



УКРАЇНА

(19) UA (11) 12517 (13) U  
(51) МПК  
G01L 3/26 (2006.01)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ  
І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ

## ОПИС

### ДО ДЕКЛАРАЦІЙНОГО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

видається під  
відповідальність  
власника  
патенту

#### (54) СПОСІБ ВИЗНАЧЕННЯ ІНТЕРВАЛЬНИХ КОЕФІЦІЄНТІВ КОРИСНОЇ ДІЇ АСИНХРОННИХ ДВИГУНІВ

1

2

(21) u200507359

(22) 25.07.2005

(24) 15.02.2006

(46) 15.02.2006, Бюл. № 2, 2006 р.

(72) Поджаренко Володимир Олександрович, Гоменюк Дмитро Анатолійович

(73) ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

(57) Спосіб визначення інтервальних коефіцієнтів корисної дії асинхронного двигуна, при якому його розганяють та переводять в стан самогальмування, вимірюють та реєструють інформативні параметри, та обчислюють ККД, який **відрізняється** тим, що спожиту електричну енергію вимірюють на проміжках часу розгону та самогальмування, а інтервальні ККД обчислюють за формулами: електромагнітний

$$\eta_{EM}(\omega_H, \omega_B) = \frac{\left(1 + \frac{t_p}{t_{cr}}\right) 0,5(\omega_B^2 - \omega_H^2)J}{\Delta W(\omega_H, \omega_B)};$$

механічний

$$\eta_M(\omega_H, \omega_B) = \frac{t_{cr}}{t_{cr} + t_p}$$

загальний

$$\eta(\omega_H, \omega_B) = \frac{0,5(\omega_B^2 - \omega_H^2)J}{\Delta W(\omega_H, \omega_B)},$$

де  $\omega_H, \omega_B$  - відповідно нижня та верхня межі інтервалу кутової швидкості;

$t_p, t_{cr}$  - відповідно проміжки часу розгону та самогальмування;

$\Delta W(\omega_H, \omega_B)$  - спожита електрична енергія;

$J$  - момент інерції ротора асинхронного двигуна.

Корисна модель відноситься до вимірювальної техніки і може бути використаний для динамічних випробувань асинхронних двигунів (АД) з метою визначення їх коефіцієнтів корисної дії (ККД).

Відомий спосіб визначення циклового ККД АД, який полягає в тому, що в циклічних виробничих процесах за певний час вимірюють спожиту електричну та обчислюють виконану корисну механічну енергію, а цикловий ККД АД визначають, як відношення корисної механічної енергії до спожитої електричної [Ключев В. Н. Теория электропривода: Учебник для вузов. - М.: Энергоатомиздат, 1985. - 560 с., див. с. 477].

Недоліком аналога є низька точність визначення циклового ККД АД за рахунок методичної похибки.

Недоліком аналога є і те, що цикловий ККД має вузькі функціональні можливості і не визначає якісні показники окремо для електромагнітної та механічної частин АД.

За прототип обраний спосіб визначення електромагнітного та механічного ККД асинхронного

двигуна [Поджаренко В. О., Кулаков П. І., Гоменюк Д. А. Електромагнітний та механічний ККД асинхронного двигуна // Вісник технологічного університету Поділля. - 2002. - №3. - т. 1]. Сутність способу полягає в тому, що електричний двигун розганяють та переводять в стан самогальмування, вимірюють та реєструють миттєві значення кутової швидкості та потужності споживання електричної енергії, складають та розв'язують систему рівнянь, розраховують потужності енергій корисної, повної механічної та механічних втрат, а миттєві величини ККД, як функції кутової швидкості, обчислюють за формулами.

Недоліком прототипу є низька точність визначення миттєвих величин електромагнітного  $\eta_{EM}(\omega)$  та механічного  $\eta_M(\omega)$  ККД асинхронного двигуна за рахунок методичної похибки зумовленої застосуванням штучної функції залежності кутового прискорення від кутової швидкості  $\varepsilon(\omega)$ .

