

УДК 631.371

ДЕМІШОНКОВА С. А., ДЕМІШОНКОВ Я. В., КУЛІК Т. І.
Київський національний університет технологій та дизайну

ФУНКЦІОНАЛЬНА ДІАГНОСТИКА ПАРАМЕТРІВ ТРИФАЗНОГО АСИНХРОННОГО ДВИГУНА З КОРОТКОЗАМКНЕНИМ РОТОРОМ

Мета. Розробка методу та технічних засобів дослідження характеристик асинхронного двигуна із короткозамкненим ротором з використанням перетворювача напруги програмно-апаратного комплексу.

Методика. Дослідження характеристик асинхронного двигуна: пуск двигунів при зниженій напрузі, досліди неробочого ходу, навантаження, короткого замикання, визначення низки різноманітних параметрів двигунів, зняття робочих та інших характеристик, розгляд різних способів регулювання частоти обертання тощо.

Результати. Визначено типові характеристики асинхронного двигуна з короткозамкненим ротором при різних режимах роботи, проведено огляд найпоширеніших комплексних стендів для дослідження асинхронних двигунів, виконано порівняльний аналіз елементів навантаження асинхронного двигуна. Характеристики, отримані для досліджуваного двигуна, є дуже схожими до вигляду стандартних характеристик асинхронних двигунів, що використовуються у виробництві, та у лабораторних стендах.

Наукова новизна. Обґрунтовано можливість застосування модернізованого стенду з використанням спеціальної схеми перетворювача напруги, що в значній мірі збільшить час безперервної роботи трифазного двигуна та знизить витрати електроенергії.

Практична значимість. Розроблено стенд для дослідження характеристик асинхронного двигуна із короткозамкненим ротором з використанням перетворювача напруги, який дозволить виміряти опір ізоляції обмоток щодо корпусу і між фазами обмоток, проводити випробування ізоляції обмоток щодо корпусу на електричні міцність, безперервно контролювати параметри асинхронного двигуна в процесі його використання. Завдяки малогабаритності, економічним та технічним показникам, даний стенд є зручним у експлуатації при дослідженні асинхронного двигуна у трифазному і однофазному режимах, а також сприяє більш сучасному та демонстративному навчанню.

Ключові слова: електродвигун, експериментальний стенд, програмно-апаратний метод, робочі характеристики.

Вступ. В даний час асинхронні електродвигуни є споживачами понад 70% всієї електроенергії в країні. Досвід експлуатації електродвигунів свідчить про велику кількість відмов, що трапляються у зв'язку з аварійними ситуаціями. Щорічно в результаті аварій виходять з ладу до 20...25 % застосовуваних асинхронних двигунів. Додатково до збитків додається зниження електро- і пожежобезпеки, пов'язане з можливими короткими замиканнями, які можуть бути присутніми в обмотці статора або ротора пошкодженого електродвигуна.

Постановка завдання. Для визначення та усунення порушень в роботі асинхронного двигуна існує багато методів, але всі вони мають певні недоліки та переваги. На сьогоднішній день актуальним завданням є розроблення методу, який дозволить виконувати діагностування асинхронного двигуна у безперервному режимі в процесі його роботи.

Результати дослідження. В даний час відсутня єдина концепція діагностування електродвигунів. Загальноприйняті засоби захисту не забезпечують збереження електродвигуна і знижують ймовірність виникнення лише деяких з перерахованих вище

випадків. Тому виникає потреба діагностики стану електродвигуна в процесі його роботи, тобто функціональної діагностики. Відносно великі терміни між випробуваннями, які регламентуються ГОСТ 7217-87, не дозволяють виявляти пошкодження на ранній стадії їх виникнення, тобто не можуть бути зафіксовані своєчасно.

Сучасні системи і методи діагностики електрообладнання можна розділити на дві групи.

До першої групи належать методи тестової діагностики, які вимагають формування штучних збурювань, що впливають на досліджуваний об'єкт: вимірювання опору ізоляції, струмів витoku, внутрішнього опору обмоток, тангенса кута діелектричних втрат обмоток, метод високовольтного імпульсу та ін.

Друга група включає в себе методи оперативної або функціональної діагностики, використовувані в першу чергу для електроустаткування, що є джерелом природних збурень в процесі роботи.

