

РОЗРАХУНОК МЕХАНІЧНОЇ ХАРАКТЕРИСТИКИ АСИНХРОННОГО ЕЛЕКТРОПРИВОДА З УРАХУВАННЯМ ЗАЛЕЖНОСТІ ПАРАМЕТРІВ РОТОРНОГО КОНТУРУ ВІД КОВЗАННЯ

Павлюков М., студент, Красношайка Н.Д., к.т.н., доц.

КПІ ім. Ігоря Сікорського, кафедра автоматизації електромеханічних систем та електроприводу

Вступ. В сучасних електроприводах найбільш поширеними є асинхронні двигуни. Це обумовлено їх високою надійністю, хорошими масогабаритними показниками, низькою ціною. Проте суттєвим недоліком таких електричних машин є невеликий пусковий момент при значній кратності пускового струму. В регульованих електроприводах при живленні асинхронного двигуна від перетворювача частоти двигун працює на лінійній частині механічної характеристики при ковзаннях, менших критичного. Однак найбільш масовим все ще залишається нерегульований електропривод. В загальнопромислових серіях асинхронних двигунів для покращення умов пуску застосовується конструкція короткозамкненого ротора «біляча клітка». При ковзанні, близькому до одиниці, проявляється ефект витискання струму в стрижнях, що призводить до збільшення активного опору і зменшення опору розсіювання [1], внаслідок чого зростає пусковий момент. При зменшенні ковзання в процесі розгону двигуна активний опір ротора зменшується, що покращує енергетичні показники при роботі на лінійній частині механічної характеристики асинхронного двигуна. Тому розрахунок механічної характеристики нерегульованого асинхронного електропривода за допомогою схеми заміщення з постійними параметрами роторного контуру призводить до суттєвих похибок.

Метою даної роботи є розробка математичної моделі асинхронного двигуна для розрахунку статичних характеристик із врахуванням зміни параметрів роторного контуру.

Матеріали досліджень. Проведемо моделювання Т-подібної схеми заміщення асинхронного двигуна (рис. 1), яка дозволяє отримати його статичні механічну та електромеханічну характеристики.

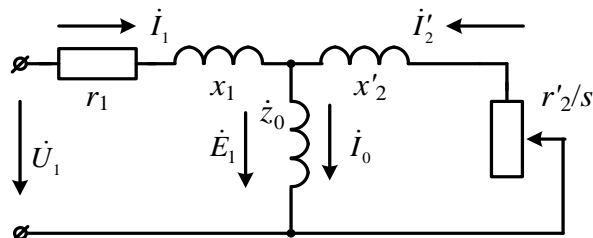


Рисунок 1 – Т-подібна схема заміщення асинхронного двигуна

Дана схема описується відомими рівняннями [1]:

$$\dot{U}_1 = -\dot{E}_1 + \dot{I}_1(r_1 + jx_1); \quad (1)$$

$$\dot{E}'_2 = \dot{E}_1 = \dot{I}'_2(r'_2/s + jx'_2); \quad (2)$$

$$\dot{I}_1 + \dot{I}'_2 = \dot{I}_0; \quad (3)$$

$$M = \frac{pm_1 U_1^2 (r_2'/s)}{2\pi f [(r_1 + cr_2'/s)^2 + (x_1 + cx_2')^2]}, \quad (4)$$

де \dot{U}_1 – напруга статора; \dot{I}_1, \dot{I}_2' – струми статора і ротора; r_1, x_1 – активний та індуктивні опори статора; r_2', x_2' – активний та індуктивний опори ротора; s – ковзання; \dot{E}_2' – приведена ЕРС ротора; \dot{E}_1 – ЕРС статора; \dot{I}_0 – струм намагнічування; M – електромагнітний момент; p – кількість пар полюсів машини; m_1 – кількість фаз обмотки статора; f – частота напруги живлення; $c = 1 + \frac{r_1 + jx_1}{jx_0}$; x_0 – індуктивний опір кола намагнічування.

