



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **63990** (13) **U**
(51) МПК
H02H 7/09 (2006.01)ДЕРЖАВНА СЛУЖБА
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ
УКРАЇНИ**ОПИС**
ДО ПАТЕНТУ
НА КОРИСНУ МОДЕЛЬвидається під
відповідальність
власника
патенту**(54) ПРИСТРІЙ ДЛЯ ЗАХИСТУ АСИНХРОННОГО ЕЛЕКТРОДВИГУНА**

1

2

(21) u201104057

(22) 04.04.2011

(24) 25.10.2011

(46) 25.10.2011, Бюл.№ 20, 2011 р.

(72) ДУБОВИК ВОЛОДИМИР ГРИГОРОВИЧ, ЛЕБЕДЄВ ЛЕВ МИКОЛАЙОВИЧ, МАЙДАНЕНКО ВОЛОДИМИР ВІКТОРОВИЧ

(73) ДУБОВИК ВОЛОДИМИР ГРИГОРОВИЧ, ЛЕБЕДЄВ ЛЕВ МИКОЛАЙОВИЧ, МАЙДАНЕНКО ВОЛОДИМИР ВІКТОРОВИЧ

(57) Пристрій для захисту асинхронного електродвигуна, що містить блок живлення, ключ в ланцюзі котушки електромагнітного пускача, чотири порогові елементи, перетворювач сигналів, віброперетворювач, елемент АБО, блок датчиків струму з датчиками, з'єднаними за схемою "зірка", нульова точка якої сполучена з "загальним" провідником пристрою, блок контролю часу пуску й струму, блок контролю наявності напруги й порядку чергування фаз, блок незалежної витримки часу, три елементи I-II, три джерела постійної вхідної дії, перші входи трьох порогових елементів з'єднані з першим джерелом постійної вхідної дії, а другі входи - з відповідними трьома виходами блока датчиків струму й трьома входами блока контролю часу пуску й струму, четвертий, п'ятий входи якого з'єднані відповідно з другим і третім джерелами постійної вхідної дії, а вихід з'єднаний із входами першого, другого, третього елементів I-II, другі входи яких сполучені з виходами трьох порогових елементів, а виходи з'єднані із трьома входами блока контролю наявності напруги й порядку чер-

гування фаз, вихід якого сполучено з входом елемента АБО, другий вхід якого сполучено з виходом четвертого порогового елемента, а вихід сполучено через блок незалежної витримки часу з ключем, вихід якого з'єднаний з котушкою електромагнітного пускача електродвигуна, другий вхід ключа сполучено з ланцюгом управління електродвигуна, який відрізняється тим, що додатково містить п'ятий, шостий порогові елементи, аналізатор спектра, блок реєстрації рівнів вібросигналів, блок пам'яті, схему керування, ключовий елемент триканальний, блок визначення навантаження, вхід якого сполучено з виходом перетворювача сигналів, підключеного трьома входами до трьох виходів блока датчиків струму, а три виходи сполучені з трьома входами блока пам'яті, четвертий вхід якого сполучено з виходом схеми керування, три виходи сполучені з входами четвертого, п'ятого, шостого порогових елементів, а через ключовий елемент триканальний сполучені з їх другими входами та виходами блока реєстрації рівнів вібросигналів, віброперетворювач сполучено через аналізатор спектра з блоком реєстрації рівнів вібросигналів, другий вхід якого сполучено з другим виходом схеми керування, третій вихід якої сполучено з входом ключового елемента триканального, виходи п'ятого, шостого порогових елементів сполучені з третім, четвертим входами елемента АБО, блок живлення сполучено з ланцюгом живлення електродвигуна.

Корисна модель відноситься до електротехніки і може бути використана для захисту асинхронного електродвигуна при виникненні аварійних ситуацій при обриві або порушенні порядку чергування фаз, затягнутому пуску, технологічному перевантаженні, надмірній вібрації, а також для оцінки стану роботи його механічних вузлів в складі електропривода у процесі експлуатації.

