

**МІЖНАРОДНА НАУКОВО-ПРАКТИЧНА
ІНТЕРНЕТ-КОНФЕРЕНЦІЯ**

**«ТЕНДЕНЦІЇ ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ
НАУКИ І ОСВІТИ
В УМОВАХ ГЛОБАЛІЗАЦІЇ»**



ВИПУСК 112

27 грудня 2024 р.

м. Переяслав

УНІВЕРСИТЕТ ГРИГОРІЯ СКОВОРОДИ
В ПЕРЕЯСЛАВІ

Рада молодих учених університету

Матеріали

Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції

**«ТЕНДЕНЦІЇ ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ
НАУКИ І ОСВІТИ В УМОВАХ ГЛОБАЛІЗАЦІЇ»**

27 грудня 2024 року

Вип. 112

Збірник наукових праць

Переяслав – 2024

УДК 001+37(100)
ББК 72.4+74(0)
Т 33

Матеріали Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції «Тенденції та перспективи розвитку науки і освіти в умовах глобалізації»: Зб. наук. праць. Переяслав, 2024. Вип. 112. 152 с.

ГОЛОВНИЙ РЕДАКТОР:

Коцур В. П. – доктор історичних наук, професор, академік НАПН України

РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ:

Воловик Л. М. – кандидат географічних наук, доцент

Гузун А. В. – кандидат біологічних наук, доцент

Євтушенко Н. М. – кандидат економічних наук, доцент

Кикоть С. М. – кандидат історичних наук (відповідальний за випуск)

Носаченко В. М. – кандидат педагогічних наук, доцент

Руденко О. В. – кандидат психологічних наук, доцент

Садиков А. А. – кандидат фізико-математичних наук, доцент (Казахстан)

Скляренко О. Б. – кандидат філологічних наук, доцент

Халматова Ш. С. – кандидат медичних наук, доцент (Узбекистан)

Юхименко Н. Ф. – кандидат філософських наук, доцент

Збірник матеріалів конференції вміщує результати наукових досліджень наукових співробітників, викладачів вищих навчальних закладів, докторантів, аспірантів, студентів з актуальних проблем гуманітарних, природничих і технічних наук

Відповідальність за грамотність, автентичність цитат, достовірність фактів і посилань несуть автори публікацій

©Університет Григорія Сковороди
в Переяславі

©Рада молодих учених університету

Ce is the costs of operating the pipeline.

The objective function for solving the optimization problem of finding the optimal route of the FMP is introduced on this scheme.

A possible approach to solving this problem analytically with the creation of a digital terrain model, using a network model and optimal programming methods is proposed for further research.

ДЖЕРЕЛА ТА ЛІТЕРАТУРА

1. Українська логістика шукає шляхи в обхід моря та повітря. URL: <https://edialog.media/uk/2022/05/03>.
2. Nomayounnejad, Maziar. The Lawful Use of Autonomous Weapon Systems for Targeted Strikes (Part 2): Targeting Law & Practice / TLI Think (2018).
3. Нова українська паливна логістична система захищена від ракетних атак Росії. URL: <https://mil.in.ua/uk/news/nova-ukrayinska-palyvna-logistychna-systema-zahyshhena-vid-raketnyh-atak-rosiyi/> (2023, лютий, 16).
4. Музика О.П. Стратегія адаптації паливної логістичної системи України до умов повномасштабної війни. *Здобутки та досягнення прикладних та фундаментальних наук XXI століття*: матеріали VI Міжнародної наукової конференції, м. Черкаси.-Вінниця:ТОВ «УКРЛОГОС Груп, 2023. С. 226-228.
5. ВКДП 4-100(56).01 Настанова. Трубопровідний батальйон / Наказ №655 від 21.12.2020. 100 с.
6. The NATO Pipeline System: a forgotten defense asset/JSTOR. Retrieved 2022-05-22.
7. NATO Handbook. Система трубопроводів НАТО (NPS). URL: <https://www.nato.int/docu/handbook/2006/hb-ukr-2006/Part10.pdf>. P.326.

УДК 631.37:621.313

*Ірина Попова, Дмитро Олійник, Анастасія Кот
(Запоріжжя, Україна)*

ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕПЛОВИХ ПРОЦЕСІВ В АСИНХРОННОМУ ДВИГУНІ З КОРОТКОЗАМКНЕНИМ РОТОРОМ

В роботі проведено аналіз теплових процесів в асинхронному двигуні як системи двох тіл; досліджено залежність нагріву обмотки від класу ізоляції, конструктивних параметрів, кратності струмів в обмотці статора, номінальних втрат активної потужності асинхронного двигуна в процесі експлуатації.

