

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет кораблебудування
імені адмірала Макарова

СУЧАСНІ ПРОБЛЕМИ АВТОМАТИКИ ТА ЕЛЕКТРОТЕХНІКИ – 2020

МАТЕРІАЛИ

ВСЕУКРАЇНСЬКОЇ НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ

7–8 квітня 2020 року

Навчально-науковий інститут автоматики і електротехніки
Національний університет кораблебудування
імені адмірала Макарова
просп. Центральний, 3, м. Миколаїв

Миколаїв • НУК • 2020

УДК 681.5:621.3
ББК 81a73
С 89

ОРГАНІЗАТОРИ:

Міністерство освіти і науки України
Національний університет кораблебудування
імені адмірала Макарова

Матеріали публікуються за оригіналами, наданими авторами.

Претензії до організаторів не приймаються.

Відповідальний за випуск О. О. Черно

Сучасні проблеми автоматики та електротехніки : матеріали Всеукраїнської науково-технічної конференції. – Миколаїв: НУК, 2020. – 50 с.
С 89

У збірнику подані матеріали Всеукраїнської НТК "Сучасні проблеми автоматики та електротехніки".

Розглянуті питання теорії, практики та розвитку електромеханічних систем і пристроїв суднового та загальнопромислового призначення, а також електротехнологічного та інформаційно-вимірювального обладнання.

Збірник може бути корисним для наукових співробітників, викладачів, інженерів та студентів.

УДК 681.5:621.3
ББК 81a73

© Національний університет кораблебудування
імені адмірала Макарова, 2020

УДК 681.5

Шарейко Д.Ю., к.т.н, Білюк І.С., к.т.н, Савченко О.В., Фоменко А.М.

Національний університет кораблебудування ім. адм. Макарова, м. Миколаїв

dshareyko.mk@gmail.com, ivanbilyuk@gmail.com, savchenko1984@gmail.com, fomenko.mk@gmail.com

АДАПТИВНИЙ РЕГУЛЯТОР У СУЧАСНИХ КОМПЛЕКТНИХ ЕЛЕКТРОПРИВОДАХ

Анотація. Наведено аналіз структур комплектних електроприводів та обґрунтовано доводиться необхідність застосування в них адаптивного регулятора. На підставі проведених розрахунків показано ефективність такого введення та развантаження програмованого логічного контролера, що керує технологічним процесом.

Ключові слова: комплектний електропривод; адаптивний регулятор; програмований логічний контролер; показники якості керування.

Мета і завдання дослідження. На основі існуючих теоретичних досліджень розробити комплектний електропривод з адаптивним принципом керування.

Для досягнення цієї мети необхідно вирішити наступні задачі:

1. Скласти математичну модель адаптивного регулятора в системі автоматичного керування;
2. Провести теоретичні дослідження, щодо поведінки КЕП з різними законами регулювання.
3. Довести доцільність використання регулятора та впровадити отримані результати в учбовий процес.

Комплектні електроприводи є модульною системою, що свідчить про неможливість її доповнення додатковими елементами, що не входять в структуру електроприводу. Основною складовою частиною перших комплектних електроприводів стали операційні підсилювачі та тиристори, які керуються за допомогою фазового регулювання. Розглянемо комплектацію перших комплектних електроприводів на прикладі електроприводу серії КЕМЕК[1]. Комплектні електроприводи типу КЕМЕК виробництва НРБ призначені для промислових роботів з послідовною роботою координат. Випускаються у варіанті використання їх в приводах подач верстатів з ЧПУ. Всі основні схемотехнічні рішення аналогічні приводам, призначеним для роботів [2]. Функціональна схема приводу наведена на рисунку 1.

