

ОЦІНКА ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ПЕРІОДИЧНОГО ДІАГНОСТУВАННЯ АСИНХРОННИХ ЕЛЕКТРОДВИГУНІВ

Вовк О. Ю., Квітка С. О., Квітка О. С.

Таврійський державний агротехнологічний університет

Запропоновано методику оцінки економічної ефективності від впровадження періодичного діагностування асинхронних електродвигунів на підприємствах агропромислового комплексу.

Постановка проблеми. Сучасний електропривод, що реалізує процеси електромеханічного перетворення енергії, який в основному базується на використанні як приводних пристроїв асинхронних електродвигунів з короткозамкненим ротором, конструктивно не складний. Разом з тим спостерігається порівняно високий відсоток виходу з ладу вказаних електродвигунів, що обумовлено різними чинниками [1]. Один з яких – це відсутність або незадовільний рівень періодичного діагностування електродвигунів. Зазначене пов'язано як з невисоким впровадженням нових розроблених методів періодичного діагностування, так і з відсутністю достовірної і простої методики оцінки економічної ефективності впровадження періодичного діагностування.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Існуючі методики оцінки економічної ефективності, головним чином, враховують або загальну економічну ефективність від впровадження нової техніки, або метод підвищення експлуатаційної надійності від впровадження конкретних дій певних дослідників [2]. Нажаль, достовірні і проста методика оцінки економічної ефективності впровадження періодичного діагностування серед останніх відсутня.

Мета статті. Тому у статті пропонується розробити методику оцінки економічної ефективності періодичного діагностування асинхронних електродвигунів. В даному випадку вона являє собою оцінку економічної ефективності варіантів технічного сервісу електродвигунів без застосування періодичного діагностування і при його застосуванні.

Основні матеріали дослідження. Існуючий варіант технічного сервісу на основі системи планово-переджувальних ремонтів електрообладнання у сільському господарстві назовемо базовим. Варіант, що передбачає застосування періодичного діагностування, назовемо новим.

Розглянемо базовий варіант. Він передбачає певні сумарні витрати на отримання парка електродвигунів сільськогосподарського підприємства, які мають дві складові: витрати на технічний сервіс електродвигунів і витрати з причини відмов двигунів, тобто:

$$B_{\text{сум}} = B_{\text{серв}} + B_{\text{відм}}, \quad (1)$$

де $B_{\text{сум}}$ – сумарні витрати на отримання парка електродвигунів сільськогосподарського підприємства, грн.,

$B_{\text{серв}}$ – витрати на технічний сервіс електродвигунів, грн.,

$B_{\text{відм}}$ – витрати з причини відмов електродвигунів, грн.

До складу витрат на технічний сервіс електродвигунів входять витрати на періодичне обслуговування, поточні ремонти та інші витрати на утримання сервісної служби підприємства. До складу витрат з причини відмов електродвигунів входять витрати на демонтаж електродвигунів, доставку їх до місця ремонту, капітальні ремонти, а також монтаж та налагодження їх після ремонтів на робочому місці.

Витрати на сервіс електродвигунів залежать від вартості технічного сервісу електродвигуна певного типорозміру і загальної кількості електродвигунів даного типорозміру, які знаходяться на технічному обслуговуванні, тобто:

$$B_{\text{серв}} = \sum B_{\text{серв},i} \cdot N_{\text{заг},i}, \quad (2)$$

де $B_{\text{серв},i}$ – вартість технічного сервісу електродвигуна певного типорозміру, грн.;

$N_{\text{заг},i}$ – кількість електродвигунів даного типорозміру, які знаходяться на технічному обслуговуванні.

Враховуючи те, що

$$N_{\text{заг}} = \sum N_{\text{заг},i}, \quad (3)$$

де $N_{\text{заг}}$ – загальна кількість електродвигунів, які знаходяться на технічному обслуговуванні,

для подальшого аналізу вираз (2) представимо у такому вигляді:

$$B_{\text{серв}} = \frac{\sum B_{\text{серв},i} \cdot N_{\text{заг},i}}{\sum N_{\text{заг},i}} \cdot N_{\text{заг}}. \quad (4)$$

Якщо увести наступне позначення:

$$C_{\text{серв}} = \frac{\sum B_{\text{серв},i} \cdot N_{\text{заг},i}}{\sum N_{\text{заг},i}}, \quad (5)$$

де $C_{\text{серв}}$ – середня вартість технічного сервісу одного електродвигуна, грн.,

то в підсумку вираз (4) прийме такий вид:

$$B_{\text{серв}} = C_{\text{серв}} \cdot N_{\text{заг}}. \quad (6)$$

Витрати з причини відмов електродвигунів залежать від вартості ліквідації наслідків відмов асинхронних двигунів певного типорозміру і кількості електродвигунів певного типорозміру, що відмовили і знаходяться на технічному обслуговуванні, тобто:

$$B_{\text{відм}} = \sum B_{\text{відм},i} \cdot N_{\text{відм},i}, \quad (7)$$

де $B_{\text{відм},i}$ – вартість ліквідації наслідків відмов асинхронних електродвигунів певного типорозміру, *грн.*;
 $N_{\text{відм},i}$ – кількість електродвигунів певного типорозміру, що відмовили і знаходяться на технічному обслуговуванні.

