



УКРАЇНА

(19) UA (11) 36060 (13) A

(51) 7 G01R31/34

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІОПИС
ДО ДЕКЛАРАЦІЙНОГО ПАТЕНТУ
НА ВИНАХІДвидається під
відповідальність
власника
патенту

(54) СПОСІБ ДІАГНОСТИКИ ПАРАМЕТРІВ АСИНХРОННОГО ДВИГУНА З КОРОТКОЗАМКНЕНИМ РОТОРОМ ТА ПРИСТРІЙ ДЛЯ ЙОГО ЗДІЙСНЕННЯ

(21) 99105901

(22) 28.10.1999

(24) 16.04.2001

(33) UA

(46) 16.04.2001, Бюл. № 3, 2001 р.

(72) Родькін Дмитро Йосипович, Луговой Анатолій Васильович, Чорний Олексій Петрович, Сісюк Геннадій Юрійович, Добрецов Володимир Валентинович, Пасмурских Олександр Олексійович, Долженко Віктор Володимирович, Вошун Олексій Миколайович

(73) Кременчуцький державний політехнічний університет

(57) 1. Спосіб діагностики параметрів асинхронного двигуна з короткозамкненим ротором, який полягає в підключенні статорних обмоток до однофазної мережі промислової частоти, вимірюванні напруги, струму та кута зсуву між ними, в відключенні статорних обмоток від мережі в момент переходу струму через нуль, вимірюванні залишкової напруги після відключення, який **відрізняється** тим, що в момент відключення вимірюють стрибок напруги на затискачах статора і похідну струму, вираховують індуктивність розсіяння фаз двигуна, підключають статор до джерела живлення з кутом керування тиристорного регулятора $\alpha = \pi/3 - \pi/2$,

вимірюють струми та напруги, повторюючи перелічені операції для інших фаз двигуна або їх сполучення, за даними вимірів визначають індуктивності розсіяння ротора та контуру намагнічення, активний опір контуру намагнічення та роторного контуру, перераховують параметри на їх фазні значення.

2. Пристрій, що реалізує спосіб діагностики параметрів асинхронного двигуна, який включає однофазний симетричний тиристорний регулятор, вимірювачі струму, напруги та фазового кута між ними, який **відрізняється** тим, що він додатково обладнаний трьома двофазними вимикачами для послідовного підключення фаз двигуна до тиристорного регулятора, вимірювально-обчислювального комплексу, причому вихід вимірювально-обчислювального комплексу зв'язаний з входом системи керування тиристорним перетворювачем, перший, другий та третій входи вимірювально-обчислювального комплексу зв'язані з виходами датчиків струму, напруги та потужності, програма вимірювання та розрахунку реалізується за допомогою таймера, що програмується за допомогою вимірювально-обчислювального комплексу.

Винахід відноситься до електротехніки, зокрема - до систем і пристроїв для випробування двигунів змінного струму. Винахід може бути використаний на електроремонтних підприємствах в електроремонтній практиці випробування двигунів, що пройшли ремонт та в умовах промислових підприємств для експлуатаційного моніторингу електродвигунів систем приводу з метою визначення ступеню їх зношеності та ресурсу працездатності. Електрична машина з технологічного циклу не вилучається, а проходить операцію визначення параметрів за допомогою переносного діагностичного обладнання.

Відомі способи та пристрої для визначення параметрів асинхронних двигунів розрахунковим шляхом або експериментально (див.: Сиромятников И.А. Режимы работы асинхронных и синхронных двигателей / Под ред. Л.Г. Мамиконянца. - 4-е изд., перераб. и доп. - М.: Энергоатомиздат,

1984. - 240 с.) Відомий спосіб базується на тому, що в режимі короткого замикання визначається повний опір розсіяння статора та ротору, опір ланцюга намагнічення визначається за даними дослідження холостого ходу. Недоліком наведеного способу є недостатня точність бо не враховуються утрати в сталі.

Відомий спосіб визначення активних та індуктивних опорів ротору (див.: Способ определения активных и индуктивных сопротивлений ротора асинхронного двигателя. А. С. СССР 1372259 G01R31/34). В наведеному способі підключають нерухомий асинхронний двигун до однофазного джерела промислової частоти, вимірюють значення напруги, струму статора та кута між ними, відключають джерело в момент переходу струму через нуль, вимірюють змінювання затухання напруги. За отриманими даними розраховують активні та індуктивні опори ротору. Недолік наведеного

(19) UA (11) 36060 (13) A

способу в тому, що визначення необхідних параметрів додатково необхідне знання індуктивного опору розсіювання статора, що визначається шляхом розбирання двигуна, виймання ротору та експериментального визначення опору. Спосіб не дає необхідних точних результатів що враховували б всі параметри схеми заміщення, враховуючи опори еквівалентні утратам в сталі ротора та статора, ефект витіснення струму в роторі. Розділення операцій по визначенню параметрів двигуна (статора за однією схемою, а ротору - за другою) робить указаний спосіб малопридатним для практичного визначення параметрів асинхронного двигуна. Наведений спосіб приймається як прототип.