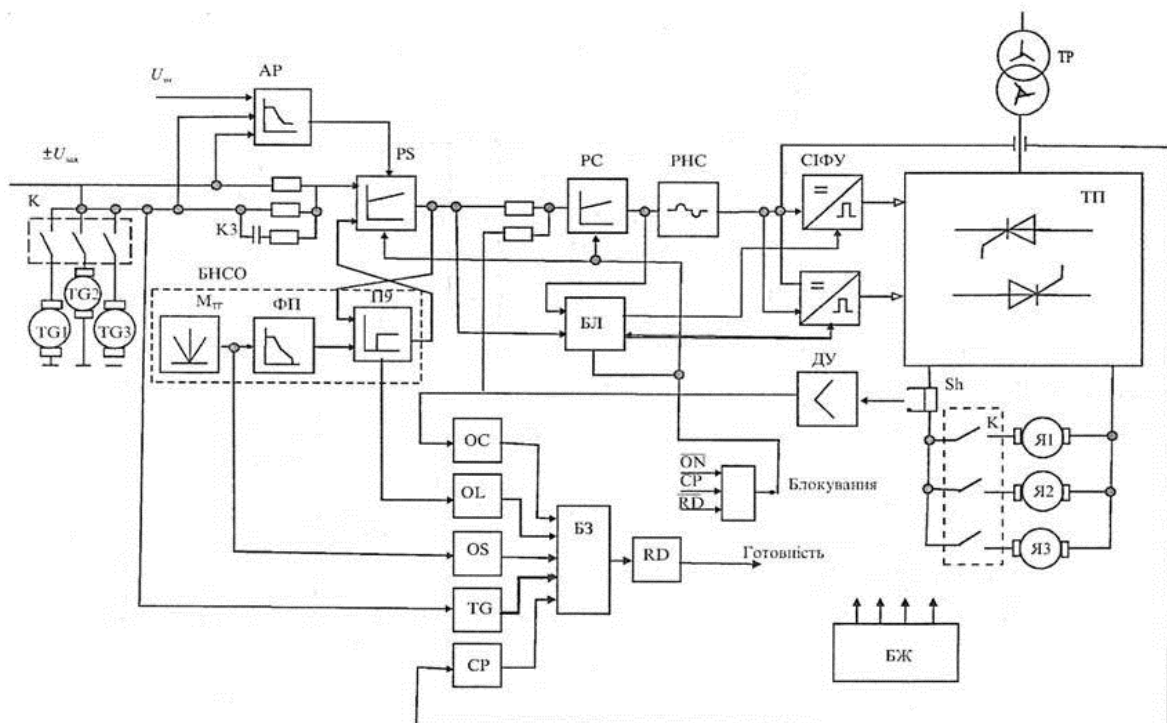


Рис. 1. Функціональна схема приводу КЕМЕК

На схемі позначено: РС - регулятор швидкості; РТ - регулятор струму, АР - адаптивний регулятор, КЗ - коригуюча ланка, МТГ - схема виділення модуля напруги тахогенератора, ФП - функціональний перетворювач, ПЕ - пороговий елемент, БНСО - блок нелінійного струмообмеження, РНТ - регулятор

початкового струму якоря, БЛ - блок логіки роздільного керування, СІФУ - система імпульсно-фазового керування, ТР - силовий трансформатор, Я - двигун, ТГ - тахогенератор, Sh - шунт, УТ - диференційний підсилювач струму, ОС - захист від перевантаження по струму, OL - захист від тривалого перевантаження, OS - захист від перевищення максимальної частоти обертання, TG - захист від обриву ланцюга тахогенератора, CP - захист від неправильного підключення, RD - готовність, ON - сигнал «Робота» (деблокування), БЗ - блок захисту, К - комутатор, БП - блок живлення.

Подальший аналіз аналогових електроприводів показав, що комплектні електроприводи інших серій таких як КЕМТОР, КЕМОК, Мезоматик та ін. мають у своєму складі адаптивний регулятор, призначений для зміни коефіцієнту підсилення та постійної часу регулятора швидкості.

Можна виділити наступні загальні тенденції розвитку електроприводів, що мають постійний характер:

- постійно розширюється застосування регульованих електроприводів у промисловому обладнанні, транспорті, авіаційній і космічній техніці, медицині, побутовій техніці для досягнення нових якісних результатів в технології;
- заміна нерегульованих електроприводів регульованими в енергозберігаючому обладнанні (насоси, компресори, вентилятори та ін.) з метою енергозбереження;
- поширення блочно-модульних принципів побудови електроприводів, інформаційних засобів, засобів керування і систем керування в цілому;
- динамічна комп'ютеризація електроприводів, механізмів, агрегатів і комплексів та нова ідеологія проектування систем;
- подальший розвиток методів каскадного (підлеглого) керування, що набули поширення в електроприводах.
- активний розвиток і впровадження систем діагностування, обслуговування, візуалізації технологічних процесів і процесів керування.