Відомий пристрій для захисту асинхронного електродвигуна від перевантажень і обриву фази, що містить блок живлення, блок датчиків струму з датчиками, сполученими по схемі "зірка", нульова

точка якої сполучена з "загальним" провідником пристрою, блок контролю часу пуску і струму, послідовно сполучені блок контролю наявності напруги і порядку чергування фаз, блок незалежної витримки часу, ключовий елемент в ланцюзі живлення котушки пускача електродвигуна, а також містить три елементи I-II, три джерела постійної вхідної дії і три порогові елементи, перші входи яких сполучені з першим джерелом постійної вхідної дії, другі входи - з відповідними трьома виходами блока датчиків струму і трьома входами блока контролю часу пуску і струму, четвертий і

(13) **U**(11) **63990**(19) **UA**

п'ятий входи якого сполучені, відповідно з другим і третім джерелами постійної вхідної дії, а вихід сполучений з другими входами першого, другого і третього елементів I-HE, перші входи яких сполучені з виходами по-рогових елементів відповідно, а вихід кожного з елементів I-HE сполучений відповідно з першим, другим і третім входом блоку контролю наявності напруги і порядку чергування фаз [1].

Недоліком пристрою є відсутність контролю вібрації при технологічних навантаженнях електродвигуна в робочих режимах, а також при виникненні аварійних ситуацій.

Найбільш близьким аналогом до запропонованого пристрою є пристрій захисту асинхронного електродвигуна, що містить блок живлення, блок датчиків струму з датчиками, з'єднаними за схемою "зірка", нульова точка якої з'єднана з "загальним" провідником пристрою, блок контролю часу пуску й струму, послідовно з'єднані блок контролю наявності напруги й порядку чергування фаз, блок незалежної витримки часу, три елементи I-HE, три джерела постійного вхідного впливу і три граничних елементи, перші входи яких з'єднані з першим джерелом постійної вхідної дії, а другі входи - з відповідними трьома виходами блока датчиків струму й трьома входами блока контролю часу пуску й струму, четвертий, п'ятий входи якого з'єднані відповідно із другим і третім джерелами постійного вхідного впливу, а вихід з'єднаний із другими входами перших, другого, третього елементів I-HE, виходи яких з'єднані із трьома входами блока контролю наявності напруги й порядку чергування фаз, блок незалежної витримки часу, вихід якого з'єднаний із ключовим регулятором напруги, підключений своїми двома входами до контакту, що розмикається, пускача, а вихід з'єднаний із входом пускача, третій вхід підключений до виходу блока незалежної витримки часу, а четвертий вхід з'єднаний із входом блока живлення, який відрізняється тим, що додатково містить елемент АБО, послідовно з'єднані датчик вібрації, перетворювач сигналів, блок фільтрів, четвертий граничний елемент, другий вхід якого з'єднаний із четвертим джерелом постійного вхідного впливу, а вихід - з елементом АБО, другий вхід якого з'єднаний з виходом блока контролю наявності напруги й порядку чергування фаз, вихід елемента АБО з'єднаний через блок незалежної витримки часу із входом ключового регулятора напруги [2].

Недоліком пристрою є недостатня точність контролю вібрації, пов'язана з відсутністю врахування кореляційного зв'язку між амплітудою складових несучої частоти вібрації, її гармонік та технологічним навантаженням електродвигуна в робочих режимах, а також при виникненні аварійних ситуацій.

В основу корисної моделі поставлена задача удосконалення відомого пристрою захисту, шляхом введення додаткових елементів, що забезпечує підвищення ефективності захисту, підвищення точності контролю вібрації, шляхом встановлення кореляційного зв'язку між амплітудою складових несучої частоти вібрації, її гармонік та технологіч-

ним навантаженням електродвигуна в робочих та аварійних режимах.

