

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

ПОЛТАВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ЮРІЯ КОНДРАТЮКА



«ЕЛЕКТРОННІ ТА МЕХАТРОННІ СИСТЕМИ: ТЕОРІЯ, ІННОВАЦІЇ, ПРАКТИКА»

ЗБІРНИК НАУКОВИХ ПРАЦЬ ЗА МАТЕРІАЛАМИ
ВСЕУКРАЇНСЬКОЇ НАУКОВО-ПРАКТИЧНОЇ
ІНТЕРНЕТ-КОНФЕРЕНЦІЇ
5 листопада, 2015 р.



Полтава 2015

Електронні та мехатронні системи: теорія, інновації, практика: збірник наукових праць за матеріалами Всеукраїнської науково-практичної Інтернет-конференції, 5 листопада, 2015 р. / Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка.

Редколегія: О.В. Шульга (головний редактор) та ін. – Полтава: ПолтНТУ, 2015. – 128 с.

У збірнику представлені результати наукових досліджень та розробок в області сучасних електромеханічних систем та автоматизації, електричних машини і апаратів, моделювання та методів оптимізації, енергоресурсозбереження в електромеханічних системах, управління складними технічними системами, проблем аварійності та діагностики в електромеханічних системах та електричних машинах, інформаційно-комунікаційних технологіях та засобах управління. Призначений для наукових й інженерно-технічних працівників, аспірантів і магістрів.

Матеріали відтворено з авторських оригіналів та рекомендовано до друку Всеукраїнської науково-практичної Інтернет-конференції «Електронні та мехатронні системи: теорія, інновації, практика». Редакція не обов'язково поділяє думку автора і не відповідає за фактичні помилки, яких він припустився.

Відповідальний за випуск – д.т.н., доцент О.В. Шульга.

Редакційна колегія:

О.В. Шульга – *головний редактор*, доктор технічних наук, доцент, завідуючий кафедрою автоматики та електропривода Полтавського національного технічного університету імені Юрія Кондратюка;

О.В. Шефер – *заступник головного редактора*, кандидат технічних наук, доцент кафедри автоматики та електропривода Полтавського національного технічного університету імені Юрія Кондратюка;

К.С. Козелкова – доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри комп'ютерних систем та мереж Державного університету телекомунікацій;

В.П. Тарасюк – кандидат технічних наук, доцент, декан факультету комп'ютерних, інформаційних технологій, автоматики, електроніки та радіотехніки Донецького національного технічного університету;

В.В. Борщ – кандидат фізико-математичних наук, доцент кафедри автоматики та електропривода Полтавського національного технічного університету імені Юрія Кондратюка;

Н.В. Єрмілова – кандидат технічних наук, доцент кафедри автоматики та електропривода Полтавського національного технічного університету імені Юрія Кондратюка;

С.Г. Кислиця – кандидат технічних наук, доцент кафедри автоматики та електропривода Полтавського національного технічного університету імені Юрія Кондратюка;

Д.М. Нелюба – кандидат технічних наук, доцент кафедри автоматики та електропривода Полтавського національного технічного університету імені Юрія Кондратюка.

УДК 621.398.96

Сільвестров А. М., д.т.н., професор; Боряк Б. Р., аспірант;

Луцьо В.В., аспірант.

Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка

АНАЛІЗ МЕТОДУ СИНТЕЗУ РЕГУЛЯТОРА ДЛЯ ОБ'ЄКТІВ ІЗ ЗАПІЗНЮВАННЯМ Р. БЕССА

Особливістю багатьох систем та технологічних об'єктів є наявність різної величини запізнювань. Серед таких процесів можна виділити виробництво скляних труб, транспортування рідин і газів через резервуари та трубопровід, контроль рівня рідин у ємностях, регулювання рівня палива в котлах теплових електростанцій. Загалом запізнювання можна поділити на дві категорії транспортне і динамічне.

