

УДК 681.5

ВИБІР МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ АСИНХРОННОЇ МАШИНИ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСІВ У ВЗАЄМОЗВ'ЯЗАНИХ РОТОРНИМИ КОЛАМИ ЕЛЕКТРОПРИВОДАХ

Калюжний С.В., асп., Карпук І.А., ст. викл., Морозов Д.І., к.т.н., доц.

Донбаський державний технічний університет

94204, м. Алчевськ, пр. Леніна, 16

E-mail: i_karpuk@mail.ru

Рассматривается выбор математической модели асинхронной машины, которая была бы достаточно простой и позволила одновременно исследовать процессы в нескольких асинхронных машинах, связанных между собой роторными цепями, а также при включении в эти цепи вентильных преобразователей.

Ключевые слова: асинхронная машина, математическая модель, роторные цепи, вентильные преобразователи.

The choice of mathematical model of asynchronous machine, which would be sufficiently outage and allowed simultaneously to probe processes in a few asynchronous machines, connecting between itself rotor chains, is examined, and also at plugging in these chains of valve transformers.

Key words: asynchronous machine, mathematical model, rotor chains, valve transformers.

Вступ. Існує досить багато описів асинхронної машини (АМ), за допомогою яких можна досліджувати процеси в ній.

Аналіз попередніх досліджень. В першу чергу найбільш поширені матмоделі у координатних системах (А, В, С, а, в, с) та (d, q, 0) [1]. Перша з них є універсальною у використанні, оскільки дозволяє спостерігати усі можливі перехідні процеси. Але вона досить складна і при використанні струмів, як координат АМ, часто призводить до нестійкості цифрових моделей. Друга ж, хоч і проста, але ускладнює спільний розгляд процесів як у АМ, так і у різного роду перетворювачах, що вмикаються у роторне коло. Тим більше, коли декілька АМ взаємодіють між собою.

Мета роботи – пошук такої математичної моделі АМ, яка б була достатньо простою і дозволяла розглядати одночасно процеси у декількох АМ, що взаємодіють між собою роторними колами, а також з вентильними перетворювачами, що вмикаються у ці кола.

Матеріал і результати дослідження. Найбільш адаптованою до вказаних вище умов є, на наш погляд, математична модель АМ у координатній системі, що «прив'язана» до роторних обмоток, осі якої обертаються зі швидкістю ротора у просторі фазових координат « $Y_s - I_r$ » [2]. Ця математична модель дозволяє розглядати спільно процеси в АМ і ВП без додаткових перетворень. Рівняння цієї мо-

делі після перетворень виглядають так:

$$\begin{aligned}
 \frac{d}{dt}(\Psi_A - \Psi_B) &= \frac{U_{AB}}{k_e} + \left(\frac{\omega_e}{\sqrt{3}} + \alpha_s \right) (\Psi_A - \Psi_B) + \\
 &+ \frac{2\omega_e}{\sqrt{3}} (\Psi_B - \Psi_C) + r'_s k_s (i_a - i_b); \\
 \frac{d}{dt}(\Psi_B - \Psi_C) &= \frac{U_{BC}}{k_e} - \left(\frac{\omega_e}{\sqrt{3}} + \alpha_s \right) (\Psi_B - \Psi_C) + \\
 &+ \frac{2\omega_e}{\sqrt{3}} (\Psi_A - \Psi_B) + r'_s k_s (i_b - i_c); \\
 e_a - u_a &= 2 \frac{d}{dt}(\Psi_A - \Psi_B) + \frac{d}{dt}(\Psi_B - \Psi_C) - u_a = \\
 &= \frac{3r_r}{k_s} i_a + \frac{3\sigma x_r}{k_s} \frac{di_a}{dt}; \\
 e_b - u_b &= \frac{d}{dt}(\Psi_B - \Psi_C) - \frac{d}{dt}(\Psi_A - \Psi_B) - u_b = \\
 &= \frac{3r_r}{k_s} i_b + \frac{3\sigma x_r}{k_s} \frac{di_b}{dt}; \\
 e_c - u_c &= -\frac{d}{dt}(\Psi_A - \Psi_B) - 2 \frac{d}{dt}(\Psi_B - \Psi_C) - u_c = \\
 &= \frac{3r_r}{k_s} i_c + \frac{3\sigma x_r}{k_s} \frac{di_c}{dt}; \\
 M_E &= \frac{2k_s}{\sqrt{3}} [(\Psi_B - \Psi_C)(i_a - i_b) - (\Psi_A - \Psi_B)(i_b - i_c)]; \\
 M_E - M_C &= J \frac{d\omega}{dt} = \frac{J}{p_n} \frac{d\omega_e}{dt},
 \end{aligned} \tag{1}$$