В даний час тестове діагностування – основний вид виявлення дефектів електрообладнання. Воно визначило сформовану структуру технічного обслуговування та ремонту за регламентом. Однак така діагностика сприяє не тільки попередженню розвитку різних дефектів, але і їх появі. Наприклад, при проведенні планових ремонтів електричних машин, після повного складання, двигун піддається високовольтним випробуванням, які чинять згубний вплив на ізоляцію машини, викликаючи появу мікродефектів в обмотці, що розвиваються в процесі роботи електромашини під впливом несприятливих чинників: неякісної електроенергії, перевантажень, частих пусків і зупинок. З кожним високовольтним випробуванням при планово-попереджувальних ремонтах число дефектів збільшується, що в кінцевому підсумку призводить до аварійного виходу з ладу електричного двигуна. Крім того, кожне розбирання та збирання електродвигуна збільшує ці мікродефекти.

Серед інших недоліків тестової діагностики можна відзначити також тимчасове припинення роботи, доки перевіряється обладнання, відсутність можливості захисного відключення обладнання під час його роботи для запобігання повного виходу його з ладу, відсутність контролю ненормальних режимів роботи даного обладнання і т.д.

Для переходу з обслуговування та ремонту за регламентом на ремонт і обслуговування по фактичному стану необхідна ретельна діагностика електрообладнання, причому, щоб підготуватися до ремонту, бажано виявити всі дефекти, що впливають на ресурс, задовго до відмови. З цих причин необхідно застосування методів діагностики не тільки тих, що відносяться до категорії функціональних, але і тих, що дозволяють виявити дефект конкретної частини електрообладнання. До того ж методи функціональної діагностики економічно найбільш переважні, оскільки не вимагають навіть тимчасового виведення електрообладнання з експлуатації.

Для діагностики асинхронних електродвигунів в оперативному режимі в даний час використовуються кілька способів діагностики, серед яких найбільш поширений метод віброакустичної діагностики. Головним недоліком такого методу є необхідність використання спеціальних віброакустичних датчиків і складність їх установки.

Останнім часом в світі отримали широкий розвиток методи діагностики стану електричних машин, засновані на виконанні моніторингу споживаного струму з наступним

виконанням спеціального спектрального аналізу отриманого сигналу. Гідність цього методу в порівнянні з попереднім – можливість контролю стану як механічних, так і електричних частин електродвигунів по електричному параметру, а зокрема, за сигналом споживаного струму, що значно спрощує установку схеми для діагностики і позбавляє від необхідності введення спеціальних датчиків. Суть даного методу полягає в аналізі спектру гармонік струму, споживаного електродвигуном, шляхом виявлення періодично повторюваних змін сигналу на графіку, відповідних конкретному виду пошкодження електродвигуна. Однак, через появу помилкових гармонік сигналу при різних перешкодах електричної мережі, з підключеним до неї електродвигуном, можливі невірні результати діагностики. На додаток до цього невідомо, яким буде графік спектрального аналізу струму при нестабільній напрузі в мережі.

Сучасні електротехнічні засоби, що базуються на використанні програмованих мікроконтролерів, дозволяють найбільш гнучко реалізувати захист і функціональну діагностику електродвигунів за їх електричними параметрами.

Найбільш вдалим методом є використання програмно-апаратного комплексу (рис. 1.) [1,8], що складається з комп'ютера і цифрового пристрою-посередника, який виконує необхідні вимірювання та передає їх до комп'ютера. У якості вимірюваних електричних величин можуть виступати: оперативний струм, споживана потужність і т.д. Програма, що виконується на комп'ютері, повинна, в свою чергу, певним чином обробити вхідну інформацію і визначити найбільш ймовірний вид пошкодження працюючого електродвигуна або зробити висновок щодо його справності. Цей метод найбільш ефективний, оскільки дозволяє зберігати на комп'ютері великі бази даних з інформацією про відслідковування динаміки пошкоджень електродвигуна з подальшим прогнозуванням виходу його з ладу.