Запізнення у об'єктах керування може значно погіршити працездатність системи, значно зменшивши її динаміку, або зробити систему нестійкою. Для компенсації цієї негативної складової було розроблено кілька методів синтезу регуляторів, кожен з яких створений для певної категорії об'єктів керування, а деякі можуть бути застосовані для декількох категорій. Актуальним є проведення аналізу цих методів та об'єктів до яких вони застосовуються.

Поставленою задачею є аналіз і систематизація методів синтезу регулятора для різних об'єктів із транспортним і динамічним запізнюванням, у даному випадку метод компенсації Р. Бесса. У результаті, отримання можливості покращення методів синтезу, або розробки власних для заданих об'єктів керування.

У наш час існує декілька методів синтезу, які є оптимальними по швидкодії, систем керування для об'єктів із запізнюванням. Одним із них – метод компенсації Р. Бесса, суть якого полягає у тому, що для компенсації запізнювання в оптимальних системах при побудові функції аргументу керування додається випередження на τ для того, щоб керуюча дія системи із запізнюванням і такої ж системи без запізнювання співпадали. У математичній інтерпретації це означає, що у фазовому просторі поверхня керування, випереджена по часу на τ поверхню перемикавання, будується по заданій поверхні перемикавання системи без запізнювання.

Координати стану компенсованої системи \tilde{x}_i можуть бути представлені у вигляді лінійних комбінацій поточних координат x_i , вагові коефіцієнти яких залежать від часу запізнювання. У результаті, нелінійні пристрої, що реалізують оптимальний алгоритм керування в системі з запізнюванням можуть залишатись тими ж, що і в системі без запізнювання, якщо на виході цих елементів замість поточних координат x_i , подавати їх лінійні комбінації.

У даному методі отримані алгоритми управління об'єктами 2-го і 3-го порядків з запізненням в керуванні, що забезпечують оптимальні перехідні

Рівняння (1), (2) є загальними для визначення Φ^* за заданою функцією Φ . Відповідно для цього необхідно визначити величини $\Delta x_i(\tau)$, $i = \overline{1, n}$, а потім підставити майбутні значення координат системи $x_i + \Delta x_i$ у рівняння поверхні перемикавання системи без запізнювання.

Основним недоліком методу компенсації запізнювання є те, що отримувана оптимальна поверхня перемикавання в компенсованих системах в області початку координат фазового простору виявляється неоднозначною. При певних початкових умовах рух в системі стає неоптимальним: збільшується число інтервалів перемикавання, зростає час перехідного процесу, при цьому відхилення фазової траєкторії від оптимальної може бути суттєвим і різним, але оцінити його заздалегідь складно. Позбутися від цього недоліку можна лише шляхом використання при синтезі оптимальних систем спеціальних підходів.

Компенсація запізнювання за методом Бесса без порушення оптимальності фазової траєкторії можлива тільки в тому випадку, коли область, в якій система втрачає ознаки оптимальної, дорівнює нулю для кожного інтервалу управління.

Існує метод, який передбачає збільшення інтервалів керування з тривалістю $t_j \leq \tau$. Після чого основною метою є знаходження на цих інтервалах такої функції керування $u_j = \varphi_j(x)$, після реалізації якої $t_j = \tau$ за таких самих початкових і кінцевих умов для фазових координат на цих інтервалах, знайдених на цих інтервалах без компенсації.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Янушевский Р. Т. Управление объектами с запаздыванием. М.: Наука, 1978. – 410с.
2. Ключев А. С., Карпов В. С. Синтез быстродействующих регуляторов для объектов с запаздыванием. М.: Энергоатомиздат, 1990. –176 с.

