

## **СИСТЕМА КЕРУВАННЯ АСИНХРОННИМ СЕРВОДВИГУНОМ З ПЕРЕТВОРЮВАЧЕМ ЧАСТОТИ З ПРЯМИМ КЕРУВАННЯМ СТРУМОМ**

**Божко В.В., Коротков А.В.**

*Донецький національний технічний університет*

*vladbozhko@mail.ru*

*The paper deals with the construction of servodrives and some questions of frequency-current control. The variant of asynchronous servomotor control system with the transformer of frequency with a direct current control is explored. The mathematical model of the explored control system is developed. Dynamic and static performances of the system were got through a mathematical modeling. The results may be used for the study of the servodrive systems and at their practical adjusting.*

У останні десятиліття в сервоприводі масово застосовувалися двигуни постійного струму із збудженням від постійних магнітів. Це було обумовлено недоліком двигунів змінного струму в порівнянні з двигунами постійного струму – обмеженою можливістю регулювання швидкості. Останні досягнення в областях силової електроніки, мікропроцесорної техніки дозволили компенсувати цей недолік шляхом використання сучасних апаратних і програмних засобів керування.

У сучасних сервоприводних системах пред'являються високі вимоги до високої точності позиціонування, похибки стабілізації швидкості, широкого діапазону регулювання, стабілізації моменту обертання, переважальної здатності, швидкодії.

Принципово перерахованих вище якостей можна добитися з використанням двигунів постійного струму незалежного збудження, асинхронних двигунів з короткозамкненим ротором, синхронних двигунів із збудженням від постійних магнітів.

Асинхронний двигун (АД) з короткозамкненим ротором і з керуванням, орієнтованим за полем ротора, також називають серводвигуном змінного струму. Як серводвигун, асинхронний двигун має ротор з малим моментом інерції, малими втратами потужності і малим ковзанням і системою керування, яка забезпечує перпендикулярність потоків статора і ротора щодо один одного. Це дозволяє асинхронному двигуну бути керованим майже до критичного моменту, робить можливим його застосування для високодинамічних приводів.

Виробники асинхронних сервоприводів прогнозують збільшення використання цих приводів у зв'язку із здешевленням електронних компонентів і двигунів.

З систем керування асинхронними двигунами найбільш задовольняє вимогам, що пред'являються до сервоприводів, системи векторного керування. Основна ідея векторного керування полягає в розділенні каналів керування потоком і моментом двигуна. Найбільшого поширення набула силова схема, де АД отримує живлення від автономного інвертора напруги (АІН), підключеного до ланки постійного струму. Система керування об'єктом АІН-АД може забезпечувати формування необхідної фазної напруги або струмів.

Принцип частотно-струмового керування для АД, що живиться від перетворювача частоти з ланкою постійного струму, може реалізовуватися з використанням АІН з широтно-імпульсною модуляцією. При цьому АІН охоплюється зворотними зв'язками за фазними струмами статора двигуна, тоді ПЧ набуває властивостей перетворювача, керованого струмом.

У літературі [1] пропонується розглядати непряме і пряме регулювання струму. У першому випадку інвертор має систему керування з широтно-імпульсною модуляцією. На додаток до неї будуються контури регулювання струмів із пропорційно-інтегральними регуляторами струму, які можуть виконуватися в нерухомій системі координат (СК) або в СК, що обертається. У другому випадку для формування струму безпосередньо використовуються ключі інвертора, які перемикаються у функції розузгодження між заданим і дійсним значеннями струму.

Метою роботи є дослідження системи керування асинхронним серводвигуном з використанням перетворювача частоти з прямим керуванням струмом, якій в літературі приділено не достатньо уваги.

Простим варіантом перетворювача частоти з прямим керуванням струмом є схема з двопозиційними гістерезисними регуляторами. Структура автономного інвертора з такими регуляторами, що входять до складу перетворювача частоти, показана на рис. 1.

