



УДК 621.313.333.004.58

DOI: 10.31388/2220-8674-2019-1-25

ВПЛИВ ВІДХИЛЕННЯ ЖИВЛЯЧОЇ НАПРУГИ НА РЕСУРС ІЗОЛЯЦІЇ АСИНХРОННИХ ЕЛЕКТРОДВИГУНІВ ПОТОКОВИХ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ЛІНІЙ

Вовк О. Ю., к. т. н.,<https://orcid.org/0000-0003-0154-6972>**Квітка С. О., к. т. н.,**<https://orcid.org/0000-0001-9234-9274>**Дідур В. А., д.т.н.**<https://orcid.org/0000-0002-3491-0059>*Таврійський державний агротехнологічний університет*e-mail: oleksandr.vovk@tsatu.edu.ua

Анотація – у роботі розглянуто причини невисокої експлуатаційної надійності асинхронних електродвигунів приводу робочих машин поточкових технологічних ліній і встановлено, що головними причинами є зовнішні впливи на електродвигуни, одним з яких є зниження напруги живлячої мережі.

У результаті вивчення описано механізм розвитку процесів пошкодження ізоляції асинхронних електродвигунів поточної технологічної лінії під дією зниженої напруги живлення та аналітично досліджено із застосуванням теплової двохелементної схеми заміщення електродвигуна та механічної характеристики електродвигуна і робочої машини теплові та електромеханічні процеси, які протікають в асинхронних електродвигунах поточної технологічної лінії під дією зниженої напруги живлення.

У результаті проведених досліджень отримано взаємозв'язок між швидкістю теплового зношення ізоляції асинхронного електродвигуна та показниками експлуатаційних впливів (коефіцієнтом зниження напруги на затискачах електродвигуна, коефіцієнтом завантаження електродвигуна, видом механічної характеристики робочої машини і температурою навколишнього середовища).

Розраховано залежності швидкості витрати ресурсу ізоляції асинхронного електродвигуна у функції коефіцієнта завантаження при різних значеннях коефіцієнта відхилення живлячої напруги і фіксованому значенні температури навколишнього середовища, а також швидкості витрати ресурсу ізоляції асинхронного електродвигуна у функції коефіцієнта завантаження при різних значеннях температури навколишнього середовища і фіксованому значенні коефіцієнта відхилення живлячої напруги. На базі проведених розрахунків сформульовано рекомендації щодо завантаження асинхронних електродвигунів робочих машин в залежності від рівня відхилення напруги живлення та значення температури навколишнього середовища.

Ключові слова: робоча машина, механічна характеристика, асинхронний електродвигун, ізоляція обмотки, зниження напруги, навантаження, температура обмотки, швидкість витрати ресурсу.

Постановка проблеми. На сьогодні більше 50% електричної енергії, що виробляється у світі, споживається асинхронними електродвигунами [1]. Таке розповсюдження ці електродвигуни



отримали завдяки високій конструкційній надійності та порівняно незначній вартості виготовлення. В той же час експлуатаційна надійність асинхронних електродвигунів у всіх галузях промисловості невисока: щорічно виходять з ладу та ремонтуються близько 30% зазначених електродвигунів, час напрацювання на відмову становить 0,5...1,5 роки [2]. Головними причинами невисокої експлуатаційної надійності вказаних двигунів є зовнішні впливи на них як з боку живлячої мережі, так і з боку робочих машин. Одним з таких впливів є зниження напруги живлячої мережі на затискачах працюючих асинхронних електродвигунів.

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 [3]. При відхиленні напруги в мережі від номінального значення активна потужність на валу асинхронного двигуна залишається практично постійною, а в ньому змінюються втрати активної потужності [4]. Це призводить до зміни нагріву асинхронного електродвигуна та, як наслідок, до зміни швидкості теплового зношення його ізоляційної конструкції.

Аналіз останніх досліджень. Існуючі методи аналізу впливу зниження напруги на затискачах асинхронного електродвигуна дозволяють визначати або тільки його енергетичні показники роботи, які опосередковано дозволяють робити висновок про стан ізоляції електродвигуна, або швидкість теплового зношення ізоляції без урахування завантаження електродвигуна під час зниження напруги. Крім того, вони не дозволяють в повній мірі враховувати завантаження асинхронного електродвигуна та вид механічної характеристики робочої машини, яку він приводить у рух [5 – 6].

