



УКРАЇНА

(19) UA (11) 62510 (13) U
(51) МПК
H02H 7/085 (2006.01)

ДЕРЖАВНА СЛУЖБА
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ
УКРАЇНИ

ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

видається під
відповідальність
власника
патенту

(54) ПРИСТРІЙ ЗАХИСТУ АСИНХРОННОГО ЕЛЕКТРОДВИГУНА З ЖИВЛЕННЯМ ВІД ПЕРЕТВОРЮВАЧА ЧАСТОТИ

1

2

(21) u201105426

(22) 28.04.2011

(24) 25.08.2011

(46) 25.08.2011, Бюл.№ 16, 2011 р.

(72) ДУБОВИК ВОЛОДИМИР ГРИГОРОВИЧ, ЛЕБЕДЄВ ЛЕВ МИКОЛАЙОВИЧ, СКУРАТОВСЬКИЙ ЄВГЕН ОЛЕКСАНДРОВИЧ

(73) ДУБОВИК ВОЛОДИМИР ГРИГОРОВИЧ, ЛЕБЕДЄВ ЛЕВ МИКОЛАЙОВИЧ, СКУРАТОВСЬКИЙ ЄВГЕН ОЛЕКСАНДРОВИЧ

(57) Пристрій захисту асинхронного електродвигуна з живленням від перетворювача частоти, що містить блок живлення, блок датчиків струму, три джерела постійної вхідної дії, два порогові елементи, елемент І, блок незалежної витримки часу, який **відрізняється** тим, що додатково містить сполучені блок визначення продуктивності обдуву та датчик швидкості, який має зв'язок з електродвигуном, сполучені ключовий елемент та блок вентилятора, а також послідовно сполучені датчик температури, блок визначення тепловідводу, блок

визначення втрат потужності, три входи якого сполучені з виходами блока датчиків струму, а вихід сполучено через пороговий елемент з входом елемента І, другий вхід якого сполучено з ланцюгом сигналу ПУСК, а вихід - з входом перетворювача частоти, другий вхід якого сполучено з ланцюгом мережі живлення, блоком живлення та з входом ключового елемента, три входи через блок датчиків струму сполучені з трьома входами асинхронного електродвигуна, вихід блока визначення продуктивності обдуву сполучено з входом другого порогового елемента, другий вхід якого сполучено з виходом блока визначення тепловідводу, а вихід через блок незалежної витримки часу - з другим входом ключового елемента, три джерела постійної вхідної дії сполучені, відповідно, з четвертим входом блока визначення втрат потужності, з другим входом першого порогового елемента, з другим входом блока визначення продуктивності обдуву.

Корисна модель відноситься до електротехніки й може бути використана для захисту асинхронного електродвигуна при підвищенні його температури при значеннях частоти обертання вала нижче номінальної, а також при зростанні повних втрат потужності в електродвигуні вище номінального значення.

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 І-НЕ, 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 блоку датчиків струму і трьома входами блоку контролю часу пуску і струму, четвертий і 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 І-НЕ, перші входи яких сполучені з виходами порогових елементів відповідно, а вихід кожного з елементів І-НЕ сполучений відповідно з першим, другим і третім входом блоку контролю наявності напруги і порядку чергування фаз [1].

Недоліком пристрою є низькі функціональні можливості, пов'язані з відсутністю контролю втрат потужності в електродвигуні з урахуванням дії вищих гармонік напруги та струму при різних значеннях частоти обертання його вала.