Рішення поставленої задачі досягається тим, що пристрій захисту асинхронного електродвигуна, що містить блок живлення, ключ в ланцюзі котушки електромагнітного пускача, чотири порогові елементи, перетворювач сигналів, віброперетворювач, елемент АБО, блок датчиків струму з датчиками, з'єднаними за схемою "зірка", нульова точка якої сполучена з "загальним" провідником пристрою, блок контролю часу пуску й струму, блок контролю наявності напруги й порядку чергування фаз, блок незалежної витримки часу, три елементи I-HE, три джерела постійної вхідної дії, перші входи трьох порогових елементів з'єднані з першим джерелом постійної вхідної дії, а другі входи - з відповідними трьома виходами блока датчиків струму й трьома входами блока контролю часу пуску й струму, четвертий, п'ятий входи якого з'єднані відповідно з другим і третім джерелами постійної вхідної дії, а вихід з'єднаний із входами першого, другого, третього елементів I-HE, другі входи яких сполучені з виходами трьох порогових елементів, а виходи з'єднані із трьома входами блока контролю наявності напруги й порядку чергування фаз, вихід якого сполучено з входом елемента АБО, другий вхід якого сполучено з виходом четвертого порогового елемента, а вихід сполучено через блок незалежної витримки часу з ключем, вихід якого з'єднаний з котушкою електромагнітного пускача електродвигуна, другий вхід ключа сполучено з ланцюгом управління електродвигуна, який відрізняється тим, що додатково містить п'ятий, шостий порогові елементи, аналізатор спектру, блок реєстрації рівнів вібросигналів, блок пам'яті, схему керування, ключовий елемент триканальний, блок визначення навантаження, вхід якого сполучено з виходом перетворювача сигналів, підключеного трьома входами до трьох виходів блока датчиків струму, а три виходи сполучені з трьома входами блока пам'яті, четвертий вхід якого сполучено з виходом схеми керування, три виходи сполучені з входами четвертого, п'ятого, шостого порогових елементів, а через ключовий елемент триканальний сполучені з їх другими входами та виходами блоку реєстрації рівнів вібросигналів, віброперетворювач сполучено через аналізатор спектру з блоком реєстрації рівнів вібросигналів, другий вхід якого сполучено з другим виходом схеми керування, третій вхід якого сполучено з входом ключового елемента триканального, виходи п'ятого, шостого порогових елементів сполучені з третім, четвертим входами елемента АБО, блок живлення сполучено з ланцюгом живлення електродвигуна.

На фіг. представлена структурна схема пристрою захисту асинхронного електродвигуна.

Пристрій захисту асинхронного електродвигуна 1 складається з блоку 2 датчиків струму з датчиками, сполученими по схемі "зірка", нульова точка якої з'єднана з "загальним" провідником пристрою. Фазні виводи датчиків струму блоку 2 сполучені з входами блоку 3 контролю часу пуску й струму, а також з входами порогових елементів 4.1...4.3, виходи яких через елементи I-HE 5.1... 5.3

підключені до трьох входів блоку 6 контролю наявності напруги і порядку чергування фаз. Вихід блоку 3 контролю часу пуску і струму сполучений з другими входами елементів І-НЕ 5.1... 5.3. Перше джерело постійної вхідної дії Е1 сполучене з другими входами порогових елементів 4.1... 4.3. Друге джерело постійної вхідної дії Е2 сполучене з четвертим входом блоку 3 контролю часу пуску і струму, п'ятий вхід якого сполучено з третім джерелом постійної вхідної дії Е3. Виводи датчиків струму блоку 2 сполучені з трьома входами перетворювача сигналів 7, вихід якого сполучено з входом блока 8 визначення навантаження. Вихід віброперетворювача 9 через аналізатор спектру 10 сполучено з блоком 11 реєстрації рівнів вібросигналів, другий вхід якого сполучено з другим виходом схеми керування 12, перший вихід якої сполучено з четвертим входом блоку 13 пам'яті, три входи якого сполучено з трьома виходами блоку 8 визначення навантаження, а три входи сполучені з входами четвертого, п'ятого, шостого порогових елементів, відповідно, 15.1, 15.2, 15.3, а також через ключовий елемент 14 триканальний сполучені з їх другими входами та виходами блоку 11 реєстрації рівнів вібросигналів. Третій вихід схеми керування 12 сполучено з входом ключового елемента 14 триканального. Виходи порогових елементів 15.1, 15.2, 15.3, сполучені з другим, третім, четвертим входами елемента 16, перший вхід якого сполучено з виходом блоку 6 контролю наявності напруги і порядку чергування фаз, а вихід через блок 17 незалежної витримки часу сполучено з ключом 18, вихід якого сполучено з котушкою 19 електромагнітного пускача, а другий вхід підключено до ланцюга живлення електродвигуна через кнопки ПУСК та СТОП. Блок 20 живлення сполучено з ланцюгом живлення електродвигуна 1. Силові контакти пускача включені в ланцюг живлення статора електродвигуна 1, блок-контакт пускача включено паралельно кнопці ПУСК, яка послідовно сполучена з кнопкою СТОП.