Формулювання цілей статті (постановка завдання). Тому у роботі поставлено завдання: аналітично дослідити теплові та електромеханічні процеси, які протікають в асинхронних електродвигунах потокової технологічної лінії під дією зниженої напруги живлення.

Основні матеріали дослідження (основна частина). Через те, що асинхронні електродвигуни потокової технологічної лінії перебувають в процесі експлуатації під впливом зниження напруги на їх затискачах, то механізм розвитку процесу пошкодження їх ізоляції буде наступний. Зниження напруги на затискачах працюючих асинхронних електродвигунів призведе до збільшення їх ковзання і, як наслідок, до збільшення сил споживаних ними струмів та відповідно до перевантаження за струмом. Останнє, у свою чергу, викликає підвищення вібрації, збільшення електродинамічних зусиль



між провідниками обмотки, зниження опору виткової ізоляції, а також перегрівів виткової, корпусної ізоляції та осердя. Наслідком перегрівання ізоляції є її теплове зношення, яке призводить до виникнення спочатку локальних дефектів виткової ізоляції у пазових та лобових частинах. Ці дефекти обумовлюють спочатку незвершені пробої виткової ізоляції, а потім і повні виткові замикання, які, в свою чергу, викликають відмову електродвигунів.

При цьому слід враховувати зміну завантаження робочих машин, які приводять у рух асинхронні електродвигуни, а також зміну температури навколишнього середовища. Збільшення завантаження робочих машин призводить до збільшення сил споживаних електродвигунами струмів, до перевантаження асинхронних електродвигунів за струмом, до підвищення температури обмотки, до перегріву виткової ізоляції, до теплового зношення ізоляції, до виникнення спочатку локальних дефектів виткової ізоляції у лобових та пазових частинах, які призводять до незавершених пробоев виткової ізоляції, а потім і до повних виткових замикань та відмови електродвигуна. Збільшення температури навколишнього середовища призводить до підвищення температури обмотки, до перегріву виткової ізоляції, до теплового зношення ізоляції, до виникнення спочатку локальних дефектів виткової ізоляції у лобових та пазових частинах, які призводять до незавершених пробоев виткової ізоляції, а потім і до повних виткових замикань та відмови електродвигуна.

Таким чином, з урахуванням викладеного вище у подальших дослідженнях необхідно враховувати причинно-наслідковий зв'язок зниження напруги на затискачах асинхронних електродвигунів потокової технологічної лінії, який наведений на рис. 1.

Головним проявом зниження напруги на затискачах асинхронних електродвигунів потокової технологічної лінії є підвищення їх нагріву, яке призводить до збільшення теплового зношення ізоляції. Параметром, який характеризує теплове зношення ізоляції асинхронного електродвигуна, є швидкість теплового зношення ізоляції, яка визначається за формулою [6]:

$$\varepsilon = \varepsilon_n \cdot e^{B \left(\frac{1}{\Theta_n} - \frac{1}{\Theta} \right)}, \quad (1)$$

де ε – швидкість теплового зношення ізоляції, баз.год./год.;

ε_n – номінальна швидкість теплового зношення ізоляції, баз.год./год.;

B – параметр, що характеризує клас ізоляції, К;

Θ_n – номінальна абсолютна усталена температура обмотки, К;

Θ – поточна абсолютна усталена температура обмотки, К.



Рис. 1. Причинно-наслідковий зв'язок зниження напруги на затискачах асинхронних електродвигунів потокової технологічної лінії

Отже швидкість теплового зношення ізоляції залежить від номінальної швидкості теплового зношення ізоляції ε_n , параметру, що характеризує клас ізоляції, B , номінальної абсолютної усталеної температури обмотки Θ_n , поточної абсолютної усталеної температури обмотки Θ , тобто $\varepsilon = f(\varepsilon_n, B, \Theta_n, \Theta)$.

У свою чергу номінальна абсолютна усталена температура обмотки визначається за формулою

$$\Theta_n = \tau_{1n} + \mathcal{I}_{сер.н} + 273, \quad (2)$$

де τ_{1n} – номінальне усталене перевищення температури обмотки, °С;
 $\mathcal{I}_{сер.н}$ – номінальна температура навколишнього середовища, °С.



Відповідно поточна абсолютна усталена температура обмотки визначається за формулою

$$\Theta = \tau_{1y} + \vartheta_{сер} + 273, \quad (3)$$

де τ_{1y} – поточне усталене перевищення температури обмотки, °С;

$\vartheta_{сер}$ – поточна температура навколишнього середовища, °С.