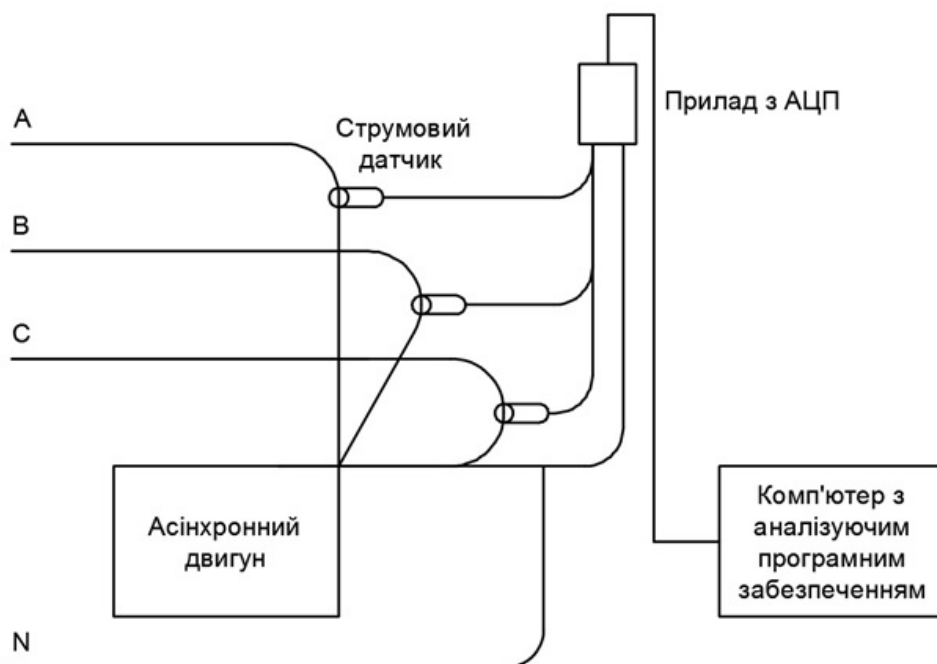


Рис 1. Схема підключення приладів в діагностичному програмно-апаратному комплексі

Крім цього, комп'ютер є більш потужним засобом обробки інформації, ніж мікроконтролер, що, зокрема, дозволяє використовувати сучасні технології, в тому числі і технології штучного інтелекту, такі як використання штучних нейронних мереж, нечіткої логіки і експертних систем.

Відомо, що магнітне поле ротора працюючого асинхронного електродвигуна впливає на магнітне поле його обмотки статора, що призводить до періодичних коливань електричних величин електродвигуна, таких як споживаний струм, потужність або напруга обмотки статора. Період даних коливань пропорційний частоті обертання ротора. Таким чином, аналізуючи форму графіка сигналу будь-якої з електричних величин на даний час можна виявити пошкодження в електромеханічній частини електродвигуна і розпізнати його вид. Для вирішення даної проблеми можна використовувати багато різних підходів [2–5,9,10]. Наприклад, можна побудувати апроксимаційну функцію по декільком початковим точкам сигналу, відповідного конкретному виду ушкодження, і в процесі діагностики порівнювати поточні вимірювані значення зі значеннями даної функції з певною часткою похибки. Однак апроксимація складних нелінійних сигналів призводить до великих похибок, які посилюються додатковими перешкодами електричної мережі з підключеним електродвигуном.

Для забезпечення плавного регулювання та швидкодії була розроблена спеціальна схема перетворювача напруги. Його використання в значній мірі збільшує час безперервної роботи трифазного двигуна і економить електроенергію. Перетворювач дозволяє довести ККД до 98%, що досягається збільшенням частоти комутації. Механічні регулятори на таке не здатні. При проектуванні даного регулятора напруги був зроблений наголос на ефективність конструкції, мінімальну собівартість, наявність необхідного захисту, негроміздку конструкцію.

Схема стенда передбачає проведення приймально-задавальних випробувань електродвигунів з короткозамкненим та фазним ротором [6].

В ході проведених експериментів були отримані наступні дані, що занесені в нижченаведені таблиці (табл. 1 – 5). Номінальна потужність двигуна складає $275 \text{ Вт} = 0,275 \text{ кВт}$, номінальна швидкість обертання двигуна 1500 об/хв , опір обмоток $0,3 \text{ Ом}$.

Таблиця 1

Дані характеристики холостого ходу

XX	U, В	I, А	P ₀ , Вт
180	61	0,104046	23,8
150	73	0,115607	28,4
120	92	0,138728	32,6
90	112	0,161850	43,2
70	157	0,231214	67,0
50	220	0,404624	120

Значення точок в першій таблиці відповідає значенню точки на регульовальному пристрої в числовому значенні на дисплеї. Для характеристики холостого ходу була побудована діаграма, що показує залежність струму та потужності від напруги (рис. 2).

