



УКРАЇНА

(19) UA

(11) 50116

(13) A

(51) 6 G01R31/34

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІОПИС
ДО ДЕКЛАРАЦІЙНОГО ПАТЕНТУ
НА ВІНАХІДВИДАЄТЬСЯ ПІД
ВІДПОВІДАЛЬНІСТЬ
ВЛАСНИКА
ПАТЕНТУ

(54) СПОСІБ ВИПРОБУВАННЯ АСИНХРОННОГО ТРИФАЗНОГО ЕЛЕКТРОДВИГУНА ТА ПРИСТРІЙ ДЛЯ ЙОГО ЗДІЙСНЕННЯ

1

2

(21) 2001096287

(22) 12 09 2001

(24) 15 10 2002

(46) 15 10 2002, Бюл. № 10, 2002р

(72) Родькін Дмитро Йосипович, Здор Ігор Євгенович, Барвінок Дмитро Володимирович, Бурлаченко Анатолій Васильович, Артамонов Володимир Володимирович, Гераскін Олександр Сергійович

(73) Акціонерне товариство закритого типу "ЕЛЕКТРОМАШПРОМСЕРВІС"

(57) 1 Спосіб випробування асинхронного трифазного електродвигуна з короткозамкненим ротором, який полягає у під'єднанні статора двигуна до трифазної симетричної мережі через симетричний трифазний регулятор напруги, у зміні кутів управління перетворювача, який відрізняється тим, що при напрузі, зниженій до $0,25U_n$, і великих кутах регулювання перетворювача вимірюють токи та напругу у трьох фазах, визначають параметри схеми заміщення двигуна при $S = 1,0$ X_1 , X_2 , X_μ , R_2 , R_μ , під'єднують двигун до джерела зниженої до рівня $0,8U_n$ напруги, вимірюють напругу у трьох фазах, визначають їх гармонічний склад для гармоніки з питомою вагою більше або рівній 5% від ефективного значення струму статора у відповідності із залежностями

$$U_{va} + jU_{vb} - (I_{va} + jI_{vb}) (R_1 + jX_1) = (I_{va} + jI_{vb}) (R_2 + jX_2) +$$

$$U_{va} + jU_{vb} - (I_{va} + jI_{vb}) (R_1 + jX_1) + E_{va} + jE_{vb} =$$

$$= (I_{va} + jI_{vb}) (R_\mu + jX_\mu),$$

$$(I_{va} + jI_{vb}) - (I_{va} + jI_{vb}) = I_{va} + jI_{vb},$$

$$\Delta P_2 = U_{va} I_{va} - U_{vb} I_{vb} = (I_{va}^2 + I_{vb}^2) R_1 + (I_{va}^2 + I_{vb}^2) R_2 +$$

$$+ (I_{va}^2 + I_{vb}^2) R_\mu + E_{va} I_{va} - E_{vb} I_{vb},$$

$$S_v = \frac{v - i + S_i}{v}$$

$$R_{\mu v} = R_{\mu 0} \sqrt{v^6} \quad \text{—}$$

визначають ефективне значення індуктивності на першій гармоніці струму

$$L_\mu = \frac{\sqrt{(U_{1a} + E_{1a})^2 + (U_{1b} + E_{1b})^2}}{\omega \sqrt{I_{1a}^2 + I_{1b}^2}},$$

контролюють рівень вібрацій двигуна, роблять висновок про працездатність електродвигуна, що випробується