ANALYSIS OF R. BESSIE SYNTHESIS REGULATOR METHOD FOR OBJECTS WITH TIME DELAY

A. Silvestrov, ScD (Engineering), Professor; **B. Boriak**, postgraduate student;
V. Lutsio, postgraduate student.

Poltava National Technical Yuri Kondratyuk University

ЗМІСТ

<i>Єрмілова Н.В., Сімчук В.В., Кузнєцов С.І., Калов С.І.</i> ДОСЛІДЖЕННЯ РЕЖИМУ САМОКОМУТАЦІЇ КРОКОВОГО ДВИГУНА З МЕТОЮ ОТРИМАННЯ ВЕЛИКИХ РОБОЧИХ ЧАСТОТ.....	3
<i>Бороздін М.К., Козак М.В.</i> СКЛАДАННЯ ОПЕРАТОРНИХ РІВНЯНЬ І ВИЗНАЧЕННЯ ПЕРЕДАВАЛЬНИХ ФУНКЦІЙ СИСТЕМ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ.....	5
<i>Кислиця С.Г., Кислиця Д.В.</i> ДОСЛІДЖЕННЯ СВІТЛОВИХ ТА КОЛІРНИХ ПАРАМЕТРІВ СВІТЛОДІЮДНИХ ЛАМП...7	
<i>Дрючко О.Г., Стороженко Д.О., Бунякіна Н.В., Іваницька І.О.</i> БАГАТОПОЗИЦІЙНИЙ ЕЛЕКТРОМАГНІТНИЙ КОМПЛЕКС ПРИВЕДЕННЯ СИСТЕМ У ТЕРМОДИНАМІЧНО РІВНОВАЖНИЙ СТАН.....	10
<i>Чуркін А.С., Поцєпаєв В.В.</i> СИСТЕМА АВТОМАТИЧНОГО УПРАВЛІННЯ ПАРОГЕНЕРАТОРОМ.....	13
<i>Красиленко В.Г., Нікітович Д.В.</i> МОДЕЛЮВАННЯ МЕТОДІВ РОЗПІЗНАВАННЯ ТА ВИЗНАЧЕННЯ КООРДИНАТ ОБ'ЄКТІВ З ВИКОРИСТАННЯМ НЕЛІНІЙНИХ ВЗАЄМНИХ ЕКВІВАЛЕНТНІСНИХ ФУНКЦІЙ ТА ЇХ ФОРМУВАННЯМ ШЛЯХОМ РОЗРЯДНО-ЗРІЗОВОЇ ДЕКОМПОЗИЦІЇ.....	15
<i>Кулінченко Г.В., Багута В.А., Черв'яков В.Д., Леонтєв П.В.</i> КЕРУВАННЯ ДВИГУНОМ З РОТОРОМ, ЩО КОТИТЬСЯ У СКЛАДІ ДРОСЕЛЮЮЧОГО МЕХАТРОННОГО МОДУЛЮ.....	19
<i>Бориц В.В., Бориц О.Б., Ільченко О.О., Єльніков А.С.</i> ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ КОМПЛЕКСУ ДЛЯ ВИМІРЮВАННЯ ТА АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ ТИСКОМ ГАЗУ.....	21
<i>Варфоломєєва О.Г., Перепелиця Н.Л.</i> ВИКОРИСТАННЯ КОРПОРАТИВНОЇ ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ ОПЕРАТОРА ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙ ПРИ ВИРІШЕННІ ЗАДАЧ УПРАВЛІННЯ МЕРЕЖАМИ.....	23
<i>Вишнівський В.В., Кузавков В.В.</i> СИСТЕМА ТЕХНІЧНОГО ДІАГНОСТУВАННЯ ТА ІНФОРМАЦІЙНА БЕЗПЕКА.....	25
<i>Барабаш О.В., Берназ Н.М.</i> ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ СТІЙКОСТІ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ.....	26
<i>Козелков С.В., Луцьо В.В., Боряк Б.Р.</i> МОЖЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ МІНІМАКСНОГО МЕТОДУ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ДВОХ ДЖЕРЕЛ СИГНАЛУ ЗА УМОВИ НАЯВНОСТІ ЗАВАД В КАНАЛІ ЗВ'ЯЗКУ.....	27

