

ОБГРУНТУВАННЯ РЕСУРСОЗБЕРІГАЮЧОГО РЕЖИМУ РОБОТИ АСИНХРОННОГО ДВИГУНА ПРИ ОБРИВІ ФАЗИ СТАТОРА

Попова І. О., Нестерчук Д. М., Квітка С. О.

Таврійський державний агротехнологічний університет

Обґрунтовано можливість полегшення режиму роботи аварійного двигуна приводу робочих машин технологічної лінії при з'єднанні нейтралей джерела живлення і обмоток статора двигуна на час завершення технологічного процесу.

Постановка проблеми. Аварійність асинхронних двигунів, яка пов'язана з їх роботою при обриві фази, сягає 45 % від загальної кількості тих, що виходять з ладу [1]. Причиною аварійності асинхронних двигунів при цьому режимі є значне збільшення швидкості теплового зносу їх ізоляції, що обумовлено підвищенням фазних струмів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Особливий інтерес при експлуатації асинхронних двигунів викликає робота їх при обриві однієї фази обмотки статора [2].

Існуючі пристрої діагностування режимів роботи асинхронних двигунів при несиметрії напруг мережі відключають їх під час виконання технологічного процесу при досягненні граничного значення контрольного параметру, не передбачаючи покращення умов їхньої роботи, що призводить до збільшення експлуатаційних витрат на ліквідацію наслідків аварійного відключення. Методи дослідження режимів роботи асинхронних двигунів, як правило, не враховують залежності їх від несиметрії напруги, завантаження робочих машин та особливостей їх механічних характеристик. Критерієм оцінки режимів роботи асинхронних двигунів є, як правило, сила струму та температура обмотки, а такий показник, як швидкість витрати ресурсу ізоляції обмоток двигунів, не використовується.

Мета статті. Пропонується дослідити режим роботи асинхронного двигуна при обриві однієї фази статора і з'єднанні нейтралей джерела живлення і обмоток статора і обґрунтувати спосіб полегшення режиму роботи аварійних двигунів приводу робочих машин технологічних ліній на час завершення технологічного процесу.

Основні матеріали дослідження. Для аналізу явищ в асинхронному двигуні при несиметричних режимах використано метод симетричних складових. При визначенні залежності фазних струмів досліджуваного асинхронного двигуна при обриві фази і з'єднанні нейтралей джерела живлення і обмоток статора проаналізовано електричне коло (рис.1), яке складається з джерела симетричної трифазної електрорушійної сили, лінії електропередачі (ЛЕП) з опорними $Z_{лв}$, $Z_{лс}$, Z_N та асинхронного двигуна.

При обриві фази двигуна і з'єднанні нульових точок джерела живлення і обмотки статора в обмотках двигуна одночасно із симетричними складовими струмів прямої і зворотної послідовностей є складова струму нульової послідовності, що викликають появу пульсуючого магнітного поля.

Комплекс повного опору нульової послідовності двигуна визначено таким рівнянням:

$$Z_0 = r_1' + k(jx_1' + jx_2''), \quad (1)$$

де k – коефіцієнт, що враховує взаємний індуктивний зв'язок обмоток статора;

r_1' , jx_1' , jx_2'' – параметри Г-образної схеми заміщення асинхронного двигуна.

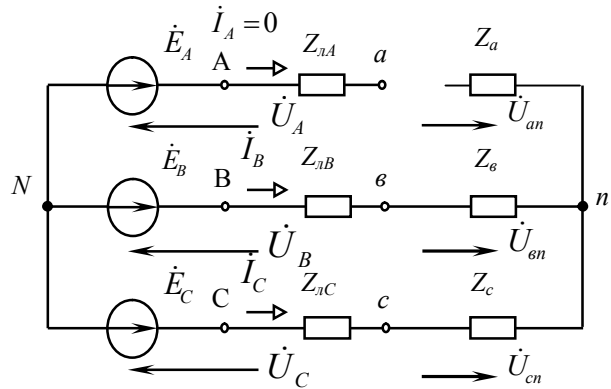


Рисунок 1 – Розрахункова еквівалентна схема трифазного кола

При використанні методу ітерацій було визначено ковзання при даному режимі роботи за рівнянням:

$$s = \frac{s_k}{1,6 \left[\frac{m_k}{1,6 \left(m_0 + (k_3 - m_0) \left(\frac{1-s}{1-s_H} \right)^x \right)} + \sqrt{\left(\frac{m_k}{1,6 \left(m_0 + (k_3 - m_0) \left(\frac{1-s}{1-s_H} \right)^x \right)} \right)^2 - 1} \right]} \quad (2)$$

$$\text{де } m_0 = \frac{M_0}{M_H}; \quad m_k = \frac{M_k}{M_H}; \quad k_3 = \frac{M_c}{M_{c.H}}$$

M_0 – момент опору тертя частин робочої машини, Н·м;

$M_{c.H}$ – номінальний момент опору робочої машини, Н·м;

M_c – момент опору робочої машини, Н·м;

$M_{c.H}$ – номінальний момент двигуна, Н·м;

s_H – номінальне ковзання;

k_3 – коефіцієнт завантаження;

x – коефіцієнт, що характеризує механічну характеристику робочої машини.

