



МІНІСТЕРСТВО
ЕКОНОМІЧНОГО
РОЗВИТКУ І ТОРГІВЛІ
УКРАЇНИ

УКРАЇНА

(19) **UA**

(11) **119743**

(13) **U**

(51) МПК

G01R 23/16 (2006.01)

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

(21) Номер заявки: **u 2017 02638**

(22) Дата подання заявки: **21.03.2017**

(24) Дата, з якої є чинними
права на корисну
модель: **10.10.2017**

(46) Публікація відомостей
про видачу патенту: **10.10.2017, Бюл.№ 19**

(72) Винахідник(и):

**Калінов Андрій Петрович (UA),
Мамчур Дмитро Григорович (UA),
Левочко Владислав Володимирович
(UA)**

(73) Власник(и):

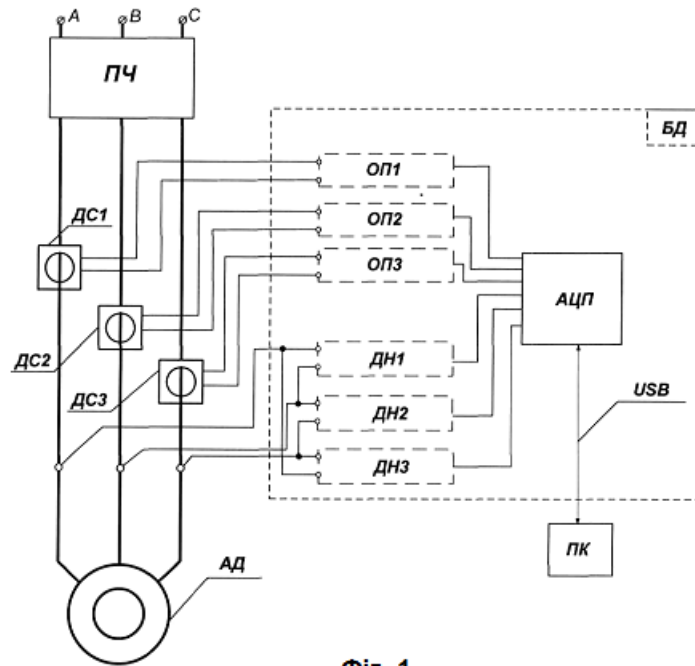
**КРЕМЕНЧУЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ МИХАЙЛА
ОСТРОГРАДСЬКОГО,
вул. Першотравнева, 20, м. Кременчук,
Полтавська обл., 39600 (UA)**

(54) СПОСІБ ДІАГНОСТИКИ АСИНХРОННИХ ДВИГУНІВ ЗА СПЕКТРОМ ПОТУЖНОСТІ ПРИ ЖИВЛЕННІ ВІД ПЕРЕТВОРЮВАЧА ЧАСТОТИ

(57) Реферат:

Спосіб діагностики асинхронних двигунів за спектром потужності при живленні від перетворювача частоти, що полягає у підключенні асинхронного двигуна до мережі живлення через перетворювач частоти, під'єднанні до обмоток статора датчики струмів та напруг, вимірюванні миттєвих значень міжфазних струмів та напруг статора, використанні спектрального складу миттєвої активної потужності асинхронного двигуна, проведенні процедури фільтрації сигналів струмів та напруг перед розрахунком спектра миттєвої активної потужності, причому процедура фільтрації сигналів струмів та напруг проводиться у частотній області шляхом видалення неінформативних частотних складових струмів та напруг, з подальшим отриманням спектра миттєвої активної потужності із використанням алгоритму дискретної згортки рядів частотних ортогональних складових сигналів струмів та напруг.

UA 119743 U



Фиг. 1

Корисна модель належить до галузі електротехніки, а саме до способів діагностики асинхронних двигунів, і може використовуватися на підприємствах гірничодобувної, машинобудівельної та металургійної галузі в умовах живлення від перетворювача частоти. Корисна модель може бути використана при післяремонтних випробуваннях асинхронних

5 двигунів (АД) у практиці електроремонтних підприємств, при прийнятно-здавальних випробуваннях в умовах заводів-виробників та для експлуатаційного моніторингу в умовах промислових підприємств.

