



ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКА, ЕЛЕКТРОТЕХНІКА ТА ЕЛЕКТРОМЕХАНІКА

DOI <https://doi.org/10.32782/2220-8674-2025-15-2-18>

УДК 621.313.3.025.3-78

О. Ю. Вовк, канд. техн. наук

ORCID: 0000-0003-0154-6972

Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного

e-mail: Oleksandr.vovk@tsatu.edu.ua

**РЕСУРСОЗБЕРІГАЮЧЕ РЕГУЛЮВАННЯ НАПРУГИ АСИНХРОННИХ
ДВИГУНІВ ЗІ ЗНИЖЕННЯМ НАВАНТАЖЕННЯ**

Анотація. У роботі розглянуто методи керування асинхронними двигунами за мінімумом витрати ресурсу. Встановлено, що більшість із них спрямовані на контроль втрат потужності й не враховують швидкості зношення елементів конструкції електродвигуна. Для можливості здійснення ресурсозберігаючого керування запропоновано як критерій оцінювання застосовувати швидкість теплового зношення ізоляції обмотки статора асинхронного двигуна. Розроблено математичну модель процесу теплового зношення ізоляції обмотки, за допомогою якої отримано рівняння кратності живлячої напруги у функції коефіцієнта завантаження за умови мінімуму швидкості теплового зношення ізоляції. Це дає можливість будувати алгоритми та пристрої регулювання напруги живлення електродвигуна для збереження його ресурсу зі зниженням навантаження.

Ключові слова: електричні машини, електропривод, збереження ресурсу, швидкість теплового зношення ізоляції, перевищення температури, втрати потужності, кратність напруги, коефіцієнт завантаження.

Постановка проблеми. На сьогодні найпоширенішими електродвигунами є асинхронні – у світі їх налічується близько 300 млн, а споживають вони приблизно 40 % виробленої у світі електроенергії [1; 2]. Причиною цього є висока конструкційна надійність та порівняно низька вартість виготовлення зазначених електродвигунів [3; 4]. При цьому надійність асинхронних двигунів в експлуатаційних умовах знижується через зовнішні впливи, які повністю не були передбачені під час проєктування [5]. Це підтверджується таким: щорічні витрати на ремонти та технічне обслуговування зазначених електродвигунів становлять близько 8 % від річного обігу грошових коштів промислових галузей економіки Європи [6], щорічно виходять із ладу до 4 % встановлених асинхронних двигунів [7]. Найчастіше до такої ситуації призводить теплове старіння ізоляції асинхронних двигунів, яке обумовлене різними факторами [8], головним з яких є вплив робочих машин (змінне навантаження, перевантаження, поштовхи, вібрації тощо) [9–11]. Тому дослідження дії робочих машин на ресурс асинхронних двигунів і розробка ресурсозберігаючого впливу на електродвигуни за зміни навантаження є актуальною задачею.

Аналіз останніх досліджень. Існуючі дослідження переважно спрямовані на енергозберігаюче керування асинхронними двигунами. На цю тему є багато оглядових робіт [12–14], де запропоновано методи керування асинхронними двигунами з погляду енергозбереження розподілити на такі групи: 1) методи керування за станом електродвигуна; 2) методи керування із застосуванням моделі втрат потужності в електродвигуні; 3) методи керування електродвигуном за допомогою прямої оптимізації. До недоліків методів першої групи належить те, що в керуванні не враховуються зміна напруги живильної мережі, навантаження електродвигуна, вид механічної характеристики робочої машини, нагрівання всіх його активних частин і швид-

кість теплового зношення ізоляції електродвигуна. Недоліками методів другої групи є значна лінеаризація параметрів електродвигуна, відсутність реакції на зміну напруги живильної мережі, також не враховуються вид механічної характеристики робочої машини та швидкість теплового зношення ізоляції електродвигуна. Крім того, виникнення несправностей у вузлах електродвигуна (навіть незначних) призводитиме до збільшення втрат потужності в елементах його конструкції, а це також не враховують зазначені методи керування. До недоліків методів третьої групи належать порівняно значний час оптимізації, відсутність реакції на зміну напруги живильної мережі, також не враховуються вид механічної характеристики робочої машини та швидкість теплового зношення ізоляції електродвигуна.