Багато операцій в електроприводах виконуються засобами керування без участі оператора. Беручи до уваги, що основними засобами керування в сучасних електроприводах є промислові комп'ютери, доречно визначати сучасний комплектний електропривод як комп'ютеризований. Це означення підходить для інтегрованих систем багатодвигуних електроприводів, що об'єднуються з комп'ютерними засобами автоматизації і розгалуженими інформаційними мережами в складі технологічних агрегатів і комплексів.

З урахуванням зазначених вище тенденцій розвитку автоматизованих електроприводів провідні електротехнічні компанії світу здійснюють розробку і продаж електроприводів головної для себе і перспективної для ринку серії з широкими функціональними та структурними можливостями, різними варіантами їх технічної реалізації за умовами застосування для найрізноманітніших машин і механізмів. У головних серіях електроприводів різних корпорацій можна відзначити багато аналогічних ознак. Класифікаційними є ознаки, що характеризують функціональні, конструктивні та енергозберігаючі можливості електроприводів, їх електромагнітну сумісність з технологічним середовищем.

Розглянемо комплектацію сучасного комплектного електроприводу на прикладі електроприводу серії MDC [3-5]. Регулювання швидкості двозонне. У першій зоні (до номінальної швидкості) регулювання здійснюється зміною напруги на якорі при збереженні постійного значення струму збудження. Максимальний момент в цій зоні є постійною величиною. У другій зоні (вище номінальної швидкості) напруга на якорі зберігається постійною і рівною максимальній, а струм збудження зменшується. У цій зоні значення номінальної та максимальної потужностей залишаються постійними величинами. Функціональна схема представлена на рисунку 2.

На рисунку позначено: 1 - Задатчик інтензивності; 2 - Регулятор швидкості; 3 - Вузол формування кривої збудження струмообмеження; 4 - Регулятор струму якоря. Збудження; 5 - Імпульсно-фазове керування; 6 - Коригувальна ланка струму збудження; 7 - Динамічне струмообмеження; 8 - Зворотній зв'язок струму якоря; 9 - Посилення зворотного зв'язку струму якоря; 10 - Посилення сигналу з тахогенератора; 11 - Регулятор струму збудження; 12-Імпульсно-фазове керування збудженням; 13-Зворотній зв'язок струму; 14 - Посилення зворотного зв'язку; 15-Зворотній зв'язок напруги на якорі; 16 - Посилення зворотного зв'язку.