Перетворювач сигналів 7 забезпечує перетворення середнього значення сигналів струмів трьох фаз в цифровий сигнал з використанням суматора та аналого-цифрового перетворювача.

Блок 8 визначення навантаження забезпечує виділення з загального можливого значення величини U_7 сигналу струму окремих діапазонів значень U_7^1 і формування ним цифрового коду з трьох розрядів, див. приклад в таблиці.

Таблиця

№ поз.	Значення відносно сигналу U_7	Цифровий код
1.	$U_7^1 = 0,1-0,5U_T$	001
2.	$U_7^2 = 0,5-0,75 U_T$	010
3.	$U_7^3 = 0,75-0,85 U_T$	011
4.	$U_7^4 = 0,85-0,95U_T$	100
5.	$U_7^5 = 0,95-1,05 U_T$	101
6.	$U_7^6 = 1,05-1,15 U_T$	110
7.	$U_7^7 = 1,15-1,50 U_T$	111

Він може бути реалізований з використанням схем співпадіння для значень U_7^i , а також логічних елементів для одержання цифрового коду з трьох розрядів.

Віброперетворювач 9 призначений для вимірювання вібраційної швидкості, вібраційного і ударного прискорень в встановленому частотному діапазоні, має електричну ізоляцію п'єзоелемента і вбудованого підсилювача від корпусу, поєднані високі значення осьової чутливості з низьким рівнем власного шуму, володіє низькою чутливістю до електромагнітних полів.

Аналізатор спектру 10 забезпечує аналіз вимірюваних спектрів методом розкладання загального рівня вібрації на частотні складові за допомогою швидкого перетворення Фур'є (ШПФ). Значення амплітуди вібрації відповідає певній частоті на спектрі і визначає ступінь розвитку дефекту. Перетворення Фур'є дозволяє зіставити сигналу, заданому в часовій області, його еквівалентному значенню в частотній області. Навпаки, якщо відома частотна характеристика сигналу, то зворотне перетворення Фур'є дозволяє визначити відповідний сигнал в часовій області. Швидке перетворення Фур'є - простий алгоритм обчислення для дискретного перетворення Фур'є (ДПФ), при якому представляється сигнал у вигляді суми синусоїд. Як набір вхідних даних для ДПФ доступно кінцеве число відліків N. Основне рівняння для отримання N-точкового ДПФ виглядає таким чином:

$$X(k) = \frac{1}{N} \sum_{n=0}^{N-1} x(n) e^{-j2\pi nk/N} = \frac{1}{N} \sum_{n=0}^{N-1} x(n) [\cos(2\pi nk/N) - j \sin(2\pi nk/N)]$$

$X(k)$ - частотний вихід ДПФ в k-й точці спектру, що знаходиться в діапазоні від 0 до N - 1. N - число відліків при обчисленні ДПФ, $x(n)$ n - ий відлік в часовій області, де n знаходиться в діапазоні від 0 до N-1.

У загальному вигляді рівняння $x(n)$ може бути дійсним або комплексним, а його косинусоїдальні та синусоїдальні компоненти можуть бути виражені в полярних або прямокутних координатах, зв'язок між якими визначається формулою Ейлера:

$$e^{j\theta} = \cos \theta + j \sin \theta$$

В аналізаторі спектру 10 для апаратної реалізації алгоритмів ШПФ для цифрового процесора-обробника сигналів (DSP- digital signal processor) можуть бути використані процесори DSP, наприклад фірми Analog Devices типу ADSP-2189M на 16 розрядів, ADSP-21160 SHARC™ на 32 розряди.