Зустрічаються окремі роботи, які присвячені саме ресурсозбереженню під час керування асинхронними двигунами. Наприклад, у [15, 16] пропонується правило регулювання напруги електродвигуна за його енергозберігаючого керування. Воно спрямоване на збереження номінального значення швидкості теплового зношення ізоляції за регулювання напруги, проте не дає змоги здійснювати регулювання напруги у функції завантаження електродвигуна для забезпечення мінімального значення вказаної швидкості.

Таким чином, із викладеного випливає, що на сьогодні відсутні способи керування асинхронними двигунами за мінімумом витрати його ресурсу.

Формулювання мети статті (постановка завдання). У статті поставлено за мету обґрунтування способу ресурсозберігаючого керування асинхронних двигунів в умовах зміни навантаження шляхом регулювання напруги на його затискачах.

Основна частина. Розглянемо, з яких причин відбувається зменшення ресурсу асинхронного двигуна протягом експлуатації. Згідно з [17–19] ресурс асинхронного двигуна зменшується внаслідок різноманітних впливів із боку електричної мережі (провали напруги, асиметрія напруги, відхилення частоти тощо), робочої машини (поштовхи, вібрації, перевантаження тощо), навколишнього середовища (температура, вологість, пил, агресивні хімічні сполуки тощо), унаслідок чого в елементах конструкції електродвигуна відбуваються різні процеси старіння. Відповідно до [17–19] у процесі експлуатації електродвигуна швидше за інші елементи відбувається зменшення ресурсу ізоляції обмотки статора. Здебільшого ресурс ізоляції обмотки статора витрачається внаслідок її теплового зношення. Тому як критерій збереження ресурсу електродвигуна під час керування візьмемо швидкість теплового зношення ізоляції обмотки статора, вираз якої згідно з [20] запишемо так:

$$\varepsilon = \varepsilon_n \cdot \exp \left[B \cdot \left(\frac{1}{\Theta_n} - \frac{1}{\tau_{обм} + \vartheta_{сер} + 273} \right) \right], \quad (1)$$

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

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

B – параметр, що характеризує клас ізоляції обмотки статора, К;

Θ_n – номінальне значення абсолютної температури обмотки статора, К;

$\tau_{обм}$ – поточне перевищення температури обмотки статора, °С;

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

Значення ε_n , B , τ_{1n} , $\vartheta_{сер,n}$ визначаються конструкцією асинхронного двигуна, значення $\vartheta_{сер}$ враховує вплив температури навколишнього середовища, а значення $\tau_{обм}$ враховує вплив навантаження і живильної напруги на швидкість теплового зношення ізоляції обмотки статора електродвигуна.

Якщо асинхронний двигун встановлено в приміщенні, температура навколишнього середовища під час його роботи практично не змінюється і може вважатися постійною. Тому головним чинником, який впливає на швидкість теплового зношення його ізоляції, є поточне пере-

вищення температури обмотки. Дослідимо залежність поточного перевищення температури обмотки від навантаження та живильної напруги. Вважатимемо, що асинхронний двигун працює у тривалому режимі роботи, і запишемо вираз $\tau_{обм}$ для цього режиму в такому вигляді:

$$\tau_{обм} = \tau_{обм.н} \cdot \frac{\Delta P_{var} + \Delta P_{const}}{\Delta P_i}, \quad (2)$$

де $\tau_{обм.н}$ – номінальне перевищення температури обмотки, °C;

ΔP_{var} – поточні змінні втрати активної потужності в асинхронному двигуні, Вт;

ΔP_{const} – поточні постійні втрати активної потужності в асинхронному двигуні, Вт;

ΔP_n – номінальні втрати активної потужності в асинхронному двигуні, Вт.

Для знаходження виразів змінних і постійних втрат активної потужності розглянемо Г-подібну схему заміщення асинхронного двигуна [20], наведену на рис. 1.

