



УКРАЇНА

(19) UA

(11) 87810

(13) C2

(51) МПК (2009)
G01R 31/34МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІОПИС
ДО ПАТЕНТУ НА ВІНАХІД

(54) СПОСІБ ІДЕНТИФІКАЦІЇ ОБ'ЄКТІВ КЕРУВАННЯ ЕЛЕКТРОПРИВОДІВ

1

2

(21) а200502735

(22) 25.03.2005

(24) 25.08.2009

(46) 25.08.2009, Бюл.№ 16, 2009 р.

(72) СІЛЬЧЕНКО ЕДУАРД ЄВГЕНОВИЧ

(73) СІЛЬЧЕНКО ЕДУАРД ЄВГЕНОВИЧ

(56) UA 20167 A, 25.12.1997

SU 1758655 A1, 30.08.1992

EP 0965047 B1, 19.09.2001

EP 0704709 A2, 03.04.1996

Проблемы автоматизированного электропривода.
Теория и практика: Труды конференции. / Под об-
щей ред. В.Б.Клепикова, Л.В. Акимова. - Харьков:
Основа, 1997. - С. 68 -69.

(57) Спосіб ідентифікації об'єкта керування елект-
роприводів, що включає визначення параметрів
об'єкта керування за допомогою виміру основних
електромеханічних величин з подальшим обчис-
ленням параметрів об'єкта керування, який **відрі-**
зняється тим, що визначення параметрів об'єкта
керування здійснюють безпосередньо під час ос-
новної роботи електроприводу, а величину пара-
метрів знаходять по наступних формулах:
- для електромагнітної частини двигуна без ураху-
вання зміни сФ:

$$L = \Delta t \frac{l_{i+2}U_{i+1} - U_{i+2}l_{i+1} + c\Phi\omega_{i+2}l_{i+1} - c\Phi\omega_{i+1}l_{i+2}}{l_{i+1}^2 - l_{i+2}l_i};$$

$$R = \frac{U_{i+1}\Delta t - c\Phi\omega_{i+1}\Delta t - L(l_{i+1} - l_i)}{l_{i+1}\Delta t},$$

де с - конструктивна постійна двигуна;

Ф - магнітний потік двигуна;

L - сумарна індуктивність якірного ланцюга двигу-
на;R - сумарний активний опір якірного ланцюга дви-
гуна; ω_i - кутова швидкість вала двигуна в момент часу і
(при і = 0,1,2...); l_i - струм якірного ланцюга двигуна в момент часу
і (при і = 0,1,2...); U_i - напруга на якірному ланцюзі двигуна в мо-
мент часу і (при і = 0,1,2...); Δt - інтервал часу, значно менший постійної часу
якірного ланцюга, через який відбувається вимір
необхідних величин: напруги, струму і кутової
швидкості вала двигуна, $\Delta t = i_1 - i_0 = i_2 - i_1 = i_3 - i_2 = \dots i_n - i_{n-1};$ - для електромагнітної частини двигуна з ураху-
ванням зміни сФ:

$$L = \Delta t \frac{U_{i+3}\omega_{i+1}l_{i+2} - U_{i+3}\omega_{i+2}l_{i+1} + U_{i+2}l_{i+1}\omega_{i+3} - U_{i+2}l_{i+3}\omega_{i+1} + U_{i+1}l_{i+3}\omega_{i+2} - U_{i+1}l_{i+2}\omega_{i+3}}{\omega_{i+3}l_{i+2}l_i - \omega_{i+3}l_{i+1}^2 + \omega_{i+2}l_{i+1}l_{i+2} - \omega_{i+2}l_{i+3}l_i + \omega_{i+1}l_{i+3}l_{i+1} - \omega_{i+1}l_{i+2}l_{i+3}};$$

$$R = \frac{U_{i+1}\omega_{i+2}\Delta t - U_{i+2}\omega_{i+1}\Delta t + L(l_{i+2} - l_{i+1})\omega_{i+1} - L(l_{i+1} - l_i)\omega_{i+2}}{l_{i+1}\omega_{i+2}\Delta t - l_{i+2}\omega_{i+1}\Delta t};$$

$$c\Phi = \frac{U_{i+1} - l_{i+1}R - L \frac{(l_{i+1} - l_i)}{\Delta t}}{\omega_{i+1}};$$

- для електромагнітної частини електроприводу:

$$l_c = l_{i+2} - \frac{(\omega_{i+2} - \omega_{i+1})(l_{i+2} - l_{i+1})}{\omega_{i+2} + \omega_i - 2\omega_{i+1}};$$

$$\frac{J}{c\Phi} = \frac{(l_{i+1} - l_c)\Delta t}{(\omega_{i+1} - \omega_i)},$$

де J - сумарний момент інерції, приведений до
вала двигуна. l_c - статичний струм двигуна.