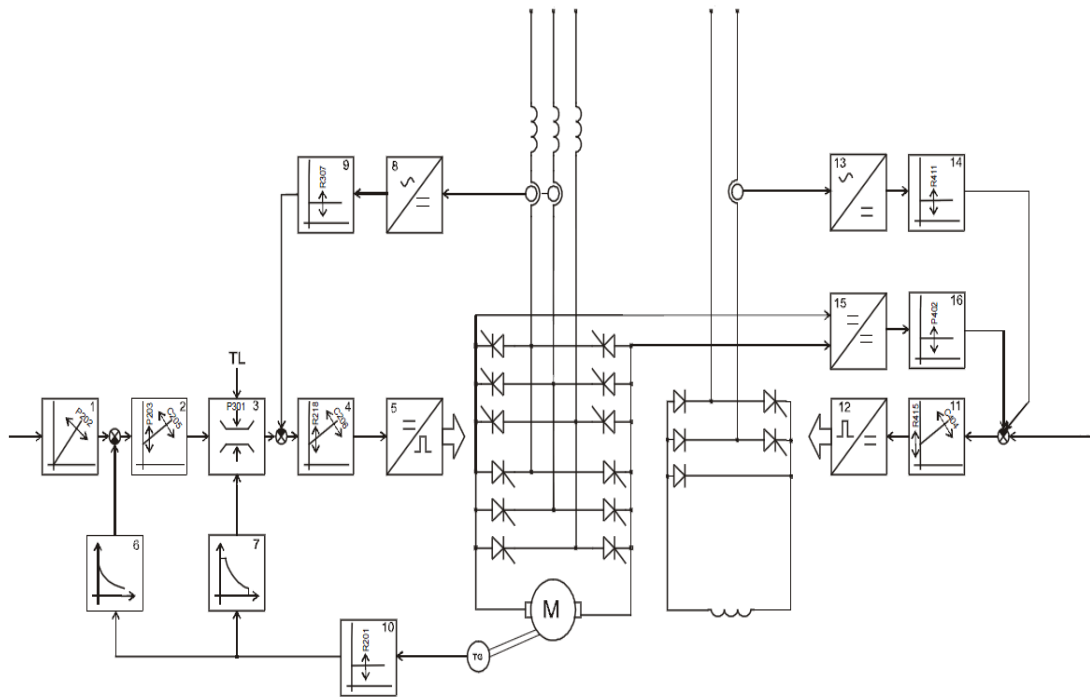


Рис. 2. Функціональна схема комплектного електроприводу серії MDS

Аналіз ринку комплектних електроприводів показує, що інші сучасні комплектні електроприводи такі як, Lenze, CSD, SDC, Siemens та ін.. мають в цілому схожу функціональну схему де основним керуючим пристроєм є програмований контролер або промисловий комп'ютер. Проаналізувавши старі та сучасні комплектні електроприводи було виявлено, що на відміну від перших комплектних електроприводів адаптивний регулятор у сучасних електроприводах, як окремий блок комплектного електроприводу – відсутній. Цілком зрозуміло, що з розвитком цифрової електроніки було вирішено покласти функції такого регулятора на мікроконтролери, тому функції адаптивного регулятора покладені на програмне керування за допомогою програмованого логічного контролера (ПЛК). Основні функції ПЛК - це програмне керування верстатним парком взагалі, а не забезпечення регуляторів. Регулятор знаходиться безпосередньо у структурі КЕП, який реалізовано програмно на основі контролера цього електроприводу. При наявності контролера передбачена можливість програмного керування шляхом задачі параметрів регуляторів з ЧПК. Крім того, в багатодвигунних КЕП можливо встановлення часу зміни параметрів керування при переключенні роботи з одного двигуна на інший. Сходячи з цього можна зробити висновок, що функція АР на сучасних КЕП покладена на ПЛК, але при використанні ПЛК завжди існує можливість його перевантаження, що може суттєво вплинути на роботу електропривода. На основі проведеного аналізу ставиться задача обґрунтувати доцільність застосування у структурі сучасного КЕП адаптивного регулятора, як окремого блоку з метою розвантаження ПЛК електроприводу. Загальна функціональна схема КЕП представлена на рисунку 3.

На рисунку позначено: КЗА - комутаційно-захисна апаратура; ФНТ1, ФНТ2 - силові модулі фільтрації, узгодження напруг та обмеження струмів на вході та виході електронного обладнання; М - електродвигун з датчиком швидкості ДС, або без нього.

Відсутність АР обумовлено тим, що їх функцію взяли на себе програмовані логічні контролери (ПЛК).

В результаті такого підходу логічним стає висновок, що наявність окремо блоку АР в КЕП є недоцільним. Однак останні дослідження [6-12] показують, що наявність АР може розвантажити роботу ПЛК, керуючого всім електроприводом. Сучасні АР можуть зробити систему керування, в яку входять, більш робастною [2]. За допомогою програмного продукту Matlab було проведено моделювання системи стабілізації швидкості двигуна постійного струму з використанням стандартного ПІД-регулятора і принципово нового АР, заснованого на методі аналітичного конструювання [1, 2]. Структурні моделі системи з ПІД- регулятором представлена на рисунку 4 [2].