З урахуванням викладеного швидкість теплового зношення ізоляції залежить від номінальної швидкості теплового зношення ізоляції ε_n , параметру, що характеризує клас ізоляції, B , номінального усталеного перевищення температури обмотки τ_{1n} , номінальної температури навколишнього середовища $\vartheta_{сер.n}$, поточного усталеного перевищення температури обмотки τ_{1y} , поточної температури навколишнього середовища $\vartheta_{сер}$, тобто $\varepsilon = f(\varepsilon_n, B, \tau_{1n}, \vartheta_{сер.n}, \tau_{1y}, \vartheta_{сер})$. Значення $\varepsilon_n, B, \tau_{1n}, \vartheta_{сер.n}$ залежать тільки від конструкції асинхронного електродвигуна, значення $\vartheta_{сер}$ визначає вплив температури навколишнього середовища на швидкість теплового зношення ізоляції, а значення τ_{1y} визначає вплив режиму роботи на швидкість теплового зношення ізоляції, тобто відхилення напруги на затискачах електродвигуна та ступінь його завантаження.

З метою встановлення поточного усталеного перевищення температури обмотки асинхронного електродвигуна теплові процеси у електродвигуні розглянуто, користуючись двохелементною еквівалентною тепловою схемою [5]. На підставі цієї схеми складена система диференціальних рівнянь, з якої визначено:

$$\tau_{1y} = \tau_{1n} \frac{a + \kappa^2}{1 + a - \alpha \cdot \tau_{1n} \cdot (\kappa^2 - 1)}; \quad (4)$$

$$a = \frac{\Delta P_{с.н}}{\Delta P_{м.н}}. \quad (5)$$

Усталене перевищення температури обмотки τ_{1y} залежить від класу ізоляції обмотки, яка визначає її номінальне усталене перевищення температури τ_{1n} , кратності струму електродвигуна κ , коефіцієнта втрат a та матеріалу провідників обмотки, якому відповідає температурний коефіцієнт опору α - $\tau_{1y} = f(\tau_{1n}, \kappa, a, \alpha)$.

Таким чином, встановлена залежність між тепловим станом асинхронного електродвигуна і швидкістю теплового зношення його ізоляції, яка має вигляд: $\varepsilon = f(\varepsilon_n, B, \tau_{1n}, \vartheta_{сер.n}, \vartheta_{сер}, \kappa, a, \alpha)$. Значення $\varepsilon_n, B, \tau_{1n}, \vartheta_{сер.n}, a, \alpha$ залежать тільки від конструкції асинхронного

електродвигуна, а значення k і $\mathcal{G}_{сер}$ залежать від умов експлуатації та можуть змінюватись протягом роботи електродвигуна.

З останніх двох показників тільки кратність струму електродвигуна може змінюватись від напруги, прикладеної до затискачів електродвигуна. Квадрат кратності струму в обмотці статора асинхронного електродвигуна, згідно його Г-подібної схеми заміщення [7], дорівнює

$$k^2 = k_u \cdot \frac{(r_1' + r_2''/s_n)^2 + (x_1' + x_2'')^2}{(r_1' + r_2''/s)^2 + (x_1' + x_2'')^2}, \quad (6)$$

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

s – поточне ковзання електродвигуна;

s_n – номінальне ковзання електродвигуна.

Як видно з (6) кратність струму обмотки статора електродвигуна залежить від його параметрів, номінального і поточного ковзання. З цих величин тільки поточне ковзання залежить від прикладеної напруги до затискачів електродвигуна. Виходячи зі сказаного вище, проаналізуємо вплив зниження напруги живлячої мережі на поточне ковзання електродвигуна з урахуванням його коефіцієнту завантаження та виду робочої машини, яку він приводить у рух.

Для встановлення математичних залежностей поточного ковзання асинхронного електродвигуна від коефіцієнту зниження напруги, коефіцієнту завантаження електродвигуна та виду робочої машини скористаємось механічними характеристиками асинхронного електродвигуна та робочої машини, які наведено на рис. 2.