Блок 11 реєстрації рівнів вібросигналів забезпечує вимірювання амплітуд сигналів вібрації в трьох піддіапазонах з використанням фільтрів для стандартного діапазону 10 Гц – 1 кГц згідно ГОСТИСО 10816-1-97, яким визначаються загальні рівні вібрації у вигляді зон рівнів вібрації залежно від класу машин і є базовим документом по вимірюванню і оцінці вібрації машин. Рівні зон виражені в середньоквадратичних значеннях віброшвидкості $V_{r.m.s}$, мм/с для машин чотирьох класів, а для оцінки амплітуди вібрації їх значення розділені на чотири зони. Вибір ширини кожного з трьох піддіапазонів визначається за результатами проведення діагностичних вимірювань показників вібрації, з використанням портативних аналізаторів

даних вібрації, наприклад, типу SKF Microlog CMXA50 і програмного забезпечення Machine Analyst.

Схема керування 12 забезпечує режими запису в блок 14 пам'яті при підготовці пристрою до роботи шляхом управління ключовим елементом 14 триканальним. Елементи для управління схемою не показані.

Ключовий елемент 14 триканальний забезпечує замикання трьох виходів блоку 11 реєстрації рівнів вібросигналів з трьома виходами блоку 14 пам'яті при подачі логічного високого рівня з третього виходу схеми керування 12.

Блок 14 пам'яті забезпечує встановлення на трьох вихідних ланцюгах значень сигналів, записаних раніше в режимі запису по сигналах схеми керування 12, в відповідності з цифровим кодом на вході. Пам'ять може виконуватися на запам'ятовувальних конденсаторах в модулях EEPROM.

Блок 17 незалежної витримки часу забезпечує затримку передачі вхідного сигналу на переключення вихідного сигналу блоку за рахунок встановлення на виході через проміжок часу, що не перевищує 5 сек логічного нуля $U_{17}=0$, що приводить до відключення електродвигуна 1. Він може бути виконаний з використанням таймера, схеми управління.

Прийняті позначення U_n^i - напруга на i -му виході n -го блоку.

Працює пристрій таким чином. Після подачі напруги в силові і ланцюги живлення натискається кнопка ПУСК і вона подається також через розмикаючий контакт кнопки СТОП через ключовий елемент 18 на котушку 19 пускача електродвигуна 1. Силові контакти пускача підключають статор асинхронного двигуна 1 до мережі, замикаючий блок-контакт пускача ставить кнопку ПУСК на блокування. Робочий режим пускача забезпечується при одиничному вихідному логічному рівні блоку 17. По статору починає протікати струм. Електродвигун запускається. Сигнали датчиків струму 2 імпульсні за формою, поступають до блоку 7 та блоку 3 контролю часу пуску і струму, а також через порогові елементи 4.1...4.3 і елементи I-HE 5.1...5.3 на блок 6 контролю наявності напруги і порядку чергування фаз.

Перед проведенням експлуатації пристрою проводиться калібрування з урахуванням передаточних характеристик всіх блоків і далі при робочих режимах машини записують значення з трьох виходів блоку 11 реєстрації рівнів вібросигналів в блок 13 пам'яті через ключовий елемент 14 триканальний, який замикається за допомогою схеми керування 12 при подачі логічного високого рівня $U_{12}^3=1$ на його вхід, а також з першого виходу $U_{12}^1=1$ - на четвертий вхід блоку 13 пам'яті для забезпечення режиму запису. Інтерфейси вводу-виводу в блок 13 пам'яті не показані.

Якщо амплітуда імпульсів датчиків струму U_2 кожної з фаз перевищує значення порогу спрацювання порогових елементів 4.1...4.3 з характеристи-

1 при $U_2 > E1$

$U_{4.1} =$,

0 при $U_2 < E1$

то імпульси проходять на входи елементів I-HE 5.1...5.3. На їх другі входи поступає сигнал логічної одиниці з виходу блоку 3 контролю часу пуску і струму, що дозволяє проходження сигналів на блок 6 контролю наявності напруги і порядку чергування фаз. Логічна схема контролю блоку 6 контролює наявність імпульсів на виході кожного порогового елементу 4.1...4.3 і порядок їх проходження. При нормальному робочому режимі на виході блоку 6 сигнал рівний логічному нулю $U_6=0$, а на виході блоку 17 залежної витримки часу $U_{17}=1$. При зниженні струму в одній з фаз нижче за пороговий рівень або при зміні порядку проходження імпульсів на вході елементів 3.1...3.3 на виході блоку 6 сигнал стає рівним логічній одиниці $U_6=1$, він передається на блок 17 незалежної витримки часу, який видає сигнал $U_7=0$ зі витримкою $t \leq 5$ сек, перемикається ключовий елемент 18 та знімається живлення котушки 19 пускача. При цьому силові контакти і замикаючий блок-контакт пускача розмикаються, напруга з електродвигуна знімається.