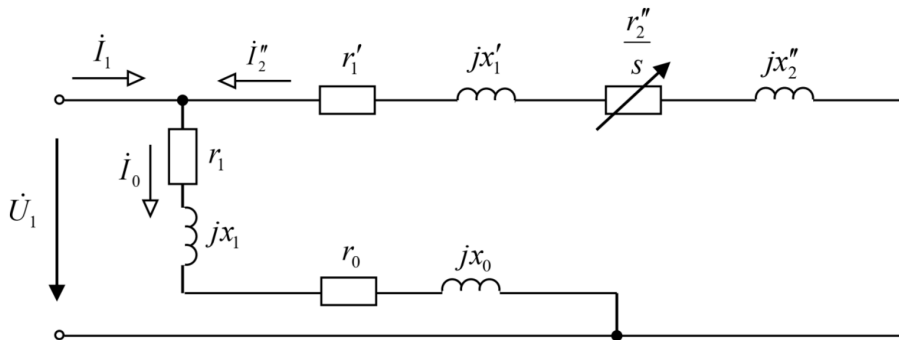


Рис. 1. Г-подібна схема заміщення асинхронного двигуна

На Г-подібній схемі заміщення (рис. 1) позначено: $\dot{U}_1$ – комплекс діючого значення фазної напруги електродвигуна, В; $\dot{I}_1$ – комплекс діючого значення фазного струму електродвигуна, А; $\dot{I}_2''$ – комплекс діючого значення струму навантажувальної вітки схеми, А; $\dot{I}_0$ – комплекс діючого значення струму намагнічувальної вітки схеми, А; s – ковзання електродвигуна; r_1' , x_1' , r_2'' , x_2'' , r_1 , x_1 , r_0 , x_0 – опори схеми, Ом.

Згідно з рис. 1 змінні втрати активної потужності в асинхронному двигуні виділяються в активних опорах навантажувальної вітки схеми, тому запишемо їх так:

$$\Delta P_{var} = 3 \cdot (r_1' + r_2'') \cdot (I_2'')^2, \quad (3)$$

де діюче значення струму навантажувальної вітки схеми дорівнює:

$$I_2'' = \frac{U_1}{\sqrt{\left(r_1' + \frac{r_2''}{s}\right)^2 + (x_1' + x_2'')^2}}. \quad (4)$$

Після підстановки (4) у (3) отримаємо:

$$\Delta P_{var} = 3 \cdot \frac{(r_1' + r_2'')}{\left(r_1' + \frac{r_2''}{s}\right)^2 + (x_1' + x_2'')^2} \cdot U_1^2. \quad (5)$$

У номінальному режимі роботи вираз (5) матиме вигляд:

$$\Delta P_{var.} = 3 \cdot \frac{(r_1' + r_2'')}{\left(r_1' + \frac{r_2''}{s_n}\right)^2 + (x_1' + x_2'')^2} \cdot U_{1n}^2, \quad (6)$$

де $\Delta P_{var.n}$ – номінальні змінні втрати активної потужності в асинхронному двигуні, Вт;
 s_n – номінальне ковзання електродвигуна;
 U_{1n} – діюче значення номінальної фазної напруги електродвигуна, В.

Розділивши (5) на (6) та перетворивши, отримаємо:

$$\Delta P_{var} = \Delta P_{var.n} \cdot \frac{\left(r_1' + \frac{r_2''}{s_n} \right)^2 + (x_1' + x_2'')^2}{\left(r_1' + \frac{r_2''}{s} \right)^2 + (x_1' + x_2'')^2} \cdot k_u^2, \quad (7)$$

де k_u – кратність напруги на затискачах електродвигуна, тобто

$$k_u = \frac{U_1}{U_{1n}}. \quad (8)$$

Згідно з рис. 1 постійні втрати активної потужності в асинхронному двигуні виділяються в активних опорах намагнічуючої вітки схеми, тому запишемо їх так:

$$\Delta P_{const} = 3 \cdot (r_1 + r_0) \cdot I_0^2, \quad (9)$$

де діюче значення струму намагнічувальної вітки схеми дорівнює:

$$I_0 = \frac{U_1}{\sqrt{(r_1 + r_0)^2 + (x_1 + x_0)^2}}. \quad (10)$$

Після підстановки (10) у (9) отримаємо:

$$\Delta P_{const} = 3 \cdot \frac{(r_1 + r_0)}{(r_1 + r_0)^2 + (x_1 + x_0)^2} \cdot U_1^2. \quad (11)$$

У номінальному режимі роботи вираз (11) матиме вигляд:

$$\Delta P_{const.n} = \frac{(r_1 + r_0)}{(r_1 + r_0)^2 + (x_1 + x_0)^2} \cdot U_{1n}^2, \quad (12)$$

де $\Delta P_{const.n}$ – номінальні постійні втрати активної потужності в асинхронному двигуні, Вт.