де $k_e = E_{CH}/E_{PH}$ - коефіцієнт трансформації е.р.с. АМ; U_j, Ψ_j , - миттєві значення напруг і потокосцеп-

плень статора ($j = A, B, C$); U_k ,- еквівалентні напруги, що вмикаються у роторні кола АМ ($k = a, b, c$); r_j, r_k - активні опори обмоток статора та ротора відповідно, при симетричній машині $r_j=r_s, r_k=r_r$; σ - коефіцієнт розсіяння за Блонделем ($\sigma = 1 - x_{mr}^2 / (x_s x_r)$); i_k - миттєві значення роторних струмів; e_a, e_b, e_c - миттєві значення фазних е.р.с. ротора; p_n - число пар полюсів обмоток АМ; M_E, M_C - електромагнітний момент АМ і момент навантаження на його валу; J - момент інерції ротора; ω_e, ω - електрична і механічна швидкість ротора; $k_s = x_{ms}/x_s$ - коефіцієнт магнітного зв'язку обмоток статора ($x_s = x_{ms} + x_l$); r'_s - приведений до ротора активний опір статора.

Напруги, які прикладені до статорних обмоток, мають вигляд:

$$\begin{cases} U_{AB} = U_{ml} \sin[(\omega_{oe} - \omega_E)t + \pi/6]; \\ U_{BC} = U_{ml} \sin[(\omega_{oe} - \omega_E)t - \pi/2], \end{cases} \quad (2)$$

де ω_{oe} - кругова частота напруги мережі (електрична швидкість обертання поля АМ).

Отримані в моделі е.р.с., струми та ін. є реальними фазними координатами ротора АМ, що є перевагою даного підходу моделювання АМ.

На базі цієї математичної дуже просто будуються цифрові моделі взаємозв'язаних асинхронних електроприводів (АЕП), у роторних колах яких працюють вентильні (або інші) перетворювачі, на-

приклад, за допомогою середовища MatLab/Simulink. Одна з таких моделей системи синхронного обертання двох АМ з керованим джерелом струму показана на рис. 1. Підсистеми U11 та U12 формують лінійні напруги для першої та другої АМ відповідно, підсистеми Stator1 та Stator2- статорні кола кожній з АМ, підсистеми Rotor1 та Rotor2 - роторні кола. У підсистемі Rotor2 розташовано кероване джерело струму, математична і цифрова моделі якого надані в [3]. Підсистеми Mech1 та Mech2 формують механічні частини АМ.

Результати моделювання такого АЕП наведені на рис. 2 та 3. На рис. 2 відображені перехідні процеси пуску дводвигунного АЕП, у роторні кола АМ ввімкнений регульований перетворювач змінного струму. При наявності дисбалансу навантажень на валах ($M_{c1}=0.9M_n, M_{c2}=0$) ЕП зберігає «синхронний» зв'язок між АМ аж до досягнення синхронної швидкості за рахунок живлення машини зі сторони ротора.

