



УКРАЇНА

(19) UA (11) 62097 (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 КЕРУВАННЯ АСИНХРОННИМ ДВИГУНОМ ТА ПРИСТРІЙ ДЛЯ ЙОГО РЕАЛІЗАЦІЇ

1

(21) 2002108606

(22) 30 10 2002

(24) 15 12 2003

(46) 15 12 2003, Бюл. № 12, 2003 р.

(72) Родькін Дмитро Йосипович, Чорний Олексій
Петрович, Сичов Сергій Дмитрович(73) КРЕМЕНЧУЦЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ПОЛІТЕХ-
НІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

(57) 1 Спосіб керування асинхронним двигуном, що включає підключення асинхронного двигуна через перетворювач напруги до джерела промислової частоти, вимірювання миттєвих значень напруги та струму статорного ланцюга та розрахунок моменту двигуна, який відрізняється тим, що за даними вимірів розраховують миттєву потужність та момент двигуна, вилучають змінну складову моменту та подають на регулятор системи імпульсно-фазового керування тиристорним перетворю-

2

вачем і домагаються зниження змінної складової моменту шляхом несиметричного керування тиристорними групами перетворювача

2 Пристрій, який реалізує спосіб керування асинхронним двигуном, що містить тиристорний регулятор, асинхронний двигун, вимірювачі струму та напруги, вимірювально-обчислювальний комплекс, який відрізняється тим, що він додатково обладнаний блоком регулятора системи імпульсно-фазового керування, вихід якого з'єднаний з входом системи імпульсно-фазового керування перетворювачем, а вхід - з виходом вимірювально-обчислювального комплексу

3 Пристрій, який реалізує спосіб керування асинхронним двигуном за п. 2, який відрізняється тим, що блок регулятора системи імпульсно-фазового керування виконаний за допомогою обчислювального комплексу, що програмується

Винахід відноситься до електротехніки, зокрема до систем і пристроїв для керування двигунами змінного струму. Винахід може бути використаний на підприємствах, що експлуатують асинхронні двигуни, що пройшли ремонт і мають конструктивні вади чи несиметрію електричних параметрів, або двигуни, які експлуатуються в умовах реальних мереж із наявною несиметрією фазної напруги з метою підвищення їх ресурсу працездатності.

Найважливішим інформаційним показником, що характеризує подальшу працездатність (асинхронного двигуна) АД, є електромагнітний момент. Наявність змінної складової електромагнітного моменту вказує на розвиток передаварійної ситуації і вихід АД з ладу. На сьогодні відсутні ефективні засоби керування електромагнітним моментом, а датчики моменту на базі пристроїв вимірювання швидкості або прискорення, акселерометрів мають значні інерційні складові, що вносить суттєву похибку у результати вимірювання.

Відомі способи та пристрої для визначення та розрахунку електромагнітного моменту АД [Асинхронные электроприводы с векторным управлением / В. В. Рудаков, И. М. Столяров, В. А. Дартау - Л. Энергоатомиздат, Ленингр. отд-ние, 1987 - 136 с.]

Відомий спосіб базується на тому, вимірюють струм та напругу статора за допомогою датчиків напруги та струму, додатково вимірюють потокозчеплення за допомогою встановлених у пазах двигуна датчиків Хопа. За даними напруги, струму та потокозчеплення розраховують електромагнітний момент двигуна.

Недоліками наведеного способу є наступне:

- недостатня точність, бо потокозчеплення розраховується за побічними показниками,

- даний спосіб працездатний лише за умови, що АД є симетричною машиною з рівними параметрами по фазам,

- не враховуються утрати в сталі машини.

Також відомий, вибраний як прототип, спосіб діагностики асинхронного двигуна [Способ диагностики асинхронного двигателя та пристрій для його здійснення. Висновок про видачу Деклараційного патенту на винахід по заявці № 2001096286].