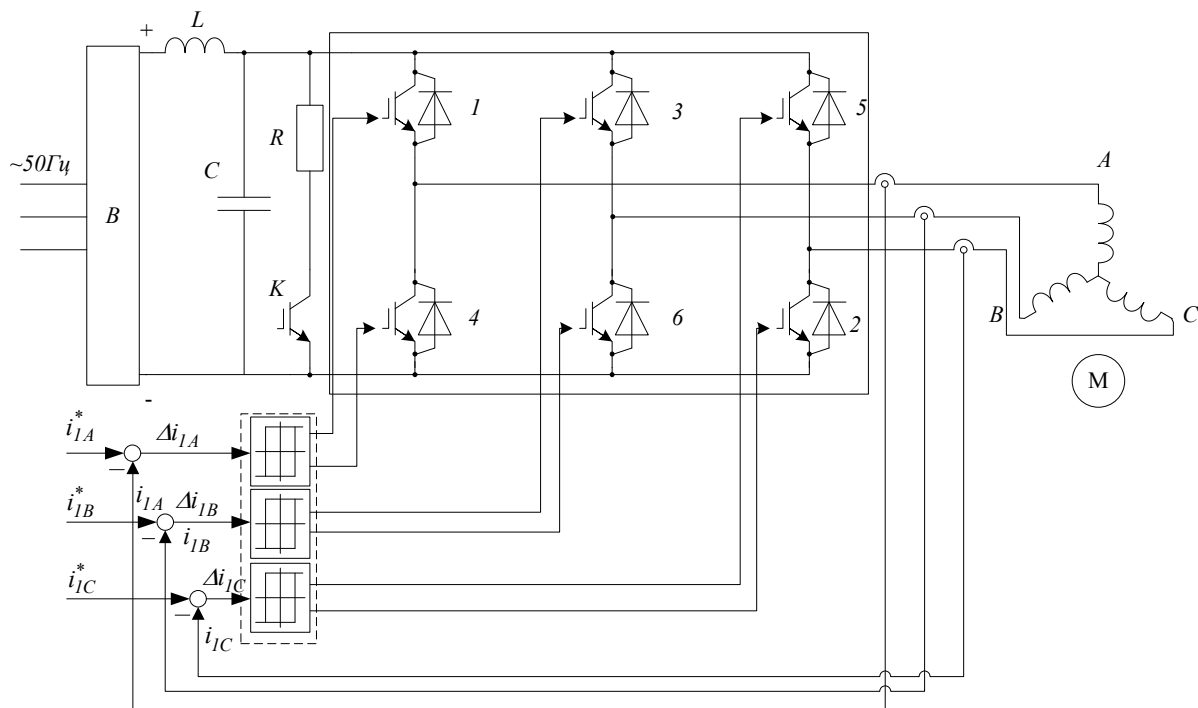


Рисунок 1 – Структура перетворювача частоти з інвертором, керованим струмом, і гістерезисними регуляторами струму

Кожен з трьох регуляторів має гістерезисну характеристику. Сигналами, що керують, для інвертора є синусоїдальні сигнали завдання фазних струмів  $i_{1A}^*$ ,  $i_{1B}^*$ ,  $i_{1C}^*$ , з якими порівнюються дійсні значення струмів фаз статора  $i_{1A}$ ,  $i_{1B}$ ,  $i_{1C}$ . В результаті на входах гістерезисних регуляторів струму діють сигнали розузгодження:

$$\begin{aligned} \Delta i_{1A} &= i_{1A}^* - i_{1A}; \\ \Delta i_{1B} &= i_{1B}^* - i_{1B}; \\ \Delta i_{1C} &= i_{1C}^* - i_{1C}. \end{aligned} \quad (1)$$

Гістерезисний регулятор має два стійкі стани, кожному з яких відповідає активний стан одного з вихідних сигналів при пасивному стані іншого. В результаті, струм у фазі навантаження коливається навколо заданого струму з максимальною амплитудою, яка залежить від ширини петлі гістерезису (рис. 2).