2 Пристрій, що реалізує спосіб по п. 1, складається з двигуна 1, підключеного до трифазної мережі через симетричний трифазний тиристорний перетворювач, та системи датчиків миттєвих значень напруги та струму, який відрізняється тим, що він додатково оснащений ЕОМ, блоком зв'язку з об'єктом, блоком управління ЕОМ, блоком управління комутуючими апаратами, трифазним трансформатором, причому первинні фазні обмотки трансформатора через реверсуючі контакти та лінійний контакт під'єднані до трифазної мережі, початки первинних фазних обмоток під'єднані до мережі через клемні контакти, їх кінці зв'язані з фазними входами тиристорного регулятора напруги, виходи датчиків струму та напруги, датчика вібрацій з'єднані з аналоговими входами блока зв'язку з ЕОМ, два аналогових виходи блока зв'язку зв'язані відповідно з виходом тиристорного регулятора напруги з виходом блока управління комутуючими апаратами, шість аналогових виходів блока управління через комутуючі апарати зв'язані з виходами котушки вимикання комутуючих апаратів, при цьому перший і третій комутуючі апарати під'єднують первинну та вторинну обмотки трансформатора до мережі, другий замикає накоротко мережні затиски вторинної обмотки трансформатора, четвертий та п'ятий реверсують первинні обмотки, крім того, блок управління комутуючими апаратами реалізує функції управління живленням з напругою $0,25U_n$, $0,75 U_n$, $1,0 U_n$, $1,25 U_n$ при замкнених контактах другого комутуючого апарата, вимкнених контактах першого комутуючого апарата, при живленні номінальною напругою, при прямому та зворотному вмиканні первинної обмотки трансформатора відповідно

3 Пристрій по п. 2, який відрізняється тим, що вторинна обмотка трансформатора виконана реверсивною шляхом вмикання четвертого або п'ятого комутуючих контактів, первинна обмотка трансформатора через комутуючий апарат під'єднана до мережі

(13) A

(11) 50116

(19) UA

Винахід відноситься до електротехніки, а саме до систем випробування та діагностики електричних двигунів змінного струму, переважно асинхронних. З досвіду експлуатації двигунів змінного струму, що пройшли капітальний ремонт, відомо, що після ремонту характеристики двигунів змінюються в наслідок зміни конструктивних матеріалів, і насамперед електротехнічної сталі. Зміна параметрів сталі відбувається через до ремонтні операції, пов'язані з видаленням обмоток, що вийшли з ладу, часткове або повне руйнування між листової ізоляції та багато інших причин. Як наслідок всього вказаного є зниження максимальної індукції в зазорі, зростання струму холостого ходу, зростання втрат у сталі, зростання вібрації тощо, тобто факторів, які знижують працездатність електричних двигунів. Фізичні процеси, супутні названим явищам, полягають у тому, що знижується магнітна проникність сталі, робоча точка на кривій намагнічування зміщується на ділянку, де відбувається злом - тобто намагнічування сталі відбувається з явно вираженим насиченням.

У техніці випробувань машин змінного струму відсутні пристрої та системи, за допомогою яких можна було б визначити ступінь намагнічування магнітопровода при роботі із заданим рівнем напруги живлення при мінімальних затратах часу та засобів.

Відомий спосіб випробування асинхронного двигуна [Вольдек А.И. Электрические машины. Учебник для студентов высш. техн. учебн. заведений. Изд. 2-е, перераб. и доп. - Л.: Энергия, 1974], що полягає у подачі на статор напруги промислової частоти із змінною амплітудою. При цьому шляхом зміни напруги на зажимах статора визначають рівень струму, споживаного з мережі. За рівнем цього струму роблять висновок щодо ступеня насичення сталі двигуна та його працездатності. Спосіб має недолік, який полягає у наступному. При намагнічуванні сталі по обмотках проходить несинусоїдальний струм. При цьому вищі гармоніки струму замикаються як через контур статора, так і через ротор. Для вищих гармонік ковзання ротора наближається до одиниці. Отже відомий метод не дає точних результатів у відношенні ступеня насичення сталі.