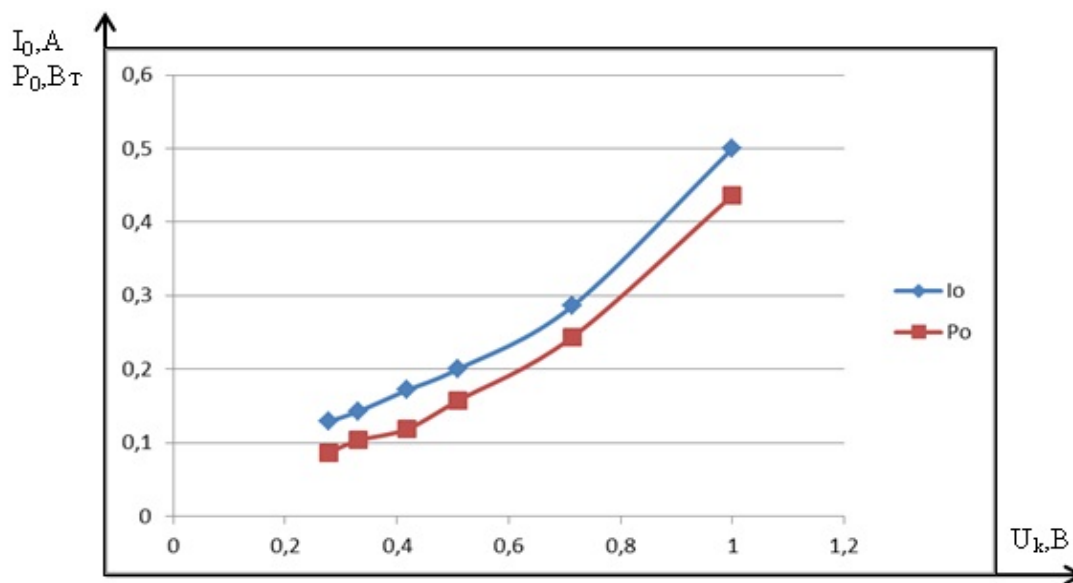


Рис 2. Характеристика холостого ходу двигуна

Таблиця 2

Значення параметрів двигуна у відносних одиницях

I в.о.	P в.о.	U в.о.
0,128571	0,086545	0,277273
0,142857	0,103273	0,331818
0,171429	0,118545	0,418182
0,2	0,157091	0,509091
0,285714	0,243636	0,713636
0,5	0,436364	1

Наступним режимом двигуна, до якого його переводили в ході експерименту, був режим короткого замикання. Режим короткого замикання робився заклинюванням ротору або примусовою його зупинкою, гальмуванням, в такому режимі струм статора перевищує значення номінального струму в 5–7 разів (табл. 3). Цей режим є короткочасним.

Таблиця 3

Дані характеристики короткого замикання

КЗ	U, В	P0, Вт	I, А
170	65	72	0,809249
250	44	30,6	0,462428
300	36	18	0,317919

Отримана за експериментальними даними характеристика короткого замикання досліджуваного двигуна наведена на рис. 3.

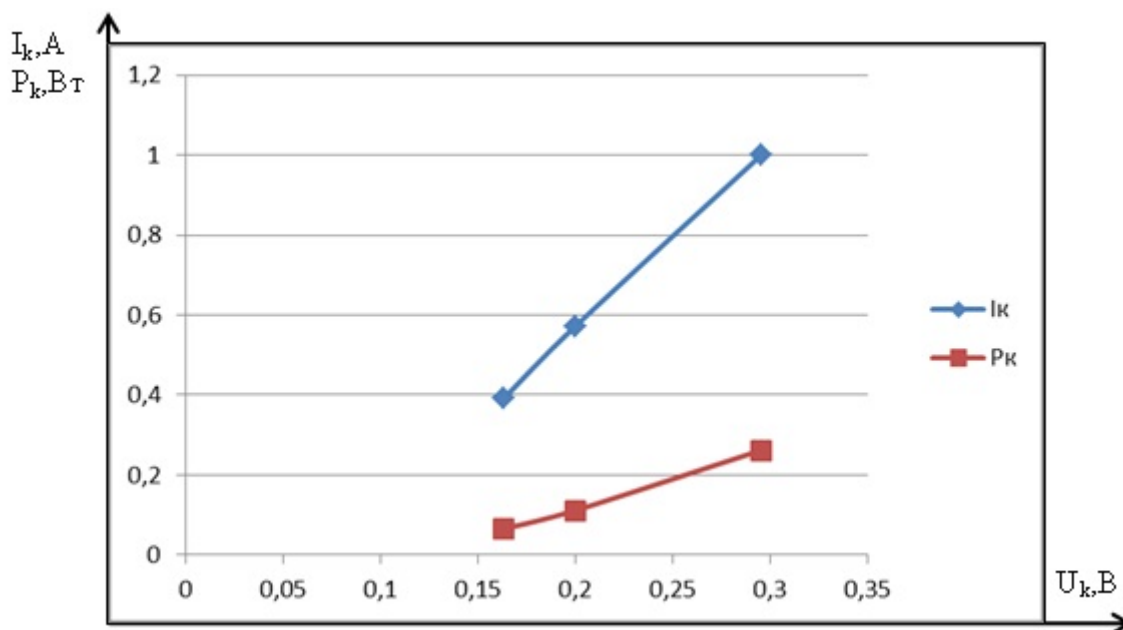


Рис 3. Характеристика короткого замикання

Таблиця 4

Значення ХКЗ у відносних одиницях

I _{во}	P _{во}	U _{во}
1	0,261818	0,295455
0,571429	0,111273	0,2
0,392857	0,065455	0,163636

Наступним режимом був режим робочого ходу при зміні напруги живлення двигуна (табл. 5).