Задача, що вирішується запропонованим способом, передбачає спрощення виконання операцій по визначенню параметрів асинхронних короткозамкнених двигунів, підвищення достовірності та точності визначення параметрів схеми заміщення.

Суть запропонованого способу визначення параметрів асинхронних двигунів передбачає наступне. Асинхронний двигун з непорушним ротором підключають до однофазного джерела промислової частоти, вимірюють напругу, струм та потужність, відключають джерело і в момент переходу струму через нуль вимірюють значення напруги на статорі, визначають індуктивний опір статора, підключають статор до джерела полігармонічної напруги, визначають гармонічний склад напруги та струму статора, за отриманими даними визначають параметри схеми заміщення, повторюють дослід для двох інших комбінацій включення фаз статора, розрахунковим шляхом визначають параметри фаз двигуна.

Запропонований спосіб ілюстрований наступними фігурами: фіг. 1 - блок-схема пристрою для реалізації способу; фіг. 2 - діаграми послідовності операцій способу; фіг. 3 - лінійні діаграми напруги та струму при відключенні статору; фіг. 4 - схема заміщення фази асинхронного двигуна.

Суть способу полягає в наступному (фіг. 1). Статор двигуна 1 за допомогою перемикачів 2, 3, 4 підключається двома фазами (AB; BC; CA) через однофазний регулятор 5 з системою керування 6 до мережі змінного струму. Комутаційні апарати 7, 8 виконують функції захисної апаратури і не визначають сутності винаходу. На виході перетворювача встановлюється датчик миттєвого значення напруги 9 та миттєвого значення струму 10. Виходи датчиків напруги та струму зв'язані з вимірювальними входами датчика миттєвої потужності 7. Виходи датчиків напруги, струму та потужності зв'язані з 1, 2 та 3 входами вимірювального керуючого блоку 11. Керування блоком здійснюється за допомогою сигналу F_y . Вихід блоку 11 зв'язаний з системою імпульсно-фазового керування тиристорами блоку 5. За допомогою вимикачів 2, 3, 4 обирається необхідна комбінація фаз двигуна для їх живлення від однофазного джерела.

Часові діаграми послідовності виконання операцій, що характеризують спосіб наведені на фіг. 2.

Операція I. За допомогою комутуючих апаратів дві фази двигуна підключаються до мережі з напругою U_c , що забезпечує протікання струму, близького до номінального.

Операція II. Тиристорний регулятор при $U_0=0$ закритий. В час t_1 на блок 6 подається сигнал керування який забезпечить кут вмикання тиристорів $\alpha=0$. Тиристори блоку 5 повністю відкриті. За час Δt_1 повністю закінчуються електромагнітні процеси в двигуні ($\Delta t_1=0,2-0,5$ с).

Операція III. При $t=t_2$ подається команда на вимірювання параметрів сталого режиму. Необхідний час вимірювання складає 2-3 періоди змінної напруги. Вимірювання проводиться за допомогою мікропроцесорного вимірювального контролера або ЕОМ обладнаної ЦАП та АЦП. Структура комплексу, враховуючи, що комплекс являє собою типовий блок, не розглядається. Команді на вимірювання формує програмований таймер, що реалізований за допомогою блоку 11.

Операція IV. Після проведення замірів подається сигнал на закривання тиристорів блоку 5.

Операція V. Блок 11 видає команду на зняття керуючих імпульсів з блоку 5 та одночасне видає команду на вимірювання залишкової напруги на статорі. Розподіл операцій III та V виправдано у випадку коли потрібно підвищення точності вимірів при відключенні двигуна.

Операція VI. Вмикається блок 5 з кутом відкривання тиристорів $\alpha=\pi/6-\pi/2$. В цьому випадку вимірюються струм і напруга на статорі. Струм статора повинен складати 30-40% від номінального.

Операція VII. Здійснюється визначення параметрів двигуна. Всі заміри за операціями III, V, VI по команді передаються до оперативної пам'яті де фіксуються та зберігаються до закінчення процедури вимірів для двох інших включень фаз (ввімкнено комутаційні апарати 3 та 4 відповідно). При цьому перелічені раніше операції повторюються. Після кожного з дослідів дані запам'ятовуються. Після закінчення операції VII для кожної з комбінацій фаз по результатам вимірів значень U , I , P розраховуються утрати в фазних активних опорах та фазовий кут зсуву між струмом та напругою

$$\Delta P_{cm} = I_{lab}^2 R_{lab} + I_{\mu ab}^2 R_{\mu ab} + I_{2ab}^2 R_{2ab}.$$

Опір $R_{ab}=R_a+R_b$, вимірюється перед випробуванням, $I_{\mu ab}$ - струм намагнічення двигуна; $R_{\mu ab}$ - опір контуру намагнічення двигуна, що визначає утрати в сталі; R_{2ab} , I_{2ab} - опір та струм роторного контуру.