Найбільш близьким до пропонованого пристрою є пристрій захисту асинхронного електродвигуна, що містить блок живлення, блок датчиків струму з датчиками, сполученими по схемі "зірка", нульова точка якої сполучена з "загальним" прови-

(13) U

(11) 62510

(19) UA

дником пристрою, причому входи датчиків струму є вхідними виводами пускача, виходи якого з'єднані з асинхронним електродвигуном, блок контролю часу пуску і струму, послідовно сполучені блок контролю наявності напруги і блок порядку чергування фаз, блок незалежної витримки часу, три елементи І-НЕ, три джерела постійної вхідної дії і три порогові елементи, перші входи яких сполучені з першим джерелом постійної вхідної дії, а другі входи - з відповідними трьома виходами блока датчиків струму і трьома входами блока контролю часу пуску і струму, четвертий, п'ятий входи якого сполучені відповідно з другим і третім джерелами постійної вхідної дії, а вихід сполучений з другими входами першого, другого, третього елементів І-НЕ, виходи яких сполучені з трьома входами блока контролю наявності напруги і порядку чергування фаз, регулятор напруги, перший та другий входи якого мають виводи для підключення до контактів розмикаючого блок-контакту пускача, третій вхід підключений до виходу блока незалежної витримки часу, а четвертий вхід сполучений з входом блока живлення, при цьому вихід регулятора напруги має вивід для підключення до входу пускача, а також містить елемент АБО, блок гальванічної розв'язки, послідовно з'єднані аналізатор спектра, формувач коефіцієнта несинусоїдальності (THD) напруги, четвертий пороговий елемент, другий вхід якого з'єднаний із четвертим джерелом постійної вхідної дії, 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 з блоком незалежної витримки часу, три входи асинхронного електродвигуна через блок гальванічної розв'язки підключені до трьох входів аналізатора спектра [2].

Недоліком пристрою є низькі функціональні можливості, пов'язані з відсутністю контролю втрат потужності в електродвигуні з урахуванням дії вищих гармонік напруги та струму при різних значеннях частоти обертання його вала.

В основу корисної моделі поставлена задача удосконалення відомого пристрою захисту, шляхом введення додаткових елементів, що забезпечує контроль втрат потужності в електродвигуні з урахуванням дії вищих гармонік напруги та струму при різних значеннях частоти обертання його вала.

Поставлена задача вирішується тим, що пристрій захисту асинхронного електродвигуна з живленням від перетворювача частоти, що містить блок живлення, блок датчиків струму, три джерела постійної вхідної дії, два порогові елементи, елемент І, блок незалежної витримки часу, який відрізняється тим, що додатково містить, сполучені блок визначення продуктивності обдуву та датчик швидкості, який має зв'язок з електродвигуном, сполучені ключовий елемент та блок вентилятора, а також послідовно сполучені датчик температури, блок визначення тепловідводу, блок визначення втрат потужності, три входи якого сполучені з виходами блока датчиків струму, а вихід сполучено через по-роговий елемент з входом елемента І, другий вхід якого сполучено з ланцюгом сигналу ПУСК, а вихід - з входом перетворювача частоти,

другий вхід якого сполучено з ланцюгом мережі живлення, блоком живлення та з входом ключового елемента, три входи через блок датчиків струму сполучені з трьома входами асинхронного електродвигуна, вихід блока визначення продуктивності обдуву сполучено з входом другого порогового елемента, другий вхід якого сполучено з виходом блока визначення тепловідводу, а вихід через блок незалежної витримки часу - з другим входом ключового елемента, три джерела постійної вхідної дії сполучені, відповідно, з четвертим входом блока визначення втрат потужності, з другим входом першого порогового елемента, з другим входом блока визначення продуктивності обдуву.

На фіг. 1 представлена структурна схема пристрою захисту асинхронного електродвигуна з живленням від перетворювача частоти.