Враховуючи те, що

$$N_{\text{відм}} = \sum N_{\text{відм},i}, \quad (8)$$

де $N_{\text{відм}}$ – загальна кількість електродвигунів, що відмовили і знаходяться на технічному обслуговуванні.

Для подальшого аналізу вираз (8) представимо у такому вигляді:

$$B_{\text{відм}} = \frac{\sum B_{\text{відм},i} \cdot N_{\text{відм},i}}{\sum N_{\text{відм},i}} \cdot N_{\text{відм}}. \quad (9)$$

Якщо увести наступне позначення:

$$C_{\text{відм}} = \frac{\sum B_{\text{відм},i} \cdot N_{\text{відм},i}}{\sum N_{\text{відм},i}}, \quad (10)$$

де $C_{\text{відм}}$ – середня вартість ліквідації наслідків відмови одного електродвигуна, *грн.*

то в підсумку вираз (9) прийме такий вид:

$$B_{\text{відм}} = C_{\text{відм}} \cdot N_{\text{відм}}. \quad (11)$$

Таким чином, сумарні витрати на отримання парка електродвигунів сільськогосподарського підприємства (1) з урахуванням (6) і (11) можна представити у наступному вигляді:

$$B_{\text{сум}} = C_{\text{серв}} \cdot N_{\text{заг}} + C_{\text{відм}} \cdot N_{\text{відм}}. \quad (12)$$

Вирази (1) – (12) відбивають загальні закономірності виникнення матеріальних витрат при технічному сервісі електродвигунів. Якщо розраховувати сумарні витрати за певний проміжок часу, наприклад за рік, то необхідно враховувати середню вартість річного технічного сервісу асинхронних електродвигунів і відсоток електродвигунів, що відмовили, від загальної їх кількості, тобто:

$$B_{\text{сум},p} = C_{\text{серв},p} \cdot N_{\text{заг}} + C_{\text{відм}} \cdot N_{\text{відм}} \cdot K_{\text{відм}}, \quad (13)$$

де $B_{\text{сум},p}$ – сумарні річні витрати на отримання парка електродвигунів сільськогосподарського підприємства, *грн.*,

$C_{\text{серв},p}$ – середня річна вартість технічного сервісу асинхронних електродвигунів, *грн.*,

$K_{\text{відм}}$ – відсоток електродвигунів, що відмовили, від загальної їх кількості за рік (коефіцієнт відмов).

У свою чергу, коефіцієнт відмов має три складові:

$$K_{\text{відм}} = K_{\text{відм},\text{поч}} + K_{\text{відм},\text{зах}} + K_{\text{відм},\text{серв}}, \quad (14)$$

де $K_{\text{відм},\text{поч}}$ – початковий коефіцієнт відмов, обумовлений недосконалістю конструкції і технології виготовлення електродвигунів, а також неправильним їх вибором для конкретних умов роботи;

$K_{\text{відм},\text{зах}}$ – коефіцієнт відмов, обумовлений незадовільним захистом асинхронних електродвигунів від аварійних режимів роботи;

$K_{\text{відм},\text{серв}}$ – коефіцієнт відмов, обумовлений низьким рівнем технічного сервісу асинхронних електродвигунів.

Отже, одним зі шляхів зниження сумарних річних витрат є підвищення рівня технічного сервісу. Цього дозволяє домогтись новий варіант технічного сервісу, який передбачає впровадження періодичного діагностування електродвигунів. Річні витрати на його впровадження залежать від вартості додаткового сервісу за рік і загальної кількості електродвигунів, що знаходяться на обслуговуванні, тобто:

$$Z_{\text{впр}} = C'_{\text{серв},p} \cdot N_{\text{заг}}, \quad (15)$$

де $Z_{\text{впр}}$ – річні витрати на впровадження періодичного діагностування електродвигунів, *грн.*;

$C'_{\text{серв},p}$ – середня річна вартість додаткового сервісу електродвигуна, *грн.*

Таким чином, сумарні річні витрати на отримання парка електродвигунів сільськогосподарського підприємства згідно нового варіанту технічного сервісу, який передбачає застосування періодичного діагностування, що дозволить підняти технічний сервіс на необхідний рівень (тобто відмови з його вини повинні припинитись), складуть:

$$B'_{\text{сум},p} = B_{\text{сум},p} - (C_{\text{відм}} \cdot N_{\text{відм}} \cdot K_{\text{відм},\text{серв}} - Z_{\text{впр}}), \quad (16)$$

де $B'_{\text{сум},p}$ – сумарні річні витрати на отримання парка електродвигунів сільськогосподарського підприємства згідно нового варіанту технічного сервісу, *грн.*

Отже, зниження збитків від виходів з ладу асинхронних електродвигунів з причини низького рівня технічного сервісу або річний прибуток сервісної служби буде дорівнювати:

$$P_p = C_{\text{відм}} \cdot N_{\text{відм}} \cdot K_{\text{відм},\text{серв}} - Z_{\text{впр}}, \quad (17)$$

де P_p – річний прибуток сервісної служби сільськогосподарського підприємства за рік згідно нового

варіанту технічного сервісу внаслідок підвищення рівня технічного сервісу, грн.

