

УДК 62-83

СИСТЕМА СИНХРОННОГО ОБЕРТАННЯ АСИНХРОННИХ ЕЛЕКТРОПРИВОДІВ НА БАЗІ ДЖЕРЕЛ СТРУМУ В ЇХ РОТОРНИХ КОЛАХ

Д. І. Морозов, І. С. Шевченко, І. А. Карпук

Донбаський державний технічний університет

просп. Леніна, 16, м. Алчевськ, 94204, Україна. E-mail: dimorozov2@yandex.ua

Розглянуто систему синхронного обертання асинхронних машин без допоміжних машин зі спільним джерелом струму в ланцюгах ротора. Зі схеми заміщення одержано опис для визначення струмів в обмотках, з яких можна розрахувати електромагнітні моменти машин і синхронізуючий момент. Одержано спрощений вираз для синхронізуючого момента, який має дві складові: традиційну й таку, що залежить від амплітуди і фази струму джерела. Розглянута система забезпечує більші значення синхронізуючого моменту при малих ковзаннях і має більший коефіцієнт корисної дії.

Ключові слова: система синхронного обертання, джерело струму.

СИСТЕМА СИНХРОННОГО ВРАЩЕННЯ АСИНХРОННИХ ЕЛЕКТРОПРИВОДІВ НА БАЗЕ ИСТОЧНИКОВ ТОКА В ИХ РОТОРНЫХ ЦЕПЯХ

Д. И. Морозов, И. С. Шевченко, И. А. Карпук

Донбасский государственный технический университет

просп. Ленина, 16, г. Алчевск, 94204, Украина. E-mail: dimorozov2@yandex.ua

Рассмотрена система синхронного вращения асинхронных машин без вспомогательных машин с общим источником тока в роторных цепях. Из схемы замещения получено описание для определения токов в обмотках, исходя из которых можно рассчитать электромагнитные моменты машин и синхронизирующий момент. Получено упрощенное выражение для синхронизирующего момента, который имеет две составляющие: традиционную и зависящую от амплитуды и фазы тока источника. Рассмотренная система обеспечивает большие значения синхронизирующего момента при малых скольжениях и имеет больший коэффициент полезного действия.

Ключевые слова: система синхронного вращения, источник тока.

АКТУАЛЬНІСТЬ РОБОТИ. У багатьох випадках (механізми переміщення кранів різних типів, токарно-гвинторізальні верстати та ін.) виникає необхідність у забезпеченні синхронного обертання декількох механізмів, що рознесені у просторі й не мають жорсткого кінематичного зв'язку між собою. Як відомо, вирішення такої задачі може розглядатися з використанням двох принципово різних напрямів. Перший з них передбачає зовнішню синхронізацію валів електроприводів (ЕП), що приводять у рух механізми, а другий – внутрішню. Іншими словами, у першому випадку використовують слідкуючий ЕП із зовнішнім зворотним зв'язком за положенням, а у другому – внутрішній зв'язок між ЕРС роторних обмоток асинхронних машин (АМ), за рахунок якого організується обмін енергіями між АМ. Завдяки останньому й здійснюється «слідкування» однієї АМ за іншою.

Другий напрям [1] має дуже просту реалізацію при суміщенні функції основних і синхронізуючих машин, але такі системи ЕП неефективні в плані своїх показників (ККД і синхронізуючі моменти

мають низькі значення).

У даній роботі показано нові можливості таких систем синхронного обертання (ССО), коли у роторному колі АМ працюють джерела струму (ДС).

МАТЕРІАЛ ТА РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ. Синхронізуючі властивості в ССО формуються завдяки повороту вектора роторної ЕРС однієї з АМ відносно такого іншої у випадку появи розбалансу швидкостей роторів. Щоб машини могли генерувати основні обертаючі моменти, їх роторні кола повинні бути замкнені через будь-який елемент, наприклад, реостат, вентильний перетворювач та ін. Однак при малих ковзаннях роторів відносно поля зрівняльний струм між АМ, а значить, і синхронізуючий момент стають малими, що призводить до порушень синхронного обертання у випадку появи розбалансу навантажень на валах. Для ліквідації цього недоліку пропонується роторні кола АМ замикати через ДС (рис. 1,а). Величина (амплітуда) та фаза струму ДС є незалежними параметрами, а частота співпадає з такою роторних ЕРС.