Пристрій захисту асинхронного електродвигуна 1 з живленням від перетворювача частоти (фіг. 1) складається із блоку 2 датчиків струму, три входи якого сполучені з трьома входами перетворювача частоти 3, а три перші входи з фазними ланцюгами електродвигуна 1, блок 4 вентилятора сполучено через ключовий елемент 5 з виходом блока 6 незалежної витримки часу, датчик 7 швидкості, який має зв'язок з електродвигуном 1, сполучено через блок 8 визначення продуктивності обдуву з другим входом другого порогового елемента 9, три входи блока 10 визначення втрат потужності сполучені з трьома другими виходами блока 2 датчиків струму, а його вихід сполучено з другим входом блоку 11 визначення тепловідводу, перший вхід якого підключено до виходу датчика 12 температури, вихід блока 10 визначення втрат потужності сполучено також через перший пороговий елемент 13 з елементом І 14, другий вхід якого сполучено з ланцюгом сигналу ПУСК, а вихід сполучено з входом перетворювача частоти 3, другий вхід якого сполучено з ланцюгом мережі живлення, блоком 15 живлення та з входом ключового елемента 5, вихід порогового елемента 9 сполучено з входом блока 6 незалежної витримки часу, а вхід з виходом блоку 11 визначення тепловідводу, три джерела Е1, Е2, Е3 постійної вхідної дії сполучені, відповідно, з четвертим входом блока 10 визначення втрат потужності, з другим входом першого порогового елемента 13, з другим входом блока 8 визначення продуктивності обдуву.

Блок 2 датчиків струму може бути виконаний з трьох датчиків струму, наприклад, з використанням датчиків струму на ефекті Хола і забезпечує формування вихідного сигналу пропорційного миттєвому значенню струму в ланцюгах живлення електродвигуна без його викривлень. Такі датчики виготовляє фірма LEM. Ланцюги живлення датчиків струму на ефекті Хола не показані.

Перетворювач частоти 3, найчастіше, може бути виконаний на основі автономного інвертора напруги з широтно-імпульсною модуляцією з використанням одного з методів частотного управління: скалярного або векторного.

При скалярному управлінні вихідна частота і амплітуда напруги змінюються згідно із законом

$(U/f)^n = \text{const}$, де $n \geq 1$, забезпечується постійність перевантажувальної здатності електроприводу незалежно від частоти напруги, проте має місце зниження моменту, що розвивається двигуном, при низьких, $f < 0,1 f_{\text{ном}}$, частотах, діапазон зміни швидкості обертання ротора при незмінному моменті опору досягає 1:10. При відсутності датчика швидкості на валу двигуна неможливо стабілізувати швидкість обертання валу, оскільки вона залежить від навантаження, а також не можна регулювати момент на валу двигуна.

При методі векторного управління в систему управління закладається математична модель електродвигуна, яка дозволяє розраховувати момент на валу і швидкість обертання валу з використанням тільки датчиків струму фаз статора, забезпечується незалежне і практично безінерційне регулювання двох основних параметрів - моменту на валу і швидкості обертання. Це також дозволяє плавне, без ривків, обертання двигуна в області малих частот; можливість забезпечення номінального моменту на валу при нульовій швидкості за наявності датчика швидкості, швидку реакція на зміну навантаження без стрибків швидкості, забезпечується режим роботи при мінімальних втратах на нагрів і намагнічення електродвигуна.

В перетворювачах частоти може забезпечуватися максимально-струмовий захист, захист від перегріву двигуна і перетворювача, захист від перевантаження, надмірних відхилень напруги живлення, обриву фази, міжфазного короткого замикання, замикання фази на землю і помилок зв'язку. В них також передбачаються входи для підключення датчика швидкості, а також можуть бути виходи з сигналом напруги, пропорційним вихідній частоті перетворювача частоти. Захист від перегріву електродвигуна являється аварійним і він не може забезпечити контроль режимів його охолодження при різних значеннях навантаження, та при зміні частоти обертання вала ротора. Живлення перетворювача частоти 3 може здійснюватися від однофазної чи трифазної мережі, на фіг 1 показано в вигляді однієї лінії. Ланцюги для задавання вихідної частоти та інших налаштувань перетворювача частоти не приведені.

Блок 5 вентилятора може бути виконаний з використанням вентилятора з приводом від окремого електродвигуна і забезпечує подачу повітря для додаткового охолодження електродвигуна 1. Продуктивність блока 5 вентилятора близька до продуктивності колеса вентилятора електродвигуна 1.