(13) C2

(11) 87810

(19) UA

Винахід відноситься до електропривода постійного струму, що регулюється, зокрема до приводів з високими вимогами до якості регулювання.

Відомий спосіб ідентифікації об'єктів керування електроприводів, у якому визначення параметрів об'єкта керування відбувається за допомогою виміру основних електромеханічних величин і подальшим обчисленням параметрів об'єкта керування (Проблемы автоматизированного электропривода. Теория и практика: [Труды конференции] / Под общей редакцией В. Б. Клепикова, Л. В. Акимова. - Харьков: Основа, 1997, 68-69 с).

Недоліком цього способу є неможливість визначення сумарного опору якорного ланцюга двигуна R і сумарної індуктивності якорного ланцюга двигуна L під час основної роботи електропривода, для їхнього визначення необхідне загальмування двигуна.

В основу винаходу поставлена задача удосконалити спосіб ідентифікації об'єктів керування електроприводів, у якому за рахунок визначення параметрів об'єкта керування без зупинки двигуна досягається ідентифікація об'єкта керування під час основної роботи електропривода.

Поставлена задача досягається тим, що в способі ідентифікації об'єкта керування електроприводів, що включає визначення параметрів об'єкта керування за допомогою виміру основних електромеханічних величин з подальшим обчисленням параметрів об'єкта керування, згідно з винаходом, визначення параметрів об'єкта керуван-

ня відбувається безпосередньо під час основної роботи електроприводу, а величини параметрів знаходять по наступним формулах:

- для електромагнітної частини двигуна без урахування зміни сФ:

$$L = \Delta t \frac{l_{i+2}U_{i+1} - U_{i+1}l_{i+1} + c\Phi\omega_{i+2}l_{i+1} - c\Phi\omega_{i+1}l_{i+2}}{l_{i+1}^2 - l_{i+2}l_i};$$

$$R = \frac{U_{i+1}\Delta t - c\Phi\omega_{i+1}\Delta t - L(l_{i+1} - l_i)}{l_{i+1}\Delta t},$$

де c - конструктивна постійна двигуна;

Φ - магнітний потік двигуна;

L - сумарна індуктивність якорного ланцюга двигуна;

R - сумарний активний опір якорного ланцюга двигуна.

ω_i - кутова швидкість вала двигуна в момент часу i (при $i = 0, 1, 2, \dots$);

l_i - струм якорного ланцюга двигуна в момент часу i (при $i = 0, 1, 2, \dots$);

U_i - напруга на якорному ланцюзі двигуна в момент часу i (при $i = 0, 1, 2, \dots$);

Δt - інтервал часу значно менший постійної часу якорного ланцюга, через який відбувається виміру необхідних величин: напруги, струму і кутової швидкості вала двигуна. $\Delta t = i_1 - i_0 = i_2 - i_1 = i_3 - i_2 = \dots i_n - i_{n-1}$

- для електромагнітної частини двигуна з урахуванням зміни сФ:

$$L = \Delta t \frac{U_{i+1}\omega_{i+1}l_{i+2} - U_{i+3}\omega_{i+2}l_{i+1} + U_{i+2}l_{i+1}\omega_{i+3} - U_{i+2}l_{i+3}\omega_{i+1} + U_{i+1}l_{i+3}\omega_{i+2} - U_{i+1}l_{i+2}\omega_{i+3}}{\omega_{i+3}l_{i+2}l_i - \omega_{i+3}l_{i+1}^2 + \omega_{i+2}l_{i+1}l_{i+2} - \omega_{i+2}l_{i+3}l_i + \omega_{i+1}l_{i+3}l_{i+1} - \omega_{i+1}l_{i+2}l_i};$$

$$R = \frac{U_{i+1}\omega_{i+2}\Delta t - U_{i+2}\omega_{i+1}\Delta t + L(l_{i+2} - l_{i+1})\omega_{i+1} - L(l_{i+1} - l_i)\omega_{i+2}}{l_{i+1}\omega_{i+2}\Delta t - l_{i+2}\omega_{i+1}\Delta t};$$

$$c\Phi = \frac{U_{i+1} - l_{i+1}R - L \frac{(l_{i+1} - l_i)}{\Delta t}}{\omega_{i+1}}$$