Таблиця 5

Значення даних робочого ходу

I, A	P1, Вт	U, В	I, мА	n, об/хв
Двигун	–	Генератор	Генератор	Двигун
0,80924855	378	29	6,3	1427
0,66473988	216	34	4,4	1448
0,57803468	126	37	2,75	1459
0,52023121	61,6	40	1	1472
0,40462428	15,4	0	0	1480

Після зняття значень робочих характеристик, щоб побудувати їх потрібно знайти параметри з використанням паспортних даних двигуна.

Таблиця 6

Шукані параметри двигуна

P1, Вт	P2, Вт	ΣP	ΣPд	P2д	cosφ	η	Мдв	n	s
0,196465	182,7	195,3	97,65	280,35	0,707727	0,741667	1,876204	0,951333	0,048667
0,132564	149,6	66,4	33,2	182,8	0,492332	0,846296	1,205622	0,965333	0,034667
0,100237	101,75	24,25	12,125	113,875	0,330273	0,90377	0,745378	0,972667	0,027333
0,081192	40	21,6	10,8	50,8	0,179407	0,824675	0,329579	0,981333	0,018667
0,049116	0	15,4	7,7	7,7	0,057667	0,5	0,049686	0,986667	0,013333

Таблиця 7

Параметри двигуна у відносних одиницях

Ід*	P2д	cosφ	η	Мдв*	n	s	P1*
1	1,01945455	0,707727273	0,7416667	1,028742	0,951333	0,048667	1,374545
0,82142857	0,66472727	0,492332016	0,8462963	0,661055	0,965333	0,034667	0,785455
0,71428571	0,41409091	0,330272727	0,8450397	0,408698	0,972667	0,027333	0,458182
0,64285714	0,18472727	0,179407407	0,8246753	0,180711	0,981333	0,018667	0,224
0,5	0,028	0,057666667	0,5	0,027243	0,986667	0,013333	0,056

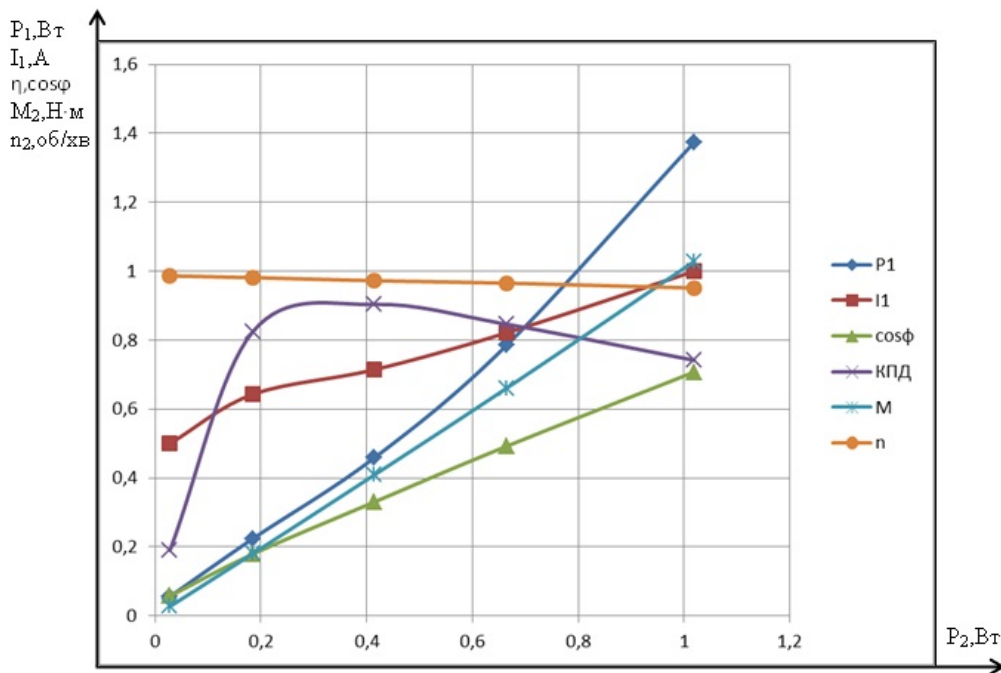


Рис 4. Робочі характеристики двигуна потужністю 0,275 кВт

Струм холостого ходу електродвигуна невеликий, і момент обертання, створюваний ним, дуже близький до нуля, що можна чітко спостерігати на графічних залежностях. Частота обертання в режимі холостого ходу майже дорівнює синхронній швидкості обертання. При навантаженні асинхронного електродвигуна частота обертання падає, а ковзання зростає. Оскільки зростають ЕРС в обмотці ротора, то посилюється струм ротора і росте обертаючий момент. Через невеликий проміжок часу знову відновлюється стан рівноваги між навантажувальним моментом і моментом, що обертає, при певній, більш низькій частоті обертання [7].