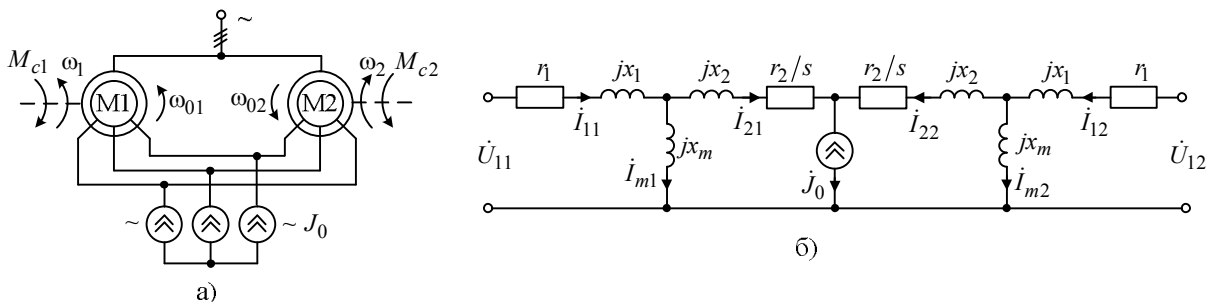


Рисунок 1 – Принципова схема (а) та схема заміщення (б) асинхронних машин, що ввімкнені за системою ССО зі спільним джерелом струму

Схему заміщення однієї фази асинхронних машин, що знаходяться в режимі ССО, наведено на рис. 1,б, а векторну діаграму – на рис. 2. Струми машин можна одержати із системи рівнянь, складеної за схемою заміщення, вважаючи параметри двох АМ однаковими:

$$\begin{cases} \dot{U}_{11} = (r_1 + jx_1) \dot{I}_{11} + jx_m \dot{I}_{m1}; \\ \dot{U}_{11} = (r_1 + jx_1) \dot{I}_{11} + (r_2 / s + jx_2) \dot{I}_{21} - \\ \quad - (r_2 / s + jx_2) \dot{I}_{22} + jx_m \dot{I}_{m2}; \\ \dot{U}_{12} = (r_1 + jx_1) \dot{I}_{12} + jx_m \dot{I}_{m2}; \\ 0 = -\dot{I}_{11} + \dot{I}_{m1} + \dot{I}_{21}; \\ \dot{J}_0 = \dot{I}_{21} + \dot{I}_{22}; \\ 0 = \dot{I}_{22} + \dot{I}_{m2} - \dot{I}_{12}. \end{cases} \quad (1)$$

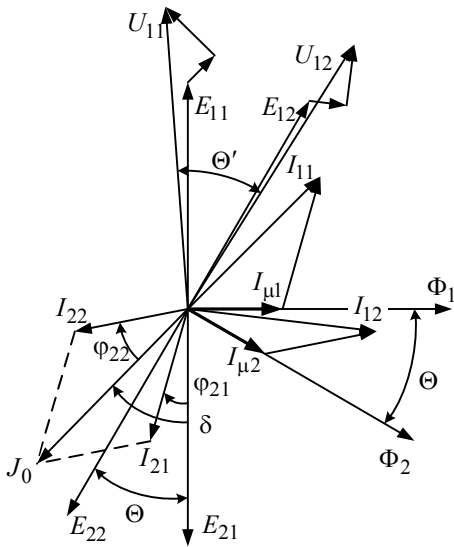


Рисунок 2 – Векторна діаграма АМ, що ввімкнені за системою ССО

За струмами із системи (1) можна одержати вирази для електромагнітних моментів машин (M_{e1}, M_{e2}) і синхронізуючого моменту ΔM у загальному випадку

$$\begin{aligned} M_{e1} &= \frac{3}{2} z_p L_m \Im(\dot{I}_{m1} \cdot (-\dot{I}_{21}^*)); \\ M_{e2} &= \frac{3}{2} z_p L_m \Im(\dot{I}_{m2} \cdot (-\dot{I}_{22}^*)); \\ \Delta M &= M_{e1} - M_{e2}. \end{aligned} \quad (2)$$

