

Оптимальне керування позиційним приводом на базі синхронного двигуна з постійними магнітами з урахуванням пружностей

Бешта О.С., Балахонцев О.В., Куваєв М.В., Тоткал О.О.

Кафедра електропривода, Національний гірничий університет, УКРАЇНА,
м. Дніпропетровськ, Проспект Карла Маркса, 19, E-mail: BeshtaA@nmu.org.ua

Abstract

Practical application of servo-drives has a problem of the influence of electromechanical system resilience on the transients.

Nowadays Permanent Magnet Synchronous Motors (PMSM) get the increasing spreading in servo-drives due to the simple design, economic expedience. However, this type of drive has specific unique features in comparison to direct current motors.

The control principle of position drive which allows to get transient processes of higher quality than those in traditional approach was elaborated on base of PMSM.

This position power-principle was derived on base of Vishnegradskiy criterion.

Ключові слова – servo-drives, Permanent Magnet Synchronous Motor, transitional processes, Vishnegradskiy criterion.

I. Вступ

За останні 10-15 років електроприводи змінного струму все більш інтенсивно впроваджуються в такі області, в яких раніше безроздільно панували електроприводи постійного струму.

Особливе місце серед машин змінного струму посідають синхронні двигуни з постійними магнітами на роторі (СДПМ). Кількість і область застосування електроприводів на їх базі постійно зростає. Такі системи знаходять широке застосування у машинобудуванні, авіації, залізничному та автомобільному транспорті, та інших галузях. Основною перевагою цих машин є простота конструкції, відсутність контактів на роторі і втрат на збудження, високі енергетичні показники і ККД. Тому СДПМ є найбільш перспективною машиною в діапазоні малих і середніх потужностей.

Синхронні двигуни на постійних магнітах все частіше використовуються у приводі таких механізмів як дозатори, конвеєри, маніпулятори, обладнання ліній пакування продукції. Сучасний сервопривод здатний керувати швидкістю, моментом та положенням. Ці характеристики визначають сервоприводи як найбільш пріоритетні на тих об'єктах, де є високі вимоги до динаміки і точності роботи електромеханічних систем.

Застосування сервоприводів дозволяє задовольнити високі вимоги до продуктивності і точності роботи сучасних автоматизованих ліній пакування продукції, зменшити максимальні похибки дозаторів.

При практичному застосуванні сервоприводів має місце проблема впливу пружності механічної передачі на переходні процеси в електромеханічній системі. Пружності являють собою гнучкі ланки, такі як конвеєри, ремінна та зубчасті передачі, маніпулятори

і т.д. Якщо в законі управління не враховувати пружні зв'язку в приводі, різко зростає відсоток браку, знижується продуктивність ліній, швидкість випуску одиниці продукції. Все це знижує рентабельність підприємств.

Таким чином, дослідження впливу пружних механічних ланок і зменшення їх впливу на роботу СДПМ дуже важливі, оскільки останнім часом СДПМ застосовуються у всіх сучасних сервоприводах. Тому метою даної роботи є розробка та вдосконалення законів управління позиційний приводом на базі СДПМ з урахуванням пружних механічних зв'язків.

Сучасний напрямок розвитку принципів керування визначається розвитком апаратної бази приводу: параметрами самого СДПМ і його властивостями, наявністю датчиків кута та швидкості, типом перетворювача, обчислювальною потужністю контролера. Реалізація управління СДПМ з урахуванням цих вимог дозволяє судити про ефективність використовуваних алгоритмів.

II. Наукове обґрунтування

Для врахування пружності необхідно у структурній схемі управління положенням після контуру швидкості додати пружні механічні ланки. Отримана відповідна структурна схема наведена на рис. 1.

При традиційній настройці регуляторів перехідні процеси тривають досить довгий час, спостерігається значне перерегулювання. Наявність пружностей призводить до сильних коливань положення, що небезпечно для позиційних систем. Тому необхідно провести коригування настройки регулятора контуру швидкості.

Для спрощення структурної схеми (рис.1) введемо нові позначення, а саме такі:

γ – співвідношення моментів інерції двигуна і механізму,

$$\gamma = \frac{J_1 + J_2}{J_1} = \frac{T_{M1} + T_{M2}}{T_{M1}} = \frac{T_{M\Sigma}}{T_{M1}} \quad (1)$$

де $T_{M\Sigma}$ – сумарна електромеханічна стала часу;

T_n – стала часу пружних коливань двомасової системи,

$$T_n = \sqrt{\frac{J_1 \cdot J_2}{c \cdot (J_1 + J_2)}} = \sqrt{\frac{T_{M1} \cdot T_{M2}}{c \cdot (T_{M1} + T_{M2})}} \quad (2)$$

Також введемо додаткове позначення

$$\begin{cases} W1(p) = T_n^2 \cdot p + 1; \\ W2(p) = \gamma \cdot T_n^2 \cdot p + 1. \end{cases} \quad (3)$$

Звідси

$$A \cdot B = \frac{1}{W_{pc} \cdot (dl+1) \cdot \gamma} \cdot \frac{T_{M\Sigma} + \gamma \cdot W_{pc} \cdot (dl+1)}{T_{M\Sigma} + W_{pc} \cdot (dl+1)} \quad (12)$$