Для визначення симетричних складових фазних струмів складено систему рівнянь:

$$\left. \begin{aligned} \dot{E}_1 &= Z_1 \dot{I}_1 + \dot{U}_1; \\ 0 &= Z_2 \dot{I}_2 + \dot{U}_2; \\ \dot{I}_1 + \dot{I}_2 + \dot{I}_0 &= 0; \\ a^2 \dot{U}_1 + a \dot{U}_2 + \dot{U}_0 &= Z_{лВ} (a^2 \dot{I}_1 + a \dot{I}_2 + \dot{I}_0); \\ a \dot{U}_1 + a^2 \dot{U}_2 + \dot{U}_0 &= Z_{лС} (a \dot{I}_1 + a^2 \dot{I}_2 + \dot{I}_0); \\ 0 &= (Z_0 + 3Z_N) \dot{I}_0 + \dot{U}_0. \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

Після розв'язання системи рівнянь (3) відносно $\dot{I}_1, \dot{I}_2, \dot{I}_0$, були знайдені комплекси фазних струмів \dot{I}_A, \dot{I}_B та \dot{I}_C за допомогою системи рівнянь (4):

$$\left. \begin{aligned} \dot{I}_A &= \dot{I}_1 + \dot{I}_2 + \dot{I}_0 = 0; \\ \dot{I}_B &= a^2 \dot{I}_1 + a \dot{I}_2 + \dot{I}_0; \\ \dot{I}_C &= a \dot{I}_1 + a^2 \dot{I}_2 + \dot{I}_0; \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

$$\dot{I}_N = \dot{I}_A + \dot{I}_B + \dot{I}_C = 3\dot{I}_0. \quad (5)$$

За результатами аналітичних досліджень були отримані графічні залежності (рис.2) середньоквадратичного значення фазного струму у функції коефіцієнта зниження напруги живлення та коефіцієнту завантаження $I_{с.ф} = f(\kappa_U, \kappa_3)$ та швидкості теплового зносу ізоляції від вище зазначених коефіцієнтів $e = f(\kappa_U, \kappa_3)$ при обриві однієї фази.

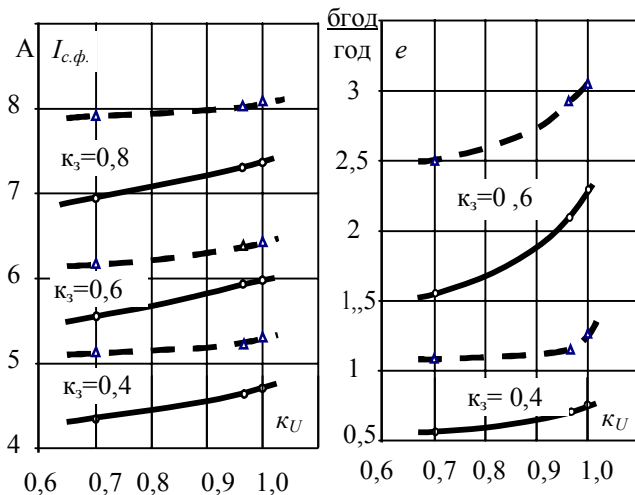


Рисунок 2 – Графічні залежності при глибокій несиметрії:

з ізолюваною нульовою точкою (----) і з'єднаними нульовими точками обмотки статора асинхронного двигуна 4A90L4У3 і джерела живлення (—) при $x = 1$ та при температурі навколишнього середовища 40°C

Встановлено, що сила фазних струмів при глибокій несиметрії і з'єднанні нейтралей джерела живлення і обмотки статора двигуна при коефіцієнтах завантаження $\kappa_3 = 0,4 - 0,6$ зменшується в порівнянні зі струмами при аналогічному режимі роботи двигуна з ізолюваною нульовою точкою на 12 – 18 %. Відповідно знижується швидкість теплового зносу ізоляції обмотки статора на 40 – 60 %.

Висновки. З наведеного матеріалу:

1. Режим роботи асинхронного двигуна при обриві фази і об'єднанні нейтралей обмоток статора та джерела живлення в порівнянні з аналогічним режимом роботи з ізолюваною нейтраллю є енергозберігаючим і більш сприятливим для асинхронного двигуна, з точки зору, витрати ресурсу ізоляції.

2. Об'єднання нейтралей обмотки статора асинхронного двигуна та джерела живлення може бути застосовано для полегшення режиму роботи групи двигунів приводу робочих машин технологічної лінії на час завершення технологічного процесу.

Список використаних джерел

1. Некрасов А. И. Система технического сервиса электрооборудования в АПК. / А. И. Некрасов // Механизация и электрификация сельского хозяйства. - 2002. - №5. - С.23 - 25.

2. Сыромятников А. И. Режимы работы асинхронных двигателей / А. И. Сыромятников. - М.: Энергоатмиздат, 1984. - 240 с.

Аннотация

ОБОСНОВАНИЕ РЕСУРСОБЕРЕГАЮЩЕГО РЕЖИМА РАБОТЫ АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ ПРИ ОБРЫВЕ ОБМОТКИ СТАТОРА

Попова И. А., Нестерчук Д. Н.,
Квитка С. А.

Обоснована возможность облегчения режима работы аварийного двигателя привода рабочих машин технологической линии при соединении нейтралей источника питания и обмоток статора двигателя на время завершения технологического процесса.

Abstract

JUSTIFICATION OF RESOURCES SAVING OPERATING MODE OF ASYNCHRONOUS MOTORS UNDER STATOR WINDING BREAK

I. Popova, D. Nesterchuk, S. Kvitka

The feasibility of facilitating the operating mode of emergency asynchronous motor driving working machine of production line when connecting the power source of neutrals and stator windings of the motor on time of completion of the process is justified.