

Експериментальна установка для дослідження асинхронного електроприводу зі збудженням потужністю ковзання

Олексій Кузнецов

Кафедра електроприводу та автоматизації технологічних процесів, Національний університет "Львівська політехніка", УКРАЇНА, м.Львів, вул.С.Бандери, 12, E-mail: kuznica@i.ua

Abstract – Induction machine slip energy excitation is described. Slip energy excited induction drive physical model is created. Experimental results taken from model are shown and analyzed.

Ключові слова – wound rotor induction machine, slip energy excitation, physical model, slip energy excited electric drive.

I. Вступ

В сучасних економічних умовах у світі особливої ваги набуває проблема енергозбереження та ефективного використання енергоресурсів. Для галузі електроприводу шляхом розв'язання цієї проблеми може бути розробка нових енергоефективних приводів та їх впровадження. При цьому перед розробниками постає проблема дослідження процесів у розроблених електроприводах як методом математичного моделювання, так і на фізичних моделях.

Одним з напрямків досліджень при цьому є електропривід за схемою машини подвійного живлення (МПЖ). Такі схеми є відомими і дослідження в цьому напрямку ведуться в багатьох наукових колективах [2, 3, 4].

Подібні дослідження проводились і на кафедрі Електроприводу НУ «Львівська політехніка» [4]. Завданням при цьому були забезпечення відпрацювання заданої швидкості і заданого коефіцієнту потужності статора. Подальші дослідження вказали на можливість використання для задач керування у електроприводі за схемою МПЖ енергії ковзання [1]. У такому випадку відпадає необхідність введення додаткового живлення в коло ротора.

Таким чином, однією з можливих схем енергоощадних електроприводів є асинхронний електропривід (АЕП) зі збудженням потужністю ковзання, описаний в [1]. Системи з відновленням потужності ковзання є відомими [5], [6], [7]. Запропонована система відрізняється від попередніх тим, що вона не потребує додаткового живлення кола ротора.

Однак робота такої схеми не була досліджена експериментально на установці з реальною асинхронною машиною (АМ).

II. Використання потужності ковзання для керування АМ

В режимі двигуна до АМ підводиться з мережі електрична потужність P_1 . Ця потужність частково іде на покриття втрат у обмотці статора $P_{ст}$, решта – електромагнітна потужність $P_{ем}$ – передається до ротора. Одна її частина – потужність ковзання $P_s = s \cdot P_{ем}$ – тратиться на нагрів обмоток ротора, решта – перетворюється в повну механічну потужність

двигуна P_m . Після віднімання від цієї потужності механічних $P_{мх}$ і додаткових P_d втрат, отримуємо корисну механічну потужність на валу P_2 . Це перетворення електричної енергії в механічну і є завданням двигуна.

В [1] запропонована схема (рис. 1), що дозволяє використовувати енергію ковзання для виконання задач керування АМ. Ця енергія передається через діодний випрямляч до конденсатора та заряджає його, а згодом через керований інвертор має можливість передаватись назад до роторного кола. Регулюючи таким чином струми ротора ми можемо досягнути компенсації реакції статора [4].

Алгоритм керування вентилями інвертора будується таким чином, щоб забезпечити виконання задач керування. Зокрема, у [1] використано векторний алгоритм керування з системою підпорядкованого керування, що забезпечує відпрацювання заданої швидкості та забезпечення заданого значення коефіцієнту потужності статора $\cos \phi$, в тому числі і одиничного.

Вхідною інформацією для системи керування є значення струмів і фазних напруг статора, струмів ротора та кут повороту ротора γ_R . Вихідною інформацією системи керування є сигнали, що подаються на бази транзисторів інвертора напруги.

Завданням даної роботи було створити експериментальну установку-фізичну модель схеми рис. 1 для дослідження її роботи.