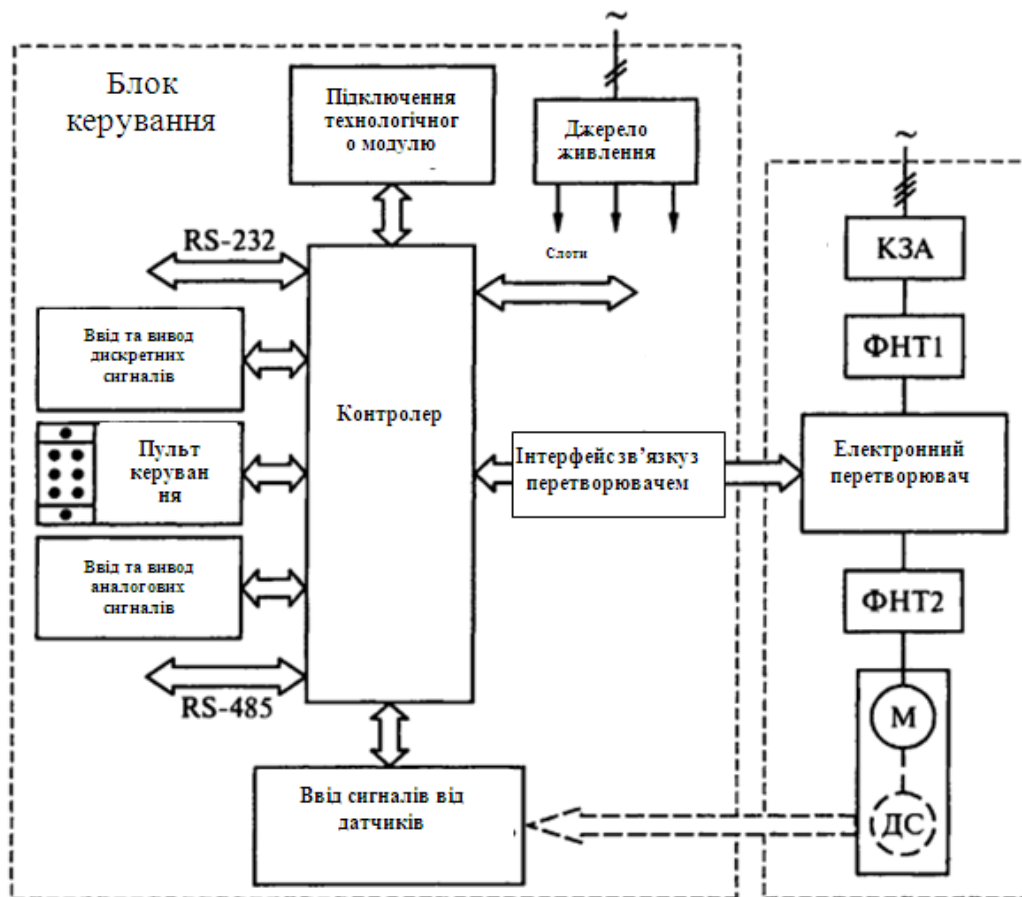


Рис. 3. Функціональна схема КЕП

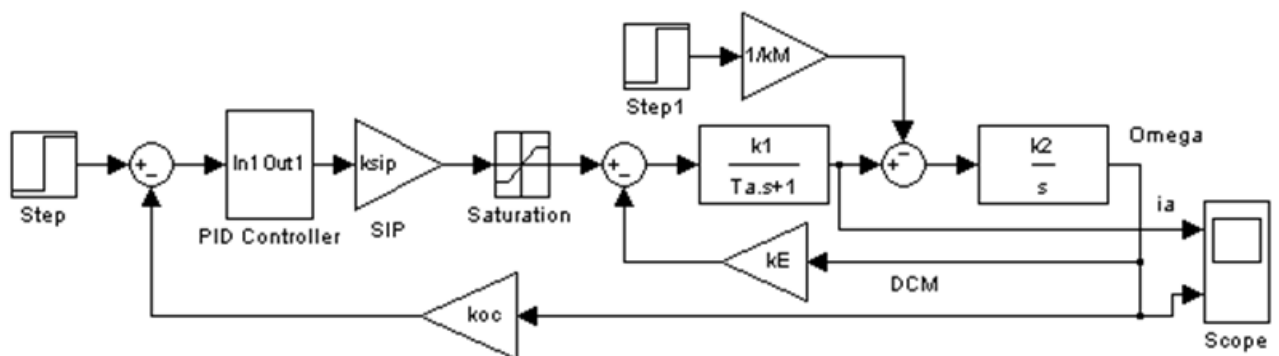


Рис. 4. Структурна модель стабілізації швидкості ДПТ

До складу структурної моделі входять наступні блоки-субмоделі: PID-controller - ПІД-регулятор, SIP - широтно-імпульсний перетворювач з обмеженням по виходу, призначений для управління струмом якорного ланцюга, DCM - ДПТ з незалежним збудженням.

