

ІМІТАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ СТАТИКИ МЕХАТРОННОГО ГІДРОПРИВОДУ МАНІПУЛЯТОРА З ЧАСТОТНО-КЕРОВАНИМ ЕЛЕКТРОДВИГУНОМ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

Виконане імітаційне моделювання статичної мехатронного гідроприводу маніпулятора з частотним керуванням асинхронного електродвигуна в середовищі MATLAB Simulink. Визначено вплив навантаження на виконавчому гідроциліндрі на похибку стабілізації частоти обертання вала насоса. Похибка стабілізації частоти обертання вала насоса підтримується в допустимих межах, що підтверджує працездатність розробленої математичної моделі.

Ключові слова: об'ємний гідропривод, гідронасос, асинхронний електричний двигун, частотне керування, перетворювач частоти, математичне моделювання.

Abstract

The simulation of the static of the mechatronic hydraulic actuator of the manipulator with the frequency control of the asynchronous electric motor in the MATLAB Simulink environment was performed. The influence of the load on the executive cylinder on the error of stabilization of the rotational speed of the pump shaft is determined. The error of stabilization of the frequency of rotation of the pump shaft is maintained within acceptable limits, which confirms the efficiency of the developed mathematical model.

Keywords: volumetric hydraulic drive, hydraulic pump, asynchronous electric motor, frequency control, frequency converter, mathematical modeling.

Вступ

Одним із перспективних напрямків дослідження в області гідроприводу є дослідження об'ємного гідроприводу на основі асинхронного електродвигуна, що управляється від перетворювача частоти [1-7].

Метою роботи є апробація математичної моделі мехатронного гідроприводу маніпулятора з частотним керуванням асинхронного електродвигуна та імітаційне дослідження статичної приводини в програмному середовищі MATLAB Simulink.

Результати дослідження

Досліджуваний мехатронний гідропривод маніпулятора з частотно-керованим електродвигуном містить маніпулятор, який складається із стійки, стріли, рукояті та захвата, що приводяться у дію гідроциліндрами. Гідронасос постійного робочого об'єму подає робочу рідину через відповідні гідророзподільники до необхідного гідроциліндра приводячи його до руху. Рівень подачі гідронасоса пропорційний частоті обертання асинхронного електродвигуна (АД), регулювання швидкості якого здійснюється від перетворювача частоти (ПЧ) зі зворотним зв'язком за швидкістю обертання [2, 4, 7].

Роботою приводів маніпулятора керує контролер. На вхідну плату контролера поступають сигнали від керуючих важелів оператора, які задають необхідний напрямок та швидкість переміщення маніпулятора. На основі вхідних сигналів контролер генерує сигнали, які через вихідну плату подаються до: електромагніта відповідного розподільника, переводячи його у задану робочу позицію та до ПЧ, який забезпечує задану частоту обертання вала АД і відповідно вала насоса.

З урахуванням прийнятих припущень розроблено розрахункову схему та математичну модель мехатронного гідроприводу маніпулятора з частотно-керованим електродвигуном [7]. На основі системи рівнянь математичної моделі розроблена її структурна схема. Відповідно до структурної

схеми приводу створена обчислювальна структура в середовищі MATLAB Simulink для імітаційного моделювання статичних та динамічних процесів у досліджуваному приводі.

Умови виконання роботи маніпулятора вимагають стабільності швидкості робочої подачі до виконавчого гідродвигуна незалежно від навантаження на гідродвигуні. Оскільки рівень подачі гідронасоса пропорційний частоті обертання АД з ПЧ, то критерієм стабільності подачі є похибка стабілізації частоти обертання вала насоса δ , яка визначається зі співвідношення

$$\delta = \frac{n_{Hзад} - n_{Hд}}{n_{Hзад}} \cdot 100\% , \quad (1)$$

де $n_{Hзад}$, $n_{Hд}$ – відповідно, задана і дійсна частоти обертання вала насоса.

Важливо, щоб δ не перевищувала встановлених значень, інакше виникають помилки при відпрацюванні керівних сигналів, знижується точність маніпулятора. Для сучасних маніпуляторів прийнятним може вважатися значення похибки стабілізації δ , що знаходиться в межах 5-10%.

За допомогою імітаційного моделювання отримані статичні характеристики досліджуваного приводу маніпулятора і визначено вплив навантаження на виконавчому гідроциліндрі на похибку стабілізації частоти обертання вала насоса δ (рис. 1).

