

ДОСЛІДЖЕННЯ УМОВ РОБОТИ АСИНХРОННОГО ЕЛЕКТРОДВИГУНА ПРИ ВІДХИЛЕННІ НАПРУГИ

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

Таврійський державний агротехнологічний університет

Проаналізовано вплив відхилення напруги живлячої мережі на втрати потужності в асинхронному двигуні у функції його коефіцієнту завантаження з урахуванням виду механічної характеристики робочої машини.

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 експлуатація даного класу двигунів в даний час пов'язана з багатьма проблемами. Основною з них є живлення асинхронних двигунів неякісної електроенергією. Достовірно відомо, що навіть незначні відхилення якості живлячої напруги призводять до негативних наслідків, пов'язаних зі старінням ізоляції і зниженням таких енергетичних показників роботи асинхронних двигунів як коефіцієнт корисної дії і коефіцієнт потужності [1]. При відхиленні напруги в мережі від номінального значення активна потужність на валу асинхронного двигуна залишається практично постійною, а в ньому змінюються втрати активної потужності [2]. Це призводить до зміни нагріву асинхронного електродвигуна та, як наслідок, до зміни швидкості теплового зношення його ізоляційної конструкції.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Існуючі методи аналізу впливу зниження напруги на затискачах асинхронного електродвигуна на втрати потужності в ньому не дозволяють в повній мірі враховувати завантаження асинхронного електродвигуна та вид механічної характеристики робочої машини, яку він приводить у рух [1 – 3].

Мета статті. Тому у статті пропонується встановлення математичних залежностей втрат активної потужності в асинхронному електродвигуні у функції коефіцієнту відхилення напруги та коефіцієнту завантаження електродвигуна.

Основні матеріали дослідження. Для встановлення вказаних залежностей скористаємось рівнянням втрат активної потужності в асинхронному електродвигуні [3]:

$$\Delta P_n = \Delta P_{const.n} + \Delta P_{var.n}, \quad (1)$$

де ΔP_n – сумарні втрати активної потужності в асинхронному електродвигуні при номінальній напрузі та номінальному завантаженні, *Вт*;

$\Delta P_{const.n}$ – постійні втрати активної потужності в асинхронному електродвигуні при номінальній напрузі та номінальному завантаженні, *Вт*;

$\Delta P_{var.n}$ – змінні втрати активної потужності в асинхронному електродвигуні при номінальній напрузі та номінальному завантаженні, *Вт*.

Перепишемо (1) для неномінальних умов:

$$\Delta P = k_U^2 \cdot \Delta P_{const.n} + k_i^2 \cdot \Delta P_{var.n}, \quad (2)$$

де ΔP – сумарні втрати активної потужності в асинхронному електродвигуні при неномінальній напрузі й неномінальному завантаженні, *Вт*;

k_i – кратність струму асинхронного електродвигуна (дорівнює відношенню поточного діючого значення сили струму до номінального);

k_U – коефіцієнт, який враховує відхилення напруги живлячої мережі.

$$k_U = \frac{U}{U_n}, \quad (3)$$

де U , U_n – діючі значення відповідно поточної та номінальної напруги на затискачах асинхронного електродвигуна, *В*.

Запишемо вираз квадрата кратності струму асинхронного електродвигуна, використовуючи його Г-подібну схему заміщення при номінальній напрузі [4]:

$$k_i^2 = \frac{(r_1' + r_2''/s_n)^2 + (x_1' + x_2'')^2}{(r_1' + r_2''/s)^2 + (x_1' + x_2'')^2}, \quad (4)$$

де r_1' , r_2'' , x_1' , x_2'' – параметри Г-подібної схеми заміщення асинхронного електродвигуна, *Ом*;

s_n – номінальне ковзання електродвигуна;

s – поточне ковзання електродвигуна.