Індекси "1ab" означають належність до контуру статора, "2ab" - до контуру ротора, " μab " - до контуру намагнічення при протіканні струму через фази A і B:

$$\varphi = \arccos \frac{P}{UI}.$$

Процес закривання тиристорного перетворювача ілюстровано на фіг. 3. Максимальна можлива негативна напруга при закриванні тиристорів визначається виразом

$$U_0 = \sqrt{2} U_c \sin \varphi.$$

При переході струму через нуль напруга на статорі знижується з U_0 до E_{21} - на величину, що дорівнює

$$L_{lab} \frac{dI_{lab}}{dt} = L_{lab} \frac{d}{dt} \sqrt{2} I_{lab} \sin \omega t = L_{lab} \sqrt{2} I_{lab} \omega \cos \omega t.$$

Якщо за момент відліку прийняти момент переходу струму, через нуль, то скачок напруги на статорі буде

$$\Delta U = U_0 - E_{21} = \sqrt{2} I_{lab} L_{lab} \omega,$$

де E_{21} - е.р.с. що наводиться в статорних обмотках струмом ротору.

Звідки визначаються індуктивності двох фаз:

$$L_{lab} = \frac{\Delta U}{\sqrt{2} I \omega} = b_1.$$

Якщо таким шляхом вимірювати струми для інших комбінацій, фаз та розрахувати $L_{lbc} = b_2$; $L_{lca} = b_3$, то індуктивності фаз визначаються рішенням системи

$$L_{1a} + L_{1b} = b_1;$$

$$L_{1b} + L_{1c} = b_2;$$

$$L_{1c} + L_{1a} = b_3.$$

$$L_{1a} = \frac{b_3 + b_1 - b_2}{2};$$

$$L_{1b} = \frac{b_2 + b_1 - b_3}{2};$$

$$L_{1c} = \frac{b_3 + b_2 - b_1}{2}.$$

Розрахунок інших параметрів двигуна здійснюється згідно з наведеною на фіг. 4 схемою заміщення. Індекс v означає відносну частоту напруги живлення $v = f_v / f_c$, де f_n - частота гармоніки; f_c -

частота напруги мережі; X_μ - індуктивний опір контуру намагнічування; X_2 - індуктивний опір розсіювання ротору; $R_{\mu v} = R_{\mu 0} \times v^{1,6}$ - опір, еквівалентний утратам в сталі; $\varepsilon > 0$ - коефіцієнт, що враховує ефект витіснення струму в стержнях ротору і залежить від форми пази, визначається за відомими літературними джерелами; R_2 - активний опір ротору; U_{1v} напруга v -ї гармоніки на статорі двигуна. Напруга U_{1v} і струм I_{1v} визначаються з даних вимірів $U_1(t)$ та $I_1(t)$ шляхом використання розкладення дискретних значень $U_1[n]$ та $I_1[n]$ в ряд Фур'є на заданому інтервалі.

Напруга на затискачах контуру намагнічення для v -ї гармоніки має вигляд

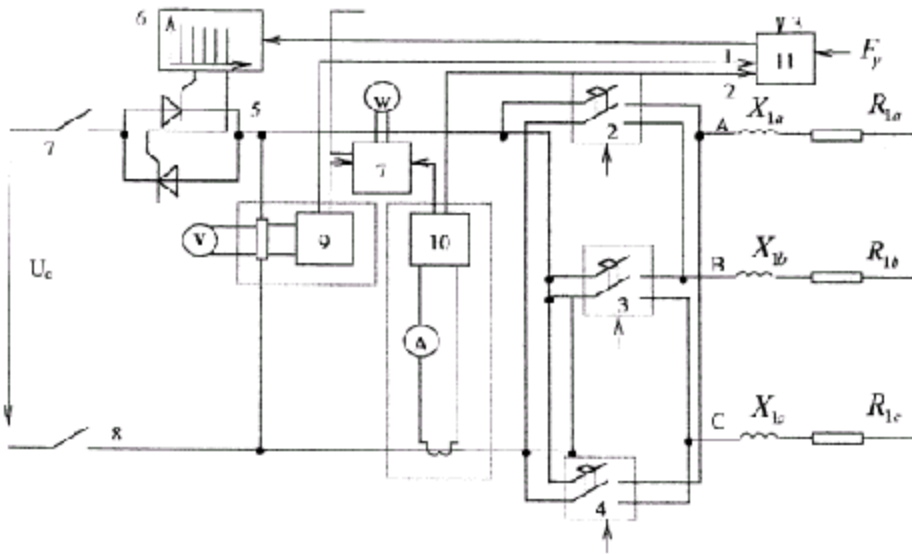
$$U_{v\mu} = U_v - I_{1v} R_{ab} - I_{1v} v X_{ab}.$$