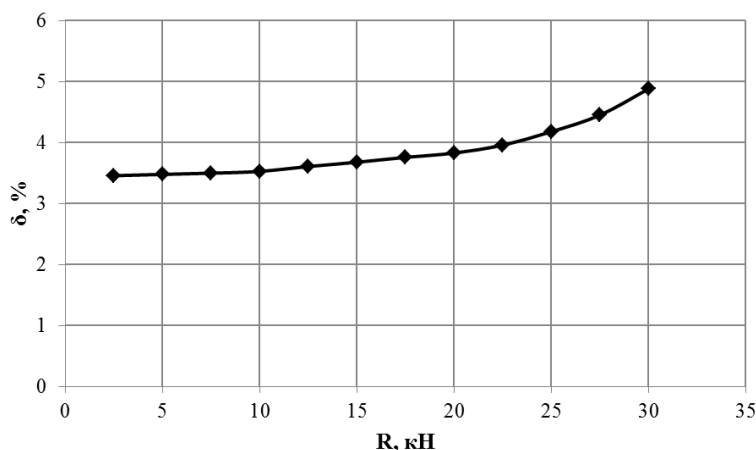


Рис. 1. Вплив навантаження на виконавчому гідроциліндрі на похибку стабілізації частоти обертання вала насоса

Отриманий графік показує, що мехатронний привод маніпулятора на основі системи типу ПЧ-АД зі зворотним зв'язком за швидкістю обертання забезпечує стабільність заданої частоти обертання вала насоса незалежно від величини навантаження на виконавчому гідроциліндрі. Похибка стабілізації частоти обертання вала насоса δ не перевищує 5%.

Висновки

За допомогою імітаційного моделювання в програмному середовищі MATLAB Simulink отримані статичні характеристики мехатронного гідроприводу маніпулятора з частотним керуванням асинхронного електродвигуна. За допомогою отриманих статичних характеристик визначено вплив навантаження на виконавчому гідроциліндрі на похибку стабілізації частоти обертання вала насоса. Встановлено, що задана частота обертання вала насоса підтримується стабільною незалежно від величини навантаження на виконавчому гідроциліндрі. Похибка стабілізації частоти обертання вала насоса не перевищує 5%, що підтверджує працездатність розробленої математичної моделі.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Перельмутер В. М. Прямое управление моментом и током двигателей переменного тока / В. М. Перельмутер. – Харьков : Основа, 2004. – 210 с.
2. Моделирование электромеханических систем : підручник / О. П. Чорний, А. В. Луговой, Д. Й. Родькін, Г. Ю. Сисюк, О. В. Садовой. – Кременчук, 2001. – 410 с.

3. Репінський С. В. Керування регульованих насосів в гідроприводах, чутливих до навантаження : монографія / С. В. Репінський, Л. Г. Козлов, Ю. А. Буренніков. – Вінниця : ВНТУ, 2016. – 199 с.

4. Характеристики мехатронного приводу під час просторового руху маніпулятора [Електронний ресурс] / Л. Г. Козлов, С. В. Репінський, О. В. Паславська, О. В. Піонткевич // Наукові праці Вінницького національного технічного університету. – 2017. – № 2. – Режим доступу : <https://praci.vntu.edu.ua/index.php/praci/article/view/507>.

5. Аналітичне оцінювання ККД об'ємного насоса з частотно-керованим приводним електродвигуном [Електронний ресурс] / С. В. Репінський, Л. Г. Козлов, Ю. А. Буренніков, О. В. Паславська // Матеріали XLVI науково-технічної конференції підрозділів ВНТУ, Вінниця, 22-24 березня 2017 р. – Електрон. текст. дані. – 2017. – Режим доступу : <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fmt/all-fmt-2017/paper/view/2904>.

6. Про можливість підвищення ККД агрегату регульований насос-електродвигун / С. В. Репінський, Л. Г. Козлов, Ю. А. Буренніков, О. В. Паславська // Матеріали VII-ої Міжнародної науково-практичної конференції «Комплексне забезпечення якості технологічних процесів та систем», м. Чернігів, 24-27 квітня 2017 р. – Чернігів : ЧНТУ, 2017. – Т. 1. – С. 203–205.

7. Математична модель мехатронного гідроприводу маніпулятора з частотним керуванням асинхронного електродвигуна / С. В. Репінський, Л. Г. Козлов, А. А. Бартецький, О. В. Паславська // Збірник тез доповідей III-ої Міжнародної науково-технічної конференції «Гідро- та пневмоприводи машин – сучасні досягнення та застосування», Вінниця, 27-29 грудня 2018 р. – Вінниця : ВНТУ, 2019. – С. 67–71.

Репінський Сергій Володимирович – канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри технологій та автоматизації машинобудування, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: repinskyiv@gmail.com;

Козлов Леонід Геннадійович – д-р техн. наук, професор, завідувач кафедри технологій та автоматизації машинобудування, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: osna2030@gmail.com;

Паславська Оксана Віталіївна – аспірант кафедри технологій та автоматизації машинобудування, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: o.v.paslavska@gmail.com.

Repinskyi Serhii V. – Cand. Sc. (Eng.), Assistant Professor, Assistant Professor of the Department of Technology and Automation of Mechanical Engineer, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: repinskyiv@gmail.com;

Kozlov Leonid G. – Dr. Sc. (Eng.), Professor, Head of the Department of Technology and Automation of Mechanical Engineer, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: osna2030@gmail.com;

Paslavska Oksana V. – Graduate Student of the Department of Technology and Automation of Mechanical Engineer, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: o.v.paslavska@gmail.com.