

КЕРУВАННЯ АСИНХРОННИМИ ДВИГУНАМИ ПРИКЛАДНОЮ НАПРУГОЮ ДЛЯ МІНІМІЗАЦІЇ ВТРАТ ПОТУЖНОСТІ

Вовк О.Ю., к.т.н.

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

Постановка проблеми. Електромеханічне перетворення енергії у різних типах робочих машин і агрегатах базується на електроприводі, який у Європі споживає до 70 % виробленої електроенергії [1 – 3]. До 85 % всіх електроприводів споживають електроенергію змінного струму (головним чином, це асинхронні електроприводи) [4, 5]. Асинхронні двигуни, які є силовими приводними агрегатами таких електроприводів, значний час роботи функціонують з не оптимальним завантаженням, що обумовлює зменшення їх коефіцієнта корисної дії у порівнянні з максимальним значенням. На сучасному етапі для вирішення цієї проблеми використовують регульовані асинхронні електроприводи, які дозволяють економити до 40 – 50 % споживаної ними електроенергії і покращують показники технологічних процесів [6, 7]. Дослідженню та розробці таких електроприводів присвячено значна кількість робіт ([8, 9] та інші), у яких розглядаються різні способи керування. Проте всі вони майже не враховують конструктивні і режимні особливості робочої машини, яка приводиться в дію асинхронним двигуном приводу.

Основні матеріали дослідження. Існуючі робочі машини в залежності від їх роботи і конструктивних особливостей, головним чином, мають чотири види механічних характеристик: не залежна від швидкості, лінійно зростаюча, параболічна і гіперболічна. На базі аналітичного описання цих механічних характеристик і механічної характеристики асинхронного двигуна отримано рівняння ковзання електродвигуна для випадків його роботи у парі з кожним типом робочих машин. Ці рівняння є функцією завантаження робочої машини, її головних конструктивних параметрів і напруги на затискачах двигуна. В результаті аналізу процесу електромеханічного перетворення енергії в електродвигуні отримано рівняння його сумарних втрат потужності у функції напруги на затискачах, параметрів Г-подібної схеми заміщення і ковзання двигуна. Після підстановки рівнянь ковзання у останні встановлено остаточні рівняння втрат потужності. Наприклад, для робочих машин з параболічною механічною характеристикою (насосні агрегати, вентиляційні установки) рівняння втрат потужності має вигляд:

$$DP_S = DP_{const.H} \times k_u^2 + DP_{var.H} \cdot \frac{(r_1 + r_2 s_H)^2 + (x_1 + x_2)^2 \times k_u^2}{1 + \frac{(1 - s_H)}{k_3 \times 2 s_H} \left(k_u^2 - \sqrt{k_u^4 (1 - s_H) + k_3 \times 4 s_H (1 - M_*) (k_u^2 + k_3 \times s_H M_*)} \right) + (x_1 + x_2)^2}$$

(1)

де $DP_{const.H}$, $DP_{var.H}$ – відповідно постійні і змінні втрати в електродвигуні при номінальному завантаженні і номінальній напрузі, $Вт$; k_u – коефіцієнт зниження живлячої напруги щодо номінального значення;

k_3 – коефіцієнт завантаження електродвигуна; s_H – номінальне ковзання електродвигуна; M_* – відносне значення моменту зрушення робочої машини; r_1, x_1, r_2, x_2 – параметри Г-подібної схеми заміщення електродвигуна, $Ом$.

Чисельне розв'язання цього рівняння за мінімумом втрат потужності дозволяє встановити залежність між напругою на затискачах асинхронного двигуна і коефіцієнтом його завантаження. Наприклад, для випадку приведення у дію насосного агрегату з $M_* = 0,2$ електродвигуном АИР100S4 (потужністю 3,0 кВт) графічна залежність $k_u = f(k_3)$ за умови $DP_S \text{ @ } min$ наведена на рис.1.