Відомий метод навантаження асинхронного двигуна при живленні його через тиристорний регулятор напруги [А. с. СССР №1815613, кл. G01R31/34. Устройство для управления асинхронным двигателем / Родькин Д.И., Максимов М.Н., Кочкин Г.И., Киевский Я.А., Захаров В.Ю. Опубл. в Б.И., 1993, №18]. Технічне рішення дозволяє задавати необхідне навантаження по струму, але не дає відповіді щодо якісних характеристик сталі. Метод не дозволяє визначити значення параметрів схеми заміщення, індуктивностей, дійсних втрат у сталі двигуна. Пристрій, що реалізує метод, не дозволяє регулювати напругу живлення двигуна вище номінальної. Ймовірність визначення ефективного значення та першої гармоніки струму статора, розрахункових значень струму ротора обмежується точністю аналогових пристро-

ів: квадраторів, інтеграторів, підсилювачів тощо, - а також контрольно-вимірювальних приладів - міліамперметрів. Треба зазначити, що пристрій не забезпечує автоматизацію процесу випробування електричної машини.

Задача - винаходу полягає у підвищенні ймовірності визначення ступеня насичення сталі двигуна. Сутність способу полягає у наступному.

Асинхронний двигун підключають до мережі змінного струму через тиристорний регулятор напруги (ТРН).

При великих кутах регулювання перетворювача ($\alpha > 0$) домагаються нерухомості ротора двигуна. За допомогою датчиків напруги та струму вимірюють при цьому параметри режиму короткого замикання АД за допомогою цифрового вимірювача.

Результати вимірювання - криві напруги та струму - за допомогою ЕОМ розкладають у ряд Фур'є. Користуючись схемою заміщення асинхронного двигуна, визначають такі параметри електро-двигуна:

- X_1 - індуктивний опір статора,
- X_μ - індуктивний опір контуру намагнічування,
- X_2 - приведений індуктивний опір ротора,
- R_μ - активний опір, еквівалентний втратам у сталі,
- R_2 - приведений активний опір ротора.

При цьому вважають, що активний опір статора R_1 перед випробуванням визначається практичним шляхом.

Підключають двигун до мережі з напругою, що дорівнює $0,8 U_N$, та номінальною частотою, вимірюють при цьому за допомогою вимірювача напруги та струму при відкритому тиристорному перетворювачі, визначають гармонічний склад струму статора. Якщо рівень гармоніки дорівнює або більший за 5%, виконують розрахунок параметрів двигуна при заданій напрузі живлення у відповідності з математичними залежностями:

$$U_{v1a} + jU_{v1b} - (I_{v1a} + jI_{v1b})(R_1 + jX_1v) = (I_{v2a} + jI_{v2b})(R_2 + jX_2v);$$

$$U_{v1a} + jU_{v1b} - (I_{v1a} + jI_{v1b})(R_1 + jX_1v) + E_{v1a} + jE_{v1b} =$$

$$= (I_{v2a} + jI_{v2b})(R_{\mu v} + jX_{\mu}v);$$

$$(I_{v1a} + jI_{v1b}) - (I_{v2a} + jI_{v2b}) = I_{v2a} + jI_{v2b};$$

$$\Delta P_2 = U_{v1a}I_{v1a} - U_{v1b}I_{v1b} = (I_{v1a}^2 + jI_{v1b}^2)R_1 + (I_{v2a}^2 + jI_{v2b}^2)R_2 +$$

$$+ (I_{v2a}^2 + jI_{v2b}^2)R_{\mu v} + E_{v1a}I_{v1a} - E_{v1b}I_{v1b};$$

$$S_v = \frac{v - 1 + S_1}{v}.$$

Наведені залежності є системою рівнянь, де кількість рівнянь залежить від числа гармонік струму, що враховуються. Невідомими є S_1 , E_{v1a} , E_{v1b} . Таким чином, якщо, наприклад, мають місце 1, 5, 7 гармоніки, то система складатиметься із 7 розрахункових рівнянь.

Значення E , R , S визначають розрахунковим шляхом.