В наведеному способі підключають асинхронний двигун до джерела напруги промислової частоти через тиристорний регулятор напруги, вимірювачі струму і напруги фаз двигуна, вимірювально-обчислювального комплексу. За отриманими даними розраховують змінну складо-

(13) A

(11) 62097

(19) UA

ву моменту двигуна та аналізують її. Недолік наведеного способу полягає в тому, що розрахований момент двигуна аналізується для оцінки стану механічної системи двигуна: вигин вала, дефекти в підшипниках, тощо, і, якщо рівень змінної складової перевищує допустимий - двигун виводять з експлуатації, тоді як розрахований таким способом момент містить крім механічної складової ще й складову, що викликана силами електромагнітної взаємодії. Остання залежить від електричних параметрів та магнітної системи. В процесі експлуатації змінна складова моменту викликає вібрації, що знижують ресурс двигуна.

Наведений спосіб приймається в якості прототипу.

Задача, що вирішується запропонованим способом, передбачає підвищення ресурсу працездатності асинхронного двигуна.

Відомі пристрої для визначення та розрахунку електромагнітного моменту АД [Асинхронные электроприводы с векторным управлением / В.В. Рудаков, И.М. Столяров, В.А. Дартау - Л.: Энергоатомиздат, Ленингр. отд-ние, 1987 - 136 с.] Відомий пристрій асинхронний двигун, підключений через автоматичний вимикач, та вимірювачі струму та напруги статора, для розрахунку потокозчеплення необхідно в пазах двигуна встановити датчики Холла. За даними напруги, струму та потокозчеплення розраховують електромагнітний момент двигуна. Недоліками наведеного пристрою є наступне:

- пристрій працездатний лише за умови, що АД є симетричною машиною з рівними параметрами по фазам,

- симетрична машина не враховує утрати в сталі машини.

Також відомий, вибраний як прототип, пристрій діагностики асинхронного

двигуна [Спосіб діагностики асинхронного двигуна та пристрій для його здійснення. Висновок про видачу Деклараційного патенту на винахід по заявці № 2001096286].

В наведеному пристрої підключають асинхронний двигун до джерела напруги промислової частоти через тиристорний регулятор напруги, вимірювачі струму і напруги фаз двигуна, вимірювально-обчислювальний комплекс. За отриманими даними розраховують змінну складову моменту двигуна та аналізують її.

Недолік наведеного пристрою полягає в тому, що розрахований момент двигуна аналізується виключно для оцінки стану механічної системи двигуна: вигин вала, дефекти в підшипниках, тощо, і, якщо рівень змінної складової перевищує допустимий - двигун виводять з експлуатації, тоді як розрахований таким способом момент містить крім механічної складової ще й складову, що викликана силами електромагнітної взаємодії. Остання залежить від електричних параметрів та магнітної системи. В процесі експлуатації змінна складова моменту викликає вібрації, що знижують ресурс двигуна, а даний пристрій не дозволяє змінювати їх рівень.

Наведений пристрій приймається в якості прототипу.

Спосіб керування асинхронним двигуном, який

полягає в підключенні асинхронного двигуна через перетворювач напруги до джерела промислової частоти, вимірюванні миттєвих значень напруги та струму статорного ланцюга та розрахунку моменту двигуна, який відрізняється тим, що згідно винаходу за даними вимірів розраховують миттєву потужність та момент двигуна, вилучають змінну складову моменту та подають на регулятор системи імпульсно-фазового керування тиристорним перетворювачем і домагаються зниження змінної складової моменту шляхом несиметричного керування тиристорними групами перетворювача.

Запропонований спосіб ілюстрований наступними фігурами.

Фіг. 1. Блок-схема пристрою для реалізації способу.

На фіг. 1 прийняті позначення: 1 - тиристорний перетворювач напруги, 2-4 - вимірювачі струму, 5-7 - вимірювачі напруги,

8 - асинхронний двигун,

9 - вимірювально-обчислювальний комплекс,

10 - регулятор системи імпульсно-фазового керування.

Фіг. 2. Алгоритм роботи блоку 10.