Відомий спосіб діагностики асинхронних двигунів за допомогою спектрального аналізу миттєвої активної потужності [Спосіб діагностики ексцентриситету ротора в асинхронних

10 двигунах: Патент України № 94726: G01R11/25 / А.П. Калінов, Д.Г. Мамчур, А.О. Твердохліб; заява № 201406877; опубліковано 25.11.2014, бюл. № 22/2014]. Спосіб полягає у під'єднанні до обмоток статора датчиків струмів, вимірюванні миттєвих значень струмів фаз статора проведенні спектрального аналізу струмів статора та вимірюванні величини амплітуд гармонік, величина яких залежить від ексцентриситету.

15 Суттєві ознаки, які збігаються з корисною моделлю, що заявляється: підключення датчиків напруги та струмів для вимірювання миттєвих значень міжфазних напруг та струмів статора; використання принципу проведення спектрального аналізу електричних сигналів асинхронного двигуна; визначення амплітуд гармонік миттєвої активної потужності, які відповідають за ексцентриситет ротора асинхронного двигуна.

20 Недоліками наведеного способу діагностики АД є те, що у спектрі сигналу споживаної потужності присутній ряд неінформативних гармонік викликаних широтно-імпульсною модуляцією (ШІМ), що ускладнює спектральний аналіз. При обчисленні миттєвої активної потужності через миттєві значення сигналів струмів та напруг та подальшому розрахунку спектрів потужності, вищі гармоніки, викликані ШІМ, впливають на формування гармонік

25 характерних частот, що відповідають дійсному дефекту електричної машини. Це може спотворювати результати спектрального аналізу та погіршити точність діагностики.

Найбільш близьким технічним рішенням до корисної моделі, що заявляється, вибраний як прототип, є спосіб діагностики асинхронних двигунів за допомогою спектрального аналізу сигналу струму та миттєвої потужності [Козярук А.Е., Жуковский Ю.Л., Коржев А.А. "Способ

30 диагностики и оценки остаточного ресурса электроприводов переменного тока". Патент Рос. Федерации № 2425390, МПК G01R 31/34], за яким для проведення діагностики АД проводять запис залежності від часу миттєвих значень струму та напруги з використанням датчиків струму та напруги з подальшим пропусканням через фільтр низьких частот. Проводять розрахунок миттєвих потужностей кожної фази. Далі виконують спектральний аналіз отриманих сигналів

35 напруги, струму та потужностей. На основі розрахунку коефіцієнтів несиметрії, гармонік, втрат потужності та з врахуванням вихідної координати визначають технічний стан електроприводу та оцінюють залишковий ресурс.

Суттєві ознаки, які збігаються з корисною моделлю, що заявляється:

- підключення датчиків струму та датчиків напруги;

40 - використання спектрального складу миттєвої активної потужності АД для проведення діагностики;

- використання фільтрації сигналів напруги та струму перед розрахунком спектра миттєвої активної потужності.

Недоліками наведеного способу діагностики є використання апаратного фільтра низьких частот, що не дозволяє повністю загасити вищі гармоніки напруги та струму, та усунути з аналізу відповідні частотні складові миттєвої активної потужності.

В основу корисної моделі поставлено задачу вдосконалення способу діагностики асинхронних двигунів при живленні від перетворювача частоти, який дає достатню діагностичну інформацію, яка не залежить від наявності інших частот, що пов'язані з роботою перетворювача частоти (ПЧ). Виключення впливу вищих неінформативних гармонік відбувається за рахунок

50 попередньої цифрової фільтрації спектрів сигналів струмів та напруг у частотній області з подальшим обчисленням спектра потужності із використанням алгоритму дискретної згортки.

Поставлена задача вирішується шляхом вимірювання та цифрової обробки миттєвих сигналів напруг та струмів для визначення спектра миттєвої активної потужності та її подальшого аналізу. Після вимірювання миттєвих сигналів напруг та струмів відбувається програмне усунення неінформативних вищих гармонік. Після цього із використанням отриманих рядів ортогональних частотних складових напруг та струмів та алгоритму дискретної згортки розраховується спектральний склад миттєвої активної потужності, який надалі аналізується для виявлення характерних частотних складових, які відповідають пошкодженню АД.

55

Технічним результатом запропонованого способу є підвищення точності діагностичної інформації шляхом проведення спектрального аналізу миттєвої активної потужності при живленні АД від ПЧ. Представлення сигналів струму та напруги у частотній області у вигляді ортогональних косинусних та синусних компонент при використанні операції дискретної згортки, дозволяє попередньо виключити неінформативні гармоніки сигналів струму та напруги з подальшим обчисленням миттєвих значень сигналу потужності.