***Ключові слова:** асинхронний двигун, нагрів, навантаження, перевищення температури, втрати активної потужності, строк служби.*

Постановка проблеми. В Україні для приводу робочих машин і механізмів найбільше застосовуються електроприводи на базі асинхронних двигунів, кількість яких досягає 95 % від усіх електроприводів [1, 2]. Це пов'язано з високою конструкційною надійністю, значними енергетичними показниками та іншими характеристиками зазначених асинхронних двигунів [3, 4].

Асинхронні двигуни, які є силовими приводними агрегатами таких електроприводів, значний час роботи функціонують з не оптимальним навантаженням, що обумовлює зменшення їх коефіцієнта корисної дії у порівнянні з максимальним значенням.

Основні матеріали дослідження. Експлуатаційна надійність асинхронних двигунів в значній мірі визначається надійністю його фазних обмоток, яка в свою чергу залежить від стану ізоляції. В процесі експлуатації асинхронні двигуни піддаються цілій низці експлуатаційних впливів, які можна розділити на два класи: режимні та кліматичні. Основного пошкодження в асинхронному двигуні зазнає фазна обмотка статора та її ізоляція.

Аналіз останніх досліджень. В асинхронному двигуні спостерігаються нагрів обмотки статора і її ізоляції безпосередньо фазним струмом, а в сталі (магнітопроводі) нагрів викликається явищем гістерезису (перемагнічуванням сталі) та вихровими струмами, які створює змінне обертальне магнітне поле в наслідок явища електромагнітної індукції. Втрати активної енергії, за рахунок цих фізичних явищ, характеризує коефіцієнт корисної дії асинхронного двигуна.

Для аналізу теплових процесів розглядають асинхронний двигун як систему двох тіл: обмотки і сталі. Теплова схема заміщення асинхронного двигуна, як системи двох тіл, наведена на рис. 1.

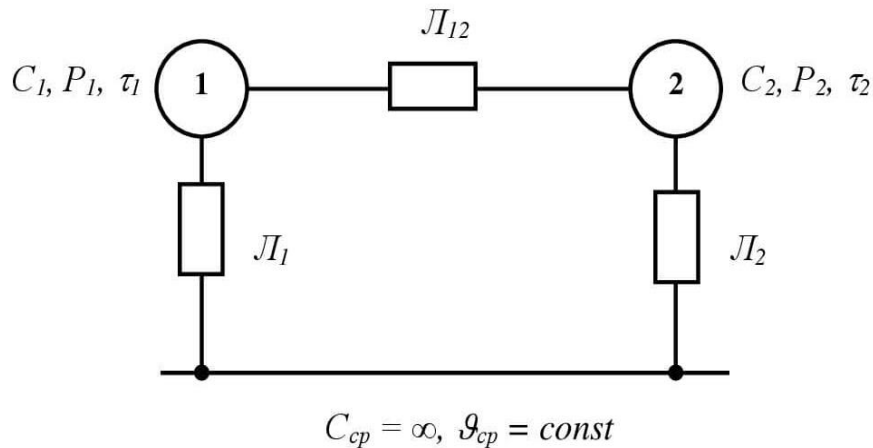


Рис. 1. Теплова схема заміщення асинхронного двигуна як системи двох тіл

На рис. 1 введені наступні умовні позначення:

C_1 – теплоємність обмотки, Дж/°С;

C_2 – теплоємність сталі, Дж/°С;

P_1 – втрати активної потужності в обмотці, Вт;

P_2 – втрати активної потужності в сталі (магнітопроводі), Вт;

τ_1 – перевищення температури обмотки, °С;

τ_2 – перевищення температури сталі, °С;

C_{sp} – теплоємність оточуючого середовища, Дж/°С;

G_{sp} – температура оточуючого середовища, °С;

L_1, L_2, L_{12} – теплові провідності відповідно між обмоткою і оточуючим середовищем, сталлю і оточуючим середовищем, обмоткою і сталлю, Дж/(с·°С).

Мета статті. Дослідити перехідні теплові процеси при нагріві асинхронного двигуна і втрати активної потужності в ньому.