Блок 6 незалежної витримки часу може бути виконаний з використанням елементів затримки і забезпечує затримку на заданий інтервал часу формування вихідного сигналу для запобігання випадкових переключень в пристрої.

Датчик 7 швидкості може бути виконаний з використанням електричної машини або перетворювача імпульсної послідовності частоти обертання, які контактно чи безконтактно зв'язані з валом електродвигуна і забезпечує формування вихідного сигналу, пропорційного частоті обертання валу електродвигуна 1. Якщо пристрій захисту живиться

від перетворювача частоти з векторним керуванням, то використання датчика швидкості не обов'язкове, так як, при цьому замість вихідного сигналу датчика 7 швидкості може бути використаний сигнал, який пропорційний частоті обертання вала електродвигуна 1, з окремого виходу перетворювача частоти.

Блок 8 визначення продуктивності обдуву може бути виконаний з використанням функціонального перетворювача, який реалізує залежність

$$U_8 = E_3 \cdot U_7 / U_{7H}$$

і забезпечує формування вихідного сигналу при зміні сигналу датчика швидкості U_7 від номінального значення U_{7H} .

Блок 10 визначення втрат потужності в електродвигуні 1 може бути виконаний з використанням функціональних вузлів, перетворювачів сигналів, які забезпечують визначення втрат потужності з урахуванням значення E_1 , а також, що $G_{10} = \Delta P_d$,

$$\Delta P_d = \Delta P_{em} + \Delta P_{mex},$$

де ΔP_d - втрати потужності в електродвигуні 1,

ΔP_{em} - електромагнітні втрати потужності,

ΔP_{mex} - механічні втрати потужності.

Механічні втрати ΔP_{mex} потужності складають приблизно 5-10 % від номінальних втрат потужності і мають квадратичну залежності тільки від частоти обертання вала електродвигуна.

Електромагнітні втрати ΔP_{em} потужності містять додаткові втрати $\Delta P_{доб}$, а також основну ΔP_{em1} і модуляційну $\Delta P_{em,п}$ складові електромагнітних втрат потужності $\Delta P_{em} = \Delta P_{доб} + \Delta P_{em1} + \Delta P_{em,п}$, з яких два перших доданки залежать від амплітуди основної гармоніки фазного струму статора, а останній доданок - від дії всіх вищих гармонійних складових фазного струму статора.

Основні електромагнітні втрати ΔP_{em1} потужності складаються із електричних втрат ΔP_{e1} і магнітних втрат у сталі ΔP_{m1} за виразом $\Delta P_{em1} = \Delta P_{e1} + \Delta P_{m1}$.

Модуляційні електромагнітні втрати $\Delta P_{em,п}$ потужності складаються з електричних втрат $\Delta P_{e,п}$ та магнітних втрат у сталі $\Delta P_{m,п}$ за виразом

$$\Delta P_{em,п} = \Delta P_{e,п} + \Delta P_{m,п},$$

які розраховуються згідно наступних залежностей

$$\Delta P_{e1} = 3/2(R_s + k^2 R_R \sin^2 \varphi) I_1^2,$$

$$\Delta P_{m1} = \Delta P_{MH}(L_m^2 \cos^2 \varphi + k^2 L_{\sigma R}^2 \sin^2 \varphi) \cdot \alpha_1^{1,3} I_1^2 / \psi_{MH}^2$$

;

$$\Delta P_{e.n} = 1/2(R_S + k^2 R_R) \cdot \alpha_n \Delta I_n^2;$$

$$\Delta P_{m.n} = \Delta P_{mH} k^2 L_{\sigma R}^2 \alpha_n^{1,3} \Delta I_n^2 / \psi_{mH}^2,$$

де P_n , I_n и η_n - номінальні значення, відповідно, потужності, струму статора і ККД електродвигуна 1;