Недоліком прототипу є і те, що його електромагнітний  $\eta_{EM}(\omega)$  та механічний  $\eta_M(\omega)$  ККД з низькою точністю представляють якісний стан, окремо,

(13) U

(11) 12517

(19) UA

електромагнітної та механічної частин АД тому, що вказані ККД визначають якісний стан АД для деякої фіксованої величини кутової швидкості  $\omega$ , а це не відповідає практиці, де в більшості випадків АД виконує роботу в деяких межах інтервала кутової швидкості  $\omega$ .

В основу корисної моделі поставлено задачу розробки способу визначення інтервальних ККД АД, в якому за рахунок введення нових операцій досягається можливість більш якісно керувати технологічним процесом виготовлення, та контролювати експлуатаційний стан АД, що приводить до підвищення точності.

Поставлена задача досягається тим, що спосіб визначення інтервальних коефіцієнтів корисної дії асинхронного двигуна в якому його розганяють та переводять в стан самогальмування, вимірюють та реєструють інформативні параметри, в одних і тих самих межах інтервалу кутової швидкості вимірюють спожиту електричну енергію, проміжки часу розгону та самогальмування, а інтервальні ККД обчислюють за формулами:

електромагнітний

$$\eta_{EM}(\omega_H, \omega_B) = \frac{\left(1 + \frac{t_p}{t_{cr}}\right) 0,5(\omega_B^2 - \omega_H^2)J}{\Delta W(\omega_H, \omega_B)};$$

механічний

$$\eta_M(\omega_H, \omega_B) = \frac{t_{cr}}{t_{cr} + t_p};$$

загальний

$$\eta(\omega_H, \omega_B) = \frac{0,5(\omega_B^2 - \omega_H^2)J}{\Delta W(\omega_H, \omega_B)},$$

де  $\omega_H, \omega_B$  - відповідно нижня та верхня межі інтервалу кутової швидкості;

$t_p, t_{cr}$  - відповідно проміжки часу розгону та самогальмування;

$\Delta W(\omega_H, \omega_B)$  - спожита електрична енергія;

$J$  - момент інерції ротора АД.

На фіг.1 представлена структурна схема, яка реалізує спосіб визначення інтервальних ККД АД, на фіг.2 показано характер поведінок функціональних залежностей момента механічних втрат  $M_{MB}(\omega)$  АД, кутової швидкості його розгону  $\omega_p(t)$  та самогальмування  $\omega_{cr}(t)$ , за допомогою яких ілюструється фізичний зміст пропонованого способу. На фіг.2 з метою більшої очевидності тотожної дії момента механічних втрат  $M_{MB}(\omega)$  в процесах розгону та самогальмування в одних і тих самих межах інтервалу кутової швидкості, площина функції  $M_{MB}(\omega)$  повернута на кут  $90^\circ$  проти годинникової стрілки, а її вісь кутової швидкості  $\omega$  накладена на відповідну її вісь  $\omega$  функцій  $\omega_p(t)$  та  $\omega_{cr}(t)$ .

Структурна схема містить пусковий пристрій 1, блок 2 електронних ключів, цифровий ватметр 3, випробувальний АД 4, цифровий тахометр 5, мікропроцесорну систему 6, яка включає в себе мікропроцесор 7, постійний запам'ятовуючий пристрій 8, оперативний запам'ятовуючий пристрій 9, пристрій 10 вводу/виводу результатів випробувань АД 4, шину даних 11, шину адреси 12 та шину управління 13, при цьому потужні входи блока 2 приєднано до джерела електричної енергії, наприклад,

до трьохфазної промислової мережі, напруга  $U_{on}$  опорної фази якої контролюється двома входами пускового пристрою 1, а його третій вхід з'єднано з шиною управління 13, вихід пускового пристрою 1 з'єднано з входом керування електронних ключів блока 2, а потужні входи та виходи ватметра 3 з'єднано відповідно з потужними виходами блока 2 та входами АД 4, до вихідного вала якого приєднаний тахометр 5, цифровий вихід тахометра 5 з'єднано з шиною даних 11 до якої також приєднані цифрові виходи ватметра 3, мікропроцесора 7, постійного запам'ятовуючого пристрою 8, оперативного запам'ятовуючого пристрою 9, пристрою 10, з шиною управління 13 з'єднано відповідні входи та виходи мікропроцесора 7 та пристроїв 8, 9, 10, шина адреси 12 з'єднана з виходом мікропроцесора 7 та входами пристроїв 8, 9, 10.