Основні матеріали дослідження. Для теплової схеми заміщення асинхронного двигуна як системи двох тіл (рис.1) складемо рівняння теплового балансу системи

$$C_1 \frac{d\tau_1}{dt} + L_1\tau_1 + L_{12}(\tau_1 - \tau_2) = (1 + \alpha\tau_1)P_{10}; \quad (1)$$

$$C_2 \frac{d\tau_2}{dt} + L_2\tau_2 + L_{12}(\tau_2 - \tau_1) = P_2. \quad (2)$$

де P_{10} – втрати активної потужності в обмотці статора при температурі оточуючого середовища, Вт;

α – температурний коефіцієнт опору матеріалу обмотки, $1/^\circ\text{C}$;

t – поточний час, с.

Розв’язання рівнянь (1) та (2) дає рівняння, яке складається з двох експонент з парціальними складовими сталих перевищень температури і постійних часу нагріву [4]. Замінімо криву нагріву еквівалентною і рівняння нагріву асинхронного двигуна запишемо як для однорідного тіла

$$\tau_1 = \tau_{1c} \left(1 - e^{-\frac{t}{T_y}}\right) + \tau_{1noc.} \left(1 - e^{-\frac{t}{T_e}}\right), \quad (3)$$

де τ_{1c} – стале перевищення температури обмотки, $^\circ\text{C}$;

T_e – еквівалентна стала часу нагріву асинхронного двигуна, $^\circ\text{C}$;

$\tau_{1noc.}$ – початкове перевищення температури обмотки статора, $^\circ\text{C}$;

τ_1 – поточне перевищення температури обмотки статора, $^\circ\text{C}$;

t – поточний час, с.

Рівняння сталої перевищення температури обмотки в залежності від номінального перевищення температури обмотки, коефіцієнту втрат та кратності струму в обмотках статора має вигляд

$$\tau_{1c} = \tau_{1n} \frac{a + k^2}{a + 1 - \alpha \tau_{1n} (k^2 - 1)}, \quad (4)$$

де τ_{1n} – номінальне перевищення температури обмотки, $^\circ\text{C}$;

a – коефіцієнт втрат;

k – кратність струму в обмотках статора.

Еквівалентна постійна часу нагріву, що залежить від маси обмоток і магнітопроводу, питомої теплоємності матеріалу обмоток і магнітопроводу, номінальних перевищень температури двох тіл двигуна, номінальних втрат активної потужності в ньому, розраховується за рівнянням

$$T_e = \frac{\sum_1^n m_i \cdot c_i \cdot \tau_{in}}{\Delta P_n} = \frac{m_1 \cdot c_1 \cdot \tau_{1n} + m_2 \cdot c_2 \cdot \tau_{2n}}{\Delta P_n} \quad (5)$$

де m_i – маса i -го тіла, кг;

m_1 – маса обмотки статора, кг;

m_2 – маса сталі (магнітопроводу), кг;

c_i – питома теплоємність i -го тіла, Дж/(кг \cdot °C);

c_1 – питома теплоємність обмотки статора, $\frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}$;

c_2 – питома теплоємність сталі магнітопроводу, $\frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}$.

τ_{in} – номінальне перевищення температури i -го тіла, $^\circ\text{C}$;

τ_{1n} – номінальне перевищення температури обмотки статора над температурою навколишнього середовища в номінальному режимі роботи електродвигуна, $^\circ\text{C}$.

τ_{2n} – номінальне перевищення температури сталі над температурою навколишнього середовища в номінальному режимі роботи електродвигуна, $^\circ\text{C}$.

ΔP_n – номінальні втрати активної потужності в двигуні, Вт.

Номінальні втрати активної потужності в двигуні з урахуванням коефіцієнту корисної дії

$$\Delta P_n = \frac{P_{2n}}{\eta_n} - P_{2n},$$

де P_{2n} – номінальна потужність асинхронного двигуна на валу, Вт;
 η – коефіцієнт корисної дії двигуна, в.о.

Для асинхронного двигуна АИР160S4У3, $P_{2n} = 15$ кВт: $c_1 = 380 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}$; $c_2 = 470 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}$; $\tau_{1n} = 115^\circ\text{C}$; $\tau_{2n} = 90^\circ\text{C}$; $m_1 = 3,39$ кг, к.к.д. $\eta_n = 0,9$. [5]. Проведемо розрахунок перевищення температури обмотки статора над температурою навколишнього середовища для двигуна АИР160S4У3.