Підставивши в схему значення, запропоновані в [11] були отримані перехідні характеристики, що наведені на рисунку 5..

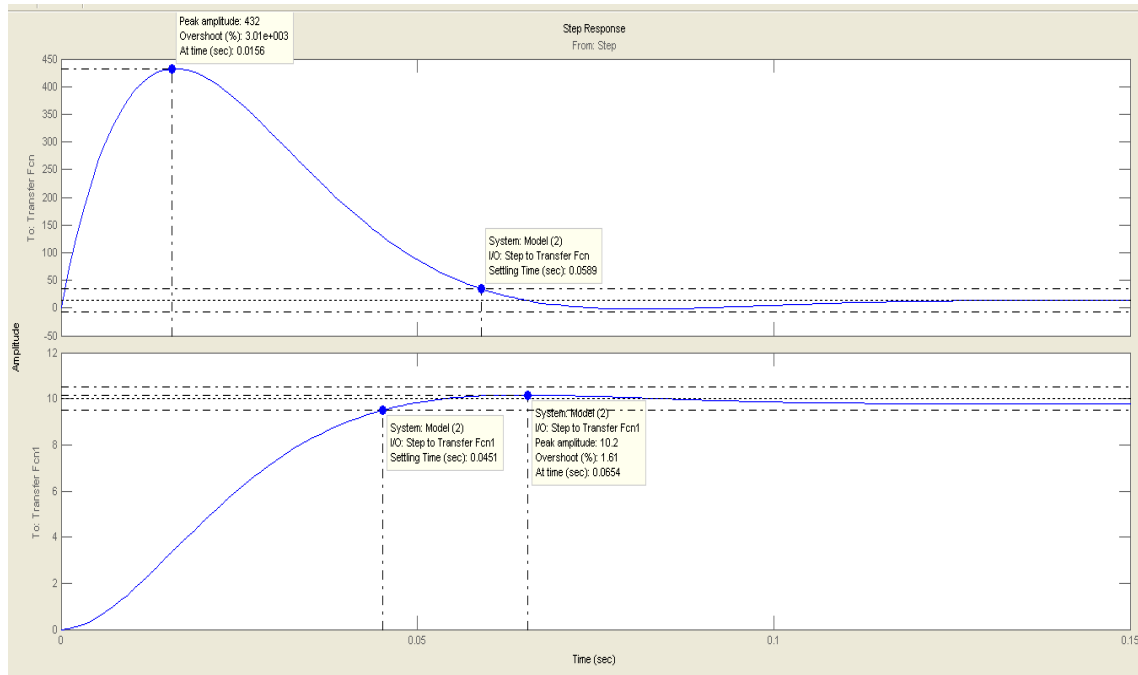


Рис. 5. Перехідні характеристики системи з ПІД-регулятором

Крива зверху відображає скачок струму якоря, знизу-кутову швидкість. Далі була проведена заміна ПІД-регулятора на АР, структурна схема якого представлена на рисунку 6.

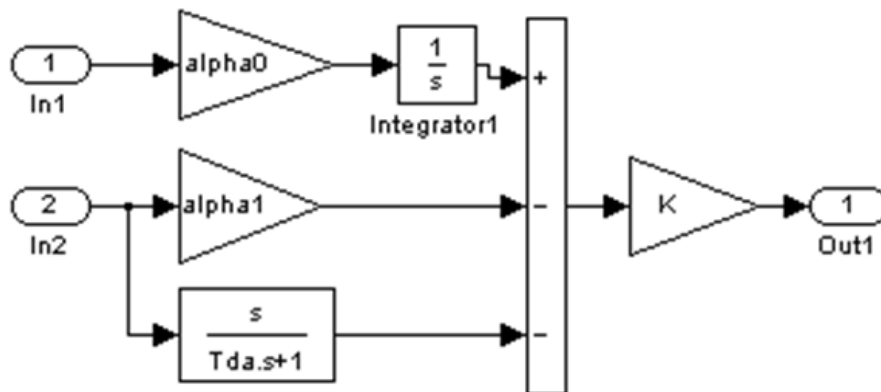


Рис. 6. Структурна схема адаптивного регулятора

Задаючись параметрами, запропонованими в [2] були отримані перехідні характеристики, що наведені на рисунку 7.