Розрахунки виконувались для асинхронного двигуна 4A160S2Y3 [2] з наступними паспортними даними: номінальна потужність $P_n = 15$ кВт; $r_1 = 0,4$ Ом; $x_1 = 0,7$ Ом; $x_2' = 0,89$ Ом; $r_2' = 0,16$ Ом; $x_0 = 31$ Ом; кратність максимального моменту $m_{кр} = 2,2$; кратність пускового моменту $m_{п} = 1,4$; номінальне ковзання $s_n = 2,1\%$; критичне ковзання $s_{кр} = 12\%$; кратність пускового струму $i_n = 7,0$.

Математична модель в середовищі MATLAB представлена на рис. 2.

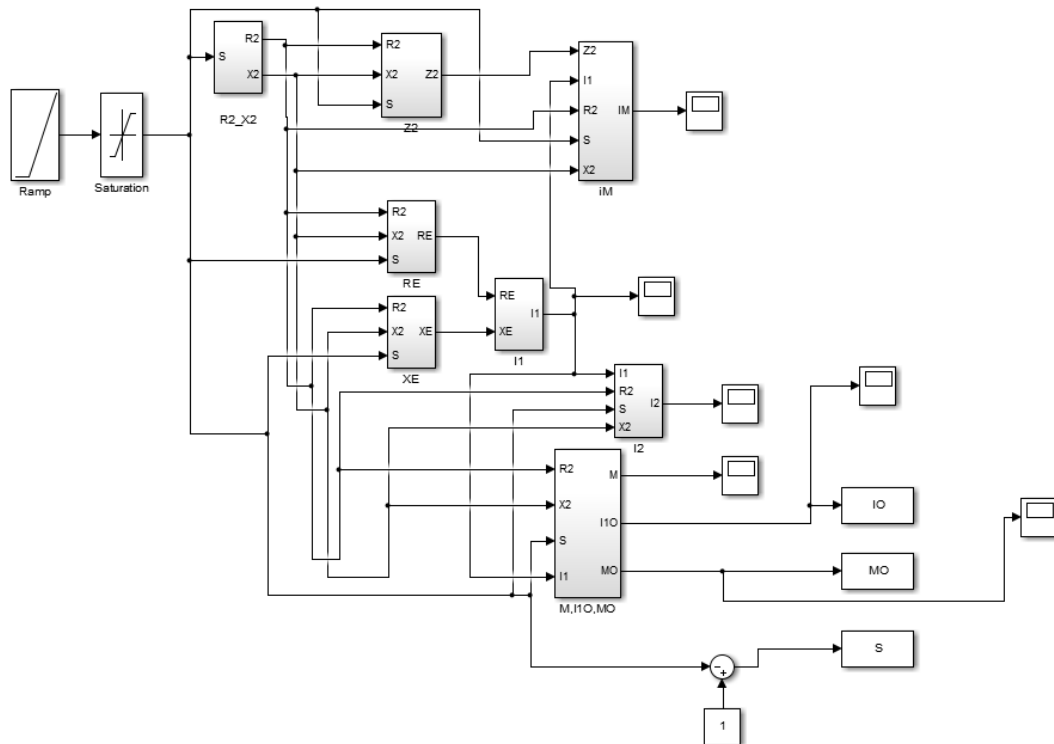


Рисунок 2 – Модель в середовищі MATLAB для розрахунку статичних характеристик двигуна

Розраховані механічна та електромеханічна характеристики наведені на рис. 3. Для більшої наочності величини струмів і моментів представлені у відносних одиницях. Аналіз залежностей показує, що при розрахунку з постійними параметрами роторного кола пусковий момент дорівнює 0,4 в.о. замість 1,4 в.о., а струм – 4,2 в.о. замість 7 в.о.

