



УДК 620.9

О. Ю. Юрченко, ст. викл.

ORCID: 0000-0002-3047-6654

Т. І. Лівенко,

О. М. Матвеев,

Р. Є. Беркут,

В. Г. Бугайов,

Сумський національний аграрний університет

e-mail: aleksyurchenko110917@gmail.com, тел.: 096-610-67-82

ТЕХНОЛОГІЯ РЕМОНТУ ЕЛЕКТРОДВИГУНІВ РІЗНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

Анотація. Ремонт електричного двигуна поділяється на кілька етапів. Кожен з етапів має бути суворо витриманим за процедурою виконання. Порушення будь-яких операцій при ремонті електричного двигуна може призвести до несправності устаткування, неналежного виконання ним його функціональних завдань тощо. Крім того, порушення норм виконання ремонтних робіт можуть нести за собою небезпеку для персоналу та для системи електропостачання окремої структури, де електропостачання пов'язане загальною мережею. В даній роботі представлено технологію ремонту електричних двигунів різного призначення в лабораторних та домашніх умовах. Для прикладу обрано електричний двигун потужністю 0,75 кВт з тривалим режимом роботи, що використовується в насосній станції в порівняно складних умовах – постійному контакті з вологою. Представлена технологія є дієвою для виконання операцій з ремонту електродвигунів без надмірних затрат на виконання кожної окремо узяті операції, наприклад, у різних місцях. Усі операції витримано з точки зору точності, якості та безпеки для персоналу.

Ключові слова: електричний двигун, статор, ротор, обмотка, котушка, мегаомметр, провід, ремонт, мікрометр.

Постановка проблеми. Рівень комфорту для населення сьогодні потребує використання все більш потужного обладнання, що давало б можливість повною мірою задовольнити потреби населення.

З іншого боку, питання повторного використання ресурсів дає можливість значно зменшити невідновні запаси та унеможливити постійне збільшення шкоди навколишньому середовищу.

Ремонт електродвигунів є досить складним процесом. У разі



виходу зі строю обмоток, - є можливість їх заміни. Така операція одразу дає можливість зменшення витрат на покупку нового електродвигуна та максимально зменшить питання переробки відпрацьованого обладнання.

Для ремонту електродвигуна в домашніх або лабораторних умовах за умови невеликих масштабів виробництва є можливість використання різного роду обладнання, що значно полегшує виконання ремонтних робіт.

Аналіз останніх досліджень. Одним із основних аспектів збільшення терміну служби і зменшення утворення відходів є ремонтпридатність виробів. Ключовими факторами в оцінці можливості ремонту виробу є легкість розбору та використання індексів ремонтпридатності [1]. Системи об'єднують такі складові, як фінанси, транспорт, енергетика, продовольство та вода, що зводиться до підвищення продуктивності. Проте використання таких технологій часто потребує додаткових матеріальних та інфраструктурних інвестицій. Через їх широке використання важливо, щоб системи були стійкими. Один із підходів до підвищення стійкості полягає у підвищенні їх надійності та ремонтпригодності [2].

У дослідженні [3] представлено методологію, розроблену для вибору із екологічної точки зору найкращого сценарію по закінченню терміну служби електричного і електронного обладнання, що виходить з ладу до закінчення терміну служби. Із цією метою вплив життєвого циклу обладнання на довкілля оцінюється для двох різних сценаріїв закінчення терміну служби: ремонту та повторного використання або заміни обладнання. Результати показали, що для всіх проаналізованих категорій сценарії ремонту та повторного використання в цілому виявляються екологічно безпечнішими, ніж сценарії заміни, як того вимагає Директива 2012/19/ЄС. Тим не менш, для деяких типів відмов, наприклад, пов'язаних з двигунами або друкованими платами, якщо відмова відбувається в кінці терміну служби, заміна є кращим варіантом, ніж ремонт та повторне використання, оскільки вплив ремонтних робіт на навколишнє середовище не знижується, компенсуючи екологічними перевагами продовження терміну корисного використання остаточно терміну служби.