Вишнівський В.В., Підручний А.І. РОЗРОБКА МЕТОДУ АВТОМАТИЗАЦІЇ ОБРОБКИ ЕКОНОМІЧНОЇ ІНФОРМАЦІЇ. ПЕРЕВАГИ РОЗРОБКИ ВЕБ СЕРВІСУ ДЛЯ СТВОРЕННЯ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ФІНАНСОВО-ОБЛІКОВОЇ ДІЯЛЬНОСТІ КОМПАНІЙ.....	29
Куклов В.М. ЗМЕНШЕННЯ ЗАТРИМКИ РЕАСОЦІАЦІЇ В МЕРЕЖАХ СТАНДАРТУ 802.11b/g НА БАЗІ ТЕХНОЛОГІЇ SDN.....	30
Вишнівський В.В. НОВИЙ ПІДХІД ДО ПІДГОТОВКИ ІКТ-СПЕЦІАЛІСТІВ.....	34
Гринкевич Г.О. АНАЛІЗ ШЛЯХІВ ПІДВИЩЕННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ MESH-МЕРЕЖ.....	35
Похабова І.Е. ОСНОВНІ ПРИНЦИПИ РОБОТИ МЕРЕЖІ SDN ТА ЇЇ ПЕРЕВАГИ.....	36
Гніденко М.П. ОБГРУНТУВАННЯ КЛАСТЕРУ ПРОФЕСІЙНИХ КОМПЕТЕНЦІЙ ЗА ПРОФЕСІЯМИ ГАЛУЗІ ІКТ.....	38
Козелков С.В., Козелкова Е.С. ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНОГО РИНКА УКРАЇНИ.....	39
Вишнівський В.В., Катков Ю. І. ЗАСТОСУВАННЯ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ В СОЦІАЛЬНИХ ІНТЕРНЕТ- МЕРЕЖАХ.....	40
Борщ В.В., Кислиця С.Г., Кислиця Д.В., Терновий Р.О. АВТОМАТИЧНЕ КЕРУВАННЯ ЕНЕРГООЩАДНИМ ОСВІТЛЕННЯМ РОСЛИН В ТЕПЛИЦІ.....	41
Бороздін М.К., Козак М.В. НЕЛІНІЙНІ ТА ДИСКРЕТНІ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ.....	43
Буйко В.В., Зінов'єв С.М. ЗНИЖЕННЯ ЕНЕРГОЗАТРАТ НА КОЛИВАННЯ ВЕРТИКАЛЬНОГО ВІБРАЦІЙНОГО МЛИНА.....	47
Москаленко В.Э., Зінов'єв С.Н. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТАНА УГОЛЬНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ В ЭНЕРГОСИСТЕМЕ ШАХТ.....	49
Козелков С.В., Луцьо В.В., Боряк Б.Р. ПЕРСПЕКТИВИ ЗАСТОСУВАННЯ ІГРОВИХ МЕТОДІВ ДЛЯ ОПТИМАЛЬНОГО УПРАВЛІННЯ.....	51
Дорогобід В.П. ВИКОРИСТАННЯ КОМПЛЕКСНОЇ СИСТЕМИ НАВІГАЦІЇ В СИСТЕМАХ АВТОМАТИЗОВАНОГО УПРАВЛІННЯ РУХОМ.....	53

Лактіонов О.І.

РОЗРОБКА МОДЕЛІ ОЦІНЮВАННЯ РІВНЯ ПРОФЕСІЙНОЇ КОМПЕТЕНТНОСТІ
ФАХІВЦІВ ВИСОКОТЕХНОЛОГІЧНИХ ВИРОБНИЧИХ ПРОЦЕСІВ.....56

Степанов М.М., Уварова Т.В.

СТВОРЕННЯ НАВЧАЛЬНО-ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЇ МОДЕЛЬНОЇ МЕРЕЖІ НА БАЗІ
ПЕРСПЕКТИВНИХ ТЕХНОЛОГІЙ.....57

Сільвестров А.М., Луцьо В.В., Боряк Б.Р.

