

Дніпродзержинський державний технічний університет

ГРАФОАНАЛІТИЧНИЙ МЕТОД ПОБУДОВИ МЕХАНІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК АСИНХРОННОГО ДВИГУНА СПЕЦІАЛЬНОЇ КОНСТРУКЦІЇ

Вступ. Автоматизовані системи керування швидкістю асинхронного двигуна (АД) доцільніше за все реалізовувати за системою регулятор напруги – АД зі спеціальними роторами. Спеціальні ротори для АД з фазною обмоткою включають у свій склад індукційні пускові реостати або індукційні опори (ІО). Вони являють собою котушки індуктивності, які повністю знаходяться в масивному феромагнітному середовищі. Еквівалентні параметри ІО R_{i0} та X_{i0} визначаються явищами гістерезису та струмами Фуко. Таким чином, параметри обмотки ротора залежать як від частоти, так і величини струму ротора.

Постановка задачі. Методики розрахунку механічних характеристик АД як розімкнутої системи, так і замкнутої практично не досить досліджені і не доведені до інженерних задач. Тому постає задача розробки методики, яка дає можливість врахувати нелінійності роторних параметрів при регулюванні напруги статора АД.

Результати роботи. Об'єктом дослідження виступають АД з фазним ротором і індукційними опорами (ІО) в колах роторних обмоток [1]. ІО дають можливість ліквідувати критичну точку механічної характеристики без значного зменшення перевантажувальної спроможності, а також підвищити пусковий момент до рівня максимального при значному зменшенні пускового струму. Крім того суттєво розширюється діапазон регулювання швидкості до 1:15 від основної, що дуже важливо, наприклад, для кранових механізмів [2]. Двигун живиться від тиристорного регулятора напруги (ТРН) з системою зворотного зв'язку за швидкістю.

Механічні характеристики замкнутої системи регулювання швидкості з від'ємним зворотним зв'язком за швидкістю простіше за все можна побудувати графоаналітичним шляхом, використовуючи теоретично побудовані характеристики розімкнутої системи [3].

Розрахунок статичних режимів АД з ІО в фазах ротора можливо виконувати за методикою, викладено в [4] з урахуванням нелінійних залежностей для ІО. Однією із найбільш простих є методика, що базується на еквівалентній заступній схемі (класичний метод). Схема заміщення АД з ІО в цьому випадку має вигляд, представлений на рис.1.

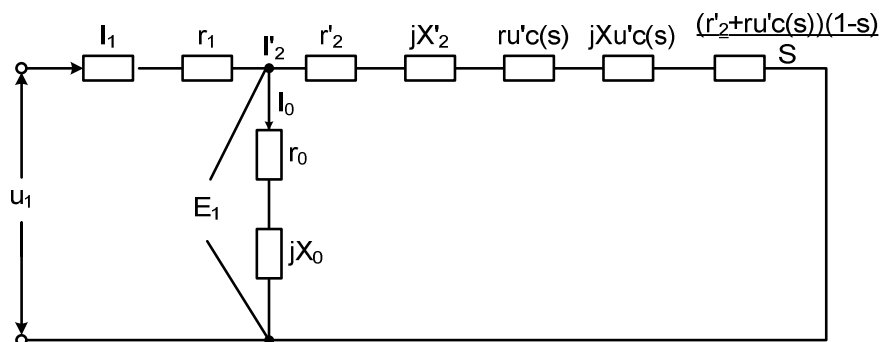


Рисунок 1 – Схема заміщення асинхронного двигуна з індукційним опором в колі ротора

Відомо що характеристики АД $\omega(M)$ в системі зі зворотним зв'язком мають високу жорсткість і практично лінійні в діапазоні робочих навантажень від M_0 до $M_{ном}$.

Це означає, що для їх побудови досить мати дві характеристики $\omega(M)$ розімкненої системи.

Однією з них може бути природна характеристика (для кута керування тиристорного (або транзисторного) регулятора напруги $\alpha \leq \alpha_{зр.} - \varphi_e$, або $\alpha = 0$; $U = U_{ном}$).