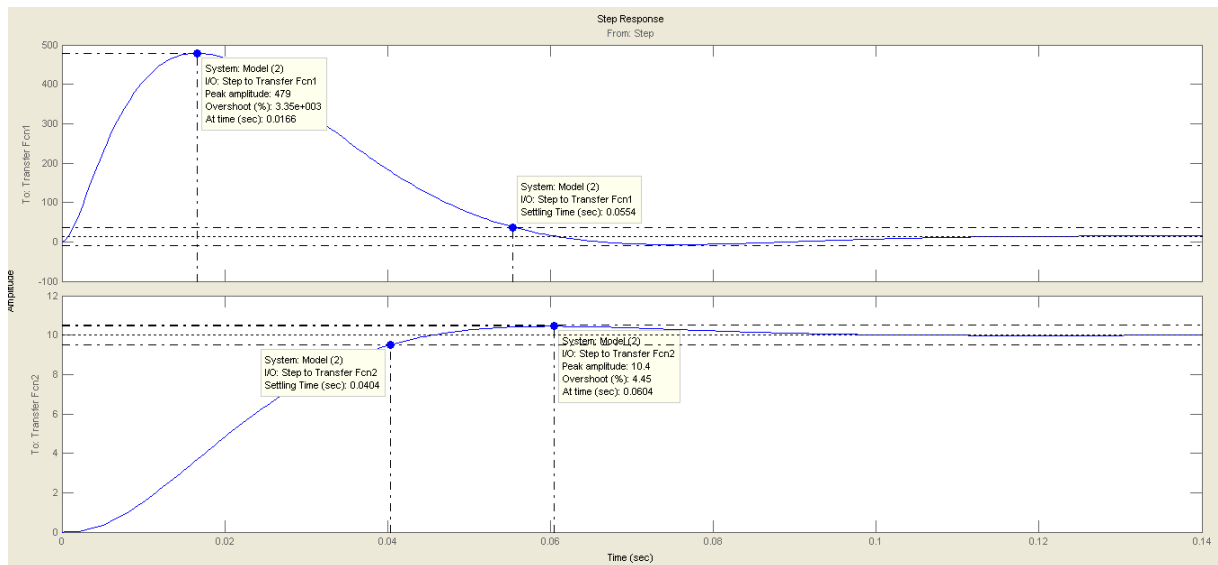


Рис. 7. Перехідні характеристики системи з АР

Висновок. В обох випадках перерегулювання не перевищує 5% і час перехідного процесу - менше 0,06 с. Однак, в системі з АР відсутня статична помилка, що підтверджує наявність властивості робастності.

Результати проведених досліджень системи керування комплексного електропривода з адаптивним регулятором впроваджені в учбовий процес кафедри автоматики Національного університету кораблебудування.

Список літератури

1. Чернов Е.А. Комплексные электроприводы станков с ЧПУ. Справочное пособие Горький. Волго-Вятское из-во, 1989, 320с.
2. Белов, М.П. Автоматизированный электропривод типовых производственных механизмов и технологических комплексов / М. П. Белов, В. А. Новиков, Н. Л. Рассудов; учебник для студ. высш. учеб. заведений. – 3-е изд., испр. – М. : Издательский центр "Академия", 2007. – 576 с.
3. Черных И. В. Моделирование электротехнических устройств в Matlab, SimPowerSystems и Simulink. – М.: ДМК Пресс; СПб.; Питер, 2008. – 288 с.: ил.
4. Герман-Галкин, С. Г. Компьютерное моделирование полупроводниковых систем в MATLAB6.0 / С.Г. Герман-Галкин. – СПб.: Корона принт, 2001. – 320с.
5. Hairer, Ernst; Nørsett, Syvert Paul; Wanner, Gerhard (2008), Solving ordinary differential equations I: Nonstiff problems, Berlin, New York: Springer-Verlag.
6. Попович М.Г., Ковальчук О.В. Теорія автоматичного керування: Підручник. – К.: Либідь, 2007. – 656 с.
7. Краснодубец Л. А. Аналитическое конструирование адаптивных регуляторов на основе концепций обратных задач динамики и локальной оптимизации / Л. А. Краснодубец // Вестник СевНТУ. Автоматизация процессов и управление: сб. науч. тр. — Севастополь, 2010. — Вып. 108 — С. 5-9.
8. Применение новых адаптивных регуляторов в системах стабилизации скорости двигателей постоянного тока Л. А. Краснодубец // Вестник СевНТУ. Автоматизация процессов и управление: сб. науч. тр. — Севастополь, 2010. — Вып. 108 — С. 213-217.
9. Герман-Галкин С.Г. Matlab&Simulink. Проектирование мехатронных систем на ПК / С.Г. Герман-Галкин. — СПб.: КОРОНА-Век, 2008. — 368 с.
10. Krzysztof Szabat and Teresa Orłowska-Kowalska. Adaptive control of the electrical drivers with the elastic coupling using Kalman filter. // Wroclaw University of Technology. Poland. 2009 372 pages.
11. Хлыпало Е.И. Нелинейные корректирующие устройства в автоматических системах Энергия, 1973 341с.
12. Нелінійні адаптивні регулятори в комплексних електроприводах / Партола Є.О., Савченко О.В., Гараєв К. Р., Фоменко Л. А // Матеріали всеукраїнської науково-технічної конференції молодих вчених «Автоматика та електротехніка». –Миколаїв: НУК, 2019. – С. 62–64.