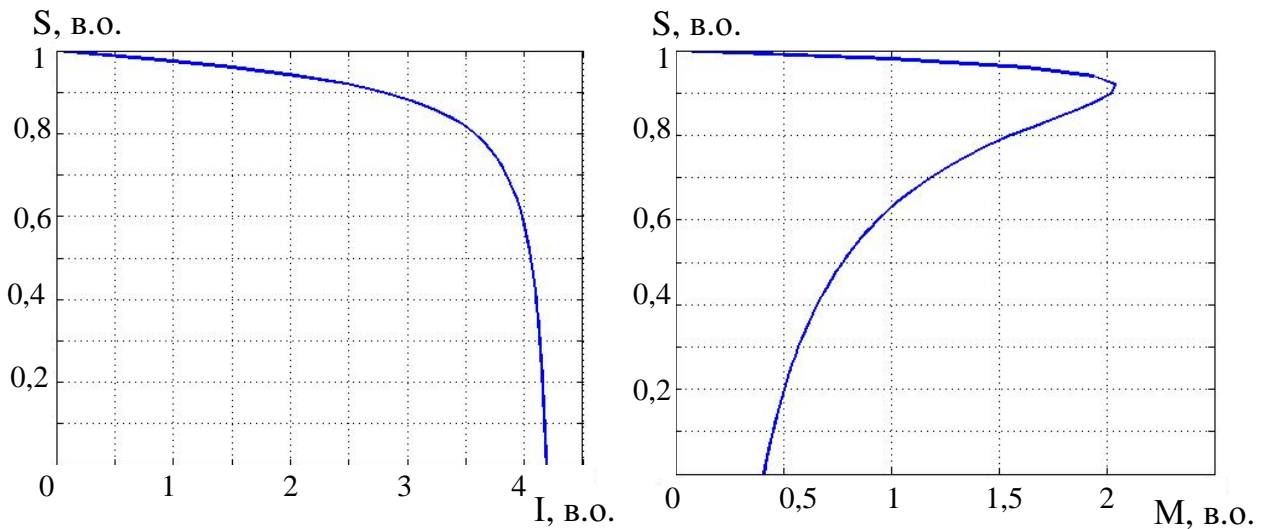


Рисунок 3 – Електромеханічна та механічна характеристики асинхронного двигуна 4A160S2У3 з постійними параметрами ротора

В [1] наведена методика врахування зміни параметрів роторного контуру внаслідок витискання струму в стрижнях, однак її застосування потребує інформації про геометричні розміри стрижня та паза ротора, яку в більшості випадків отримати складно або неможливо.

Для врахування зміни параметрів кола ротора внаслідок витискання струму в стрижнях скористуємось емпіричною формулою [3]:

$$r'_2 = r'_{2н} (1 + 0,25s^2), \quad (5)$$

$$x'_2 = x'_{2н} (1 - 0,75\sqrt{s}), \quad (6)$$

де $x'_{2н}$ і $r'_{2н}$ – приведені опори ротора при номінальному ковзанні.

Ці залежності визначались розрахунковим шляхом із умов забезпечення співпадіння розрахункових і паспортних значень струму і моменту при ковзанні, рівних номінальному, критичному та одиничному (точка пуску)

Включимо ці рівняння в модель на рис. 2. Блок розрахунку параметрів роторного контуру представлений на рис. 4.

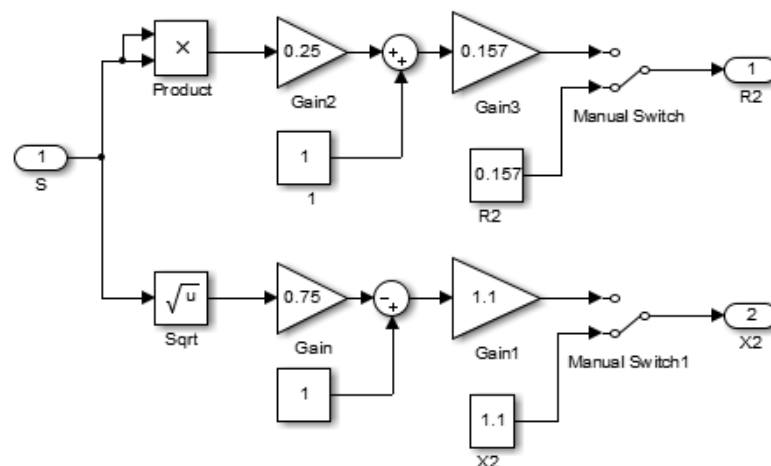


Рисунок 4 – Модель в середовищі MATLAB для врахування зміни параметрів ротора

Даний блок дозволяє проводити розрахунки як із змінними, так і постійними параметрами роторного контуру, що забезпечується вибором положення перемикача.