Розділивши (11) на (12) та перетворивши, отримаємо:

$$\Delta P_{const} = \Delta P_{const.n} \cdot k_u^2. \quad (13)$$

Підставивши (7) і (13) у (2) та перетворивши, отримаємо:

$$\tau_{обм} = \frac{\tau_{обм.n}}{\Delta P_i} \cdot \left(\Delta P_{var} \cdot \frac{\left(r_1' + \frac{r_2''}{s_n} \right)^2 + (x_1' + x_2'')^2}{\left(r_1' + \frac{r_2''}{s} \right)^2 + (x_1' + x_2'')^2} + \Delta P_{const.n} \right) \cdot k_u^2. \quad (14)$$

Якщо вважати, що асинхронний двигун надає руху робочій машині з незалежною від швидкості механічною характеристикою, то згідно з [19]

$$s = \frac{k_3}{k_u^2} \cdot s_n, \quad (15)$$

де k_3 – коефіцієнт завантаження електродвигуна.

Підставивши (15) у (14), отримаємо:

$$\tau_{обм} = \frac{\tau_{обм.н}}{\Delta P_i} \cdot \left(\Delta P_{var} \cdot \frac{\left(r_1' + \frac{r_2''}{s_n} \right)^2 + (x_1' + x_2'')^2}{\left(r_1' + \frac{r_2'' \cdot k_u^2}{s_n \cdot k_3} \right)^2 + (x_1' + x_2'')^2} + \Delta P_{const.н} \right) \cdot k_u^2. \quad (16)$$

Встановимо залежність кратності напруги на затискачах асинхронного двигуна від його коефіцієнта завантаження, за якої швидкість теплового зношення ізоляції обмотки статора буде мінімальною, використовуючи рівняння (1) і (16). Таку залежність можна встановити внаслідок чисельного розв'язання вказаних рівнянь. Для прикладу візьмемо асинхронний двигун типорозміру АИР90L4 потужністю 2,2 кВт, у якого:

$\varepsilon_n = 1$ баз. год/год,

$B = 10\,200$ К,

$\theta_{1н} = 403$ К,

$r_1' = 4,295$ Ом, $r_2'' = 3,331$ Ом,

$x_1' = 2,629$ Ом, $x_2'' = 5,697$ Ом,

$s_n = 0,051$,

$U_{1н} = 220$ В,

$\Delta P_{var.н} = 225,3$ Вт, $\Delta P_{const.н} = 324,7$ Вт, $\Delta P_n = 550$ Вт,

$\tau_{обм.н} = 90$ °С.

Вважатимемо, що $\vartheta_{сер} = 40$ °С, коефіцієнт завантаження змінюється від 0,1 до 1. Умова мінімізації така: поточне ковзання не перевищує номінальне (тобто $s \leq s_n$).

З використанням вказаних чисельних значень фізичних величин здійснено розрахунки в програмі MS Excel через надбудову «Пошук рішення». Результати розрахунків перевищення температури обмотки статора у функції коефіцієнта завантаження наведено на рис. 2.