Складність виразів для моментів не дає можливості аналізувати вплив параметрів АМ і ДС на величину ΔM , тому на першому етапі нехтуємо впливом опорів статора r_1, x_1 і, використовуючи принцип суперпозиції, одержимо спрощені вирази для $M_{e1}, M_{e2}, \Delta M$:

$$M_{e1} = \frac{M_\kappa}{\left(\frac{s}{s_\kappa} + \frac{s_\kappa}{s}\right)} \left[1 - \cos \Theta + \frac{s}{s_\kappa} \sin \Theta \right] + M_{\kappa i} \cos \left(\delta - \frac{\Theta}{2} \right);$$

$$M_{e2} = \frac{M_\kappa}{\left(\frac{s}{s_\kappa} + \frac{s_\kappa}{s}\right)} \left[1 - \cos \Theta - \frac{s}{s_\kappa} \sin \Theta \right] + M_{\kappa i} \cos \left(\delta + \frac{\Theta}{2} \right);$$

$$\begin{aligned} \Delta M &= M_{e1} - M_{e2} = \Delta M_1 + \Delta M_2 = \\ &= \frac{2M_\kappa \sin \Theta}{\left(\frac{s}{s_\kappa} + \frac{s_\kappa}{s}\right)} \frac{s}{s_\kappa} + 2M_{\kappa i} \sin \left(\frac{\Theta}{2} - \delta \right) \sin \frac{\Theta}{2}, \end{aligned} \quad (3)$$

де $M_{\kappa i} = M_\kappa \frac{J_0 x_2}{U_1}$.

Як видно з (3), ΔM містить дві складові: одна з них (ΔM_1) – традиційна, що генерується обміном енергії між АМ, а інша (ΔM_2) – струмом J_0 від ДС, вектор якого по-різному орієнтований відносно ЕРС АМ (кут δ).

На рис. 3 приведено залежності, одержані за повним описом ССО (1), (2) з урахуванням усіх параметрів АМ на прикладі машин МТ-42-8. Розрахунки реалізовані у вигляді m-сценарію в пакеті MATLAB. Визначення кутів Θ і δ здійснювалося за результатами розрахунків комплексів ЕРС.

Вплив кута δ на величину ΔM видно з рис. 3,а. Для практичної реалізації орієнтації вектора струму J_0 найбільш прийнятними є величини δ в 0 та 90 електричних градусів.

Вплив величини струму J_0 ДС показано на рис. 3,б. Характеристики, що знаходяться вище, відповідають більшим значенням струму. Пряма залежність дуже вигідна в плані її реалізації. Чим більше навантаження на валу однієї з АМ, тим більший струм повинно генерувати ДС (команда дає регулятор швидкості) для підтримки швидкості і тим більший синхронізуючий момент виникає між машинами для підтримки режиму ССО.

Як видно з рис. 3,в, збільшення ΔM при $J_0 = I_{2n}$ відносно традиційної ССО сягає 70–80 %.

ВИСНОВКИ. Введення в роторні кола асинхронних машин, що ввімкнені в ССО джерела струму, а не напруги, дозволяє суттєво збільшити (на 60–80 %) величини синхронізуючих моментів і цим значно підвищити стійкість таких систем як у статичних, так і в динамічних режимах.

Запропонована ССО має досить високий ККД, який досягається за рахунок реалізації потужності ковзання, на відміну від ССО зі спільним реостатом у ланцюгах ротора.

Синхронізуючий момент у ССО з джерелом струму в роторних ланцюгах досить високий при малому ковзанні роторів і визначається рівнем струму ДС.

ЛІТЕРАТУРА

1. Унгру Ф., Йордан Г. Системы согласованного вращения электродвигателей: пер. с нем. – М.: Энергия, 1971. – 198 с.