На фіг. 2 прийняті позначення:

$\alpha_A, \alpha_B, \alpha_C$ - кут керування тиристорами відповідно фази,

$\Delta\alpha$ - дискретність зміни кута керування,

$M_{\max}, M_{\max+1}$ - амплітуда змінної складової електромагнітного моменту на початку та і-ому інтервалі вимірювання.

Спосіб керування асинхронним двигуном, який полягає в підключенні асинхронного двигуна через перетворювач напруги до джерела промислової частоти, вимірюванні миттєвих значень напруги та струму статорного ланцюга та розрахунку моменту двигуна, який відрізняється тим, що згідно винаходу за даними вимірів розраховують миттєву потужність та момент двигуна, вилучають змінну складову моменту та подають на регулятор системи імпульсно-фазового керування тиристорним перетворювачем і домагаються зниження змінної складової моменту шляхом несиметричного керування тиристорними групами перетворювача.

Сутність керування укладається у наступному.

У загальному випадку, два гармонійних сигнали струму і напруги мають наступний вид:

$$U(t) = \sum_{n=1}^N U_n \cos(\Omega_n t + \phi_n),$$

$$I(t) = \sum_{m=1}^M I_m \cos(\Omega_m t + \phi_m) \quad (1)$$

де U_n, I_m - амплітуди складових напруги і струму, Ω_n, Ω_m - фазові кути.

Представимо залежності $U(t)$ і $I(t)$ в вигляді:

$$U(t) = \sum_{n=1}^N U_{an} \cos(\Omega_n t) + \sum_{n=1}^N U_{bn} \sin(\Omega_n t),$$

$$I(t) = \sum_{m=1}^M I_{am} \cos(\Omega_m t) + \sum_{m=1}^M I_{bm} \sin(\Omega_m t) \quad (2)$$

Де U_{an}, I_{an} - амплітуда косинусних складових напруги та струму, U_{bn}, I_{bn} - амплітуда синусних складових напруги та струму.

Тоді миттєва потужність

$$P(t) = U(t)i(t) = \sum_{n=0}^N U_{an} \cos(n\Omega t) \sum_{m=0}^M I_{am} \cos(m\Omega t) + \sum_{n=0}^N U_{bn} \sin(n\Omega t) \sum_{m=0}^M I_{bm} \sin(m\Omega t) + \sum_{n=0}^N U_{an} \cos(n\Omega t) \sum_{m=0}^M I_{bm} \sin(m\Omega t) + \sum_{n=0}^N U_{bn} \sin(n\Omega t) \sum_{m=0}^M I_{am} \cos(m\Omega t) \quad (3)$$

Помножуючи

$$P(t) = \sum_{\substack{k=1,5,7 \\ n=m}} U_{k|k} + \sum_{\substack{k=1,5,7 \\ n=m}} U_{k|k} \cos(k\Omega t) + \sum_{\substack{k=1,5,7 \\ n=m}} U_{k|k} \sin(k\Omega t) + \sum_{\substack{k=1,5,7 \\ n=m}} U_{k|k} \cos(k\Omega t) + \sum_{\substack{k=1,5,7 \\ n=m}} U_{k|k} \sin(k\Omega t) \quad (4)$$

Спрощуючи отримаємо змінну складову потужності

$$P_2(t) = \frac{1}{2} U_{m|m} [\sin(2\omega t)(k_A k_{1A} + k_B k_{2B} - k_C k_{2C}) - \cos(2\omega t)(k_A k_{2A} + k_B k_{3B} + k_C k_{3C})] = -\frac{1}{2} U_{m|m} [k_A \cos(2\omega t + \varphi_A) + k_B \cos(2\omega t + \varphi_B + \varphi_U) + k_C \cos(2\omega t - \varphi_C - \varphi_U)] \quad (5)$$