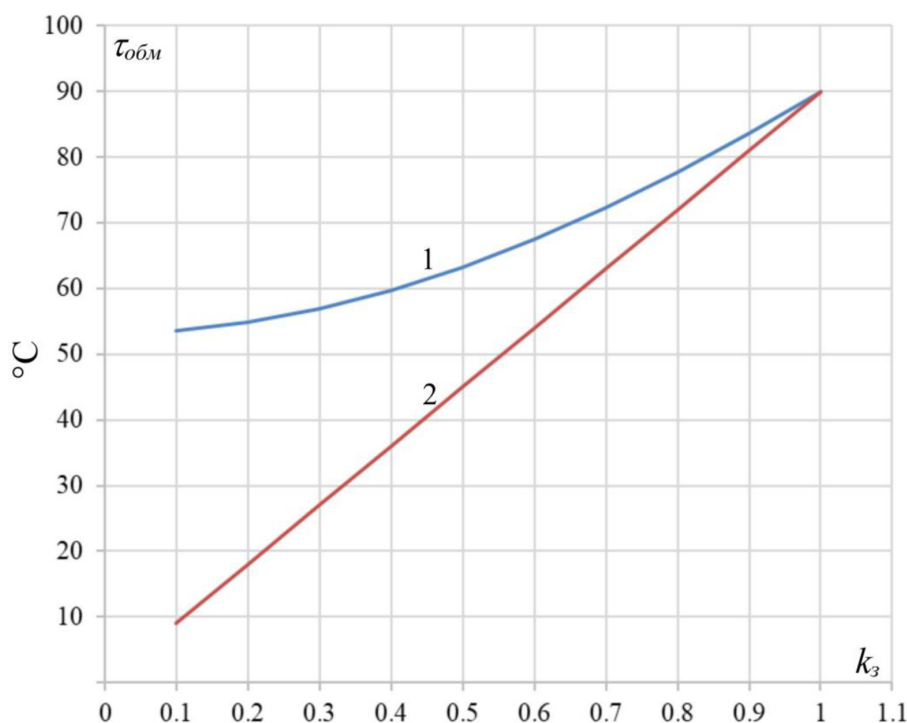


Рис. 2. Залежності $\tau_{обм} = f(k_3)$ асинхронного двигуна АИР90L4

На рис. 2 позначено: 1 – залежність $\tau_{обм} = f(k_3)$ за номінальної напруги на затискачах електродвигуна, 2 – залежність $\tau_{обм} = f(k_3)$ у разі регулювання напруги на затискачах електродвигуна.

З отриманих залежностей (рис. 2) випливає, що зниження напруги на затискачах електродвигуна, який працює з навантаженням, меншим за номінальне, призводить до зменшення його нагрівання. Це обумовлює зниження швидкості зношення ізоляції його обмотки, що підтверджується результатами, наведеними на рис. 3. На ньому показані залежності $\varepsilon = f(k_3)$: 1 – за номінальної напруги на затискачах електродвигуна, 2 – у разі регулювання напруги на затискачах електродвигуна.

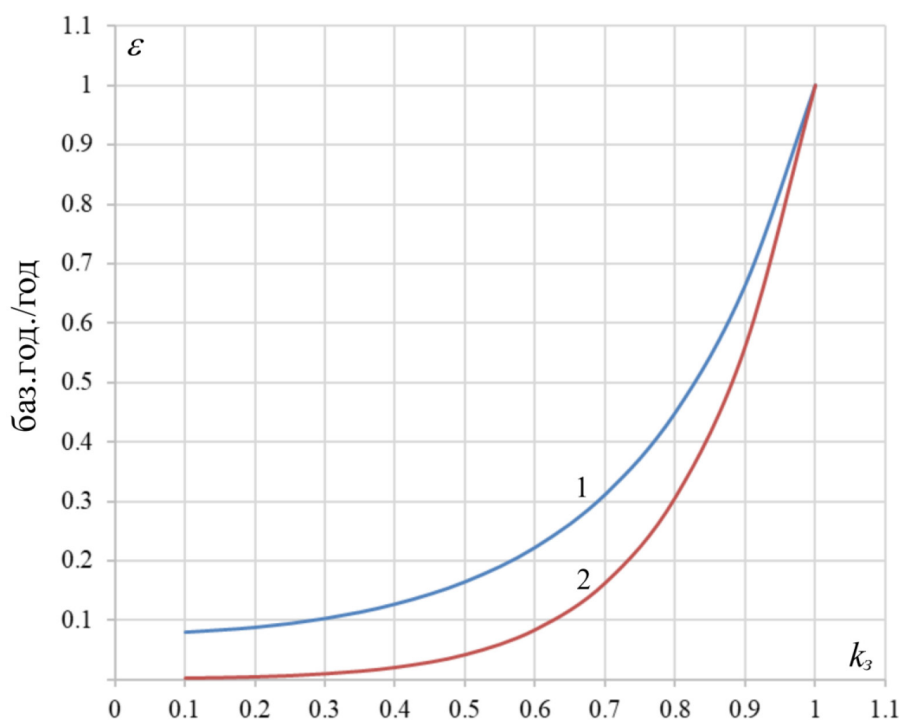


Рис. 3. Залежності $\varepsilon = f(k_3)$ асинхронного двигуна АИР90L4

З результатів, показаних на рис. 3, випливає, що зниження напруги на затискачах електродвигуна, який працює з навантаженням, меншим за номінальне, призводить до зменшення витрати його ресурсу. Наприклад, якщо вказаний асинхронний двигун працюватиме з навантаженням 70 % від номінального протягом робочих днів поточного року по 8 годин на добу й оптимально зниженою напругою, то кількість його зекономленого ресурсу становитиме: $(0,31-0,16) \cdot 261 \cdot 8 = 313,2$ баз. год. Крім того, у процесі роботи зменшиться теплове навантаження на всі елементи його конструкції, що позитивно вплине на їх зношення.