Підставивши (15) у (17) та виконавши перетворення, отримаємо:

$$P_p = N_{відм} \cdot (C_{відм} \cdot K_{відм.серв} - C'_{серв.p}) \quad (18)$$

У свою чергу, економічна ефективність від впровадження періодичного діагностування:

$$E = \frac{P_p}{3_{впр}} \quad (19)$$

Підставивши (15) і (17) у (19) та виконавши перетворення, отримаємо:

$$E = \frac{C_{відм} \cdot K_{відм.серв}}{C'_{серв.p}} - 1 \quad (20)$$

Розглянемо середню вартість ліквідації наслідків відмов для умовного випадку, коли на балансі сервісної служби знаходиться лише один електродвигун, причому вартість транспортування електродвигуна до місця ремонту і назад враховувати не будемо. Тоді отримаємо:

$$C_{відм} = \Gamma_{дм} + \Gamma_{кр} + \Gamma_{пн}, \quad (21)$$

де $\Gamma_{дм}$ – грошові витрати на демонтаж і монтаж електродвигуна, грн.;

$\Gamma_{кр}$ – грошові витрати на виконання капітального ремонту електродвигуна, грн.;

$\Gamma_{пн}$ – грошові витрати на виконання пуско-налагоджувальних робіт електродвигуна, грн.

У свою чергу, середня річна вартість додаткового сервісу електродвигуна дорівнює:

$$C'_{серв.p} = \Gamma_{\delta}, \quad (22)$$

де Γ_{δ} – річні грошові витрати на проведення періодичного діагностування електродвигуна, грн.

Виразимо грошові витрати, зазначені у (21) і (22) через вартість нового електродвигуна ($B_{\deltaв}$). Згідно [3] орієнтовно можна прийняти:

$$\Gamma_{дм} = 0,01 \cdot B_{\deltaв}; \Gamma_{кр} = 0,6 \cdot B_{\deltaв}; \Gamma_{пн} = 0,2 \cdot B_{\deltaв}; \\ \Gamma_{\delta} = 0,01 \cdot B_{\deltaв}.$$

Підставивши вказані значення у (21) і (22) отримаємо, що $C_{відм} = 0,81 \cdot B_{\deltaв}$; $C'_{серв.p} = 0,1 \cdot B_{\deltaв}$.

Крім того, відповідно до [4] орієнтовно можна прийняти, що $K_{відм.серв} = 0,04$.

Таким чином, економічна ефективність від впровадження періодичного діагностування буде дорівнювати:

$$E = \frac{0,81 \cdot 0,04}{0,01} - 1 = 2,24.$$

Висновки. В результаті дослідження було запропоновано методику оцінки економічної ефективності від впровадження періодичного діагностування при експлуатації асинхронних електродвигунів. Розрахунки за цією методикою показали, що збитки підприємств агропромислового комплексу від виходів з ладу електродвигунів знизяться більше, ніж у 2 рази, якщо вони будуть застосовувати періодичне діагностування встановлених асинхронних електродвигунів.

Список використаних джерел

1. Закладной А. Н. Методы оценки срока службы асинхронных электродвигателей / А. Н. Закладной, О. А. Закладной // Энергетика та електрифікація. – Київ, 2004. – № 4. – С.63–67.
2. Козярук, А. Е. Диагностика и оценка остаточного ресурса электромеханического оборудования машин и механизмов / А. Е. Козярук, А. В. Кривенко, Ю. Л. Жуковский, С. В. Бабурин, М. С. Черемушкина, А. А. Коржев. СПб.; Горный университет, 2013.– 90 с.
3. Расчёты экономической эффективности новой техники: Справочник / Под общ. ред. К. М. Великанова. – Л.: Машиностроение, 1990. – 448с.
4. Овчаров С. В. Ресурсоэнергосберегающие эксплуатационные режимы силового электрооборудования / С. В. Овчаров. – К.: Видавництво ТОВ "Аграр Медіа Груп", 2012. – 293 с.

Аннотация

ОЦЕНКА ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПЕРИОДИЧЕСКОГО ДИАГНОСТИРОВАНИЯ АСИНХРОННЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ

Вовк А. Ю., Квитка С. А., Квитка А. С.

Предложено методику оценки экономической эффективности от внедрения периодического диагностирования асинхронных электродвигателей на предприятиях агропромышленного комплекса.

Abstract

ASSESSMENT OF COST EFFICIENCY PERIODIC DIAGNOSING OF ASYNCHRONOUS ELECTRIC MOTORS

A.Vovk, S.Kvitka, A.Kvitka

It is offered a technique of assessment of cost efficiency from implementation of periodic diagnosing of asynchronous electric motors at the entities of agro-industrial complex.