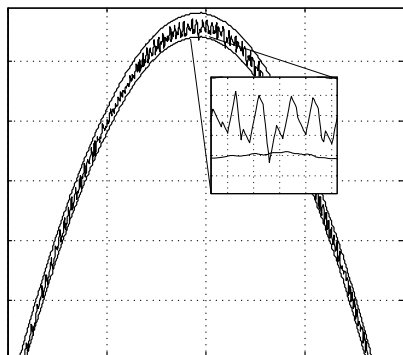


Рисунок 2 – Форма струму фази двигуна

Такий спосіб регулювання не позбавлений недоліків, пов'язаних з тим, що три контури регулювання струму працюють незалежно один від одного, тоді як процес комутації в кожному плечі інвертора впливає на всі три фази. У трифазній обмотці, яка з'єднана зіркою без нульового дроту, сума миттєвих значень струмів дорівнює нулю, тобто незалежними величинами є лише два фазні струми. Отже, в даній системі діють три незалежні регулятори при двох незалежних змінних, що у ряді випадків веде до виникнення небажаних комбінацій комутуваних ключів. У зв'язку з цим можливе виникнення автоколивальних режимів із стійким граничним циклом і перевищення похибкою регулювання межі, що визначається шириною петлі гістерезису (рис.2).

Оцінимо динамічні і статичні показники системи керування асинхронним серводвигуном з прямим керуванням струмом за допомогою математичного моделювання. Модель (рис. 3) системи розроблена на основі схеми (рис. 1) в додатку Simulink пакету MatLab.

У моделі використовувалися параметри асинхронного серводвигуна ST90MA ( $P_H=1,5\text{кВт}$ ,  $p=2$ ;  $f_H=69,9\text{Гц}$ ;  $J=0,003\text{кг}\cdot\text{м}^2$ ) [2], особливістю якого є висока динаміка і перевантажувальна здатність, можливість роботи з номінальною потужністю у другій зоні, компактність і зменшена маса, енергоефективність [3].

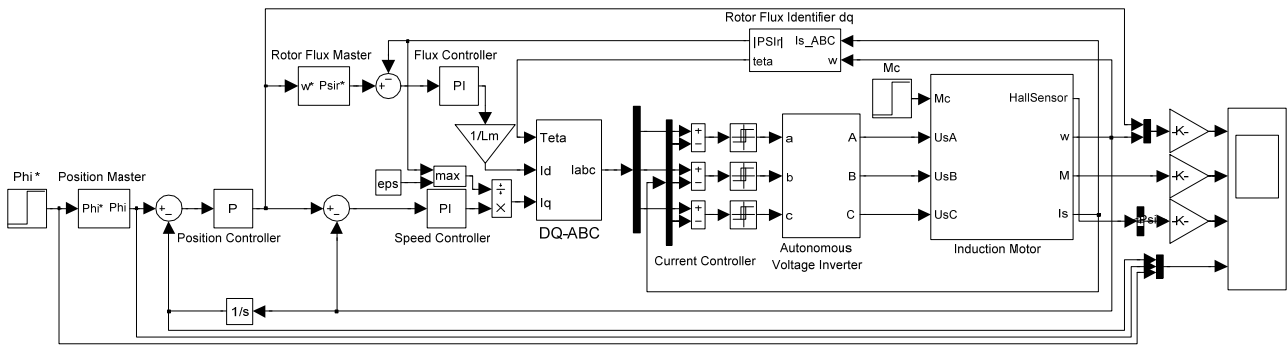


Рисунок 3 - Модель системи керування асинхронним серводвигуном з перетворювачем частоти з прямим керуванням струмом

Формування заданих струмів виконується в системі координат, що обертається синхронно з вектором потокозчеплення ротора, потім за допомогою координатних перетворень (DQ-ABC) розраховуються задані фазні струми. Для визначення вектора потокозчеплення ротора використаний ідентифікатор на основі моделі двигуна в системі координат dq (Rotor Flux Identifier dq). Регулятор потоку ротора (Flux Controller) в каналі обраний ПІ-типу для підтримання заданого значення. Задання потоку ротору здійснюється за допомогою задавача (Rotor Flux Master) в залежності в заданій швидкості, що дозволяє застосувати регулювання в другій зоні, тобто при ослабленні поля ротора. За каналом q в системі координат dq організовано два контури регулювання: швидкості і положення. Регулятор швидкості (Speed Controller) застосований ПІ-типу, положення (Position Controller) – ПІ-типу. Необхідне положення формується за допомогою нелінійного задавача положення (Position Master).