ΔP_{mH} і ψ_{mH} - номінальні значення втрат в сталі і амплітуда магнітного потоку в повітряному зазорі електродвигуна 1;

R_s і R_R - номінальні значення активного опору статора і ротора електродвигуна 1, відповідно;

L_m і $L_{\sigma R}$ - номінальні значення індуктивності намагнічення та індуктивності розсіювання ротора електродвигуна 1, відповідно;

φ - кут навантаження - кут між узагальненими векторами струму статора і поточечепленням ротора;

k - коефіцієнт зв'язку ротора електродвигуна 1;

α_1 - відносна частота основної гармоніки

$\alpha_1 = f_n / 50$, f_n - вихідна частота перетворювача 3;

I_1 - поточне значення амплітуди основної гармоніки фазного струму статора електродвигуна 1;

ΔI_n - середньоквадратичне відхилення модуля узагальненого вектора струму I_s статора від свого середнього значення, рівного I_1 .

Номінальні значення величин для визначення $U_{10} = \Delta P_d$ вводяться в блок 10, і ланцюги для їх вводу не приведені, крім номінального значення потужності, яка пропорційна амплітуді джерела постійної вхідної дії E1.

Блок 11 визначення тепловідводу може бути виконаний з використанням функціонального перетворювача і забезпечує визначення значення

подачі повітря G_n для тепловідводу з врахуванням $G_n = \Delta P_d / C_d \cdot (t_n - t)$, м³/год., де

ΔP_d - втрати потужності в електродвигуні 1, Вт;

C_n - питома теплоємність повітря, 0,35 Вт · год./м³ · град;

t_n - значення температури електродвигуна 1 при номінальному режимі роботи, град;

t - поточне значення температури повітря для охолодження, за виразом

$$U_{11} = U_{10} / k \cdot (U_{t_n} - U_{12}), \quad k - \text{пропорційне } C_n.$$

Номінальне значення величин k та U_{t_n} пропорційної t_n вводяться в блок 11 і ланцюги для їх вводу не приведені.

Датчик 12 температури може бути виконаний з використанням елементів з додатнім температурним коефіцієнтом і забезпечує вимірювання тем-

ператури повітря для охолодження електродвигуна 1.

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

Працює пристрій таким чином. Після подачі напруги в силові ланцюги подається напруга на блок живлення 15 та на другий вхід перетворювача частоти 3. Натискається кнопка ПУСК (не показана) і сигнал логічної одиниці подається на другий вхід елемента 14, на його виході також встановлюється рівень логічної одиниці, що забезпечує розгін електродвигуна за допомогою перетворювача частоти 3. При його роботі сигнали з блоку 2 датчиків струму подаються на блок 10 визначення втрат потужності, а на його виході появляється сигнал, пропорційний значенню втрат потужності в електродвигуні 1, який подається на блок 11 визначення тепловідводу та на пороговий елемент 13 з характеристикою

1, при $U_{10} < E2$

$$U_{13} =$$

0, при $U_{10} \geq E2$.

E2 - напруга, пропорційна значенню допустимих втрат потужності в електродвигуні 1.

На вхід блока 11 подається також сигнал, пропорційний температурі повітря охолодження електродвигуна 1, від датчика 12 температури, а на

виході появляється сигнал U_{11} , пропорційний значенню подачі повітря для тепловідводу, який подається на пороговий елемент 9 з характеристикою

1, при $U_{11} \geq U_8$

$$U_9 =$$

0, при $U_{11} < U_8$.

При $U_9 = 0$ вихідний сигнал блока 6 незалежної витримки часу також дорівнює нулю і він подається на ключовий елемент 5. При цьому він залишається розімкнутим і на блок 4 вентилятора напруга живлення не подається. Ключовий елемент 5 замикається тільки при умові подачі на його вхід від блоку 6 сигналу логічної одиниці. Для зупинки електродвигуна 1 сигнал ланцюга ПУСК на вході елемента 14 переводиться в нуль і на його виході встановлюється нуль, що приводить до відключення напруги з виходу перетворювача частоти 3.