АНАЛІЗ МЕТОДУ СИНТЕЗУ РЕГУЛЯТОРА ДЛЯ ОБ'ЄКТІВ ІЗ ЗАПІЗНЮВАННЯМ Р.
БЕССА.....61

Сільвестров А.М., Луцьо В.В., Боряк Б.Р.

ЗГЛАДЖУВАННЯ ТА ПРОГНОЗУВАННЯ СИГНАЛІВ ЗА ДОПОМОГОЮ НОНІУСНОГО
ВКЛЮЧЕННЯ ЕКСПОНЕНЦІАЛЬНИХ ФІЛЬТРІВ МОДЕЛІ БРАУНА.....64

Семибаламут Р.О.

ІННОВАЦІЙНІ НОВОВВЕДЕННЯ ТА ПРОПОЗИЦІЇ В ЕЛЕКТРИЧНИХ
МЕХАНІЗМАХ.....66

Тамахін Г.В., Ківшик А.В.

ОПТИМІЗАЦІЯ ПЕРЕДАЧІ ЕНЕРГІЇ ВІД ДЖЕРЕЛА ГАРМОНІЧНОГО СТРУМУ У
НЕЛІНІЙНОМУ НАВАНТАЖЕННІ.....68

Галай В.М., Боряк Б.Р.

СИСТЕМА КЕРУВАННЯ ПРОЦЕСОМ ВИПАЛЮВАННЯ ЦЕГЛИ В ТУНЕЛЬНІЙ ПЕЧІ...69

Галай В.М., Луцьо В.В.

ОЦІНКА СТАНУ ЗАРЯДУ ЛІТІЄВО-ІОННОЇ БАТАРЕЇ З ВИКОРИСТАННЯМ НЕ
СЛІДКУЮЧОГО ФІЛЬТРУ КАЛЬМАНА.....72

Куц В.А.

ВИКОРИСТАННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ АТЕСТАЦІЇ РОБОЧИХ МІСЦЬ ПРИ РОЗРОБЦІ
ОРГАНІЗАЦІЙНИХ І ТЕХНІЧНИХ ЗАХОДІВ З БЕЗПЕКИ НА ПІДПРИЄМСТВАХ
ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ГАЛУЗІ.....75

Сегеда І.В., Мінтус М.А.

ВЕБ-СЕРВЕРНА СИСТЕМА АВТОМАТИЗАЦІЇ ОБЛІКУ РЕСУРСІВ З ВИКОРИСТАННЯМ
ШАБЛОНУ MVC.....77

Китасєв Є.О.

ПРИНЦИП РОБОТИ МАНПУЛЯТОРА КИСТІ РУКИ НА ОСНОВІ ПЛАТФОРМИ
ARDUINO.....79

Шефер О.В., Дзівіцький В.Д.

ДІАГНОСТУВАННЯ ТА НЕРУЙНІВНИЙ КОНТРОЛЬ ПАРАМЕТРІВ АСИНХРОННИХ
ЕЛЕКТРОДВИГУНІВ НА ОСНОВІ АНАЛІЗУ СПЕКТРІВ СПОЖИВАНОВОГО СТРУМУ.....81

Шефер О.В., Колісник С.В.

СИНТЕЗ РЕГУЛЯТОРА ПОЛОЖЕННЯ ПОЗИЦІЙНОЇ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ З
ВИКОРИСТАННЯМ АЛГОРИТМА ОПТИМІЗАЦІЇ.....83