Електродвигуни є широко поширеними компонентами промислових систем, що забезпечують усі виробничі процеси та обладнання для забезпечення безпеки. На них впливає ефект старіння з внеском, що залежить від умов навколишнього середовища, в якому вони працюють. Для розробки ефективних планів технічного обслуговування необхідно прогнозувати поведінку основних компонентів, таких як підшипники та обмотки [4]. Заходи щодо підвищення енергоефективності для електродвигунів майже не



застосовуються, а у попередній літературі значною мірою не зверталася увага на характерні фактори, що відносяться до їх впровадження в промислових операціях [5]. Дослідження [5] після всебічного огляду літератури спрямоване на підтримку досліджень, пропонуючи основу для визначення факторів, що слід оцінювати при розгляді питань про вживання заходів щодо підвищення енергоефективності електродвигунів. Пропоновані фактори згруповані за десятьма категоріями, а саме: контекстуальні фактори, сумісність, економічність, енергозбереження, фактори, пов'язані з виробництвом, фактори, пов'язані з операціями, синергія, складність, персонал та додаткові технічні фактори. Запропонована структура забезпечує додаткову підтримку та додаткову цінність для осіб, що приймають рішення, особливо для неенергоємних фірм, де вплив на неенергетичні виробничі ресурси стає більш важливим, а малі та середні підприємства зазвичай становлять великі труднощі для цілісної оцінки заходів щодо підвищення енергоефективності. Електродвигунами покривається помітна частка промислового споживання енергії. Незважаючи на широкий набір явно рентабельних можливостей підвищення енергоефективності у цій наскрізній технології, часто особи, які приймають рішення, не використовують їх, оскільки деталізація конкретного рішення може бути надто високою, що призводить до досить низького ступеня реалізації. Зокрема, серйозною перешкодою є недостатнє знання особливостей, які слід враховувати під час ухвалення рішення про здійснення дії у цій галузі [6]. Алгоритми машинного навчання можна використовувати завдяки їхнім узагальнюючим можливостям навчання на різних типах та варіантах продуктів. Проте насправді набори даних із різноманітними вибірками, які можна використовувати для навчання моделей, важко отримати у початковий період [7]. Тому, профілактичне обслуговування промислового устаткування стало критичним аспектом у промисловості [8].

Електродвигуни відіграють левову частку промислового енергоспоживання. Можна знайти безліч можливостей для підвищення енергоефективності, більшість з яких, мабуть, економічно вигідні, але часто особи, які приймають рішення, не використовують їх, оскільки деталізація конкретного рішення може бути надто високою [9-10].

Формулювання мети статті. Метою даної роботи є аналіз ремонту електродвигуна в лабораторних або домашніх умовах, а саме:

- з використанням додаткового устаткування;
- з перевіркою цілісності обмоток;
- з раціональним використанням ресурсів.

Основна частина. Експериментальні дослідження по роботі з електродвигунами різного призначення проведено в лабораторних

умовах.

З метою покращення умов виконання процесу перемотування електричних двигунів використано устаткування, що виготовлено власноруч. За рахунок використання такого обладнання є можливість значно зменшити затрати праці для виконання процесу за покращити якість виконуваних робіт.

Для прикладу, розглянемо ремонт електричного двигуна насосної станції JET 100 A(a)T (рисунок 1) потужністю 750 Вт.



Рисунок 1. Насосна станція JET 100 A(a)T

До вище доданих фото слід указати умови за яких електричний двигун не було можливості використовувати. Насосна станція припинила своє функціонування в певний проміжок часу після 5 років використання. Причиною цього була відсутність роботи електричного двигуна. З метою подальшого використання двигуна як для насосного агрегату, так і для інших технологічних установок вирішено здійснити його ремонт.

З рисунку 2 видно кількість пар полюсів електричного двигуна та котушок в його обмотках. Після здійснення процесу огляду двигуна перших очевидних несправностей не виявлено. Згодом, після вилучення першої котушки пускової обмотки, електродвигун запускався за допомогою стороннього втручання методом розкручування ротора. Це було ознакою того, що саме та котушка пускової обмотки була причиною відсутності роботи електродвигуна.

На рисунку 3 зображено послідовність виконання ремонтних робіт електродвигуна. Варто враховувати, що операція з визначення діаметру проводу включає і операцію з враховування кількості витків котушок.