На рис. 3 відображені результати формування раціональних діаграм швидкості таких ЕП у замкнених системах регулювання при різних навантаженнях на валах і збереженні синхронного зв'язку. Відображені процеси при пуску до швидкості $\omega=0.5 \omega_n$ ($M_{c1}=0.9M_n, M_{c2}=0$), у момент $t = 2.5$ с значення M_{c2} змінюється до $0.33 M_n$, у момент $t=4$ с АЕП переходить у гальмівний режим роботи.

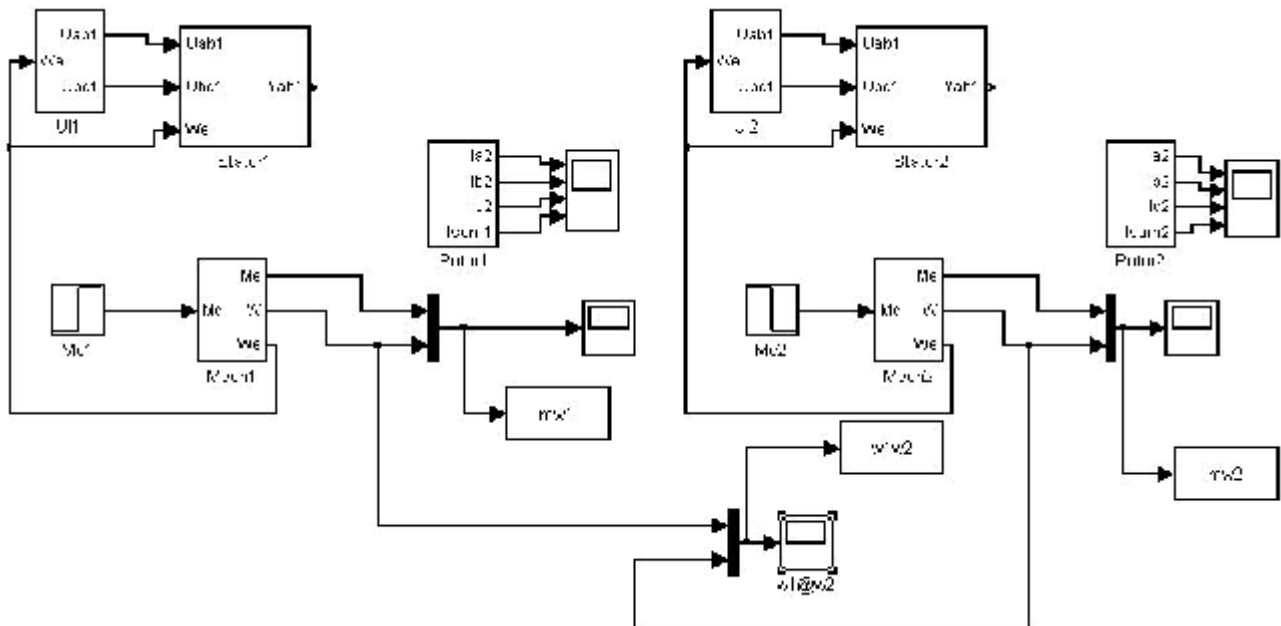


Рисунок 1 - Модель АЕП у середовищі MatLab/Simulink.