Електромеханічна та механічна характеристики асинхронного двигуна 4А160S2У3 при врахуванні зміни параметрів ротора в функції ковзання зображені на рис. 5.

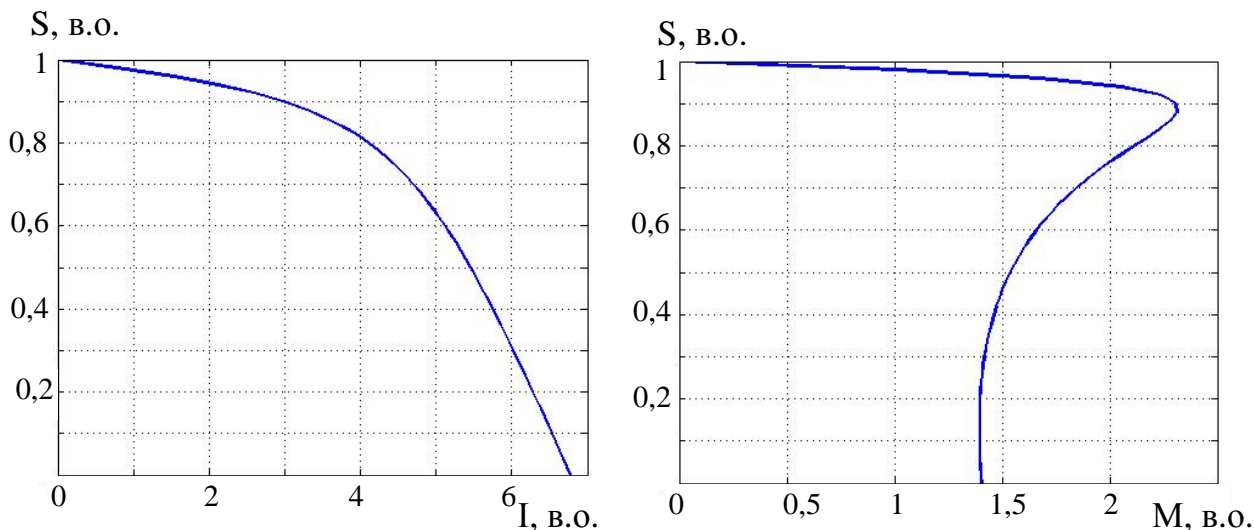


Рисунок 5 – Електромеханічна та механічна характеристики асинхронного двигуна 4А160S2У3 із змінними параметрами ротора

Аналіз отриманих характеристик показує, що розрахунки за допомогою математичної моделі із корекцією параметрів роторного контуру при зміні ковзання залежностями (5)–(6) забезпечують точність обчислення пускового моменту 0,4% і пускового струму 2,8% відносно їх паспортних значень. Така точність є прийнятною для більшості інженерних розрахунків.

Висновки. В результаті роботи була створена математична модель в середовищі MATLAB, яка дозволяє проводити розрахунки статичних механічних та електромеханічних характеристик асинхронного двигуна із врахуванням зміни параметрів роторного контуру внаслідок витискання струму в стрижнях при збільшенні частоти струму в роторі.

Перелік посилань

1. Вольдек А.И. Электрические машины / А.И. Вольдек. – Л.: Энергия, 1974. – 840 с.
2. Асинхронные двигатели серии 4А: Справочник / А.Э. Кравчик, М.М. Шлаф, В.И. Афонин, Е.А. Соболенская. – М.: Энергоиздат, 1982. – 504 с.
3. Красношарпа Н. Д. Зменшення похибки розрахунку пускових режимів асинхронних електроприводів за статичними характеристиками / Н. Д. Красношарпа // Проблеми інформатизації та управління: зб. наук. праць. – К.: НАУ, 2011. – № 3 (35). – С. 62–67.