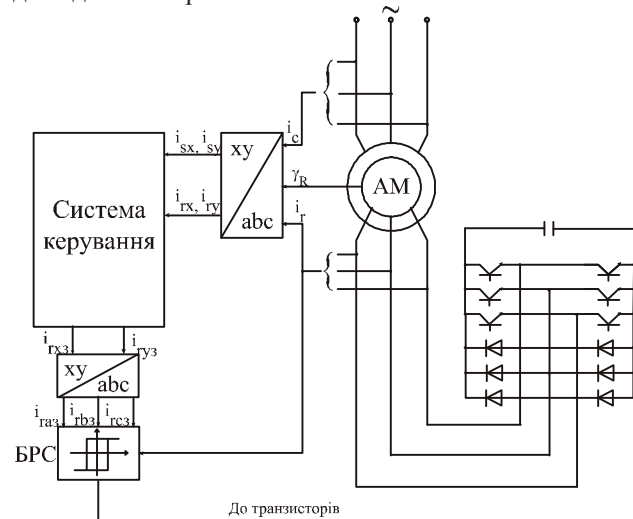


Рис.1 АЕП зі збудженням потужністю ковзання.

III. Схема експериментальної установки

На кафедрі електроприводу Національного університету "Львівська політехніка" було створено

експериментальну установку для дослідження роботи АЕП зі збудженням потужністю ковзання (рис. 2).

Основою установки є АМ, що живиться від мережі L1, L2, L3, у фазний ротор якої вімкнено інвертор напруги (ІН), на вході якого поставлено конденсатор. Блок навантаження (БН) реалізовано генератором постійного струму з реостатом в колі якоря. На пристрій керування подаються вхідні сигнали: струми двох фаз статора АМ, дві лінійні напруги статора АМ, струми двох фаз обмотки ротора АМ та кут повороту ротора АМ. Ці сигнали через аналого-цифровий перетворювач АЦП подаються на пристрій програмованої логіки ПЛ, керований мікропроцесором МП, що може обмінюватись даними з персональним комп'ютером ПК.

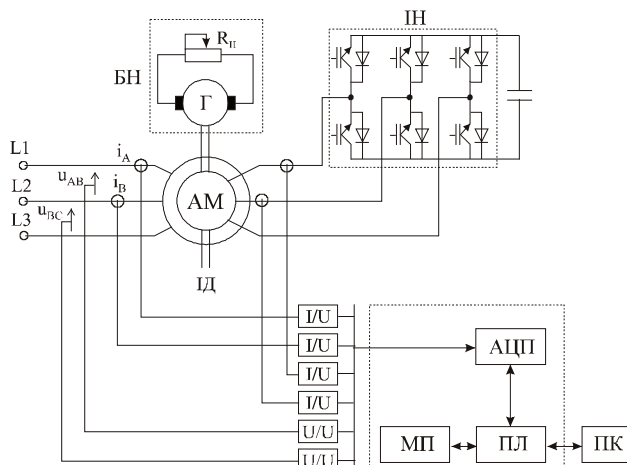


Рис.2 Структурна схема експериментальної установки.

В експериментальній установці використана АМ mSZUe 24a виробництва TAMEL, паспортні дані якої: $P_n = 0.8$ кВт, $n_n = 1390$ об/хв, $U_n = 380$ В, $I_n = 3.5/2.0$ А, $U_{rn} = 31$ В, $I_{rn} = 18$ А, $\cos \varphi = 0.78$.

В інверторі використано реалізований на IGBT-транзисторах силовий модуль PM25RSB120 виробництва Mitsubishi, розрахований на струм до 25А і напругу на вході до 1200 В. Завдання цього модуля – сформувати такі струми в роторі, щоб забезпечити виконання задач керування. Відкриваючі сигнали на транзистори подаються системою керування.

IV. Технічна реалізація системи керування

У пристрої керування використано сигнальний мікропроцесор ADSP-21065L виробництва Analog Devices з пристроєм програмованої логіки серії EPF6016 виробництва Altera, що містить модуль обслуговування АЦП з мультиплексором, інкрементального давача, таймер, що генерує сигнали преривання для мікропроцесора та набір регістрів, у якому містяться результати перетворення аналогових сигналів у цифрові. Конфігурування цього пристрою здійснюється через інтерфейс типу J-TAG за допомогою програмного забезпечення типу Altera Max++ з персонального комп'ютера.