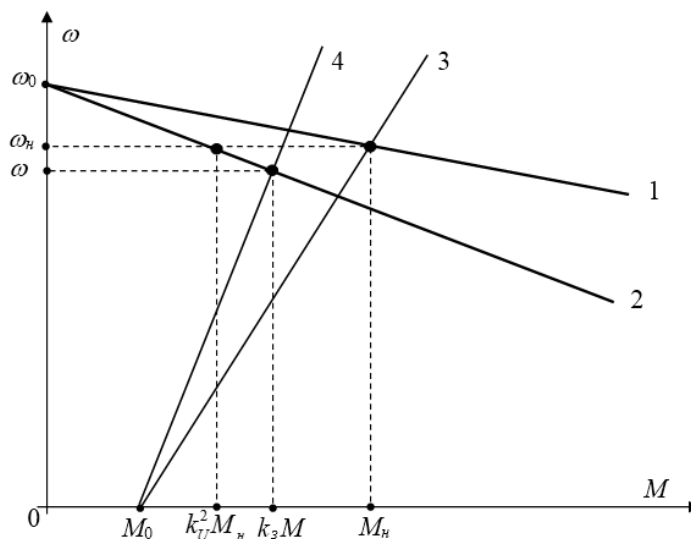


Рис. 2. Механічні характеристики асинхронного електродвигуна та робочої машини



На рис. 2 позначено:

1, 2 – робочі ділянки механічної характеристики асинхронного електродвигуна відповідно при номінальній та зниженій напрузі живлячої мережі;

3, 4 – механічні характеристики робочої машини відповідно при номінальному та зниженому навантаженні;

ω_0 , ω_n , ω – відповідно синхронна, номінальна і поточна кутові швидкості асинхронного електродвигуна;

M_0 – початковий момент опору робочої машини;

M_n , M – відповідно номінальний та поточний моменти на валу асинхронного електродвигуна;

k_3 – коефіцієнт завантаження асинхронного електродвигуна;

k_U – коефіцієнт, який враховує зниження напруги живлячої мережі (відношення діючого значення поточної напруги до номінальної).

Використовуючи рис. 2 та признак подібності трикутників, можемо записати

$$\frac{\omega_0 - \omega_n}{\omega_0 - \omega} = \frac{k_3 \cdot M}{k_U^2 \cdot M_n} \quad (7)$$

Звідки знаходимо

$$M = \frac{\omega_0 - \omega_n}{\omega_0 - \omega} \cdot \frac{k_U^2}{k_3} \cdot M_n, \quad (8)$$

або

$$M = \frac{s}{s_n} \cdot \frac{k_U^2}{k_3} \cdot M_n. \quad (9)$$

Ковзання асинхронного електродвигуна визначає діюче значення сили струму в обмотці статора, від квадрата якого залежить кількість теплоти, що виділяється у цій обмотці при роботі електродвигуна. Тому дослідимо, як буде змінюватись ковзання двигуна в залежності від коефіцієнтів завантаження та зниження напруги з урахуванням виду механічної характеристики робочої машини.

Для цього скористаємось емпіричним рівнянням механічної характеристики робочої машини [8]

$$M_{on} = M_0 + (M_{on.n} - M_0) \cdot \left(\frac{\omega}{\omega_n} \right)^x, \quad (10)$$

де M_{on} , $M_{on.n}$ – відповідно поточне та номінальне значення моменту опору робочої машини, Н·м;

x – показник ступеня, який характеризує зміну статичного моменту робочої машини при зміні швидкості.



Підставимо (9) у (10) та перепишемо рівняння (10) в наступному вигляді

$$\frac{s}{s_n} \cdot \frac{k_U^2}{k_3} \cdot M_n = M_0 + (M_n - M_0) \cdot \left(\frac{1-s}{1-s_n} \right)^x. \quad (11)$$

Розділимо (11) на M_n та перепишемо у такому вигляді

$$\frac{s}{s_n} \cdot \frac{k_U^2}{k_3} = M_{0^*} + (1 - M_{0^*}) \cdot \left(\frac{1-s}{1-s_n} \right)^x, \quad (12)$$

де M_{0^*} – відносне значення початкового моменту опору робочої машини;

$$M_{0^*} = \frac{M_0}{M_n}. \quad (13)$$

Використовуючи (13), знайдемо вирази ковзання двигуна в залежності від коефіцієнтів завантаження та зниження напруги з урахуванням виду механічної характеристики робочої машини, тобто з урахуванням значення показника ступеня, який характеризує зміну статичного моменту робочої машини при зміні швидкості.