Корисна модель пояснюється кресленням, де на фіг. 1 наведено структурну схему вимірювального комплексу для проведення діагностики АД, на якій прийнято наступні позначення: ПЧ - перетворювач частоти; ДС1, ДС2, ДС3 - датчики струму; ДН1, ДН2, ДН3 - датчики напруги; ОП1, ОП2, ОП3 - операційні підсилювачі; АЦП - аналого-цифровий перетворювач; БД - блок датчиків; АД - асинхронний двигун; USB - інтерфейс зв'язку з персональним комп'ютером; ПК - персональний комп'ютер. На фігурі 2 наведено алгоритм для обчислення гармонік потужності на основі дискретної згортки гармонік струму та напруги, де прийнято позначення: U_i^a , I_i^a , P_k^a - косинусні складові напруги, струму, потужності, відповідно; U_i^b , I_i^b , P_k^b - синусні складові напруги, струму, потужності, відповідно; k^* , i - номери гармонік миттєвої потужності, струму, відповідно; N - номер максимальної досліджуваної гармоніки струму та напруги, s_a^i , s_a - амплітуди кожної k -ої косинусної та синусної гармонійних складових потужності.

Спосіб реалізується наступним чином. Випробовуваний АД підключається до мережі живлення через перетворювач частоти (фіг. 1). За допомогою блока датчиків БД, а саме: датчиків струму ДС1, ДС2, ДС3, які під'єднані до фаз статора АД, та датчиків напруги ДН1, ДН2, ДН3, які додатково під'єднані до фаз статора, вимірюються поточні значення струмів фаз статора та міжфазні значення напруги. Далі отримані сигнали надходять до блока підсилення через операційні підсилювачі ОП1, ОП2, ОП3, а потім на аналого-цифровий перетворювач (АЦП), з якого за допомогою інтерфейсу USB надходять на комп'ютер (ПК), де відбувається їх подальша обробка шляхом розкладу кривих напруги та струму в ряд Фур'є.

Виключення із спектрального аналізу неінформативних гармонік здійснюється з використанням автоматизованого методу формування косинусних та синусних складових електричних величин, який реалізовано у вигляді відповідного алгоритму обчислення (фіг. 2) впроваджені у розроблене програмне забезпечення.

У результаті спектрального аналізу на спектрах миттєвої активної потужності залишаються лише необхідні інформативні гармоніки пов'язані з дефектами електричної машини, та гармоніка з частотою мережі живлення, в той час як всі неінформативні гармоніки будуть відфільтровані та виключені з аналізу.

Розроблений спосіб виключення із спектрального аналізу неінформативних гармонік базується на відповідному алгоритмі дискретної згортки, впроваджені у розроблене програмне забезпечення. Алгоритм дискретної згортки добутку рядів Фур'є сигналів струму та напруги реалізується завдяки рівнянням амплітуд кожної k -тої косинусної P_k^a та синусної P_k^b гармонійних складових потужності на основі відомих гармонік струму та напруги:

$$P_k^a = \frac{1}{2} \cdot \left[\begin{array}{cc} \sum_{i=0}^{N-1} I_i^a \cdot U_{k-i}^a + \sum_{i=0}^{N-1} I_i^a \cdot U_{i-k}^a - & k-i \geq 0 \quad k-i < 0 \\ - \sum_{k=0}^{N-1} I_i^b \cdot U_{k-i}^b - \sum_{k=0}^{N-1} -I_i^b \cdot U_{i-k}^b & k-i \geq 0 \quad k-i < 0 \end{array} \right],$$

$$P_k^b = \frac{1}{2} \cdot \left[\begin{array}{cc} \sum_{i=0}^{N-1} I_i^b \cdot U_{k-i}^a + \sum_{i=0}^{N-1} I_i^b \cdot U_{i-k}^a + & k-i \geq 0 \quad k-i < 0 \\ + \sum_{k=0}^{N-1} I_i^a \cdot U_{k-i}^b - \sum_{k=0}^{N-1} -I_i^a \cdot U_{i-k}^b & k-i \geq 0 \quad k-i < 0 \end{array} \right],$$

де - U_i^a , I_i^a , P_k^a - косинусні складові напруги, струму, потужності, відповідно; U_i^b , I_i^b , P_k^b - синусні складові напруги, струму, потужності, відповідно; k , i - номери гармонік миттєвої потужності, струму, відповідно; N - номер максимальної досліджуваної гармоніки струму та напруги. Корисна модель дозволяє підвищити точність та достовірність діагностичної інформації шляхом проведення спектрального аналізу миттєвої активної потужності та виявлення характерних інформативних частотних складових, які відповідають пошкодженню

АД. Це дозволить своєчасно та безпомилково виявити пошкодження та провести відповідні заходи по його усуненню. Тим самим збільшити ресурс роботи АД та покращити енергетичні показники.