- для електромеханічної частини електропривода:

$$l_c = l_{i+2} - \frac{(\omega_{i+2} - \omega_{i+1})(l_{i+2} - l_{i+1})}{\omega_{i+2} - \omega_i - 2\omega_{i+1}};$$

$$\frac{J}{c\Phi} = \frac{(l_{i+1} - l_c)\Delta t}{(\omega_{i+1} - \omega_i)},$$

Де J - сумарний момент інерції, приведений до вала двигуна.

усе це дозволяє ідентифікувати об'єкт керування під час основної роботи електропривода.

Рівняння, що описують динаміку електроприводу у випадку двигуна постійного струму з незалежним збудженням, мають вид:

$$l_c = l_{i+2} - \frac{(\omega_{i+2} - \omega_{i+1})(l_{i+2} - l_{i+1})}{\omega_{i+2} - \omega_i - 2\omega_{i+1}} \quad (1)$$

$$I = l_c + \frac{J}{c\Phi} \frac{d\omega}{dt} \quad (2)$$

де U - напруга на якорі двигуна;

c - конструктивна постійна двигуна;

Φ - магнітний потік двигуна;

ω - кутова швидкість обертання вала двигуна;

I - струм якорної обмотки двигуна;

R - сумарний активний опір якорної обмотки двигуна;

L - сумарна індуктивність якорної обмотки двигуна;

l_c - статичний струм якоря двигуна;

J - сумарний момент інерції, приведений до вала двигуна.

Для визначення параметрів електромагнітної частини двигуна використовуємо рівняння 1.

Якщо немає необхідності у визначенні величини сФ в електромагнітній частині двигуна визначаються тільки два параметри R і L .

Обчислення цих параметрів зводиться до рішення системи з двох рівнянь складеної виходячи з рівняння 1 і Фіг. 1:

$$\begin{cases} U_1 = c\Phi\omega_1 + I_1R + L \frac{dl_1}{dt}; \end{cases} \quad (3)$$

$$\begin{cases} U_2 = c\Phi\omega_2 + I_2R + L \frac{dl_2}{dt}. \end{cases} \quad (4)$$

Заміняючи в рівнянні 3 і 4 похідні на збільшення, одержимо:

$$\begin{cases} U_1 = C\Phi\omega_1 + I_1 R + L \frac{I_1 - I_0}{\Delta t}; \\ U_2 = C\Phi\omega_2 + I_2 R + L \frac{I_2 - I_1}{\Delta t}. \end{cases} \quad (5)$$

Вирішуючи рівняння 5 і 6 відносно L і R, одержимо:

$$L = \Delta t \frac{I_1 + 2 U_1 - U_2 I_1 + C\Phi \omega_2 I_1 - C\Phi \omega_1 I_2}{I_1^2 - I_2 I_0}; \quad (7)$$

$$R = \frac{U_1 \Delta t - C\Phi \omega_1 \Delta t - L(I_1 - I_0)}{I_1 \Delta t} \quad (8)$$

При необхідності визначення параметрів R, L і параметра CΦ необхідно скористатися результа-

$$L = \Delta t \frac{U_3 \omega_1 I_2 - U_3 \omega_1 I_2 + U_2 I_1 \omega_3 - U_2 I_3 \omega_1 + U_1 I_3 \omega_2 - U_1 I_2 \omega_3}{\omega_3 I_2 I_0 - \omega_3 I_1^2 + \omega_2 I_1 I_2 - \omega_2 I_3 I_0 + \omega_1 I_3 I_1 - \omega_1 I_2^2}; \quad (12)$$

$$R = \frac{U_1 \omega_2 \Delta t - U_2 \omega_1 \Delta t + L(I_2 - I_1) \omega_1 - L(I_1 - I_0) \omega_2}{I_1 \omega_2 \Delta t - I_2 \omega_1 \Delta t}; \quad (13)$$

$$C\Phi = \frac{U_1 - I_1 R - L \frac{(I_1 - I_0)}{\Delta t}}{\omega_1} \quad (14)$$