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

$$s = \frac{k_3}{k_U^2} \cdot s_n. \quad (14)$$

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

$$s = \frac{M_{0^*} + \frac{1 - M_{0^*}}{1 - s_n}}{\frac{k_U^2}{k_3 \cdot s_n} + \frac{1 - M_{0^*}}{1 - s_n}}. \quad (15)$$

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

$$s = 1 + \frac{k_U^2}{k_3} \cdot \frac{(1-s_n)^2}{2 \cdot s_n \cdot (1-M_{0*})} - \sqrt{1 + \frac{k_U^2 \cdot (1-s_n)^2 (k_U^2 \cdot (1-s_n)^2 + k_3 \cdot s_n \cdot (1-M_{0*}))}{4 \cdot k_3^2 \cdot s_n^2 \cdot (1-M_{0*})^2} - \frac{1-M_{0*} \cdot s_n}{1-M_{0*}}} \quad (16)$$

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

$$s = \frac{1}{2} \cdot \left(1 + \frac{k_3}{k_U^2} \cdot s_n \cdot M_{0*} - \sqrt{\left(1 - \frac{k_3}{k_U^2} \cdot s_n \cdot M_{0*} \right)^2 - 4 \cdot \frac{k_3}{k_U^2} \cdot (1-M_{0*}) \cdot (1-s_n)} \right) \quad (17)$$

Таким чином, встановлені залежності між поточним ковзанням асинхронного електродвигуна s та експлуатаційними показниками (коефіцієнтом зниження напруги на затискачах k_U і коефіцієнтом завантаження електродвигуна k_3) і конструкційними показниками (номінальним ковзанням двигуна s_n , показником ступеня, який характеризує зміну статичного моменту робочої машини при зміні швидкості x , і початковим моментом опору робочої машини M_{0*}). Тобто $s = f(k_U, k_3, s_n, x, M_{0*})$. При будь-якому виді робочої машини залежність ковзання від коефіцієнту зниження напруги має квадратичний характер, а від коефіцієнта завантаження – лінійний.

Отже проведені теоретичні дослідження дозволяють зробити висновок, що швидкість теплового зношення ізоляції є функцією конструкційних та експлуатаційних показників асинхронного електродвигуна та робочої машини. Конструкційні показники електродвигуна обумовлені як його загальною конструкцією, так і його ізоляційною конструкцією, а робочої машини – її видом; експлуатаційні показники носять режимний характер і враховують зниження напруги на затискачах, коефіцієнт завантаження та температуру навколишнього середовища. Тобто $\varepsilon = f(\varepsilon_n, B, \tau_{1n}, \vartheta_{сер.н}, r_1', r_2'', x_1', x_2'', a, \alpha, s_n, x, M_{0*}, k_U, k_3, \vartheta_{сер.н})$.

Використовуючи отримані залежності, чисельно дослідимо залежність швидкості теплового зносу ізоляції від експлуатаційних показників режимного характеру (коефіцієнту зниження напруги, коефіцієнту завантаження, температури навколишнього середовища) з урахуванням зазначених вище конструкційних показників двигуна і робочої машини для асинхронного електродвигуна типорозміру АИР132S4, який приводить у рух робочу машину з $x = 2$.

Згідно [5] для даного електродвигуна $\varepsilon_n = 1$ баз.год./год., $B = 10200$ К, $\tau_{1n} = 90$ °С, $\vartheta_{сер.н} = 40$ °С, $\alpha = 0,004$ 1/°С, $M_{0*} = 0,2$. Значення параметрів Г-подібної схеми заміщення, номінальних ковзань і коефіцієнтів втрат наведено у [8].

Прийнято, що коефіцієнт завантаження досліджуваного асинхронного електродвигуна має наступні значення: 0; 0,1; 0,2; 0,3; 0,4; 0,5; 0,6; 0,7; 0,8; 0,9; 1,0, коефіцієнт зниження напруги на його затискачах має такі значення: 1,0; 0,95; 0,9; 0,85, температура навколишнього середовища має наступні значення: 40°С; 25°С; 10°С, коефіцієнт, що характеризує механічну характеристику робочої машини, має значення: 0; 1; 2; -1.

Результати розрахунків $\varepsilon = f(k_3)$ при різних коефіцієнтах відхилення живлячої напруги, фіксованій температурі навколишнього середовища і врахуванням того, що електродвигун приводить у рух робочу машину з нелінійно-зростаючою механічною характеристикою, представлено на рис. 3.

Інші результати розрахунків $\varepsilon = f(k_3)$ даного електродвигуна при різних коефіцієнтах відхилення живлячої напруги та інших фіксованих значеннях температури навколишнього середовища і коефіцієнта ступеня, що характеризує робочу машину, мають подібний до рис.3 характер.