Характеристика двигуна $n_2=f(P_2)$ являє собою криву, слабо нахилену до вісі абсцис. Пояснюється це тим, що навіть при номінальному навантаженні, як правило, не перевищує 1–8%. Робота двигуна при невеликому ковзанні досить економічна, так як електричні втрати в роторі пропорційні ковзанню.

Корисна потужність двигуна:

$$P_2 = M_2 \omega_2 = \left(\frac{\pi}{30}\right) M_2 n_2,$$

де $\omega = 2\pi n_2/60$ – кутова швидкість ротора;

M_2 – корисний момент на валу двигуна, Н·м.

Залежність $M_2 = f(P_2)$ криволінійна, так як з ростом навантаження P_2 частота обертання n_2 дещо зменшується.

Залежність струму $I_1 = f(P_2)$ являє собою характеристику, близьку до прямої. Це свідчить про те, що з підвищенням навантаження струм I_1 збільшується практично пропорційно корисній потужності. Ця залежність виходить не з початку координат, так як двигун в режимі холостого ходу ($P_2=0$) використовує з мережі струм холостого ходу I_0 , величина якого у асинхронних двигунів більша, ніж у трансформаторів. Останнє пояснюється наявністю механічних втрат і повітряного проміжку на шляху магнітного потоку двигуна. Струм холостого ходу в асинхронних двигунах може досягати 20–30% від номінального струму $I_{1ном}$. В деяких спеціальних двигунах малої потужності він може досягати і великих значень.

Залежність $\cos\varphi_1 = f(P_2)$ показує: при малих навантаженнях φ_1 має низькі значення (0,2÷0,3). З збільшенням навантаження коефіцієнт потужності збільшується, досягаючи максимуму (0,75÷0,85) при навантаженні, близькому до номінального. Останнє пояснюється тим, що при будь-якому навантаженні двигуна, включаючи режим холостого ходу, двигун використовує з мережі намагнічуючий (реактивний) струм приблизно однакової величини. Тому в режимі холостого ходу і при невеликих навантаженнях споживаний з мережі струм має значну реактивну складову, що і являється причиною низького значення $\cos\varphi_1$. З підвищенням навантаження збільшується активна складова струму I_1 , і коефіцієнт потужності підвищується. При перевантаженнях, що відповідають малим частотам обертання (великому ковзанню), $\cos\varphi_1$ зменшується, що пояснюється збільшенням індуктивного опору обмотки ротора ($x_{2s}=x_{2s}$) при збільшенні ковзання.

З цього можна зробити висновки, що характеристики, отримані для досліджуваного двигуна, є дуже схожими до вигляду стандартних характеристик асинхронних двигунів, що використовуються у виробництві, та у лабораторних стендах. Це означає, що монтаж, побудова та підключення всіх елементів двигуна були зроблені вірно. Отже розроблений стенд можна використовувати в якості стенду для проведення лабораторних робіт та зняття основних характеристик асинхронних двигунів у майбутньому.

Висновки. Розробка методу та стенду дослідження характеристик асинхронного двигуна із короткозамкненим ротором з використанням перетворювача напруги, дозволить виміряти опір ізоляції обмоток щодо корпусу і між фазами обмоток, проводити випробування ізоляції обмоток щодо корпусу на електричні міцність, безперервно контролювати параметри асинхронного двигуна в процесі його використання. Завдяки малогабаритним, економічним та технічним показникам, даний стенд є зручним у

експлуатації при дослідженні асинхронного двигуна у трифазному і однофазному режимах, а також сприяє більш сучасному та демонстративному навчанню

Характеристики, які зняти з нашого досліджуваного двигуна є дуже схожими до вигляду стандартних характеристик асинхронних двигунів. Розроблений стенд можна успішно використовувати для безперервного контролю параметрів асинхронного двигуна в робочому режимі як у виробництві так і в лабораторних умовах.