Для здійснення оптимального регулювання напруги на затискачах електродвигуна отримано залежність кратності напруги від коефіцієнта завантаження асинхронного двигуна, за якої швидкість теплового зношення ізоляції обмотки статора буде мінімальною (рис. 4).

Апроксимація залежності $k_u = f(k_3)$ на рис. 4 дала можливість отримати таке її рівняння:

$$k_u = \sqrt{k_3}. \quad (17)$$

Як випливає з (15) і умови мінімізації ($s \leq s_n$) отримане рівняння (17) є справедливим для будь-якого асинхронного двигуна, який приводить у рух робочу машину з незалежною від швидкості механічною характеристикою.

Висновки. Таким чином, у роботі отримана залежність кратності напруги від коефіцієнта завантаження асинхронного двигуна, за якої швидкість теплового зношення ізоляції обмотки

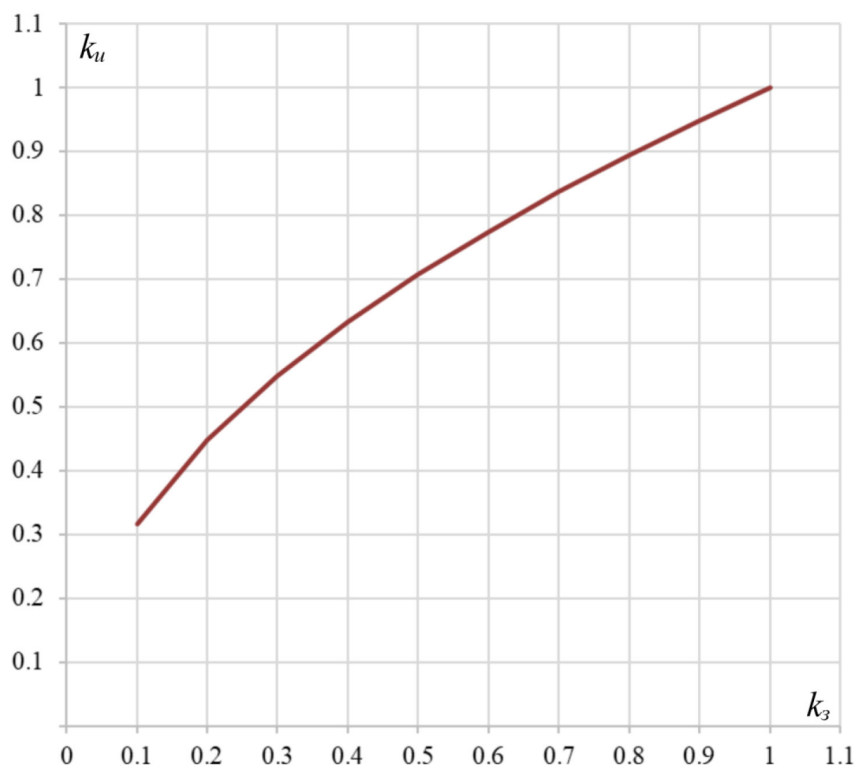


Рис. 4. Залежність $k_u = f(k_s)$ асинхронного двигуна АІР90L4, за якої $\epsilon \rightarrow \min$

статора буде мінімальною. Це дає можливість будувати алгоритми та пристрої регулювання напруги живлення електродвигуна для збереження його ресурсу за зниження навантаження. Недоліком отриманої залежності є те, що її перевірено тільки для випадків приведення електродвигуном у рух робочих машин з незалежною від швидкості механічною характеристикою. Подальші дослідження мають бути спрямовані на встановлення таких залежностей для випадків приведення у рух робочих машин з іншими видами механічних характеристик та на врахування збільшення навантаження щодо номінального значення.