Для розмежування сигналів у силовому колі та у колі керування, уникнення наводок у колі керування, а також приведення сигналів до одного рівня застосовано гальванічну розв'язку, зокрема для цього для лінійних напруг використано понижувальний трифазний трансформатор, для струмів – перетворювачі струм-напруга типу НУ 10-Р і НУ 25-Р виробництва LEM. Схема, реалізована на операційних підсилювачах типу LM324 виробника STMicroelectronics здійснює додавання напруги зміщення (офсет) для перетворення сигналів у однополярні, оскільки використано однополярний АЦП.

Для використаного АЦП типу AD-7492-5 виробництва Analog Devices час перетворення становить 800 нс. Оскільки використаний АЦП містить один аналоговий вхід, використано аналоговий мультиплексор CD-4051. Такий АЦП дозволяє одночасно перетворювати чотири аналогові сигнали з частотою опитування 1 МГц. З використанням максимальної кількості входів ($4 \times 8 = 32$) частота опитування становить 125 кГц.

Інкрементальний енкодер-давач положення ротора формує на виході три імпульсні сигнали: два сигнали, частота яких пропорційна швидкості обертання, зсунуті один відносно одного на кут 90° (для визначення напрямку обертання), та один імпульсний сигнал для визначення точки відліку (один імпульс на оберт ротора). За один оберт ротора АМ на інформаційних виходах давача формується 2500 імпульсів.

Після перетворення вхідних сигналів до цифрового вигляду, вони програмно приводяться до рівня реальних сигналів. Згідно закладеного програмно алгоритму керування за цими значеннями МП формує необхідні відкриваючі сигнали для транзисторів. Ці сигнали подаються на реалізовану на високошвидкісних оптопарах HCPL-4503 виробника Hewlett Packard схему, завданням якої є розмежувати гальванічно сигнали, що формуються МП та привести їх до рівня, що вимагає силовий транзисторний модуль.

У випадку виникнення несправності в роботі силового модуля з нього знімається сигнал несправності, який через гальванічне розмежування подається на МП та блокує його роботу.

V. Результати досліджень

Експериментально зняті на експериментальній установці осцилограми напруг і струмів статора наведені на рис. 3. На рис. 3,1 наведено осцилограми напруг і струмів при розімкненому роторі. У цьому випадку струм статора має реактивний характер (зсув фаз між фазною напругою і струмом статора становить 90°). На рис. наведено осцилограми напруг і струмів в усталеному режимі при різних заданих швидкостях, зокрема на рис. 3,2 швидкість завдання 50 об/хв і на рис. 3,3 – 150 об/хв. В цих випадках струм статора має активний характер, отже, при різних швидкостях завдання забезпечується одиничний коефіцієнт потужності, закладений в алгоритм керування.