Перетворюючи, отримаємо рівняння

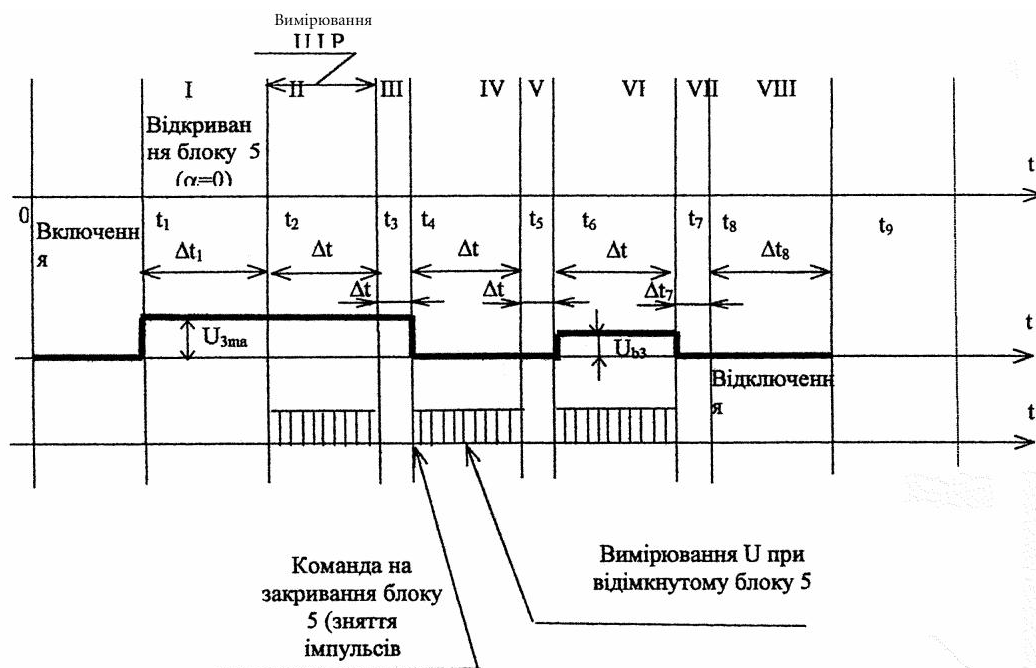
$$\sum_{v=1}^k \left[\frac{U_{v\mu}}{jvX_\mu + R_\mu v^\alpha} + \frac{U_{v\mu}}{jvX_2 + R_2 + R_2 \varepsilon v} \right] = I_{va} + I_{vp} = I_{1v},$$

де $\alpha = 1,6$ - показник степені.

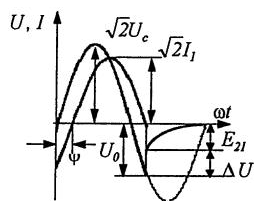
Кількість невідомих в рівнянні - чотири або п'ять (якщо враховувати витіснення струму) $X_{\mu ab}$, X_{2ab} , R_{2ab} , $R_{\mu ab}$, ε_{ab} , то необхідно отримати чотири (п'ять) рівнянь для струму I_{1v} . Рішенням системи знаходимо параметри схеми заміщення.



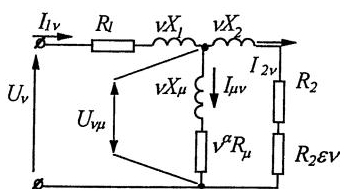
Фіг. 1



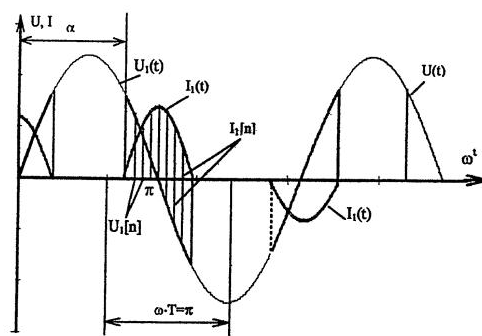
Фіг. 2



Фіг. 3



Фіг. 4



Фіг. 5

ДП "Український інститут промислової власності" (Укрпатент)
Україна, 01133, Київ-133, бульв. Лесі Українки, 26
(044) 295-81-42, 295-61-97

Підписано до друку _____ 2001 р. Формат 60x84 1/8.
Обсяг _____ обл.-вид. арк. Тираж 50 прим. Зам. _____

УкрІНТЕІ, 03680, Київ-39 МСП, вул. Горького, 180.
(044) 268-25-22