

ВПЛИВ ВІДХИЛЕННЯ НАПРУГИ ЖИВЛЯЧОЇ МЕРЕЖІ НА ВТРАТИ ПОТУЖНОСТІ В АСИНХРОННОМУ ЕЛЕКТРОДВИГУНІ

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

Приймемо, 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 ($x = 2$) ця 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.

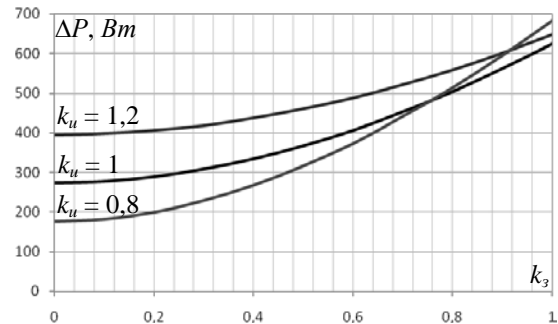


Рисунок 1 – Залежності $\Delta P = f(k_3)$ при $x = 0$ та різних k_U

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.

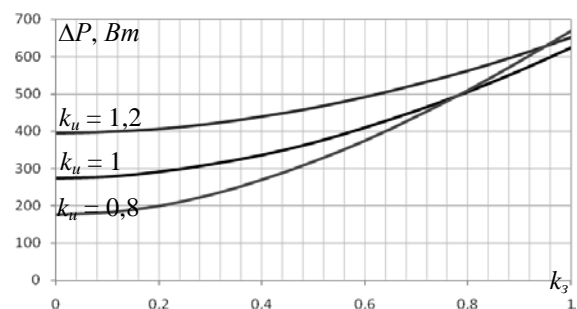


Рисунок 2 – Залежності $\Delta P = f(k_3)$ при $x = 1$ та різних k_U

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.

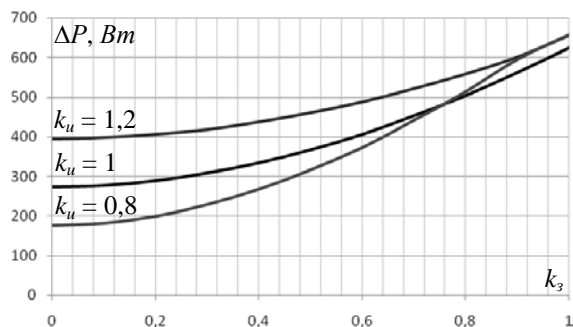


Рисунок 3 – Залежності $\Delta P = f(k_3)$ при $x = 2$ та різних k_U

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.

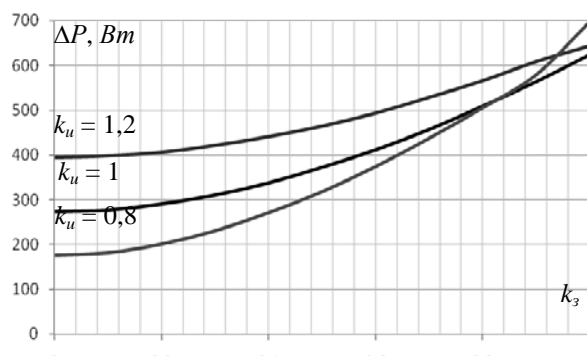


Рисунок 4 – Залежності $\Delta P = f(k_3)$ при $x = -1$ та різних k_U

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 енергозбереження та енергозбереження в АПК України" Харків: ХНТУСГ, 2014. Вип.153 – С.79–81.

Аннотация

ВЛИЯНИЕ ОТКЛОНЕНИЯ НАПРЯЖЕНИЯ ПИТАЮЩЕЙ СЕТИ НА ПОТЕРИ МОЩНОСТИ В АСИНХРОННОМ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕ

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

INFLUENCE OF THE DEVIATION OF TENSION OF THE POWER LINE ON LOSSES OF POWER IN THE ASYNCHRONOUS ELECTRIC MOTOR

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.