Оскільки $A \cdot B = \gamma_0$, отримуємо:

$$\frac{1}{W_{pc} \cdot (dl+1) \cdot \gamma} \cdot \frac{T_{M\Sigma} + \gamma \cdot W_{pc} \cdot (dl+1)}{T_{M\Sigma} + W_{pc} \cdot (dl+1)} = \gamma_0 \quad (13)$$

Проведемо ряд математичних перетворень

$$T_{M\Sigma} \cdot W_{pc} \cdot (dl+1) \cdot \gamma \cdot \gamma_0 + W_{pc}^2 \cdot (dl+1)^2 \cdot \gamma \cdot \gamma_0 = T_{M\Sigma} + \gamma \cdot W_{pc} \cdot (dl+1) \quad (14)$$

$$\gamma \cdot \gamma_0 \cdot (dl+1)^2 \cdot W_{pc}^2 + \gamma \cdot (dl+1) \cdot (\gamma_0 \cdot T_{M\Sigma} - 1) \cdot W_{pc} - T_{M\Sigma} = 0 \quad (15)$$

$$W_{pc}^2 + \frac{\gamma_0 \cdot T_{M\Sigma} - 1}{\gamma_0 \cdot (dl+1)} \cdot W_{pc} - \frac{T_{M\Sigma}}{\gamma \cdot \gamma_0 \cdot (dl+1)^2} = 0 \quad (16)$$

Для зручності введемо додаткові позначення

$$K_1 = \frac{\gamma_0 \cdot T_{M\Sigma} - 1}{\gamma_0 \cdot (dl+1)}, \quad K_2 = \frac{T_{M\Sigma}}{\gamma \cdot \gamma_0 \cdot (dl+1)^2} \quad (17)$$

Згідно (17) рівняння (16) придбає наступний вигляд

$$W_{pc}^2 + K_1 \cdot W_{pc} - K_2 = 0 \quad (18)$$

Вирішивши рівняння (18) отримаємо значення коефіцієнтів регулятора швидкості

$$W_{pc} = \frac{K_1 \pm \sqrt{K_1^2 - 4 \cdot K_2}}{2} \quad (19)$$

Налагодження регулятора за цим виразом і дає, фактично, новий закон керування електроприводом на базі СДПМ, в механічній частині якого присутні пружності.

Було проведено моделювання перехідних процесів у позиційному приводі із застосуванням розробленого закону управління. Корекція регулятора швидкості значно збільшує якість перехідних процесів. Скорочується час перехідного процесу, а отже, збільшується продуктивність всієї автоматизованої лінії. Перерегулювання у приводі практично відсутнє, а це є обов'язковою вимогою для більшості механізмів, оскільки перерегулювання означає порушення допустимої зони роботи виконавчого органу.

Таким чином, на основі критерію Вішнеградського нами отримано новий закон керування позиційним приводом. Він дозволяє одержати більш швидкі і якісні перехідні процеси практично без перерегулювання.

Областю застосування результатів даного дослідження є широкий спектр механізмів легкої, харчової промисловості, інформаційних технологій.

III. ВИСНОВКИ

1. Синхронні двигуни з постійними магнітами на роторі отримують все більш широке застосування в промисловості завдяки їх низькій вартості і меншим експлуатаційними витратами в порівнянні з двигунами інших типів.

2. Стандартні настройки регуляторів позиційного електроприводу при наявності пружних зв'язків в механічній передачі не забезпечують необхідну якість перехідних процесів

3. Розрахунок коефіцієнтів системи автоматичного керування положенням з урахуванням пружності на підставі критерію Вішнеградського дає можливість отримати оптимальну якість перехідних процесів.

Список використаних джерел:

- [1] Башарин А.В., Новиков В.А., Соколовский Г.Г. Управление электроприводами: Учеб. пособие для вузов. – Л.: Энергоиздат. Ленингр. отделение, 1982. – 392 с.
- [2] Колб А.А., Колб А.А. Теория электропривода: Навчальний посібник. – Дніпропетровськ: НГУ, 2006. – 511 с.
- [3] Перельмутер В.М. Прямое управление моментом и током двигателей переменного тока. – Х.: Основа, 2004 – 210 с.
- [4] Матеріали методичного забезпечення дисципліни «Спеціальні питання системи керування електроприводами» / Упорядн.: С.М. Довгань, О.О. Азюковський, А.А. Самойленко. – Дніпропетровськ, НГУ, 2005. – 46 с.
- [5] Исследования систем электропривода методами математического моделирования. Учеб. пособие / С.М. Довгань. – Днепропетровск: НГА Украины, 2001. – 137 с.
- [6] Теория автоматизированного электропривода: Учеб. пособие для вузов / Чиликин М.Г., Ключев В.И., Сандлер А. С. – М.: Энергия, 1979. – 616 с.
- [7] Стандарт высшего учебного заведения. Квалификационные работы выпускников. Общие требования к дипломным проектам и дипломным работам / Сост. В.О. Салов, О.М. Кузьменко, В.И. Прокопенко. – Днепропетровск НГА Украины, 2000. – 52с.