Література

1. Ланде Д. В. Програмно-апаратний комплекс інформаційної підтримки прийняття рішень : науково-методичний посібник / Д. В. Ланде, В. М. Фурашев, О. М. Григор'єв. – К. : Інжиніринг, 2006. – 48 с.
2. Частотный преобразователь для электродвигателя [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://electricalschool.info/econom/721-chastotnyjj-preobrazovatel-dlja.html>.
3. Макаров Д. Преобразователь частоты – векторный, однофазный, схемы и инструкции [Электронный ресурс]. / Макаров Д. – Режим доступа: <https://www.asutpp.ru/avtomatizaciya-proizvodstva/preobrazovatel-chastoty.html>.
4. Схемы любительских частотных преобразователей [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://elektrik.info/main/praktika/545-shemy-lyubitelskih-chastotnyh-preobrazovateley.html>.
5. Для чего нужен частотник и как сделать его своими руками для трехфазного электродвигателя [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://electricvdele.ru/elektrooborudovanie/elektrodivigateli/chastotnik-dlya-trehfaznogo-elektrodivigatelya.html>.
6. Низкогуз П. В. Экспериментальный стенд для дослідження асинхронного двигуна з короткозамкненим ротором. Комплексна робота. Ч. 2. Дипломна робота. – К.: НТУУ «КПІ», 2016. – 56 с.
7. Коваленко М. А. Экспериментальный стенд з малопотужним трифазним асинхронним двигуном з короткозамкненим ротором / Коваленко М. А., Мальяр І. В. // Вчені записки ТНУ імені В.І. Вернадського – 2018. – № 6, Том 29 (68), Ч. 1. – С. 64-68.
8. Закладний О.О. Функціональне діагностування енергоефективності електромеханічних систем: Монографія. – К.: Видавництво «Лібра», 2013. – 195 с.
9. Рижков А.О. Обґрунтування методу функціонального діагностування

References

1. Lande D.V., Furashov V.M., Grigoryev O.M. (2006). *Prohramno-aparatnyi kompleks informatsiinoi pidtrymky pryiniattia rishen* : naukovo-metodychnyi posibnyk [Software-hardware complex of information support of decision-making: scientific-methodical manual]. Kyiv, Engineering [in Ukrainian].
2. Chastotnyi preobrazovatel' dlya elektrodvigatelya [Frequency inverter for electric motor]. URL: <http://electricalschool.info/econom/721-chastotnyjj-preobrazovatel-dlja.html>. [in Russian].
3. Makarov D. Preobrazovatel' chastoty – vektorny, odnofaznyy, skhemy i instruktsii [Frequency converter – vector, single-phase, diagrams and instructions]. URL: <https://www.asutpp.ru/avtomatizaciya-proizvodstva/preobrazovatel-chastoty.html>. [in Russian].
4. Skhemy lyubitel'skikh chastotnykh preobrazovateley [Schemes of amateur frequency converters]. URL: <http://elektrik.info/main/praktika/545-shemy-lyubitel'skikh-chastotnyh-preobrazovateley.html>. [in Russian].
5. Dlya chego nuzhen chastotnik i kak sdelat' ego svoimi rukami dlya trekhfaznogo elektrodvigatelya [Why do we need frequency converter and how to make it with our own hands for a three-phase electric motor]. URL: <http://electricvdele.ru/elektrooborudovanie/elektrodivigateli/chastotnik-dlya-trehfaznogo-elektrodivigatelya.html>. [in Russian].
6. Nizoguz P. V. (2016). *Eksperymentalnyi stend dlia doslidzhennia asynkhronnoho dvyhuna z korotkozamknеныm rotorom*. Kompleksna robota. Ch. 2. Dyploмна robota [Experimental stand for the study of an induction motor with a short-circuited rotor. Complex work. Part 2. Graduate work]. K., NTUU "KPI" [in Ukrainian].
7. Kovalenko M. A., Malyar I. V. (2018). *Eksperymentalnyi stend z malopotuzhnyym tryfaznym asynkhronnym dvyhunom z korotkozamknеныm rotorom* [Experimental stand with low-power three-phase asynchronous motor with short-circuit rotor]. Scientific notes of VI TU Vernadsky, Vol. 6, 64-68. [in Ukrainian]
8. Zakladnyi O. (2013). *Funktsionalne diahnostuvannia enerhoefektyvnosti elektromekhanichnykh system* [Functional diagnostics of energy efficiency of electromechanical systems]: Kyiv [in Ukrainian].
9. Ryzhkov A. (2008) *Obhruntuvannia metodu*

асинхронного електродвигуна / А.О. Рижков // Технічна електродинаміка. – 2008. № 3. – С. 55-58.

10. Овчаров В.В., Рижков А.О. Цифровий пристрій діагностування експлуатаційних режимів роботи асинхронного електродвигуна за температурою статору / В.В. Овчаров, А.О. Рижков // Праці Таврійської державної агротехнічної академії. – Мелітополь: ТДАТА, 2005. Вип. 32. – С. 44-49.

funktsionalnoho diahnostuvannia asynkronnoho elektrodyhuna [Justification of the method of functional diagnosis asynchronous motor] *Tekhnichna elektrodynamika*. – 3, 55-58. [in Ukrainian].

