125.
10. Вовк О.Ю., Квітка С.О., Квітка О.С. Експлуатаційний контроль функціонального стану осердя та механічної системи асинхронних електродвигунів. *Науковий вісник ТДАТУ*. 2017. Вип.7, Т.1. С. 85–93.
11. Вовк О.Ю., Квітка С.О., Безменнікова Л.М. Обґрунтування параметрів функціонального стану асинхронних електродвигунів. *Праці ТДАТУ*. 2008. Вип.8, Т.9. С. 129–137.