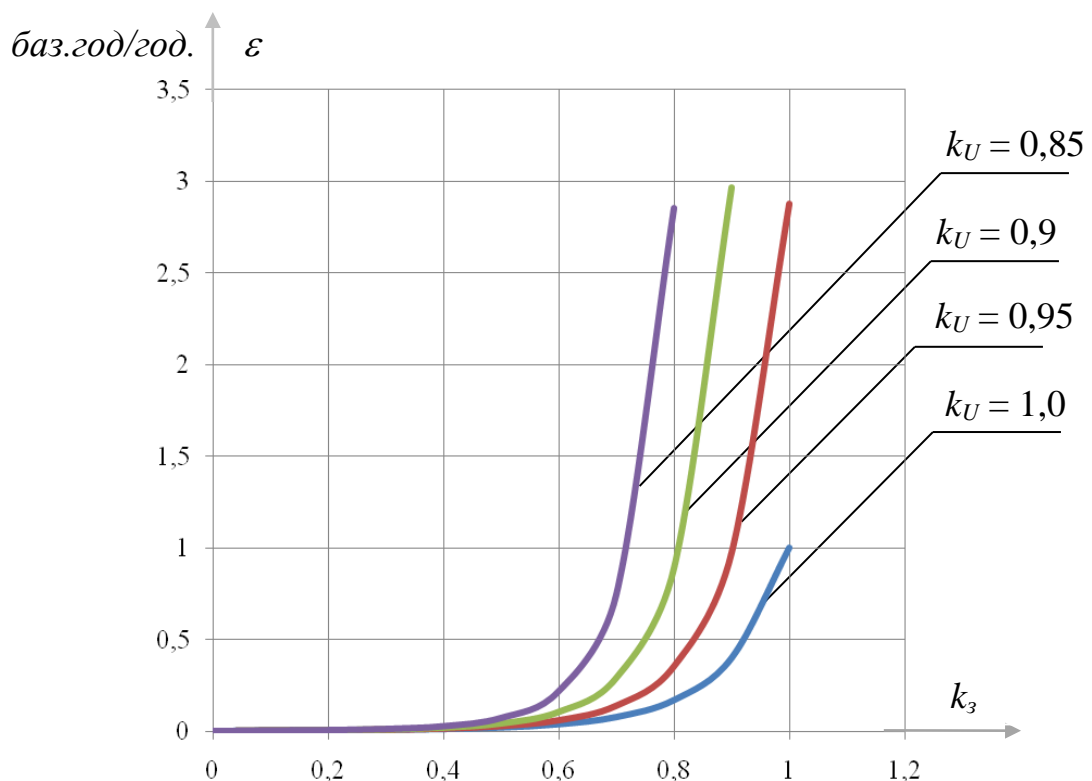


Рис. 3. Залежність $\varepsilon = f(k_3)$ при різних k_U , $\vartheta_{сер} = 40$ °С і $x = 2$ електродвигуна АИР132S4

Результати розрахунків $\varepsilon = f(k_3)$ електродвигуна АИР132S4 при різних температурах навколишнього середовища фіксованому коефіцієнті відхилення живлячої напруги і врахуванням того, що електродвигун приводить у рух робочу машину з нелінійно-зростаючою механічною характеристикою, представлено на рис. 4.