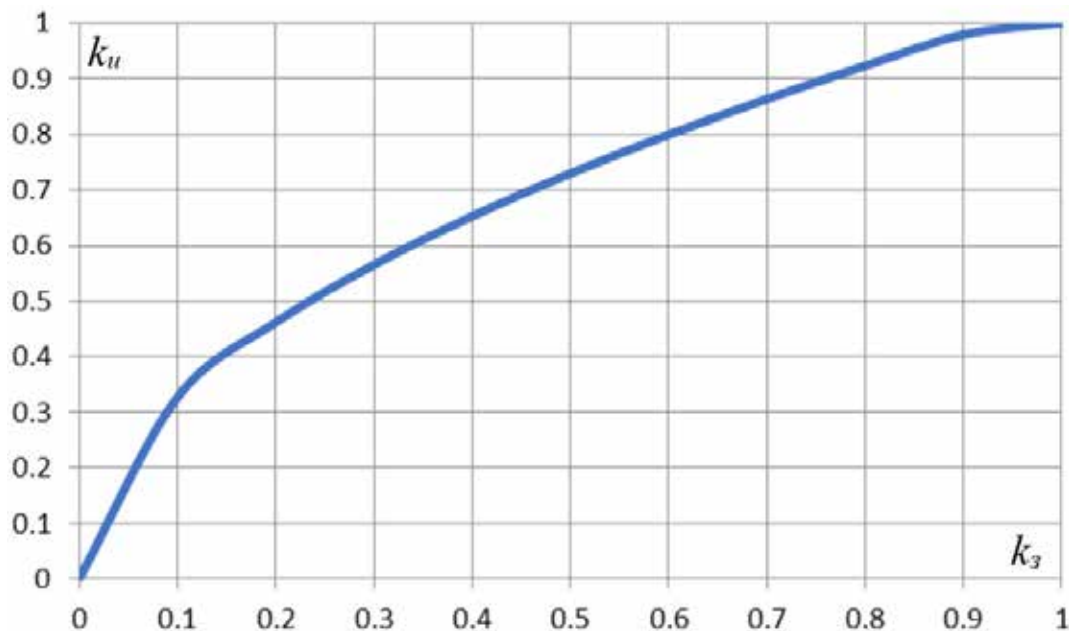


Рис. 1. Залежність $k_u = f(k_3)$ за умови $DP_S \text{ @ } min$ для асинхронного двигуна АИР100S4 приводу насосного агрегату

Апроксимація залежності, наведеної на рис.1, дає рівняння для керування за допомогою напруги вказаного двигуна. Воно має вигляд:

$$U = U_n \times (-0,872 \times k_3^2 + 1,758 \times k_3 + 0,09), \quad (2)$$

де U_n – номінальна напруга електродвигуна, В.

Для інших видів механічних характеристик робочих машин види рівнянь є аналогічними, але чисельні значення у дужках є іншими.

Висновки. Таким чином, дослідження показують, що втрати потужності в асинхронному двигуні є функцією конструктивних параметрів двигуна і робочої машини та коефіцієнтів зниження напруги і завантаження. Чисельне розв’язання рівняння цих втрат дозволяє отримати залежність напруги електродвигуна від коефіцієнта завантаження за умови мінімуму втрат потужності. Вказана залежність може бути використана для регулювання напруги двигуна задля збереження електроенергії.

Список використаних джерел

1. Tareq M.A. Al-Quraan, Oleksandr Vovk, Serhii Halko, Serhii Kvitka, Olena Suprun, Oleksandr Miroshnyk, Vitalii Nitsenko, Nurul Mohammad Zayed and K.M. Anwarul Islam. Energy-Saving Load Control of Induction Electric Motors for Drives of Working Machines to Reduce Thermal Wear. *Inventions*. 2022. 7(4). P.92.
2. Квітка С.О., Вовк О.Ю., Стребков О.А., Волошина А.А. Енергозберігаючі режими роботи асинхронних електродвигунів при змінному завантаженні. *Праці ТДАТУ*. 2019. Вип.19, Том 3. С. 142–150.
3. Вовк О.Ю., Квітка С.О. Ресурсозберігаюче керування навантаженням асинхронних електродвигунів насосних установок в умовах зниження живлячої напруги. *Науковий вісник ТДАТУ*. 2022. Вип.12, том 1. С. 18.
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. Вовк О.Ю., Квітка С.О., Дідур В.А. Вплив відхилення живлячої напруги на ресурс ізоляції асинхронних електродвигунів поточкових технологічних ліній. *Науковий вісник ТДАТУ*. 2019. Вип.9, Т.1. DOI: 10.31388/2220-8674-2019-1-25
6. 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.
7. Вовк О.Ю., Квітка С.О., Квітка О.С. Контроль витрати ресурсу ізоляції асинхронних електродвигунів при відхиленні напруги живлячої мережі. *Праці ТДАТУ*. 2015. Вип.15, Т.2. С. 154–159.

8. Вовк О.Ю., Квітка С.О., Квітка О.С. Вплив відхилення напруги живлячої мережі на втрати потужності в асинхронному електродвигуні. *Вісник ХНТУСГ*. 2015. Вип.164. С. 121–123.
9. 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.