При часу пуску електродвигуна 1, який не перевищує значення $E3$ не блокується робота блоку 6 контролю наявності напруги і порядку чергування фаз, тому за час звичайного пуску рівень сигналу на виході блоку 3 контролю часу пуску і струму не змінюється, а сигнали з виходу блоку 2 через порогові елементи 4.1...4.3 і елементи I-HE 5.1...5.3 поступають на блок 6.

При затягнутому пуску або перевантаженні, коли значення $U_2 > E2$ сигналом блоку 3, в вигляді послідовності імпульсів з частотою 150 Гц при симетричних струмах в фазах електродвигуна 1, з частотою 50 і 100 Гц при перевантаженні відповідно в одній або двох фазах відбувається заборона на проходження сигналів від блоку 4 на блок 6, що приводить до перемикавання рівня сигналу на виході блоку 6 з нульового у високий, він передається через елемент 16 АБО на блок 17 залежної витримки часу, який через час затримки, подає сигнал $U_{17}=0$ на вхід ключового елементу 18, який розмикається і знімається живлення котушки 19 пускача, що забезпечує відключення електродвигуна 1.

В робочому режимі електродвигуна сигнали з блоку 2 подаються на блок 8 визначення навантаження, на виході якого, залежно від значення навантаження встановлюється цифровий код, в відповідності з табл., який подається на блок 13 пам'яті, з виходів якого, значення рівнів сигналів вібрації електродвигуна 1 при режимах, встановлених при налазці, та які були записані при підготовці пристрою до роботи, подаються на входи трьох порогових елементів 15.1, 15.2, 15.3, а сигнали з віброперетворювача 9, пропорційні амплітудному значенні вібрації, подаються на аналізатор спектру 10, який забезпечує аналіз вимірних спектрів методом розкладання загального рівня вібрації на частотні складові за допомогою швидкого перетворення Фур'є, а з його виходу сигнали

подаються на блок 11 реєстрації рівнів вібро сигналів, який виконує вимірювання амплітуд сигналів вібрації в трьох піддіапазонах з використанням фільтрів. Три вихідні сигнали блоку 11 подаються на другі входи порогових елементів 15.1, 15.2, 15.3, де порівнюються з сигналами, що на перших входах цих елементів, які поступають від блоку 13 пам'яті. Порогові елементи 15.1, 15.2, 15.3 мають характеристику

$$U_{15}^i = 0, \text{ якщо } U_{11}^i \leq U_{13}^i, U_{15}^i = 1, \text{ якщо } U_{11}^i > U_{13}^i.$$

При появі сигналу рівня логічної одиниці $U_{15}^i = 1$ з одного або кількох виходів він передається через елемент 16 АБО на блок 17 незалежної витримки часу, який забезпечує переключення вихідного сигналу з логічної одиниці в нуль з затримкою, що приводить перемикач ключа 18 і забезпечує відключення електродвигуна 1. Сигнали на виході порогових елементів 15.1, 15.2, 15.3 з'являються у разі зносу підшипників і вібрації валу, порушенні центрівки осей валу, порушенні балансування приводного механізму, в відповідності до ГОСТ ІСО 10816-1-97 і їх рівень залежить від потужності електродвигуна та області його використання.

Вимірювальна система пристрою передбачає можливість калібрування всього вимірювального тракту і має незалежні виходи для поєднання додаткових аналізаторів. Вимоги до апаратури, призначеної для вимірювання середнього квадратичного значення вібрації в діапазоні 10...1000 Гц визначаються по ГОСТ ІСО 2954.