де

$$k_{1A} = \sin(\varphi_A),$$

$$k_{1B} = \cos\left(\frac{2\pi}{3} + \varphi_U\right) \cos\left(\frac{2\pi}{3} + \varphi_B + \varphi_U\right),$$

$$k_{1C} = \cos\left(\frac{2\pi}{3} + \varphi_U\right) \cos\left(\frac{2\pi}{3} + \varphi_C + \varphi_U\right),$$

$$k_{2A} = \cos(\varphi_A),$$

$$k_{2B} = \sin\left(\frac{4\pi}{3} + 2\varphi_U + \varphi_B\right),$$

$$k_{2C} = \sin\left(\frac{4\pi}{3} + 2\varphi_U - \varphi_C\right),$$

$$k_{3B} = \cos\left(\frac{4\pi}{3} + 2\varphi_U + \varphi_B\right),$$

$$k_{3C} = \cos\left(\frac{4\pi}{3} + 2\varphi_U - \varphi_C\right)$$

де U_m , I_m - відповідно, амплітудні значення напруги і струму фази статора в симетричному номінальному режимі, $k_j = k_{ij}$, k_{Uj} - коефіцієнт, враховуючий зміну напруги і струму в j -й фазі при різних режимах роботи АД, φ_U - зміну кута між напругою при несиметрії напруги живлення

Знакозмінна потужність викликає пульсації електромагнітного моменту $M_2(t)$ двигуна коливання швидкості і вібрацію двигуна

$$M_2(t) = \frac{P_2(t)}{\omega_0},$$

де ω_0 - швидкість ідеального холостого ходу АД

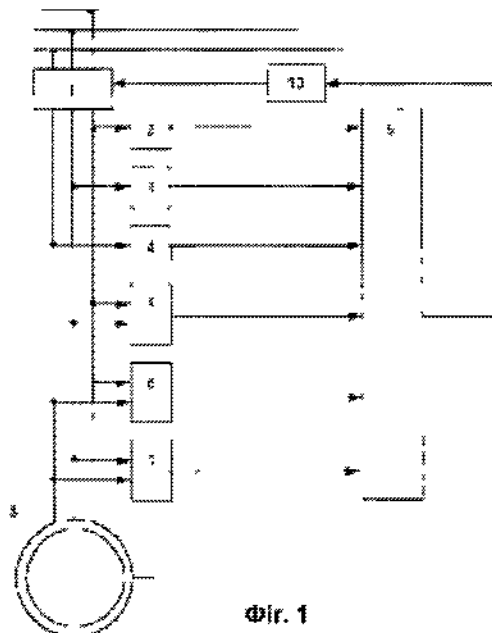
Розрахований таким чином електромагнітний момент $M_2(t)$ являє собою сигнал завдання на керування кутами управління тиристорних груп перетворювача

Пристрій, що реалізує спосіб керування асинхронного двигуна (Фіг. 1) включає тиристорний регулятор 1, асинхронний двигун 8, вимірювачі струму 2, 3, 4 та напруги 5, 6, 7, вимірювально-обчислювальний комплекс 9, який відрізняється тим, що він додатково обладнаний регулятором 10 системи імпульсно-фазового керування причому регулятора підключений до вимірювально-обчислювального блоку 9

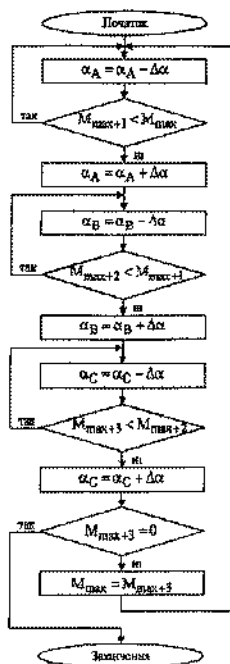
Блок регулятор 10 системи імпульсно-фазового керування перетворювача може бути реалізований у якості обчислювального пристрою Алгоритм роботи наведено у Фіг. 2

Можлива також реалізація пристрою згідно винаходу

Пристрій, що реалізує спосіб керування АД відрізняється тим, що блок регулятора системи імпульсно-фазового керування виконаний за допомогою обчислювального комплексу, що програмується



Фіг. 1



Фиг. 2