



УДК 621.316.929

ОБГРУНТУВАННЯ ЕЛЕКТРОБЕЗПЕКИ РЕЖИМУ РОБОТИ АСИНХРОННОГО ДВИГУНА ПРИ ОБ'ЄДНАННІ НЕЙТРАЛЕЙ ДЖЕРЕЛА ЖИВЛЕННЯ І ОБМОТКИ СТАТОРА

Попова І. О., к.т.н.,

Курашкін С.Ф., к.т.н.

Таврійський державний агротехнологічний університет

Тел.: (0619) 42-32-63

Анотація – у роботі досліджена величина напруги зміщення нейтралі та потенціалу на корпусі двигуна при об'єднанні нейтралей джерела живлення і обмотки статора асинхронного двигуна, а також обґрунтована електробезпечність режиму роботи аварійних двигунів технологічних ліній, які працюють у неповнофазному режимі, на час завершення технологічного процесу.

Ключові слова: тепловий знос ізоляції, симетричні складові прямої, зворотної і нульової послідовностей, опір, струм, напруга, коефіцієнт завантаження.

Постановка проблеми. До специфічних умов експлуатації асинхронних двигунів в АПК варто віднести низьку якість електроенергії. Виникнення несиметрії фазних напруг і обрив фазного проводу є однією з основних причин виходу їх з ладу [1].

Переважає більшість випадків виходу з ладу асинхронних двигунів відбувається через ушкодження обмотки статора. Частка всіх ушкоджень асинхронних двигунів з таких причин, як обрив фази і перевантаження, складає 70...80%, а найпоширеніша з них – є обрив фази (40...50%) [1]. Причиною аварійності є значне збільшення швидкості теплового зносу ізоляції, що, в свою чергу, обумовлено збільшенням фазних струмів і «перекосом» фазних напруг живлення через виникнення напруги зміщення нейтралі.

Несиметрія напруг мережі живлення проявляється в різкому погіршенні техніко-економічних характеристик електродвигунів, зниженні експлуатаційної надійності і скороченні терміна їх служби.

Для підвищення експлуатаційної надійності асинхронних двигунів поточкових ліній, що працюють у сільськогосподарському виробництві, доцільно поряд із використанням комбінованих пристроїв для захисту групи двигунів, передбачати заходи щодо полегшення режи-



мів роботи асинхронних двигунів при обриві фазного проводу на час завершення технологічного процесу [1].

Аналіз останніх досліджень. Існуючі методи дослідження режимів роботи асинхронних двигунів часто не враховують залежності їх від несиметрії напруги, завантаження робочих машин та особливості їх механічних характеристик. У якості критеріїв оцінки режимів роботи асинхронних двигунів враховуються, як правило, сила струму та температура обмотки і не враховується такий об'єктивний показник, як швидкість витрати ресурсу ізоляції обмоток двигунів. Одним із засобів полегшення режиму роботи асинхронного двигуна при обриві одного з фазних проводів є з'єднання нейтралей джерела живлення й обмотки статора двигуна.

При дослідженні несиметричних режимів роботи асинхронних двигунів встановлено, що сила фазних струмів під час обриву фазного або лінійного проводу і з'єднанні нейтралей джерела живлення і обмотки статора двигуна, при коефіцієнтах завантаження робочих машин $k_3 = 0,4-0,6$, зменшується в порівнянні зі струмами при аналогічному режимі роботи двигуна з ізольованою нейтраллю на 12-18%. Відповідно зменшується і швидкість теплового зносу ізоляції обмотки статора на 40-60%. Тому режим роботи асинхронного двигуна при обриві фази статора і з'єднанні нейтралей джерела живлення і обмотки статора асинхронного двигуна є більш сприятливим для досліджуваного двигуна з точки зору витрати ресурсу ізоляції.

З погляду електробезпеки під час обриву одного з фазних проводів при об'єднанні нульових точок джерела живлення й обмотки статора двигуна в електричному колі виникає напруга зміщення нейтралі, а на корпусі двигуна можливо поява електричного потенціалу.

Формулювання цілей статті. З точки зору електробезпечності необхідно дослідити електричний потенціал, що виникає на корпусі двигуна поточної лінії внаслідок появи напруги зміщення нейтралі під час обриву одного з фазних або лінійних проводів мережі живлення при об'єднанні нейтралей обмоток статора і джерела живлення.