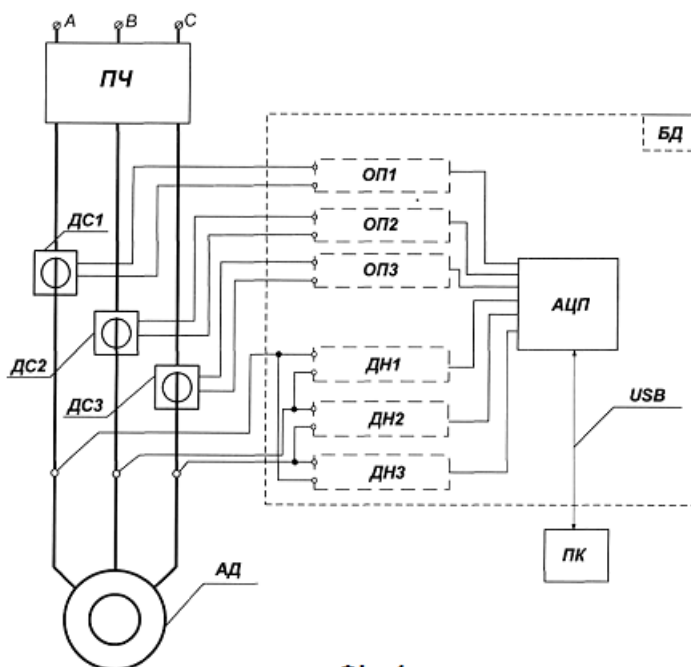
5

ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

10

15

Спосіб діагностики асинхронних двигунів за спектром потужності при живленні від перетворювача частоти, що полягає у підключенні асинхронного двигуна до мережі живлення через перетворювач частоти, під'єднанні до обмоток статора датчики струмів та напруг, вимірюванні миттєвих значень міжфазних струмів та напруг статора, використанні спектрального складу миттєвої активної потужності асинхронного двигуна, проведенні процедури фільтрації сигналів струмів та напруг перед розрахунком спектра миттєвої активної потужності, який **відрізняється** тим, що процедура фільтрації сигналів струмів та напруг проводиться у частотній області шляхом видалення неінформативних частотних складових струмів та напруг, з подальшим отриманням спектра миттєвої активної потужності із використанням алгоритму дискретної згортки рядів частотних ортогональних складових сигналів струмів та напруг.



Фіг. 1

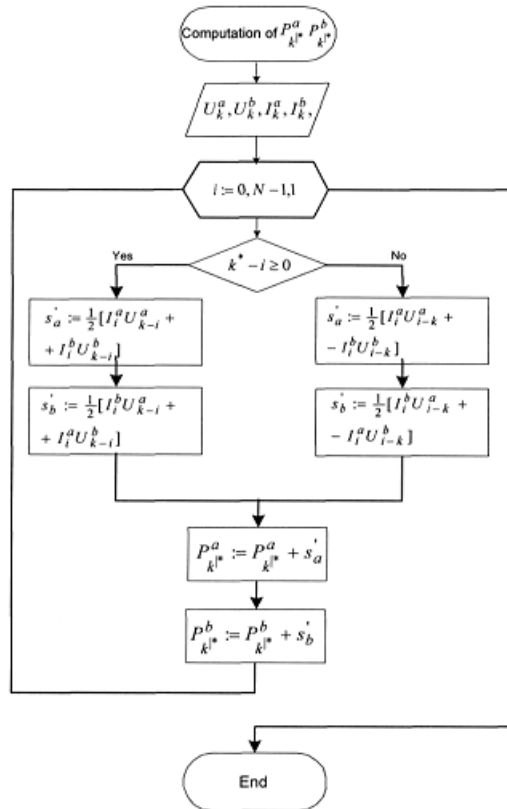


Fig. 2