Тоді при відхиленні напруги на затискачах асинхронного електродвигуна рівняння (4) буде мати наступний вигляд:

$$k_i^2 = k_U^2 \cdot \frac{(r_1' + r_2''/s_n)^2 + (x_1' + x_2'')^2}{(r_1' + r_2''/s)^2 + (x_1' + x_2'')^2}. \quad (5)$$

Отже $\Delta P = f(\Delta P_{const.n}, \Delta P_{var.n}, k_U, r_1', r_2'', x_1', x_2'', s_n, s)$.

Прийmemo, що параметри Г-подібної схеми заміщення асинхронного електродвигуна не змінюються при зміні живлячої напруги та завантаження електродвигуна. Результати дослідження зміни поточного ковзання наведено у [5], на підставі чого можемо записати залежності наведені нижче.

Для робочої машини з незалежною від швидкості механічною характеристикою ($x = 0$) ця залежність буде наступною:

$$s = \frac{k_3}{k_U} \cdot s_n, \quad (6)$$

де k_3 – коефіцієнт завантаження асинхронного електродвигуна.

Для робочої машини з лінійно-зростаючою механічною характеристикою ($x = 1$) ця залежність буде наступною:

$$s = \frac{M_{0*} + \frac{1 - M_{0*}}{1 - s_n}}{\frac{k_U^2 \cdot s_n + \frac{1 - M_{0*}}{1 - s_n}}{k_3}}, \quad (7)$$

де M_{0*} – відношення початкового момент опору робочої машини до номінального момент опору.

Для робочої машини з нелінійно-зростаючою (параболічною) механічною характеристикою ($x = 2$) залежність буде наступною:

$$s = 1 + \frac{k_U^2}{k_3} \cdot \frac{(1 - s_n)^2}{2 \cdot s_n \cdot (1 - M_{0*})} - \sqrt{1 + \frac{k_U^2 (1 - s_n)^2 (k_U^2 \cdot (1 - s_n)^2 + k_3 s_n (1 - M_{0*}))}{4 \cdot k_3^2 \cdot s_n^2 \cdot (1 - M_{0*})^2}} - \sqrt{\frac{1 - M_{0*} \cdot s_n}{1 - M_{0*}}}. \quad (8)$$

Для робочої машини з нелінійно-спадаючою (гіперболічною) механічною характеристикою ($x = -1$) ця залежність буде наступною:

$$s = \frac{1}{2} \cdot \left(1 + \frac{k_3}{k_U^2} \cdot s_n \cdot M_{0*} \right) - \frac{1}{2} \cdot \sqrt{\left(1 + \frac{k_3}{k_U^2} \cdot s_n \cdot M_{0*} \right)^2 - 4 \cdot \frac{k_3}{k_U^2} \cdot (1 - M_{0*}) \cdot (1 - s_n)}. \quad (9)$$

Отже в результаті проведених аналітичних досліджень встановлено математичні залежності втрат потужності в асинхронному електродвигуні у функції коефіцієнтів завантаження та відхилення напруги з урахуванням виду механічної характеристики робочої машини. Тобто $\Delta P = f(\Delta P_{const.n}, \Delta P_{var.n}, k_U, r_1', r_2'', x_1', x_2'', s_n, x, M_{0*}, k_3)$.

Проведемо чисельний аналіз сумарних втрат активної потужності в асинхронному електродвигуні 4A100S2Y3 при $k_3 = 0 \dots 1$ та $k_U = 0,8; 1,0; 1,2$, якщо він приводить в рух робочі машини (які мають $M_{0*} = 0,2$) з різними видами механічних характеристик ($x = 0; 1; 2; -1$). За мету поставимо встановити най-

більш небезпечний режим роботи електродвигуна для теплового стану його ізоляційної конструкції.