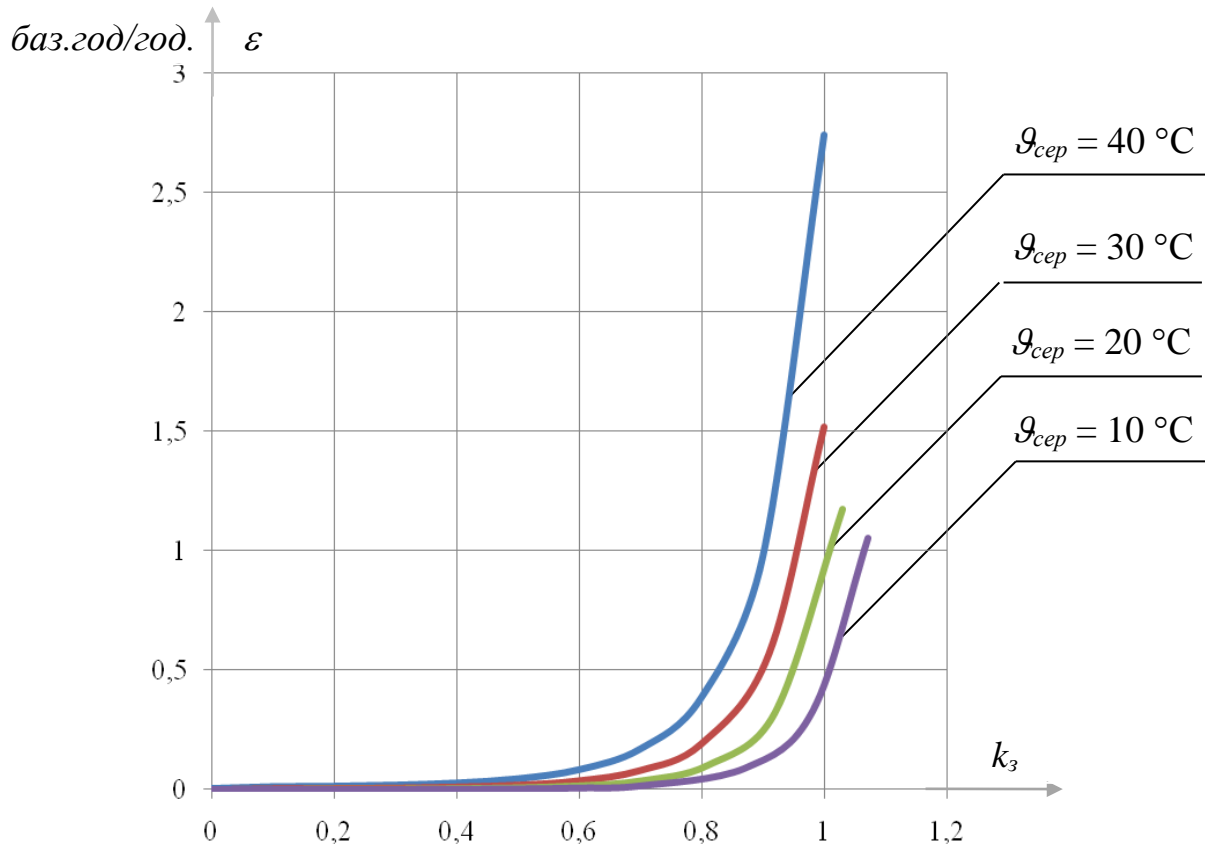


Рис. 4 Залежність $\varepsilon = f(k_3)$ при різних $\vartheta_{сер}$, $k_U = 0,95$ і $x = 2$ електродвигуна АИР132S4

Інші результати розрахунків $\varepsilon = f(k_3)$ даного електродвигуна при різних температурах навколишнього середовища та інших фіксованих значеннях коефіцієнта відхилення живлячої напруги і показника ступеня, що характеризує робочу машину, мають подібний до рис.4 характер.

Висновки.

1. Якщо напруга на затискачах асинхронного електродвигуна будь-якої робочої машини у робочому діапазоні завантаження знижується кожного разу на 5% за незмінної температури навколишнього середовища, то для збереження номінальної швидкості теплового зношення ізоляції електродвигуна необхідно знижувати його завантаження кожного разу на 10%.

2. Якщо температура навколишнього середовища асинхронного електродвигуна будь-якої робочої машини у робочому діапазоні



завантаження збільшується кожного разу на 10°C (або на 25%) за незмінної зниженої напруги на затискачах електродвигуна, то для збереження номінальної швидкості теплового зношення ізоляції електродвигуна необхідно знижувати його навантаження кожного разу на 5 %.

Список використаних джерел

1. Пинчук О. Г. Энергетические показатели асинхронного двигателя при различных параметрах питающего напряжения. *Електротехніка і енергетика*. 2008. Вип. 8(140). С. 201–204.
2. Закладной А. Н., Закладной О. А. Методы оценки срока службы асинхронных электродвигателей. *Енергетика та електрифікація*. 2004. № 4. С. 63–67.
3. Кузнецов В. В, Николенко А. В. О моделях функционирования асинхронного двигателя в условиях некачественной электроэнергии. *Восточноевропейский журнал передовых технологий*. 2015. № 1/8 (73). С. 37–42.
4. Тонн Д. А. Влияние локальных показателей качества электроэнергии на режимы работы конденсаторных асинхронных электроприводов. *Електротехнические комплексы и системы управления*. 2008. № 2. С. 31–34.
5. Овчаров В. В. Эксплуатационные режимы работы и непрерывная диагностика электрических машин в сельскохозяйственном производстве. Киев: УСХА, 1990. 168 с.
6. Овчаров С. В. Ресурсоэнергосберегающие эксплуатационные режимы силового электрооборудования. Киев, 2012. 293 с.
7. Унифицированная серия асинхронных двигателей Интерэлектро / В. И. Радин и др.; под ред. В. И. Радина. Москва: Энергоатомиздат, 1990. 416 с.
8. Електропривід сільськогосподарських машин, агрегатів та потокових ліній: підручник / Є. Л. Жулай та ін.; за ред. Є. Л. Жулая. Київ: Вища освіта, 2001. 288 с.
9. Асинхронные двигатели серии 4А: справочник / А. Э. Кравчик, М. М. Шлаф, В. И. Афонин, Е. А. Соболенская. Москва: Энергоиздат, 1982. 504 с.