10. Ovcharov V., Ryzhkov A. (2005) *Tsyfrovyi prystrii diahnostuvannia ekspluatatsiinykh rezhymiv roboty asynkronnoho elektrodyhuna za temperaturoiu stali* [Digital device for diagnosing operating modes of asynchronous motor by stator temperature] *Pratsi Tavriiskoi derzhavnoi ahrotekhnichnoi akademii*. – Vol. 32, 44-49. [in Ukrainian].

DEMISHONKOVA SVITLANA

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5678-8114>
Kyiv National University of Technologies & Design

DEMISHONKOV YAROSLAV

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6057-459X>
Kyiv National University of Technologies & Design

TETYANA KULIK

ResearcherID: <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57196150930>

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1006-7853>
Kyiv National University of Technologies & Design

ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ ДИАГНОСТИКА ПАРАМЕТРОВ ТРЕХФАЗНЫХ АСИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ С КОРОТКОЗАМКНУТЫМ РОТОРОМ ДЕМИШОНКОВА С. А., ДЕМИШОНКОВ Я. В., КУЛИК Т. І.

Киевский национальный университет технологий и дизайна

Цель. Разработка метода и технических средств исследования характеристик асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором с использованием преобразователя напряжения программно-аппаратного комплекса.

Методика. Исследование характеристик асинхронного двигателя: пуск двигателей при пониженном напряжении, исследование холостого хода, нагрузки, короткого замыкания, определение ряда различных параметров двигателей, снятие рабочих и других характеристик, обзор различных способов регулирования частоты вращения и т. п.

Результаты. Определены типовые характеристики асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором при различных режимах его работы, проведен обзор самых распространенных комплексных стендов для исследования асинхронных двигателей, выполнен сравнительный анализ элементов нагрузки асинхронного двигателя. Характеристики, полученные для исследуемого двигателя, очень похожи на стандартные характеристики асинхронных двигателей, используемых в производстве, и в лабораторных стендах.

Научная новизна. Обоснована возможность применения модернизированного стенда с использованием специальной схемы преобразователя напряжения, что в значительной степени увеличит время непрерывной работы трехфазного двигателя и снизит затраты электроэнергии.

Практическая значимость. Разработан стенд для исследования характеристик асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором с использованием преобразователя напряжения, который позволит измерить сопротивление изоляции обмоток относительно корпуса и между фазами обмоток, проводить испытания изоляции обмоток относительно корпуса на электрическую прочность, непрерывно контролировать параметры асинхронного двигателя в процессе его использования. Благодаря малогабаритности, экономическим и техническим показателям, данный стенд удобен в эксплуатации при исследовании асинхронного двигателя в трехфазном и однофазном режимах, а также способствует более современному и наглядному обучению.

Ключевые слова: электродвигатель, экспериментальный стенд, программно-аппаратный метод, характеристики.

**FUNCTIONAL DIAGNOSIS OF THE PARAMETERS OF THE THREE-PHASE
ASYNCHRONOUS ENGINE WITH A SHORT-CIRCUITED ROTOR
DEMISHONKOVA S. A., DEMISHONKOV YA.V., KULIK T. I.**

Kyiv National University of Technologies and Design

Purpose. Development of a method and technical means for studying the characteristics of an induction motor with a short-circuited rotor using the voltage converter of the software-hardware complex.

Methodology. Investigation of the characteristics of an induction motor: start of motors at low voltage, experiments of idling, loading, short circuit. Determination of a number of various parameters of motors, obtaining of operating and other characteristics, consideration of different ways of regulation of rotation speed, etc.

Findings. Typical characteristics of an asynchronous motor with short-circuited rotor in different operating modes were determined, an overview of the most common complex stands for the study of asynchronous motors was performed, a comparative analysis of elements of the induction motor load was made. The characteristics obtained for the test engine are very similar to the standard characteristics of induction motors used in production and in laboratory stands.

Originality. The possibility of using a modernized stand with a special scheme of the voltage converter is substantiated. It will greatly increase the time of continuous operation of the three-phase motor and reduce the energy consumption.

Practical value. A stand for studying the characteristics of an induction motor with a short-circuited rotor using a voltage converter has been developed. This will allow to measure the insulation resistance of the windings relative to the casing and between the phases of the windings; to test the insulation of the windings for electrical strength, to continuously monitor its parameters. Due to its small size, economic and technical characteristics, this stand is easy to operate in the study of asynchronous motor in three-phase and single-phase modes, and promotes more modern and demonstrative learning.

Keywords: electric motor, experimental stand, software and hardware method, performance.