Для вказаного електродвигуна: $r_1' = 1,509 \text{ Ом}$; $r_2'' = 1,006 \text{ Ом}$; $x_1' = 1,537 \text{ Ом}$; $x_2'' = 2,767 \text{ Ом}$; $s_n = 0,033$; $\Delta P_{const.n} = 274 \text{ Вт}$; $\Delta P_{var.n} = 350 \text{ Вт}$ [3]. Для робочої машини з незалежною від швидкості механічною характеристикою чисельні результати наведено на рис.1.

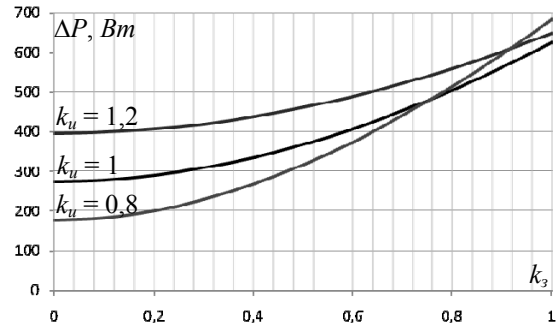


Рисунок 1 – Залежності $\Delta P = f(k_3)$ при $x = 0$ та різних k_U

Аналіз залежностей на рис.1 показує, що для асинхронного електродвигуна, який приводить у рух робочу машину з незалежною від швидкості механічною характеристикою, збільшення напруги на його затискачах на 20 % призводить до збільшення втрат потужності в ньому по відношенню до номінального значення у всьому діапазоні завантаження, а це є небезпечним для електродвигуна з точки зору його нагріву та теплового зношення ізоляційної конструкції. Зниження напруги на його затискачах на 20 % призводить до зменшення втрат активної потужності лише в діапазоні завантаження до 80 %. При завантаженні електродвигуна на 80 % втрати потужності починають дорівнювати номінальному значенню, а при завантаженні на 100 % починають перевищувати не тільки номінальне значення, а й значення при збільшеній напрузі, що є найбільш небезпечним для асинхронного електродвигуна.

Для робочої машини з лінійно-зростаючою механічною характеристикою чисельні результати наведено на рис.2.

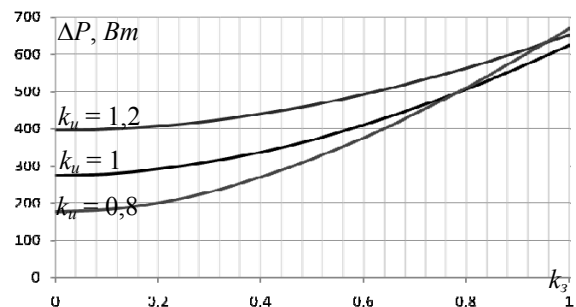


Рисунок 2 – Залежності $\Delta P = f(k_3)$ при $x = 1$ та різних k_U

Аналіз залежностей на рис.2 показує, що для асинхронного електродвигуна, який приводить у рух робочу машину з лінійно-зростаючою механічною характеристикою, відносні результати такі самі, як і в попередньому випадку.

Для робочої машини з нелінійно-зростаючою механічною характеристикою чисельні результати наведено на рис.3.

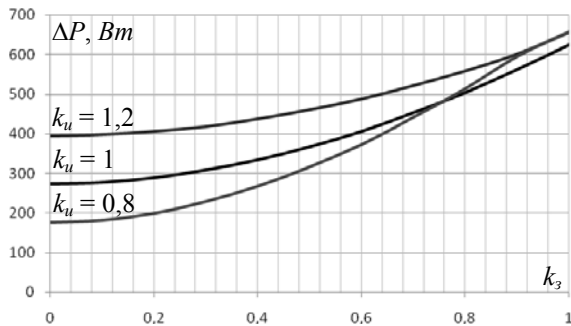


Рисунок 3 – Залежності $\Delta P = f(k_3)$ при $x = 2$ та різних k_U

Аналіз залежностей на рис.3 показує, що для асинхронного електродвигуна, який приводить у рух робочу машину з нелінійно-зростаючою механічною характеристикою, відносні результати такі самі, як і в попередньому випадку.