ВЛИЯНИЕ ОТКЛОНЕНИЯ ПИТАЮЩЕГО НАПРЯЖЕНИЯ НА РЕСУРС ИЗОЛЯЦИИ АСИНХРОННЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ ПОТОЧНЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ЛИНИЙ

Вовк А. Ю., Квитка С. А., Дидур В. А.

Аннотация – в работе рассмотрены причины невысокой эксплуатационной надёжности асинхронных электродвигателей привода рабочих машин поточных технологических линий и установлено, что главными причинами являются внешние воздействия на электродвигатели, одно из которых – снижение напряжения питающей сети.

В результате изысканий описан механизм развития процессов повреждения изоляции асинхронных электродвигателей поточной технологической линии под действием пониженного напряжения питания и аналитически исследованы с применением тепловой двухэлементной схемы замещения электродвигателя и механической характеристики электродвигателя и рабочей машины тепловые и электромеханические процессы, протекающие в асинхронных электродвигателях поточной технологической линии под действием пониженного напряжения питания.

В результате проведенных исследований получена взаимосвязь между скоростью теплового износа изоляции асинхронного электродвигателя и показателями эксплуатационных воздействий (коэффициентом снижения напряжения на зажимах электродвигателя, коэффициентом загрузки электродвигателя, видом механической характеристики рабочей машины и температурой окружающей среды).

Рассчитаны зависимости скорости расхода ресурса изоляции асинхронного электродвигателя в функции коэффициента загрузки при различных значениях коэффициента отклонения питающего напряжения и фиксированном значении температуры окружающей среды, а также скорости расхода ресурса изоляции асинхронного электродвигателя в функции коэффициента загрузки при различных значениях температуры окружающей среды и фиксированном значении коэффициента отклонения питающего напряжения. На базе проведенных расчетов сформулированы рекомендации по загрузке асинхронных электродвигателей рабочих машин в зависимости от уровня отклонения напряжения питания и значения температуры окружающей среды.

Ключевые слова: рабочая машина, механическая характеристика, асинхронный электродвигатель, изоляция обмотки, снижение напряжения, нагрузка, температура обмотки, скорость расхода ресурса.



INFLUENCE OF THE DEFLECTION OF FOOD VOLTAGE ON THE RESOURCE OF ISOLATION OF ASYNCHRONOUS ELECTRIC MOTORS OF FLOW TECHNOLOGICAL LINES

O. Vovk, S. Kvitka, V. Didur

Summary

In the work, the reasons for the low operational reliability of asynchronous electric motors for driving working machines of production process lines are considered and it is established that the main causes are external influences on electric motors, one of which is a decrease in the supply voltage.

As a result of the research, the mechanism of development of insulation damage processes of an asynchronous electric motor of a production technological line under the action of a reduced supply voltage is described and analytically investigated using a thermal two-element equivalent circuit of the electric motor and the mechanical characteristics of the electric motor and working machine thermal and electromechanical processes occurring in an asynchronous electric motor of a production technological line low voltage supply.

As a result of the research, the relationship between the thermal wear rate of the insulation of an asynchronous motor and the indicators of operating effects (the voltage reduction factor at the motor terminals, the load factor of the electric motor, the type of mechanical characteristics of the working machine and the ambient temperature) has been obtained.

The dependences of the flow rate of the insulation resource of an asynchronous motor as a function of the load factor are calculated for different values of the supply voltage deviation coefficient and a fixed value of the ambient temperature, as well as the flow rates of the insulation resource of the asynchronous motor as a function of the load factor for different values of the ambient temperature and the fixed value of the supply deviation voltage. On the basis of the calculations made, recommendations have been formulated for loading asynchronous electric motors of working machines depending on the level of deviation of the supply voltage and the value of the ambient temperature.

Keywords: working machine, mechanical characteristic, asynchronous electric motor, winding insulation, voltage reduction, load, winding temperature, resource consumption rate.