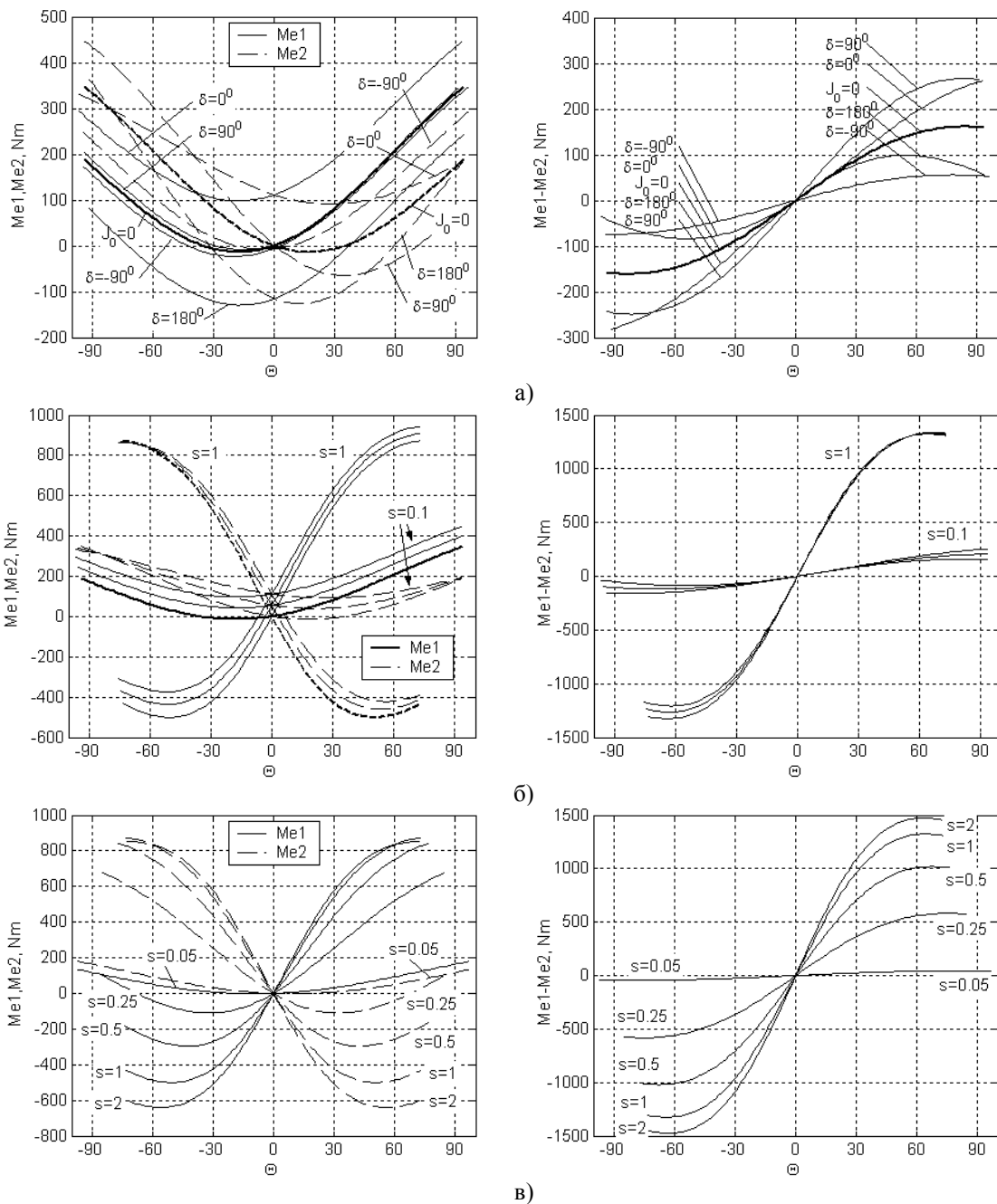


Рисунок 3 – Кутові характеристики ССО: а) при різних δ з $J_0 = 0, I_{2H}$ і $s = 0,1$; при різних б) $J_0 = (0,0,5,1)I_{2H}$ з $s = (0,1,1)$ і $\delta = 0$; в) при різних s з $J_0 = I_{2H}$ і $\delta = 90^\circ$

SYSTEM OF THE SYNCHRONOUS ROTATION ASYNCHRONOUS ELEKTRIC DRIVES ON BASE OF THE SOURCES OF THE CURRENT IN THEIR ROTOR WIRE

D. Morozov, I. Shevchenko, I. Karpuk

Donbass State Technical University
 prosp. Lenina, 16, Altchevsk, 94204, Ukraine. E-mail: dimorozov2@yandex.ua

The considered system of the synchronous rotation of the anisochronous machines without auxiliary machines with the general source of the current in rotor wire. From the equivalent circuit of a description to determine the currents in the windings on the basis of which we can calculate the electromagnetic torques of machines and synchronizing torque. A simplified expression for the synchronizing torque, which has two components: the traditional and independent of the amplitude and phase current source. The considered system provides great value synchronizing torque at low slides and has higher efficiency. The considered system provides great value synchronizing torque at low slip and has a higher efficiency.

Key words: system of the synchronous rotation, source of the current.

REFERENCES

1. Ungru F., Jordan G. *Systems of the coordinated rotation of the electric motors*. – M.: Energija, 1971. – 198 p. [in Russian]

Стаття надійшла 17.07.2012.
 Рекомендовано до друку
 д.т.н., проф. Нізімовим В.Б.