Список використаних джерел

1. Lu S.-M. A review of high-efficiency motors: Specification, policy and technology. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2016. Vol. 59. P. 1–12. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.12.360>
2. Ferreira F. J. T. E., de Almeida A. T. Overview on energy saving opportunities in electric motor driven systems—Part 1: System efficiency improvement. In *Proceedings of the 2016 IEEE/IAS 52nd Industrial and Commercial Power Systems Technical Conference (I CPS), Detroit, MI, USA, 1–5 May, 2016*. P. 1–8. <https://doi.org/10.1109/ICPS.2016.7490219>
3. Terron-Santiago C., Martinez-Roman J., Puche-Panadero R., Sapena-Bano A. A Review of Techniques Used for Induction Machine Fault Modelling. *Sensors*. 2021. Vol. 21. P. 4855. <https://doi.org/10.3390/s21144855>
4. Boyko A., Volianskaya Ya. Synthesis of the System for Minimizing Losses in Asynchronous Motor with a Function for Current Symmetrization. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2017. Vol. 4/5 (88). P. 50–58. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2017.108545>
5. Bazurto A. J., Quispe E. Q., Mendoza R. M. Causes and Failures Classification of Industrial Electric Motor. *ANDESCON, 2016 IEEE*, 2016. P. 1–4. <https://doi.org/10.1109/ANDESCON.2016.7836190>
6. Sudhakar I., Adi Narayana S., Anil Prakash M. Condition Monitoring of a 3-Ø Induction Motor by Vibration Spectrum analysis using Fft Analyser—A Case Study. *Materials Today: Proceedings*. 2017. Vol. 4 (2/A). P. 1099–1105. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2017.01.125>
7. Ferreira F. J. T. E., Baoming G., de Almeida A. T. Reliability and Operation of High-Efficiency Induction Motors. *IEEE Transactions on Industry Applications*. 2016. Vol. 52 (6). P. 4628–4637. <https://doi.org/10.1109/TIA.2016.2600677>

8. Zhao K., Cheng L., Zhang C., Nie D., Cai W. Induction motors lifetime expectancy analysis subject to regular voltage fluctuations. *IEEE Electrical Power and Energy Conference (EPEC)*. 2017. <https://doi.org/10.1109/EPEC.2017.8286230>
9. Höpner V. N., Wilhelm V. E. Insulation Life Span of Low-Voltage Electric Motors – A Survey. *Energies*. 2021. Vol. 14. P. 1738. <https://doi.org/10.3390/en14061738>
10. Ghassemi M. Accelerated insulation aging due to fast, repetitive voltages: A review identifying challenges and future research needs. *IEEE Transactions on Dielectrics and Electrical Insulation*. 2019. Vol. 26 (5). P. 1558–1568. <https://doi.org/10.1109/TDEI.2019.008176>
11. Liu T., Jiang M., Zhang D., Zhao H., Shuang F. Effect of Symmetrical Voltage Sag on Induction Motor Considering Phase-angle Factors Based on A New 2-D Multi-Slice Time-Stepping Finite Element Method. *IEEE Access*. 2020. Vol. 8. P. 75946–75956. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.2988581>
12. Ferreira F. J. T. E., de Almeida A. T. Overview on energy saving opportunities in electric motor driven systems – Part 2: Regeneration and output power reduction. *2016 IEEE/IAS 52nd Industrial and Commercial Power Systems Technical Conference (I&CPS)*, Detroit, MI, USA, 2016. P. 1–8. <https://doi.org/10.1109/ICPS.2016.7490220>
13. Zhou X., Yang B., Ma Y., Gao Z. Research Review on the Energy-saving Technologies for Asynchronous Motors. *2018 IEEE International Conference on Mechatronics and Automation (ICMA)*, Changchun, China, 2018. P. 195–199. <https://doi.org/10.1109/ICMA.2018.8484643>
14. Trianni A., Cagno E., Accordini D. Energy efficiency measures in electric motors systems: A novel classification highlighting specific implications in their adoption. *Applied Energy*. 2019. Vol. 252. P. 113481. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2019.113481>
15. Tareq M. A. Al-Quraan, Oleksandr Vovk, Serhii Halko, Serhii Kvitka, Olena Suprun, Oleksandr Miroshnyk, Vitalii Nitsenko, Nurul Mohammad Zayed and K.M. Anwarul Islam. Energy-Saving Load Control of Induction Electric Motors for Drives of Working Machines to Reduce Thermal Wear. *Inventions*. 2022. Vol. 7 (4). P. 92. <https://doi.org/10.3390/inventions7040092>
16. Вовк О. Ю., Квітка С. О. Ресурсозберігаюче керування навантаженням асинхронних електродвигунів насосних установок в умовах зниження живлячої напруги. *Науковий вісник ТДАТУ*, 2022. № 12 (1). С. 18. <https://doi.org/10.31388/2220-8674-2022-1-18>
17. Ferreira F. J. T. E., Baoming G., de Almeida A. T. Reliability and operation of high-efficiency induction motors. *2015 IEEE/IAS 51st Industrial & Commercial Power Systems Technical Conference (I&CPS)*, Calgary, AB, Canada, 2015. P. 1–13. <https://doi.org/10.1109/ICPS.2015.7266412>
18. Квітка С. О., Вовк О. Ю., Волошина А. А., Стребков О. А. Розробка системи забезпечення ресурсо-енергозберігаючого експлуатаційного режиму роботи асинхронного електродвигуна. *Енергетика і автоматика*. 2016. № 4 (30). С. 89–97.
19. Movahed S. R., Oraee Mirzamani S. H., Rajabi A., Daneshvar H. Estimation of insulation life of inverter-fed induction motors. *2010 1st Power Electronic & Drive Systems & Technologies Conference (PEDSTC)*, Tehran, Iran, 2010. P. 335–339. <https://doi.org/10.1109/PEDSTC.2010.5471797>
20. Вовк О. Ю., Квітка С. О., Дідур В. А. Вплив відхилення живлячої напруги на ресурс ізоляції асинхронних електродвигунів потокових технологічних ліній. *Науковий вісник ТДАТУ*, 2019. № 9 (1). <https://doi.org/10.31388/2220-8674-2019-1-25>