Така характеристика будується за наступним виразом [4]:

$$M = \frac{pmIU_{ном}^2}{\omega_c \cdot i_s^*} \cdot \left\{ (1+c_1)^2 R_1^2 + \left[(1+c_2) \left(x_2' + \frac{x_{ion}'}{\sqrt{3}} \right) + x_1 \right]^2 \frac{S'}{R_2' + R_{ion}'\sqrt{S}} \right\} + \left\{ \left[(1+c_1)^2 + c_1^2 \frac{R_1^2}{x_1^2} \right] \frac{R_2' + R_{ion}'\sqrt{S}}{S} + R_1 \right\}$$

Активні і індуктивні опори є параметрами заступної схеми (рис.1):

$$\omega_c = 2\pi f_c; \quad c_1 = \frac{x_1}{x_m}; \quad c_2 = \frac{x_2' + x_{ion}'/\sqrt{S}}{x_m};$$

i_s^* – відносний струм статора.

Значення струму i_s^* знаходимо з універсальних кривих $i_s^* = f(\alpha; \tan \varphi_e)$ для заданих кутів α від 0 до 135° і поточних значеннях $\tan \varphi_e(S)$. Криву $\tan \varphi_e(S)$ будемо на підставі еквівалентної схеми заміщення за наступним виразом:

$$\tan \varphi_e = \frac{x_e}{R_e} = \frac{x_1 \left[c_2^2 + (1+c_2)^2 \tan^2 \varphi_2 S^2 \right] + \left(x_2' + x_{ion}'/\sqrt{S} \right) \left[c_2 + (1+c_2)^2 \tan^2 \varphi_2 S^2 \right]}{R_1 \left[c_2^2 + (1+c_2)^2 \tan^2 \varphi_2 S^2 \right] + \left(R_2' + R_{ion}'\sqrt{S} \right) \tan^2 \varphi_2 S^2}$$

Тут $\tan^2 \varphi_2 = \frac{x_2' + x_{ion}'/\sqrt{S}}{R_2' + R_{ion}'\sqrt{S}}$, а x_{ion}' та R_{ion}' – зведені параметри ІО для $S = 1$,

тобто при $f_2 = f_c = 50$ Гц $U = U_{ном}$. Параметри ІО розраховуються за наступними виразами:

$$R_{ion} = 6,21 \cdot 10^{-4} \frac{U_\mu}{I_\mu} \cdot W_{io}^{1,57} \frac{\sqrt{S}}{I_{ion}^{0,43}};$$

$$x_{ion} = 3,8 \cdot 10^{-4} \frac{U_\mu}{I_\mu} \cdot W_{io}^{1,57} \frac{\sqrt{S}}{I_{io}^{0,43}},$$

де I_{io} – струм обмотки ротора реальний пусковий, який задається роботою механізму в межах (1,8...2,2) I_{2H} .

Зведені параметри схеми $R_{ion}' = R_{ion} K^2$; $x_{ion}' = x_{ion} K^2$, де $K = \frac{K_{W1} W_1}{K_{W2} W_2}$ – кое-

фіцієнт зведення.

Геометричні розміри ІО U_μ – середня довжина витка котушки ІО, а I_μ – довжина магнітної силової лінії по поверхні сталі, що прилягає до котушки.

Рис.2 показує розрахункові механічні характеристики в координатах $M(S)$ для двох значень кута регулювання ТРН: $\alpha = 0 (i_s^* = 1)$ – природна механічна характеристика та $\alpha = 75^\circ$ – регулювальна характеристика.

На рис.2 наведена і графічна побудова механічних характеристик замкнутої системи.

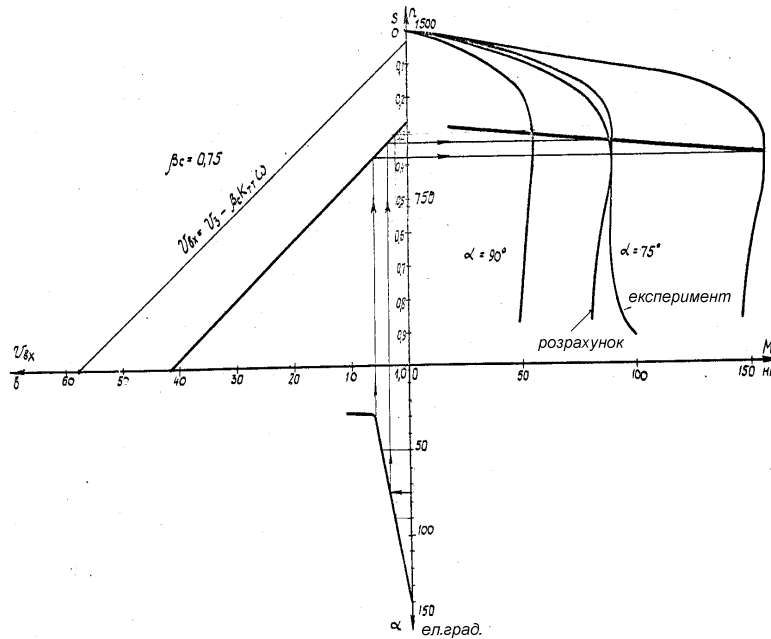


Рисунок 2 – Графічна побудова механічних характеристик замкнутої системи

Для цього в першому квадранті осей ω та M побудовані залежності $M(S)$. В другому – розташовують характеристики контуру зворотного зв'язку:

$$U_{вх} = U_3 - U_{зз} = U_3 - \beta_3 x_{22} \omega .$$

Тут $U_{зз}$ – напруга зворотного зв'язку.

Ці залежності $U_{вх}(\omega)$ для різних значень напруги завдання U_3 будують за двома типами:

- для $\omega = 0$ та $U_{вх} = U_3$, а також
- для $\omega = \omega_c$ та $U_{вх} = 0$, тобто $U_3 = \beta_3 x_{22} \omega_c$.

В третьому квадранті знаходиться залежність кута α від величини вхідного сигналу $U_{вх}$ блоків керування ТРН, яка будується за паспортними даними регулятора напруги.

Порядок знаходження точок механічної системи для конкретних значень кута α видно із рис.2.

З метою підтвердження описаної методики експериментальним шляхом була створена практична дослідна установка замкнутої системи електропривода, яка складається з наступних елементів:

- 1) тиристорний регулятор напруги, виготовлений зі стандартних промислових блоків типу РНТО-190-63;

2) експериментальний зразок АД з індукційними опорами на базі промислового двигуна типу ВАОИ-71-4;

3) тахогенератор постійного струму ЕТ-4;

4) амперметри, вольтметри та ватметри класу 0,5 для вимірювання фазних величин АД.

Як показали експериментальні дослідження механічних характеристик розімкнутої системи регулювання напруги живлення, їх похибка від реальних не перевищує 15% в зоні, близькій до критичного ковзання.

Механічні ж характеристики замкнутої за швидкістю системи, побудовані згідно з розробленим способом, практично мають точність порядку 1-2%, тобто відрізняються від експериментальних не більше, ніж на 5-8 об/хв.

Висновки. Запропонована методика побудови механічних характеристик замкнутої автоматичної системи привода з регулятором ТРН може бути використана при виконанні інженерних розрахунків електропривода. Крім того, вона може бути корисною для студентів ВНЗ, які виконують дипломні і курсові проекти з означеної тематики.

ЛІТЕРАТУРА

1. Розов Ю.М. Новый тип ротора для асинхронного электропривода в схеме дроссельного регулирования / Розов Ю.М. // Энергетика и электротехническая промышленность. – ИТИ, УССР. – 1970. – №4. – С.6-9.
2. Власов В.Г. Регулируемый электропривод ВАПИ / В.Г.Власов // Механизация и автоматизация производства. – 1967. – №3. – С.5-9.
3. Булгаков А.А. Основы динамики управляемых вентильных систем / Булгаков А.А. – М.: Изд. АН СССР. – 1955. – 256с.
4. Войтех А.А. Исследование асинхронных двигателей с переменным составом гармоник поля / Войтех А.А., Сторожко С.П. – К.: ИЭД АН УССР, 1974. – 65с.

Надійшла до редколегії 30.06.2013.

УДК 621.313.322

СТОРОЖКО С.П., к.т.н., доцент
ДЕНИСЕНКО Є.І., студент

Дніпродзержинський державний технічний університет

МОДЕЛЮВАННЯ ЧАСТОТНОГО ПУСКУ АСИНХРОННОГО ДВИГУНА

Вступ. Асинхронні двигуни (АД) найкраще регулюються частотними перетворювачами напруги живлення з метою одержання максимального діапазону зміни швидкості до 1:15. Частотне керування швидкістю обертання ротора АД передбачає також режим частотного пуску.

З метою оптимізації режиму (мінімальний період пуску, ліквідація коливань електромагнітного моменту та ін.) виникає необхідність обмежити час пуску. В сучасних частотних електроприводах формування необхідного перехідного процесу реалізують за допомогою відповідної математичної моделі в синхронних координатах [1]. Ця модель закладена в систему векторного керування швидкістю АД і є досить складною для інженерних розрахунків.