Добуткове (еквівалентне) значення індуктивності намагнічування

$$L_\mu = \frac{U_{1a} + jU_{1b} + E_{1a} + jE_{1b}}{\omega(I_{1a} + jI_{1b})} = L_{\mu a} + jL_{\mu b}.$$

Модуль еквівалентного значення індуктивності

$$L_{\mu} = \frac{\sqrt{(U_{1a} + E_{1a})^2 + (U_{1b} + E_{1b})^2}}{\omega \sqrt{I_{1a}^2 + I_{1b}^2}}.$$

Дослідження проводять для кількох значень напруги живлення. Таким чином отримують залежність $L_{\mu} = F(U)$. Магнітна система може вважатися ненасиченою, якщо $L_{\mu}(U) \geq (0,9 \div 0,95)L_{\mu \text{ min}}$, при цьому значення $L_{\mu \text{ min}}$ отримуються при напрузі живлення $(0,6 \div 0,8) U_H$. Рівень втрат у сталі при заданому значенні напруги живлення визначається згідно залежності

$$\Delta P_{\mu 0} = \sum_{v=1}^{v=K} I_{\mu v}^2 R_{\mu 0} v^{1,6},$$

де $R_{\mu 0}$ - опір, еквівалентний втратам в сталі при напрузі живлення $U \approx 0,8 U_H$. Сумарні втрати та допустиме навантаження двигуна визначаються загальноприйнятим шляхом

Блок-схеми пристрою, що реалізує передбачуваний спосіб, наведені на фіг 1 та фіг 2

Пристрій (фіг 1) складається з двигуна 1, приєднаного до мережі через тиристорний регулятор 2 та вторинну обмотку трансформатора 3, первинна обмотка якого за допомогою системи комутуючих апаратів К3, К4, К5 приєднується до мережі. К3 - здійснює подачу напруги живлення, К4 - приєднує обмотку трансформатора або з однією полярністю, або з іншою. Контакт К1 комутує двигун до мережі, К2 - закорочує фазні обмотки двигуна. Управління комутуючими апаратами здійснюється за допомогою блока управління 4. Сигнал управління на блок 4 надходить від блока зв'язку 5 з ЕОМ 6. Управління ЕОМ відбувається за допомогою блока 7 - технологічного пульта -клавіатури. Рівень вібрацій двигуна під час випробувань контролюється за допомогою блока контролю вібрацій 9. Вимірювання струму та напруги двигунів здійснюється за допомогою блока датчиків 8. Сигнали від усіх датчиків надходять до аналогово-цифрового перетворювача, який входить до складу блока зв'язку 5. Перший та другий виходи блока 5 - виходи цифро-аналогового перетворювача,

який також входить до складу блока 5

Пристрій, який реалізує спосіб працює наступним чином

При ввімкнених К2, К3 двигун через ТРН 2 під'єднують на мінімальну напругу живлення $U \approx 0,3 U_H$ та при зрегульованому блоці 2 вимірюють напругу та токи режиму короткого замикання АД (ротор при цьому нерухомий). У відповідності з відомою схемою заміщення визначають параметри двигуна при $S = 1,0$. При ввімкненому К1 та вимкнених інших апаратів визначаються параметри двигуна при напрузі $U = U_H$, а також визначаються значення S_1, E_{va}, E_{vb} .

При ввімкненому К1, вимкненому К2, вимкнених К3 та К4 визначаються значення S_1, E_{va}, E_{vb} при напрузі $U = U_H - U_2$.