ЗМІСТ

СЕКЦІЯ 1. АВТОМАТИЗОВАНИЙ ЕЛЕКТРОПРИВОД.....	3
<i>Васильєв О.Г., Острогляд В.О., Пищенко А.О., Тростинський М.М.</i> Підвищення ефективності та розширення технологічних можливостей робототехнічного комплексу плазмового різання.	3
<i>Шарейко Д.Ю., Білюк І.С., Савченко О.В., Фоменко А.М.</i> Адаптивний регулятор у сучасних комплектних електроприводах	6
<i>Іванов А.В.</i> Перспективи розвитку моделей та методів керування вібраційними транспортуючими пристроями.....	12
<i>Козлов А.Ю.</i> Перспективи розвитку технологій виробництва високоякісних бетонних виробів із застосуванням керованих електромагнітних приводів та елементів з регульованою жорсткістю.....	14
<i>Стаканов Д.К.</i> Перспективи використання магнітоелектричних приводів на вібраційних сепараторах..	17
СЕКЦІЯ 2. ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИЧНІ КОМПЛЕКСИ, ЕЛЕКТРИЧНІ МАШИНИ І АПАРАТИ	20
<i>Авдєєва О.А., Садовий О.С.</i> Удосконалення однофазного трансформатора з витим стрижневим магнітопроводом	20
<i>Жук О.К., Дзисюк Я.В., Буряк В.С.</i> Енергоефективність та якість електроенергії в автономних мікромережах морських суден і плавспоруді	22
<i>Циганов О. М.</i> Напрямок удосконалення трансформаторів на основі секціонування та комбінації марок сталі шихтованих магнітопроводів.....	28
СЕКЦІЯ 3. ІМПУЛЬСНІ ПРОЦЕСИ І ТЕХНОЛОГІЇ.....	31
<i>Гулько В.І., Дмитрішин О.Я., Фещук Т.А.</i> Експериментальні дослідження характеристик просоченого комбінованого плівкового діелектрика високовольтних імпульсних конденсаторів	31
<i>Гулько В.І., Перекупка І.А., Танасова О.Д.</i> Експериментальні дослідження тривалої електричної міцності конденсаторних діелектричних систем.....	33
<i>Рачков О.М., Дмитрішин О.Я., Старков І.М.</i> Подрібнення склоподібної сировини розрядно-імпульсним способом.....	35
<i>Вовченко А.И., Козырев С.С., Овчинникова Л.Е.</i> Информационные координаты системы управления высоковольтным электрохимическим взрывом	37
<i>Колесник І.А., Рябенський В.М.</i> Спекание металлических порошков высокочастотным излучением в постоянном магнитном поле	39
СЕКЦІЯ 4. АВТОМАТИЗАЦІЯ ОБРОБКИ ДАНИХ ТА ІНФОРМАЦІЙНА БЕЗПЕКА.....	44
<i>Корицький В.І., Майгур О.І., Дідківський О.О., Заїченко Т.С.</i> Аналіз загроз інформаційній безпеці web-застосунку з мікросервісною архітектурою.....	44