Перехідні процеси, отримані в результаті роботи моделі, приведені на рис.4.

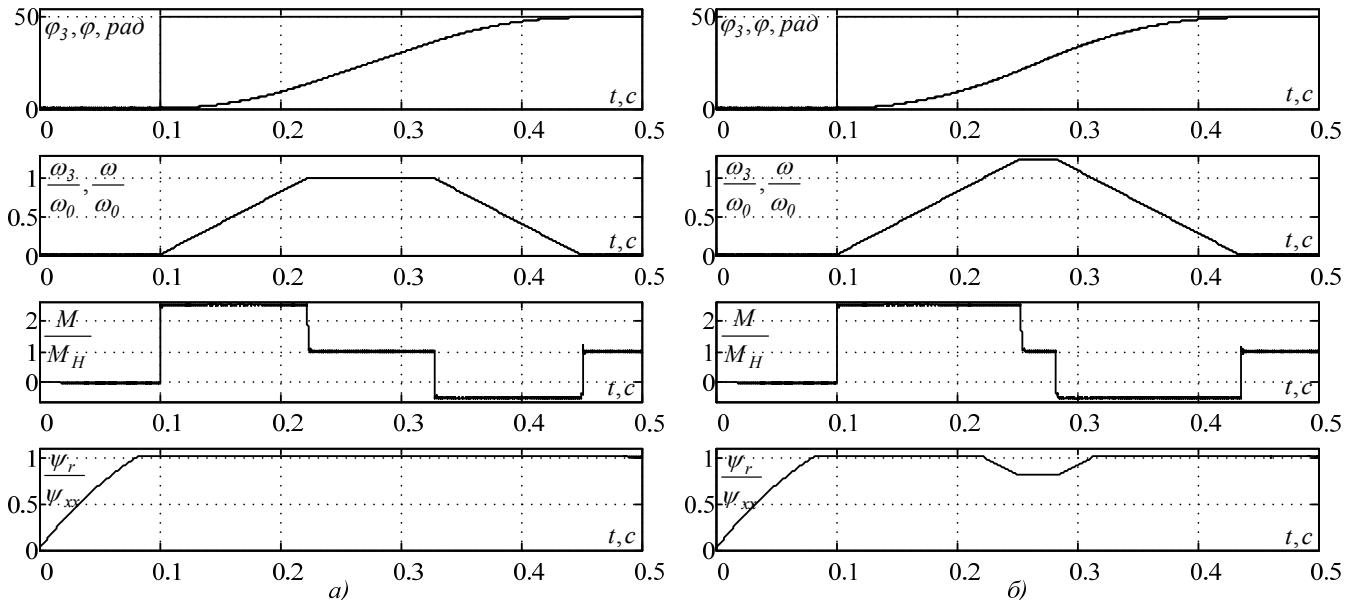


Рисунок 4 - Перехідні процеси в системі керування асинхронним серводвигуном: а) при номінальному потоці ротора; б) при ослабленні поля ротора

Отримані графіки підтверджують, що розглянута система прямого частотно-струмового керування асинхронним серводвигуном має високі статичні і динамічні характеристики і задовольняє вимогам, що пред'являються до сервоприводів.

До подальших цілей дослідження слід віднести оцінку роботи системи при використанні різних варіантів ідентифікаторів вектора потокозчеплення ротора та засобів обмеження максимальної частоти комутації ключів інвертора.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Электроприводы переменного тока с частотным регулированием: учебник для студ. высш. учеб. заведений / Г.Г.Соколовский. – М.: Издательский центр «Академия», 2006. – 272 с.
2. Асинхронные сервомоторы ST: Руководство по использованию, 2004. – 29 с.
3. <http://universaldrives.ru> – сайт ЗАО «Сервотехника», компании специализирующейся на сервоприводах.

Рекомендовано д.т.н. Толочко О.І.