Основна частина. В роботі наведені результати дослідження напруги зміщення нейтралі асинхронного електродвигуна 4A112M4У3 потужністю 5,5 кВт технологічної лінії змішування кормів СКО-Ф-3 у випадку обриву одного з фазних проводів при об'єднанні нейтралей джерела живлення і обмотки статора асинхронного двигуна М1 (рис.1).

Вихідні дані для розрахунку: $P_n = 5,5$ кВт; $\cos\varphi_n = 0,85$; $\eta_n = 0,855$; $r_1' = 1,036$ Ом; $r_2'' = 0,786$ Ом; $x_1' = 1,496$ Ом; $x_1'' = 2,49$ Ом; $x_\mu = 53,072$ Ом; $x_1 = 1,457$ Ом; $I_n = 11,467$ А. Прийняті наступні припущення:

- коефіцієнт завантаження робочої машини $k_3 = 1$;

- коефіцієнт, що характеризує механічну характеристику робочої машини $x = 1$;
- під час обриву фази живлення ковзання двигуна $s = 1$.

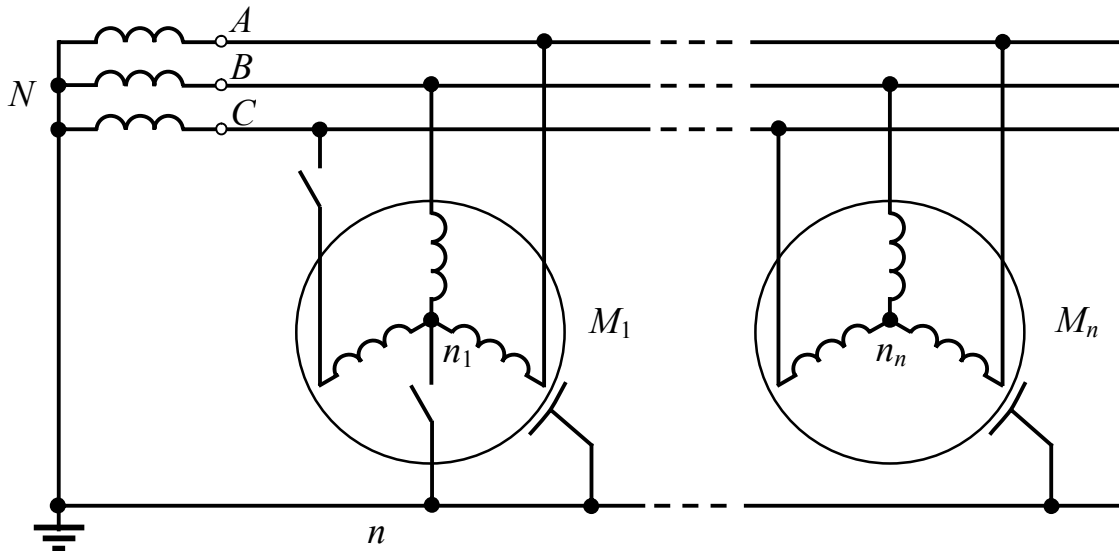


Рис. 1. Принципова схема підключення асинхронного двигуна M_1 при обриві однієї з обмоток статора і об'єднанні нейтралей джерела живлення і асинхронного двигуна

Користуючись параметрами Γ -подібної схеми заміщення асинхронного двигуна, у [2] були розраховані комплекси повних опорів прямої $Z_1 = 17,725$ Ом і зворотної $Z_2 = 4,85$ Ом послідовностей. 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 Γ -подібної схеми заміщення.

Ковзання в цьому режимі роботи

$$s = \frac{0,625s_k}{\left[\frac{m_k}{1,6 \left(m_0 + (k_3 - m_0) \left(\frac{1-s}{1-s_H} \right)^x \right)} + \sqrt{\left(\frac{m_k}{1,6 \left(m_0 + (k_3 - m_0) \left(\frac{1-s}{1-s_H} \right)^x \right)} \right)^2 - 1} \right]}, \quad (2)$$

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

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 для ковзання s , Н·м;



- s_n – номінальне ковзання;
 k_3 – коефіцієнт завантаження;
 x – коефіцієнт, що характеризує механічну характеристику робочої машини.

Згідно розрахунку комплекс повного опору нульової послідовності дорівнює $Z_0 = 7,207 \text{ Ом}$.