Гонтар М.М., Нелюба Д.М. НЕСТІЙКІ СИСТЕМИ ДРУГОГО ПОРЯДКУ ЯК ОБ'ЄКТИ КЕРУВАННЯ.....	87
Гонтар М.М., Нелюба Д.М. СИНТЕЗ РЕГУЛЯТОРА ШВИДКОСТІ АСИНХРОННОГО ЕЛЕКТРОДВИГУНА В СИСТЕМІ КЕРУВАННЯ ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧИМ ЕЛЕКТРОПРИВОДОМ З ВЕКТОРНИМ КЕРУВАННЯМ.....	89
Нелюба Д.М., Гонтар М.М. ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИЙ МЕТОД НАЛАГОДЖЕННЯ ПІД-РЕГУЛЯТОРА ДЛЯ АВТОНОМНОГО МОБІЛЬНОГО РОБОТА.....	91
Нелюба Д.М., Гонтар М.М. МЕТОД АЛГЕБРАІЧНОЇ ІДЕНТИФІКАЦІЇ ДЛЯ АДАПТИВНОГО КЕРУВАННЯ ДВИГУНОМ ПОСТІЙНОГО СТРУМУ.....	94
Дьяков С.О. УЗАГАЛЬНЕНА КОНЦЕПТУАЛЬНА МОДЕЛЬ СИСТЕМИ ДИНАМІЧНОГО КЕРУВАННЯ У ГНУЧКІЙ ВИРОБНИЧІЙ СИСТЕМІ.....	96
Саковець О.О., Ларін Д.А. ВИКОРИСТАННЯ ОБОЛОНКИ MATHCAD ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦІЇ ОБЧИСЛЕНЬ З АВТОМАТИЧНИМ ВИБОРОМ ДВИГУНА ПО ПОТУЖНОСТІ.....	99
Зінов'єв С.М., Гончарова В.М. ЗАСТОСУВАННЯ АСИНХРОННИХ ДВИГУНІВ В ШАХТНИХ ЕЛЕКТРОВОЗАХ.....	101
Тамахін Г.В. ПРОБЛЕМИ ОПТИМІЗАЦІЇ ПЕРЕДАЧІ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ ПРИ НЕЛІНІЙНИХ НАВАНТАЖЕННЯХ.....	103
Дзінько А.М. ГЕНЕРАЦІЯ КОМПОНОВОК ГВС ДЛЯ ПРОВЕДЕННЯ ІМІТАЦІЙНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	105
Дзінько Р.І. ПІДХІД ДО ВИРІШЕННЯ ЗАДАЧІ ОПЕРАТИВНОГО УПРАВЛІННЯ В ГНУЧКИХ ВИРОБНИЧИХ СИСТЕМАХ В УМОВАХ НЕВИЗНАЧЕНОСТЕЙ.....	106
Мінтус А.М. ПІДВИЩЕННЯ ТОЧНОСТІ ВІДПРАЦЮВАННЯ ЗАДАВАЛЬНИХ ГАРМОНІЧНИХ ВПЛИВІВ.....	108
Шульга О.В., Сокіріна В.О. МОДЕЛЮВАННЯ СТРУКТУРИ ДВИГУНА ПОСТІЙНОГО СТРУМУ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ ЙОГО ХАРАКТЕРИСТИК У ЗАМКНЕНІЙ СИСТЕМІ УПРАВЛІННЯ РУХОМ ТРАНСПОРТНИМИ ЗАСОБАМИ.....	109
Саковець О.О. РОЗРОБКА АВТОМАТИЧНОЇ СИСТЕМИ КОНТРОЛЮ ПОВІТРЯНОЇ ШВИДКОСТІ НАДЛЕГКОГО БПЛА.....	112

Шульга А.В., Сокіріна В.А.

ВЛИЯНИЕ РАЗМЕРОВ РАЗРЯДНОЙ ГОРЕЛКИ НА НАПРЯЖЕНИЕ ЗАЖИГАНИЯ ДЛЯ
ПОВЫШЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ РАБОТЫ НАВИГАЦИОННЫХ ПРИБОРОВ.....114

Дорогобід В.П.

ВИЗНАЧЕННЯ ГРАНИЦЬ ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ МОЖЛИВОСТЕЙ
КОМПЛЕКСНОЇ НАВІГАЦІЇ.....117

АЛФАВІТНИЙ ВКАЗІВНИК.....120