Для визначення параметрів електромеханічної частини двигуна використовуємо рівняння 2 і Фіг.1, по яких складемо систему з двох рівнянь, вирішивши яку, одержимо I_C і $\frac{J}{C\Phi}$:

$$\begin{cases} I_1 = I_C + \frac{J}{C\Phi} \frac{d\omega_1}{dt}; \\ I_2 = I_C + \frac{J}{C\Phi} \frac{d\omega_2}{dt}. \end{cases} \quad (15)$$

$$\quad (16)$$

Замінивши в рівняннях 15 і 16 похідні на збільшення і вирішивши систему рівнянь відносно I_C і $\frac{J}{C\Phi}$, одержимо:

$$I_C = I_2 - \frac{(\omega_2 - \omega_1)(I_2 - I_1)}{\omega_2 + \omega_0 - 2\omega_1} \quad (17)$$

$$\frac{J}{C\Phi} = \frac{(I_1 - I_C) \Delta t}{\omega_1 - \omega_0} \quad (18)$$

На Фіг.1 зображені умовні перехідні процеси напруги на якорі двигуна U, струму якоря I і кутової швидкості вала двигуна ω .

Спосіб ідентифікації об'єктів керування електроприводів, здійснюється таким чином.

том рішення системи з трьох рівнянь, складеної по Фіг.1 і рівнянню 1 і представленої нижче:

$$\begin{cases} U_1 = C\Phi\omega_1 + I_1 R + L \frac{dI_1}{dt}; \\ U_2 = C\Phi\omega_2 + I_2 R + L \frac{dI_2}{dt}; \\ U_3 = C\Phi\omega_3 + I_3 R + L \frac{dI_3}{dt}. \end{cases} \quad (9)$$

$$\quad (10)$$

$$\quad (11)$$

Замінивши похідні в рівняннях 9,10, 11 на збільшення, як це зроблено було вище в рівняннях 3 і 4 і вирішивши рівняння відносно CΦ, R і L одержимо:

Через рівні проміжки часу Δt (величина яких значно менше величини постійної часу якорного ланцюга) відбувається вимір основних електромагнітних величин двигуна: напруга на якорній обмотці U, струму якорної обмотки двигуна I, кутової швидкості обертання вала двигуна ω під час основної роботи електропривода.

Далі за результатами зроблених вимірів і формулам 7, 8, 12, 13,14, 17, 18 відбуваються обчислення шуканих величин:

R - сумарного опору якорного ланцюга;

L - сумарної індуктивності якорного ланцюга;

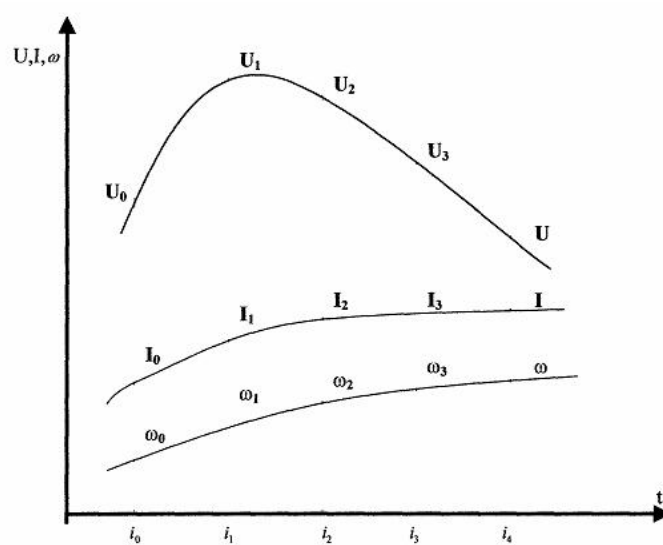
I_C - статичний струм двигуна;

$\frac{J}{C\Phi}$ коефіцієнт, рівний зворотному інтегральному електро- механічному коефіцієнту зв'язку струму якоря двигуна і кутової швидкості двигуна

($\omega = \int \frac{C \cdot \Phi}{J} \cdot I dt$);

CΦ - пропорційного коефіцієнта зв'язку кутової швидкості двигуна і ЕРС ($E = C\Phi\omega$).

Використання пропонованого винаходу дозволить визначити сумарний опір якорного ланцюга двигуна R і сумарну індуктивність якорного ланцюга двигуна L під час основної роботи електропривода без необхідності загальмування двигуна.



Фиг. 1