Спосіб здійснюється наступним чином.

Перед початком випробувань АД незалежно від моментів натискання на кнопку „Пуск” (не показана) пусковий пристрій 1 в певний момент просторового положення вектора напруги  $U_{on}$  опорної фази відкриває електронні ключі блока 2. Таким чином пусковий пристрій 1 забезпечує запуск АД в ідентичних умовах при живленні їх джерелом енергії змінного струму, чим і усувається похибка умов, яка може з'являтися при випробуваннях синхронних, одно та двофазних асинхронних двигунів.

Процес розгону АД 4 розпочинається з моменту відкриття електронних ключів блока 2, при цьому потік електричної енергії надходить до АД 4 через потужні входи і виходи ватметра 3. Під час розгону АД 4 його кутова швидкість  $\omega_p(t)$  (див. фіг.2) проходить через нижню  $\omega_H$  та верхню  $\omega_B$  межі її дослідного інтервалу, то за заданою програмою роботи мікропроцесор 7 приймає цифрову інформацію від ватметра 3 і за відповідною програмою обраховує між вибраними межами спожиту електричну енергію  $\Delta W(\omega_H, \omega_B)$ . Одночасно мікропроцесор 7 програмне визначає проміжок часу розгону  $t_p$  АД 4 між межами  $\omega_H$  та  $\omega_B$ . Виміряні величини  $\Delta W(\omega_H, \omega_B)$  та  $t_p$  реєструються в оперативному запам'ятовуючому пристрою 9.

За верхньою межею  $\omega_B$  дослідного інтервалу кутової швидкості, мікропроцесор 7 через шину управління 13 та пусковий пристрій 1 своїм сигналом  $U_z$  закриває електронні ключі блока 2 і АД 4 під дією гальмуючого момента механічних втрат  $M_{MB}(\omega)$  (див. фіг.2) переходить в стан самогальмування. В процесі самогальмування АД 4, кутова швидкість  $\omega_{cr}(t)$  його вихідного вала зменшується, і з виходу тахометра 5 на шину даних 11 надходить відповідна інформація. Коли миттєві величини кутової швидкості  $\omega_{cr}(t)$  проходять через верхню  $\omega_B$  та нижню  $\omega_H$  межі її дослідного інтервалу, то мікропроцесор 7 програмне вимірює проміжок часу самогальмування  $t_{cr}$  і реєструє його в оперативному запам'ятовуючому пристрою 9.

За нижню межу  $\omega_H$  дослідного інтервалу кутової швидкості  $\omega_{cr}(t)$  мікропроцесорна система 6 складає та розв'язує систему рівнянь, яка з урахуванням фізичного змісту дії момента механічних втрат  $M_{MB}(\omega)$ , введеної сталої величини  $J$ , зареєстрованих величин  $\Delta W(\omega_H, \omega_B)$ ,  $t_p$  та  $t_{cr}$  приймає такий математичний вираз:

$$\begin{cases} \Delta W(\omega_H, \omega_B) = 0,5(\omega_B^2 - \omega_H^2)J + t_p \int_{\omega_H}^{\omega_B} M_{MB}(\omega) d\omega + t_p P_{EM_{cp}}(\omega_H, \omega_B); \\ 0 = 0,5(\omega_B^2 - \omega_H^2)J - t_{cr} \int_{\omega_H}^{\omega_B} M_{MB}(\omega) d\omega + 0; \end{cases}$$

де  $\int_{\omega_H}^{\omega_B} M_{MB}(\omega) d\omega = P_{MB_{cp}}(\omega_H, \omega_B)$  - середнє значення потужності механічних втрат енергії.

На фіг.2 величина середнього значення потужності механічних втрат енергії  $\int_{\omega_H}^{\omega_B} M_{MB}(\omega) d\omega$  пред-

ставлена заштрихованою площею криволінійної трапеції, яка утворена лініями графіка моменту механічних втрат  $M_{MB}(\omega)$ , вісі  $\omega$  та прямих  $\omega_H, \omega_B$ .