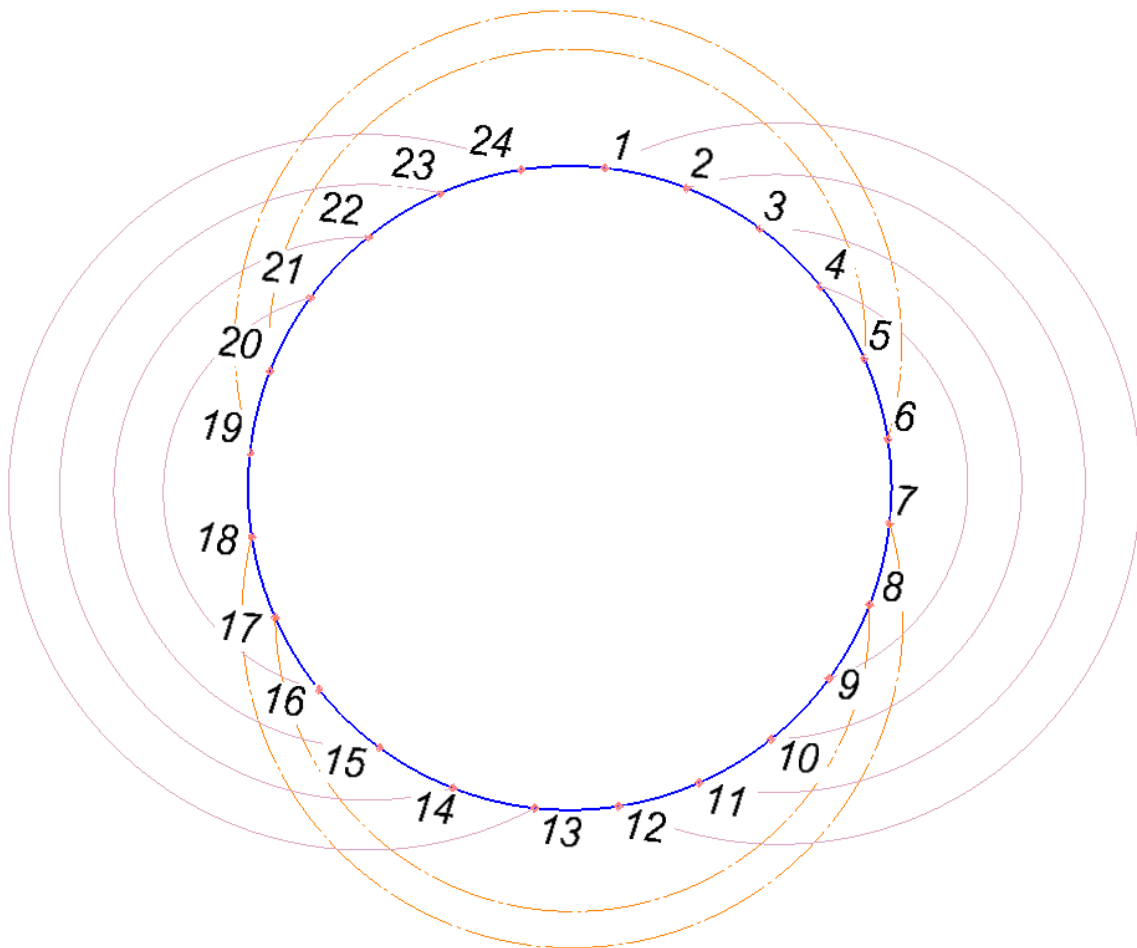


Рисунок 2. Електричний двигун насосної станції JET 100 А(а)Т.
З'єднання обмоток



1 – визначення діаметру проводу; 2 – намотування котушки;
3 – підготовка до встановлення котушки; 4 – установка котушки
Рисунок 3. Ремонт електродвигуна у лабораторних умовах.

Представлений в дослідженні електричний двигун є одним з типових представників електроенергетичного обладнання та має стандартну структуру. Однак, важливість прийнятого рішення щодо його ремонту обґрунтована кількома причинами серед яких – першочергове питання повторного використання того чи іншого ресурсу та, разом із тим, зменшення згубного впливу на навколишнє середовище і різноманіття використання даного двигуна як в побуті, так і в промисловості. Варто відмітити, що виконанням робочих органів насосного агрегату, з якого знято даний двигун не передбачено їх заміну без деформацій. Внаслідок цього, встановлення нового робочого колеса на насосний агрегат, а, разом із тим, і на вал електродвигуна є проблематичними. Однак, його використання є можливим для інших технологічних установок, з метою чого електродвигун і відновлювався.



Рисунок 4. Пристрій намотування обмоток електродвигуна

До вище сказаного переліку слід додати процес перевірки обмоток на цілісність на правильність їх з'єднання. Даний процес здійснено мегаомметром М4100/1 (рисунок 5.2).



Рисунок 5. 1 – укомплектований статор електродвигуна; 2 – перевірка цілісності обмоток та правильності їх підключення мегаомметром

Згодом, після процесу збирання електричного двигуна, випробування, здійснені в лабораторних умовах підтвердили правильність виконаних робіт та роботоздатність електричного двигуна.