Номінальні втрати в електродвигуні АИР160S4У3

$$\Delta P_n = \frac{15}{0,9} - 15 = 1,67 \text{ кВт} = 1670 \text{ Вт}.$$

Постійна часу нагрівання електродвигуна АИР160S4У3 дорівнює

$$T = \frac{380 \cdot 9,92 \cdot 115 + 470 \cdot 90,08 \cdot 90}{1666,7} = 2546 \text{ с}.$$

Підставляючи значення часу від 0 до 10^3 с у рівняння (3) знаходимо перевищення температури асинхронного двигуна від $\tau_{поч} = 40^\circ\text{C}$ в залежності від постійної часу T , сталого перевищення температури обмотки двигуна над температурою оточуючого середовища τ_c , початкового перевищення температури обмотки двигуна над температурою оточуючого середовища $\tau_{поч}$ та часу протікання номінального струму в обмотці статора (таблиця 1).

Таблиця 1. Результати розрахунків перевищення температури обмотки статора над температурою навколишнього середовища для двигуна АИР160S4У3 для номінального режиму роботи при коефіцієнті завантаження робочої машини $k_3 = 1$

T = 2546 с; $\tau_c = \tau_n = 115^\circ\text{C}$; $\tau_{поч} = 40^\circ\text{C}$											
t, с 10^3	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
τ_i , $^\circ\text{C}$	40	64,4	80,8	91,9	99,4	104,5	107,9	110,2	111,8	112,8	113,5

Висновки. Таким чином, процес нагріву асинхронного двигуна з короткозамкненим ротором визначається за класом ізоляції (τ_{in}), конструктивними параметрами (m_i , c_i , τ_{in} , α , a), кратністю струму в обмотках статора (k), номінальними втратами активної потужності в асинхронному двигуні (ΔP_n).

ДЖЕРЕЛА ТА ЛІТЕРАТУРА

1. Попова І.О., Чаусов С.В., Вовк О.Ю. Обґрунтування ресурсозберігаючого режиму трифазного симетричного динамічного навантаження при обриві однієї фази. *Науковий вісник Таврійського державного агротехнологічного університету: електронне наукове фахове видання* / гол. ред. д.т.н., проф. В.М. Кюрчев. Запоріжжя: ТДАТУ, 2024. Вип. 24, т. 2. DOI: 10.32782/2220-8674-2024-24-2-24.
2. Kurashkin S., Popova I., Popryaduhin V.S., Kovalov O.V. Mathematical model of asynchronous motor diagnosis. *Science progress in European countries: new concepts and modern solutions*. Proceedings of the 6th International conference. ORT Publishing. Stuttgart, Germany. 2019. PP. 361-366.
3. Попова І.О. Аналіз параметрів обмоток динамічного навантаження при несиметрії напруги. *Тенденції та перспективи розвитку науки і освіти в умовах глобалізації:*

Матеріали Міжнар. наук.-практ. інтернет-конф. (30 квітня 2024 р., Університет Григорія Сковороди у Переяславі): зб. наук. праць. Переяслав, 2024. Вип. 104. С. 167-169.

4. Попова І.О., Квітка С.О., Вовк О.Ю. Дослідження несиметричного режиму на роботу динамічного індуктивного навантаження. *Праці Таврійського державного агротехнологічного університету: наукове фахове видання* / гол. ред. д.т.н. В.М. Кюрчев. Запоріжжя: ТДАТУ, 2023. Вип. 23, т.1. С.179-187. DOI: 10.31388/2078-0877-2023-23-1-179-187.

5. Марченко О.С. Механізація та автоматизація у тваринництві і птахівництві: підручник. Київ: Урожай, 1995. 416 с.

Матеріали Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції «Тенденції та перспективи розвитку науки і освіти в умовах глобалізації»: Зб. наук. праць. Переяслав, 2024. Вип. 112. 152 с.

Відповідальність за грамотність, автентичність цитат, достовірність фактів і посилань несуть автори публікацій. Передрук і відтворення опублікованих у збірнику матеріалів будь-яким способом дозволяється тільки при посиланні на «Тенденції та перспективи розвитку науки і освіти в умовах глобалізації».

Матеріали науково-практичної інтернет-конференції розміщені на сайті:
<http://confscientific.webnode.com.ua>

Укладачі: С. М. Кикоть, І. В. Гайдаєнко
Верстка та дизайн: І. В. Гайдаєнко

Адреса оргкомітету та редколегії:
08401, вул. Сухомлинського, 30 (к. 100),
м. Переяслав, Київська обл., Україна,
тел. +380930569496,
сайт: confscientific.webnode.com.ua