Стаття надійшла до редакції 23.10.2025

Стаття прийнята 04.11.2025

Статтю опубліковано 22.12.2025





O. Vovk
Dmytro Motornyi Tavria State Agrrotechnological University

RESOURCE-SAVING VOLTAGE REGULATION OF ASYNCHRONOUS MOTORS WHEN REDUCING LOAD

Summary

The article is devoted to improving the reliability of asynchronous motors used to drive working machines and mechanisms. These electric motors are most widely used in practice due to their high structural reliability and relatively low cost. However, operational experience has shown that their reliability decreases in production conditions. This is due to external influences that were not fully anticipated during the design phase. One such influence is variable loading from the working machines. Therefore, researching its effect on the service life of asynchronous motors and developing a resource-saving effect on electric motors when the load changes is a pressing task. This task can be solved by implementing a specific control method. An analysis of existing methods has shown that most of them are aimed at controlling power losses and do not take into account the rate of wear of electric motor components. Therefore, the article aims to justify a method of resource-saving control of asynchronous motors under changing load conditions by regulating the voltage

The rate of thermal wear of the stator winding insulation is accepted as the criterion for preserving the resource of an electric motor during its operation. The main factor affecting it is the current excess of the winding temperature. The paper considers the expression of temperature excess as a function of constant and variable active power losses in an electric motor. Based on the equivalent circuit of an asynchronous motor, these power losses are presented as a function of the equivalent circuit parameters, load factor and voltage multiplicity. Based on these equations, a mathematical model of the thermal wear process of the winding insulation was developed. Using this model, a study of the change in the service life of the AIR90L4 asynchronous motor was conducted. The results of the study showed that a decrease in the voltage at the terminals of an underloaded electric motor leads to a decrease in its service life.

To regulate the voltage at the electric motor terminals, the dependence of the voltage multiple on the load factor of the asynchronous motor was obtained, at which the rate of thermal wear of the stator winding insulation will be minimal. This allows algorithms and devices to be developed for regulating the supply voltage of the electric motor to ensure that its service life is preserved when the load is reduced. The disadvantage of the obtained dependence is that it has only been verified for cases where the electric motor drives working machines with mechanical characteristics that are independent of speed. Further research should be aimed at establishing such dependencies for cases of driving working machines with other types of mechanical characteristics and taking into account the increase in load relative to the nominal value.

Keywords: electric machines, electric drive, resource conservation, insulation thermal wear rate, temperature excess, power loss, voltage multiplier, load factor.