Фіг.2 ілюстративно доводить, що в одних і тих же межах  $\omega_H, \omega_B$  інтервалу кутової швидкості со, процесів розгону та самогальмування середнє значення потужності механічних втрат енергії приймає одну і ту саму величину.

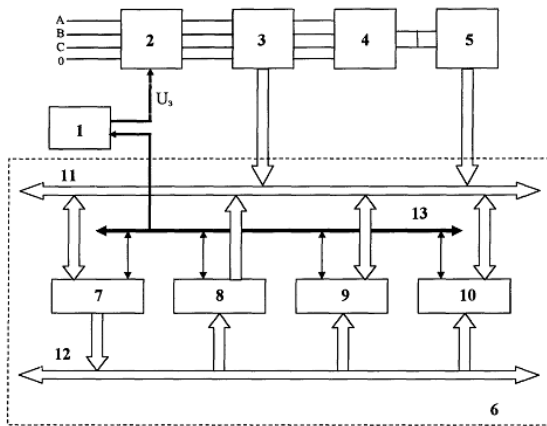
Отже, в системі рівнянь середнє значення потужності механічних втрат енергії виступає невідомою величиною, чим і створюється можливість зробити розв'язок системи рівнянь і вивести формули обчислення наступних інтервальних параметрів АД:

корисна механічна (кінетична) енергія

$$\Delta T(\omega_H, \omega_B) = 0,5(\omega_B^2 - \omega_H^2)J;$$

механічні втрати енергії

$$\Delta W_{MB}(\omega_H, \omega_B) = \frac{t_p}{t_{cr}} 0,5(\omega_B^2 - \omega_H^2)J;$$



Фіг. 1

повна механічна енергія

$$\Delta W_{MB}(\omega_H, \omega_B) = \left(1 + \frac{t_p}{t_{cr}}\right) 0,5(\omega_B^2 - \omega_H^2)J;$$

інтервальний електромагнітний ККД

$$\eta_{EM}(\omega_H, \omega_B) = \frac{\left(1 + \frac{t_p}{t_{cr}}\right) 0,5(\omega_B^2 - \omega_H^2)J}{\Delta W(\omega_H, \omega_B)};$$

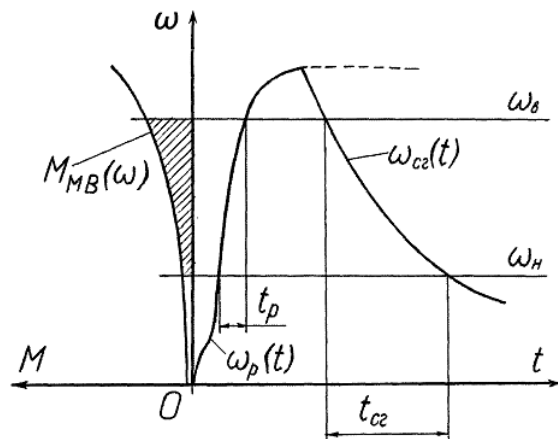
інтервальний механічний ККД

$$\eta_M(\omega_H, \omega_B) = \frac{t_{cr}}{t_{cr} + t_p};$$

інтервальний загальний ККД

$$\eta(\omega_H, \omega_B) = \frac{0,5(\omega_B^2 - \omega_H^2)J}{\Delta W(\omega_H, \omega_B)}.$$

Таким чином, якщо програма динамічних випробувань АД охоплює весь діапазон кутової швидкості  $0 \leq \omega \leq \omega_{xx}$  ( $\omega_{xx}$  - це кутова швидкість холостого ходу), то по зареєстрованим миттєвим величинам функції потужності споживання енергії можливо обчислювати інтервальні ККД в різних межах кутової швидкості АД. Пропонуємо спосіб визначення інтервальних ККД АД підвищують точність і швидкість обчислення втрат енергії, окремо в електромагнітній та механічній частинах, виявлення природи причини відхилення від нормативного значення загального ККД, контролювання технологічного процесу виготовлення та експлуатаційного стану АД. Все це створює економічний ефект у вигляді зниження собівартості виготовлення АД та витрат електроенергії під час його експлуатації.



Фіг. 2