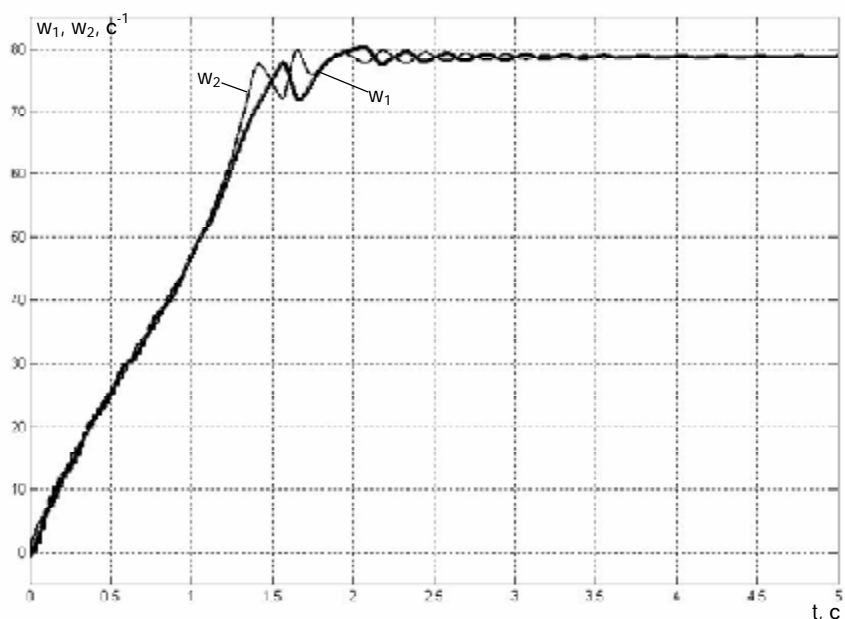


Рисунок 2 – Перехідні процеси пуску взаємозв'язаного АЕП

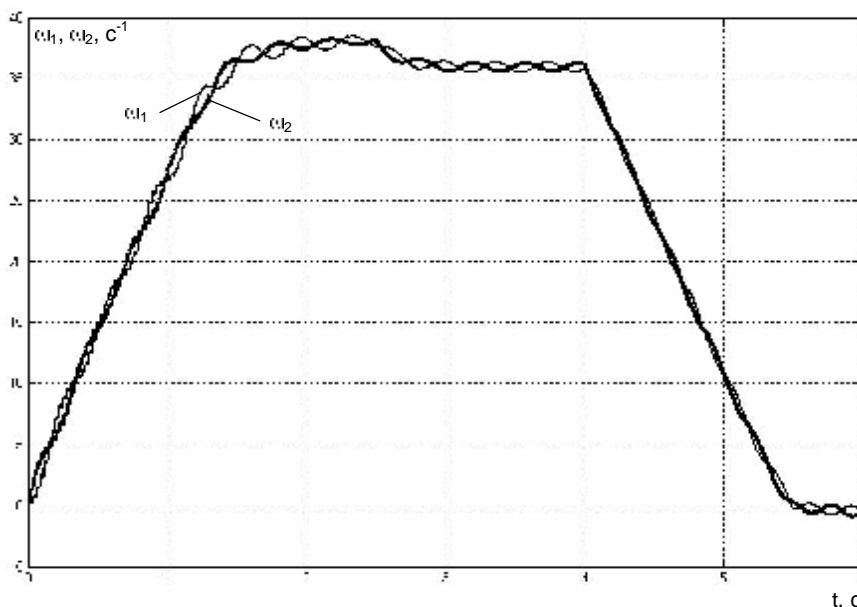


Рисунок 3 – Результати формування раціональної діаграми швидкості взаємозв'язаного АЕП

Висновки. Запропонована математична модель АМ є досить простою як у сприйнятті, так і при використанні при побудові цифрових моделей взаємозв'язаних АЕП.

ЛІТЕРАТУРА

1. Карпук І.А., Морозов Д.І., Шевченко І.С., Самчелеєв Ю.П. Вибір підходів для цифрового моделювання асинхронної машини з вентильними перетворювачами в роторному колі. - Електротехніка та електроенергетика, 2/2003. Запоріжжя, ЗНТУ. – С. 60-67.

2. А.С. Сандлер, Л.М. Тарасенко. Динамика каскадных асинхронных электроприводов. – Г.: Энергия, 1977. – 200 с.

3. Самчелеєв Ю.П., Скурятин Ю.В., Карпук І.А., Шевченко І.С. Регулируемый источник тока с релейным управлением. // Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля, №2(72) 2004. – с. 153-162.

Стаття надійшла 11.05.2008 р.
Рекомендовано до друку д.т.н., проф.
Родькіним Д.Й.