Вищі гармоніки зумовлюють збільшення втрат в статорі та роторі електродвигуна. Додаткові втрати потужності підвищують температуру, з'являються локальні місця перегрівання, з'являються додаткові моменти на частотах вищих гармонік, які можуть призвести до відчутних вібрацій електродвигуна. В результаті підвищеного нагріву відбувається прискорене старіння ізоляції, а також необоротні фізико-хімічні процеси, що протікають під впливом полів вищих гармонік.

Вихідні струми і напруга перетворювача частоти на відміну від стандартної мережі мають не синусоїдальну форму. Це приводить до збільшення напруги ізоляції двигуна, збільшуються його втрати. Оскільки технічною умовою заводу-

виготівника не передбачаються випробування стандартного асинхронного двигуна при живленні його від перетворювача частоти, з'являється необхідність в проведенні додаткових перевірок двигуна. Міжнародним електротехнічним комітетом, прийнято стандарт МЭК 34-17 «Асинхронні двигуни з короткозамкнутим ротором при живленні від перетворювачів частоти», де рекомендується для збільшення охолоджуючої потужності двигуна при низькій частоті обертання використовувати окремий вентилятор з постійною максимальною частотою обертання, так як, потік повітря і охолоджуюча продуктивність залежать від частоти обертання вентилятора.

При перевантаженні електродвигуна 1 або коли по технології робочого процесу, при керуванні перетворювачем частоти 3 задається частота обертання вала нижче номінальної, його втрати потужності зростають, а продуктивність колеса обдуву знижується. При цьому вихідний сигнал блоку 10 зростає, що приводить до зростання сигналу на виході блоку 11, крім того сигнал на виході блоку 8 зменшується, і це призводить до переключення порогового елемента 9, на виході якого встановлюється рівень логічної одиниці. З затримкою, встановленою для блоку 6, на його виході встановлюється рівень логічної одиниці, що призводить до замикання ключового елемента 5, який забезпечує подачу живлення на блок 4 вентилятора, який запускається і складає додатковий обдув електродвигуна 1 завчасно, що не допускає його перегрівання. При зменшенні втрат потужності або підвищенні частоти обертання вала електродвигуна пороговий елемент 9 переключається до зворотного стану, що приводить до розмикання ключового елемента 5 і відключенню блока 4 вентилятора від мережі. Такий режим додаткового обдуву електродвигуна 1 попереджує його перегрів, а роботи блока 4 вентилятора забезпечує енергоефективний режим його використання.

В випадку значного зростання втрат потужності електродвигуна 1, вихідний сигнал U_{10} блоку 10 перевищує рівень амплітуди E_2 на другому вході порогового елемента 13 і його вихідний сигнал переходить в нульовий рівень, що приводить через елемент 14 до відключення перетворювача частоти 3 і зупинку електродвигуна 1.

Старіння електричної ізоляції приводить до зміни електричних властивостей і є сукупністю великого числа різноманітних явищ як хімічних (окислення, деполімеризація, гідроліз), так і фізичних (плавлення, розм'якшення, випаровування, наростання твердості, розтріскування, зміна міцності на розтягування). Швидкість хімічних реакцій, випаровування, дифузії і т.д. залежать від темпе-

ратури по експоненціальному закону і з цим узгоджується положення про зменшення терміну служби ізоляції удвічі при кожному підвищенні її температури на 8–10 °C.

Як відомо, режими захисту електродвигуна від перевантаження ґрунтуються на його тепловій моделі, контролюючій зміну параметра добутку квадрата струму навантаження за якийсь час ($I^2 \cdot t$), закладеного в програмному забезпеченні перетворювача частоти для стандартного електродвигуна і додатково на використанні термісторного датчика перегріву електродвигуна зовнішнього або вбудованого в обмотку статора. Тепловий захист електродвигуна, заснований тільки на тепловій моделі, не забезпечує стопроцентну точність, тому що температура двигуна тільки розраховується, а також не враховується зміна температури навколишнього середовища. Можливе помилкове спрацювання термісторного датчика в результаті дії вищих гармонік напруги на виході перетворювача частоти, в загальному випадку при такому захисті є збільшення уставки спрацювання реле захисту приблизно на 10 %.