Для робочої машини з нелінійно-спадаючою (гіперболічною) механічною характеристикою чисельні результати наведено на рис.4.

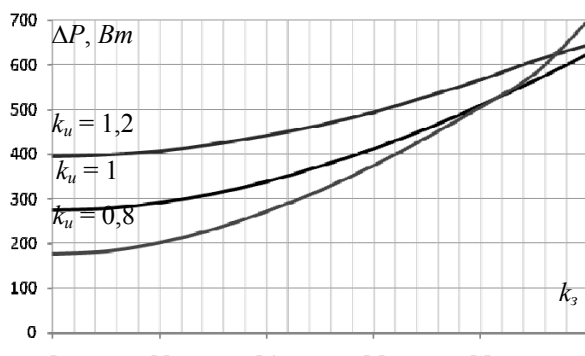


Рисунок 4 – Залежності $\Delta P = f(k_3)$ при $x = -1$ та різних k_U

Аналіз залежностей на рис.4 показує, що для асинхронного електродвигуна, який приводить у рух робочу машину з нелінійно-зростаючою механічною характеристикою, відносні результати такі самі, як і в попередньому випадку.

Висновки. В результаті дослідження було встановлено математичні залежності втрат активної потужності в асинхронному електродвигуні у функції коефіцієнту відхилення напруги та коефіцієнту завантаження електродвигуна з урахуванням виду механічної характеристики робочої машини. Застосування отриманих залежностей для аналізу експлуатаційних режимів роботи електродвигуна 4A100S2Y3 показало,

що при номінальному завантаженні найбільш небезпечним для нього з точки зору його нагріву та теплового зношення ізоляційної конструкції є зниження напруги на його затискачах через те, що втрати активної потужності за даних умов перевищують не тільки номінальне значення, а й значення при підвищеній напрузі.

Список використаних джерел

1. Кузнецов В. В. О моделях функционирования асинхронного двигателя в условиях некачественной электроэнергии / В. В. Кузнецов, А. В. Николенко // Восточноевропейский журнал передовых технологий – 2015. – №1/8(73). – С.37–42.
2. Тонн Д. А. Влияние локальных показателей качества электроэнергии на режимы работы конденсаторных асинхронных электроприводов / Д. А. Тонн // Электротехнические комплексы и системы управления. – 2008. – № 2. – С.31–34.
3. Овчаров С. В. Ресурсоэнергосберегающие эксплуатационные режимы силового электрооборудования / С. В. Овчаров. – К.: Видавництво ТОВ "Аграр Медіа Груп", 2012. – 293 с.
4. Назарьян Г. Н. Электрические машины / Г. Н. Назарьян. – Мелитополь: Люкс, 2011. – 827 с.
5. Вовк О. Ю. Вплив зниження напруги живлячої мережі на теплове зношення ізоляції асинхронного електродвигуна / О. Ю. Вовк, С. О. Квитка, О. С. Квитка // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. Технічні науки // "Проблеми енергозабезпечення та енергозбереження в АПК України" Харків: ХНТУСГ, 2014. Вип.153 – С.79–81.

Аннотация

ИССЛЕДОВАНИЕ УСЛОВИЙ РАБОТЫ АСИНХРОННОГО ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ ПРИ ОТКЛОНЕНИИ НАПРЯЖЕНИЯ

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

Проанализировано влияние отклонения напряжения питающей сети на потери мощности в асинхронном двигателе в функции его коэффициента загрузки с учётом вида механической характеристики рабочей машины.

Abstract

A STUDY OF WORKING CONDITIONS OF THE INDUCTION MOTOR WHEN THE DEVIATION VOLTAGE

A. Vovk, S. Kvitka, A. Kvitka

Influence of a deviation of tension of a power line on losses of power in the asynchronous engine as its coefficient of loading taking into account a type of the mechanical characteristic of the working car is analysed.