Для досліджуваного режиму одночасно з появою симетричних складових струмів прямої і зворотної послідовностей з'являється й складова струму нульової послідовності, що викликає пульсацію магнітного поля електродвигуна. Згідно до методики [1] визначені комплекси струмів:

- прямої послідовності $\dot{I}_1 = 11,8e^{j37^\circ} = 8,96 - j6,69 \text{ А}$;
- зворотної послідовності $\dot{I}_2 = 11,8e^{j37^\circ} = 8,96 - j6,69 \text{ А}$;
- нульової послідовності $\dot{I}_0 = 4,6e^{j137^\circ} = -3,32 + j3,19 \text{ А}$.

Оскільки струм нульового проводу згідно властивостей симетричних складових струмів дорівнює

$$\dot{I}_N = 3\dot{I}_0, \quad (3)$$

то сила струму в нульовому проводі $I_N = 13,73 \text{ А}$.

Для розрахунку напруги зміщення нейтралі і електричного потенціалу на корпусі двигуна прийнято, що нульовий провід марки А16 з параметрами $r_0 = 1,98 \text{ Ом/км}$, $x_0 = 0,46 \text{ Ом/км}$, $z_0 = 2,033 \text{ Ом/км}$, має довжину 0,2 км. За таких умов повний опір нульового проводу дорівнює $Z_N = 0,4066 \text{ Ом}$.

Напруга зміщення нейтралі

$$U_N = I_N Z_N. \quad (4)$$

Розрахункове значення напруги зміщення нейтралі і електричного потенціалу на корпусі асинхронного електродвигуна в разі обриву фазного провідника за умови об'єднання нейтралей джерела живлення і обмотки статора двигуна дорівнює $U_N = 5,49 \text{ В}$ – це значення значно менше припустимої напруги торкання 36 В при аварійному режимі виробничих електроустановок напругою до 1 кВ з глухо-заземленою нейтраллю при тривалості більше однієї секунди [3].

Висновок. При обриві фазного проводу асинхронного двигуна або лінійного проводу електричної мережі електроприводів робочих машин потокової лінії на час, необхідний для завершення технологічного процесу і полегшення режиму роботи двигуна, зменшення витрати ресурсу ізоляції і підвищення його технічних показників, можливо об'єднання нейтралей джерела живлення і обмоток статора асинхронного двигуна, з'єднаного зіркою, без втрати електробезпеки обслуговуючого персоналу.

*Список використаних джерел*

1. *Попова І.О.* Аналіз режиму роботи асинхронного двигуна при глибокій несиметрії напруг мережі і з'єднанні нульових точок джерела живлення і обмотки статора / *І.О. Попова* // Праці ТДАТА. – Вип.24. – Мелітополь, 2004. – С.138 – 143.
2. *Попова І.О.* Визначення параметрів асинхронного електродвигуна при несиметрії напруги / *І.О. Попова* // Праці Таврійської державної агротехнічної академії. – Вип. 6. – Мелітополь, 2002. – С.90 – 94.
3. ДСТУ 45014-2001. Електробезпека та гранично допустимі значення напруг торкання і струмів.

ОБОСНОВАНИЕ ЭЛЕКТРОБЕЗОПАСНОСТИ РЕЖИМА РАБОТЫ АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ ПРИ ОБЪЕДИНЕНИИ НЕЙТРАЛЕЙ ИСТОЧНИКА ПИТАНИЯ И ОБМОТКИ СТАТОРА

Попова І. О., Курашкин С.Ф.

Аннотація – в роботі досліджена величина напруги смещення нейтралі і потенціала на корпусі двигателя при об'єднанні нейтралей джерела живлення і обмотки статора асинхронного двигателя, а також обоснована електробезпека режиму роботи аварійних двигателів поточної лінії, працюючих в неповнофазному режимі, на час завершення технологічного процесу.

THE ELECTRIC SAFETY EXPLANATION OF ASYNCHRONOUS MOTOR OPERATION UNDER POWER SOURCE AND STATOR NEUTRAL POINTS COUPLING

I. Popova, S. Kurashkin

Summary

The work is devoted to research a neutral bias voltage and potential on the motor's body under power source and stator neutral points coupling. It was explained an electric safety of asynchronous motor operation during finishing a technological process of production line while phase break.