Тому застосування введених елементів 4-7, 8, 10-12 до складу пристрою захисту асинхронного електродвигуна з живленням від перетворювача частоти дозволяє підвищити надійність підтримання необхідного теплового режиму електродвигуна, уникнути порушень електромеханічного і температурного режиму при збільшенні втрат потужності електродвигуна 1 і дозволяє запобігти старінню ізоляції, порушенню протікання технологічного процесу, пов'язаного з роботою електродвигуна 1, а також підвищити ефективність і надійність його функціонування.

Для використання пристрою в широкому діапазоні потужностей електродвигуна використовуються джерела постійної вхідної дії, які дозволяють просто робити налаштування на конкретну потужність електродвигуна за значеннями потужності електродвигуна 1 за допомогою джерела E_1 , за значенням допустимих втрат в електродвигуні 1 за допомогою джерела E_2 , номінального значення продуктивності обдуву вентилятора електродвигуна 1 за допомогою джерела E_3 .

Джерела інформації:

1. Патент України №7650. Дубовик В.Г., Аглілін 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 на корисну модель № 46121. Дубовик В.Г., Лебедев Л.М., Перевозник Є.П. Пристрій захисту асинхронного електродвигуна. Н02Н07/085. Бюл. №23. 10.12.2009.

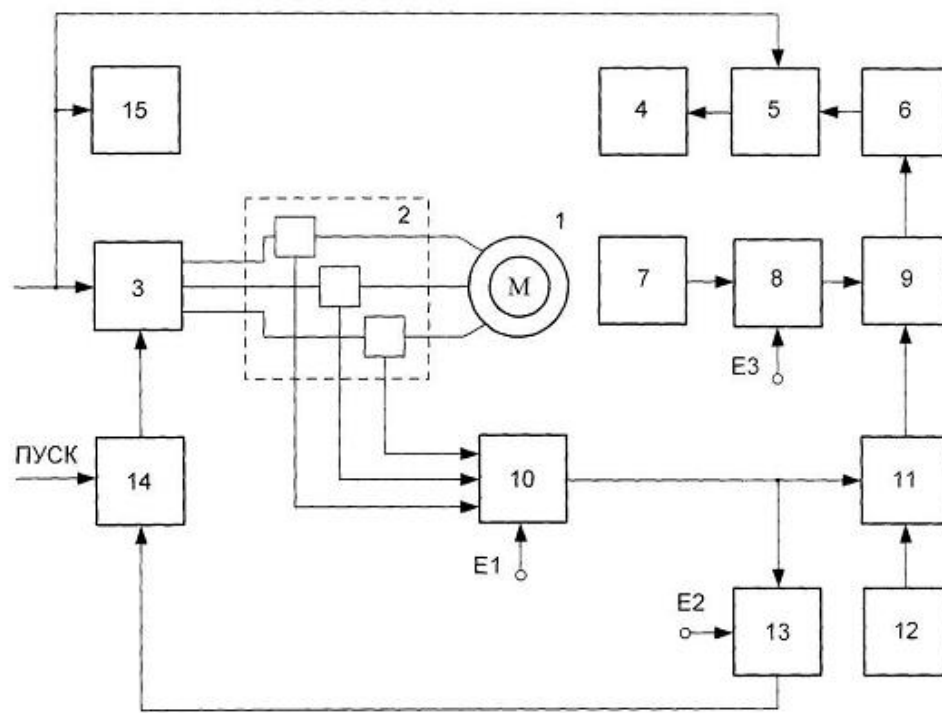


Fig. 1