Висновки. Представлена в роботі технологія ремонту електродвигунів для лабораторних або домашніх умов за наявності обмеженої кількості обладнання та устаткування підтверджує можливість виконання такого виду роботи. Як висновок, можна вважати, усі операції з точності проведення робіт та їх якість, серед яких правильність виробу проводу, намотування котушок, їх укладка, випробування обмоток, дотримано.

Список використаних джерел

1. Rodríguez N.B., Favi C. Eco-design guidelines takeaways from the analysis of product reparability and ease of disassembly: a case study for electric ovens. *Procedia CIRP*, 2022 <https://doi.org/10.1016/j.procir.2022.02.099>



2. Watson B.C., Bras B. Connections Between System of System Sustainability and Resilience in an Electric Motor Manufacturing Supply Chain. *Procedia CIRP*, 2022 <https://doi.org/10.1016/j.procir.2022.02.038>
3. Bovea M.D., Ibáñez-Forés V., Perez-Belis V. Repair vs. replacement: Selection of the best end-of-life scenario for small household electric and electronic equipment based on life cycle assessment. *Journal of environmental management*, 109679, 2019 <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2019.109679>
4. D'Urso D., Chiacchio F., Borrometi D., Costa A., Compagno L. Dynamic failure rate model of an electric motor comparing the Military Standard and Svenska Kullagerfabriken (SKF) methods. *IEEE International Symposium on Multimedia*, 2020 <https://doi.org/10.1016/j.procs.2021.01.262>
5. Accordini D., Cagno E., Trianni A. Identification and characterization of decision-making factors over industrial energy efficiency measures in electric motor systems. *Renewable & Sustainable Energy Reviews*, 149, 111354, 2021 <https://doi.org/10.1016/j.rser.2021.111354>
6. 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 <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2019.113481>
7. Wu C., Zhou K., Kaiser J., Mitschke N., Klein J.F., Pfrommer J., Beyerer J., Lanza G., Heizmann M., Furmans K. MotorFactory: A Blender Add-on for Large Dataset Generation of Small Electric Motors. *ArXiv, abs/2301.05028*, 2023 <https://doi.org/10.1016/j.procir.2022.02.168>
8. Magadán L., Suárez F. J., Granda J. C., García D. F. Low-cost real-time monitoring of electric motors for the Industry 4.0. *Procedia Manufacturing*, 42, 393–398, 2020 <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.02.057>
9. Trianni A., Cagno E., Accordini D. A review of Energy Efficiency Measures Within Electric Motors Systems. *Energy Procedia*, 2019 <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2019.01.964>
10. Cagno E., Accordini D., Trianni A. A Framework to Characterize Factors Affecting the Adoption of Energy Efficiency Measures Within Electric Motors Systems. *Energy Procedia*, 2019 <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2019.01.962>

Стаття надійшла до редакції 19.04.2023 р.



O. Yurchenko, T. Livenko, O. Matvieiev, R. Berkut, V. Buhaiov
Sumy National Agrarian University

REPAIR TECHNOLOGY OF ELECTRIC MOTORS FOR DIFFERENT PURPOSES

Summary

Electric motor repair is divided into several stages. Each of the stages must be strictly observed according to the execution procedure. Violation of any operations during the repair of an electric motor can lead to a malfunction of the equipment, improper performance of its functional tasks, etc. In addition, violations of the norms of repair work may entail danger for personnel and for the power supply system of a separate structure, where the power supply is connected to the general network. This work presents the technology of repairing electric motors for various purposes in laboratory and home conditions. As an example, an electric motor with a power of 0.75 kW with a long-term operating mode, used in a pumping station in relatively difficult conditions - constant contact with moisture, was chosen. The presented technology is effective for carrying out operations on the repair of electric motors without excessive costs for carrying out each separate operation, for example, in different places. All operations are maintained in terms of accuracy, quality and safety for personnel. The sequence of stages of the repair of the electric motor in home or laboratory conditions with appropriate photo-fixation of the processes is determined. It is worth noting the relative ease of repairing electrical equipment using this technology. The main stages indicated in the work determine the full cycle of repairing an electric motor from its disassembly to checking the windings for integrity and correct connection, as well as checking the motor's performance in laboratory conditions. Subsequently, the restored electric motor is able to function as before and perform all its direct tasks.

Key words: electric motor, stator, rotor, winding, coil, megohmmeter, wire, repair, micrometer.