Застосування введених до складу пристрою додатково двох порогових елементів, аналізатора спектру, блоку реєстрації рівнів вібро сигналів, блоку пам'яті, схеми керування, ключового елемента триканального, блоку визначення навантаження дозволяє підвищити ефективність і надійність функціонування електродвигуна, за рахунок підвищення точності контролю вібрації, шляхом встановлення зв'язку між амплітудою складових несучої частоти вібрації, її гармонік та технологічним навантаженням електродвигуна в робочих та аварійних режимах. Пристрій забезпечує захист асинхронного електродвигуна при виникненні аварійних ситуацій при обриві або порушенні порядку чергування фаз, затягнутому пуску, технологічному перевантаженні, надмірній вібрації, а також оцінку стану роботи його механічних вузлів в складі електропривода у процесі експлуатації. Це також дозволяє уникнути технологічних перевантажень, підвищити продуктивність робочих механізмів, також уникнути порушень електро механічного і теплового режиму електродвигуна 1 при виникненні аварійних ситуацій

Пристрій дозволяє контролювати технологічний небаланс, так як електродвигун з'єднаний з робочим механізмом, який може виникати в робочому режимі, наприклад, при частково відкритих заслінках для вентиляторних установок підвищується рівень вібрації із-за порушень балансування, а також гістерезису небалансу на робочому колесі, обумовлений наявністю пружного елемента, який під дією відцентрових сил при номінальній частоті обертання зміщується. Сили від небалансу впливають на робоче колесо і починають його згинати, воно змінює свою форму так, що центр мас однієї

частини робочого колеса зміщується у бік вже наявного небалансу. У результаті небаланс починає зростати ще більше, ще більше збільшуючи вигин. Характерна зміна спектрального складу вібро сигналів також відбувається при порушеннях кріплення підшипників ротора електродвигуна - різко збільшується амплітуда другої гармоніки оборотної частоти і це повторюється двічі за один оборот вала.

Для оцінки технічного стану і діагностики дефектів електродвигуна використовується метод контролю спектру вібро сигналу і він дозволяє виявляти, разом з діагностикою підшипників, велику кількість інших дефектів. Рівень порогів сильного дефекту, багато в чому, залежить від віддаленості елемента з дефектом від віброперетворювача. Місце для установки віброперетворювача 9 слід вибирати так, щоб він знаходився якомога ближче до зони зубозацеплення при використанні редуктора з'єданого з електродвигуном. На шляху проходження реєстрованих вібро сигналів від зони зубозацеплення до віброперетворювача 9 не бажано мати розділи різних середовищ і особливо зазорів. Кріплення віброперетворювача має бути таким, щоб воно не змінювало вібраційні характеристики електродвигуна.

Пристрій дозволяє контролювати рівні вібрації електродвигуна з врахуванням дії сил електромагнітної природи, що мають свої власні частоти:

перша сила пов'язана з частотою мережі і має пік на частоті 50 Гц;

друга генерує коливання з частотою прояву електромагнітних процесів в міді, сталі та має пік на частоті 100 герц, проявляється у вібрації сердечника і обмоток;

третя пов'язана з частотою обертання електромагнітного поля в зазорі електродвигуна і є частка від ділення частоти живлячої мережі на число пар полюсів;

четверта сила пов'язана з ковзанням в асинхронних електродвигунах;

п'ята викликається наявністю зубцово-пазової структури в зазорі електродвигуна, що завжди приводить, при частоті обертання ротора з частотою 50 Гц, до збільшених вібрацій у вертикальному напрямі з частотою в 100 Гц.

Основна ознака того, що контрольований дефект має електромагнітну причину, то це миттєве зникнення його ознак в спектрі вібрації після відключення електродвигуна від мережі.

Для використання пристрою в широкому діапазоні потужностей електродвигуна використовуються джерела постійної вхідної дії, що дозволяє проводити його налаштування на потужність електродвигуна по значеннях робочого струму за допомогою джерела Е1, максимального допустимого струму - Е2 і допустимого часу розгону - Е3.

Джерела інформації:

1. Патент України №7650. Дубовик В.Г., Агліулін В.Ф., Калінчик В.П. Пристрій захисту асинхронного електродвигуна від перевантаження та обриву фази. Н02Н 7/09. Бюл. №4. 26.12.95.

2. Патент України №37820. Дубовик В.Г., Лебедев Л.М., Масло В.С. Пристрій захисту асинх-

ронного електродвигуна. Н02 Н07/09. Бюл. №23.

10.12.2008.