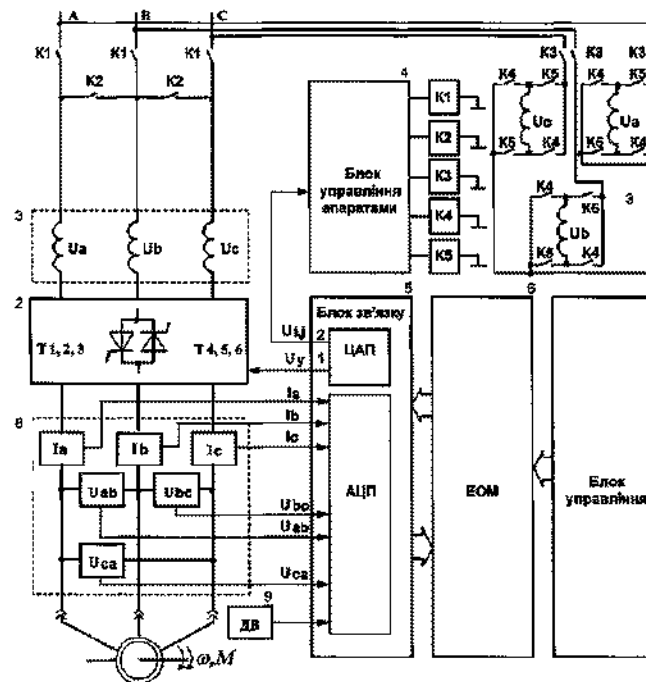
При ввімкнених К1, К3 та К5 (К2 вимкнений) визначається значення S_1, E_{va}, E_{vb} при $U = U_H + U_2$.

Далі розрахунковим шляхом визначають значення $E_{\mu s}$ та $\Delta P_{\mu}(0)$.

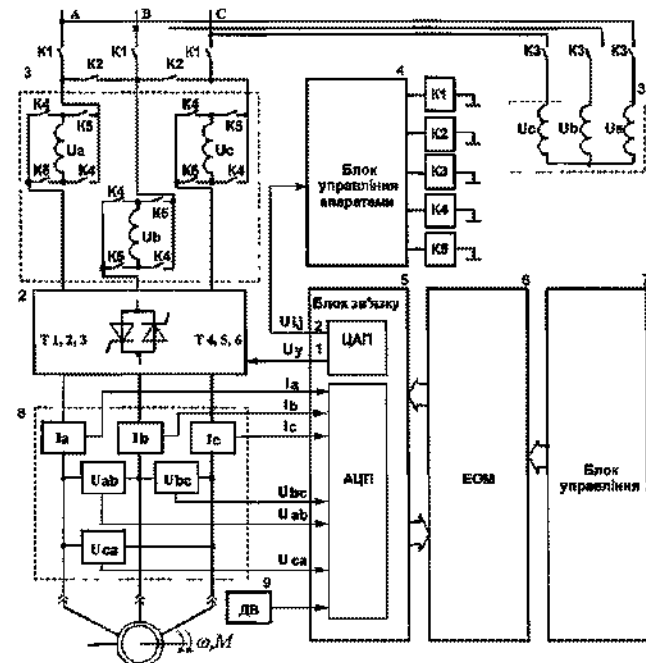
Якщо при випробуваннях рівень вібрацій перебільшує допустимий, то процес випробувань припиняють та усувають несправність, у випадку неможливості усунення джерела вібрацій двигун знімають з випробувального стенду.

Другий варіант пристрою, що реалізує спосіб, наведений на фіг 2. Пристрій відрізняється від наведеного на фіг 1 тим, що реверс фазної напруги здійснюється у вторинній обмотці силового трансформатора. Алгоритми програм, які реалізують роботу комутуючих апаратів, повинні виключати можливість виникнення коротких замкнень в силових мережах.

Позитивний ефект від використання запропонованого способу та пристрою полягає у тому, що вони дозволяють визначити працездатність АД за рахунок визначення ступеню насичення та реальних втрат потужності у сталі, що дозволяє експлуатувати АД в умовах, які враховують його реальні властивості.



Фіг. 1 Блок-схема пристрою з реверсом фазної напруги у вторинній обмотці



Фіг. 2 Блок-схема пристрою з реверсом фазної напруги у первинній обмотці

ДП «Український інститут промислової власності» (Укрпатент)
вул. Сим'ї Хохлових, 15, м. Київ, 04119, Україна
(044) 456 – 20 – 90

ТОВ «Міжнародний науковий комітет»
вул. Артема, 77, м. Київ, 04050, Україна
(044) 216 – 32 – 71