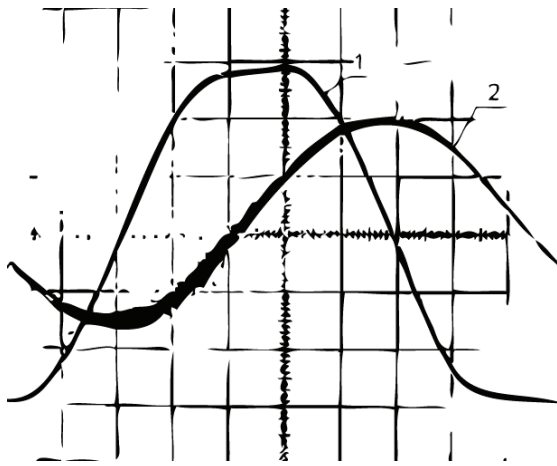


Рис. 3,1

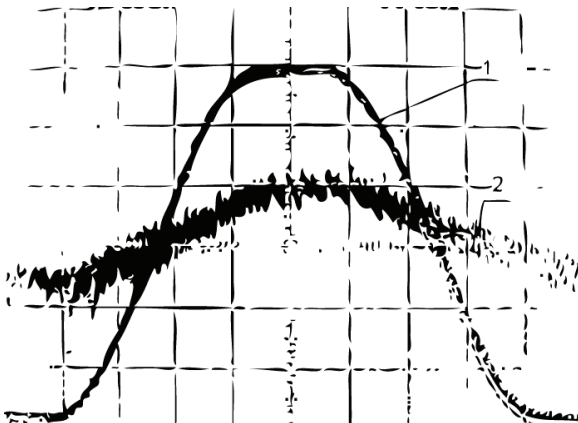


Рис. 3,2

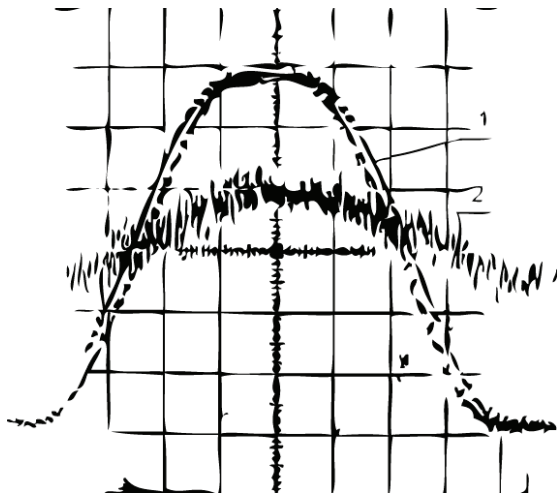


Рис. 3,3

Рис. 3. Експериментально зняті осцилограми фазних напруг (1) і струмів (2) статора: 1 – при розімкненому роторі, 2 – швидкість завдання 50 об/хв, 3 – швидкість завдання 150 об/хв.

Висновок

1. Збудження асинхронної машини можна здійснити енергією ковзання. Це можна здійснити включенням в коло ротора інвертора напруги без введення додаткового джерела живлення.
2. Така схема може забезпечити виконання поставлених задач керування: відпрацювання заданої швидкості та забезпечення заданого коефіцієнта потужності $\cos \phi$ статора.
3. Висновки 1 і 2 перевірені експериментально на створеній для цього експериментальній установці.

References

- [1] Плахтина О.Г., Куцик А.С., Кузнецов О.О. Експериментальні дослідження статичних характеристик в асинхронному електроприводі зі збудженням енергією ковзання // Вісник НУ "Львівська політехніка" "Електроенергетичні та електромеханічні системи" – Львів, 2008, №615. – С. 111–115.
- [2] Морозов Д.И., Шевченко И.С., Полилов Е.В. Управляемый по ротору асинхронный электропривод с улучшенным энергопотреблением // Вісник Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут». – Харків: НТУ «ХПІ», 2008, № 30. – С. 69–71.
- [3] Пересада С.М., Шаповал І.А., Михальський В.М., Соболев В.М., Чехет Е.М. Векторне керування моментом і реактивною потужністю машини подвійного живлення з матричним перетворювачем // Вісник Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут». – Харків: НТУ «ХПІ», 2008, № 30. – С. 72–77.
- [4] Плахтина О.Г., Куцик А.С., Йовбак В.Д. Електромагнітні та електромеханічні процеси асинхронної машини з інвертором напруги в колі ротора при векторному керуванні // Технічна електродинаміка, №5, 2004. – С. 30–36.
- [6] Papathanassiou S.A., Papadopoulos M.P. Commutation angle analysis of the slip energy recovery drive // IEEE Transactions on Energy Conversion, Vol. 13, No. 1, March 1998, pp. 21 – 26.
- [5] Çadirci I., Akçam G., Ermis M. Effects of Instantaneous Power-Supply Failure on the Operation of Slip-Energy Recovery Drives // IEEE Transactions On Energy Conversion, Vol. 20, No. 1, March 2005, pp. 7 – 15.
- [7] Ramakrishnan K. and Sivanandakumar D. Design of a digital control algorithm for the slip energy recovery system using digital redesign approach // Advances in Energy Research (AER – 2006), pp. 474–479.