

ЛАБОРАТОРНИЙ СТЕНД ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ АЛГОРИТМІВ КЕРУВАННЯ ЕЛЕКТРОПРИВОДАМИ З НЕЧІТКИМ РЕГУЛЯТОРОМ ШВИДКОСТІ

Найда В.В., ас., Конох І.С., ст. викл.

Кременчуцький національний університет імені М. Остроградського

вул. Першотравнева, 20, 39600, м. Кременчук, Україна

E-mail: saue@polytech.poltava.ua

Розглянута реалізація нечіткого регулятора для дослідження роботи адаптивних систем управління приводом ПЧ-АД з постійним і змінним навантаженнями за допомогою ШП-ДПС НЗ. Розроблений і впроваджений алгоритм роботи системи з використанням нечіткого контролера.

Ключові слова: LabView, ПД-регулятор, нечіткий контролер.

Вступ. Найбільш розвинуті на цей час методи побудови автоматичних систем управління засновані на використанні строгих математичних моделей об'єктів. Проте для переважної більшості як штучних, так і природних об'єктів управління (ОУ), якими необхідно управляти, побудова точних математичних моделей практично неможлива, зважаючи на їхню недостатню формалізацію. До того ж ці об'єкти можуть функціонувати в середовищі, властивості якого змінюються або ж взагалі не можуть бути визначені заздалегідь. Управління такими об'єктами можливо лише з використанням адаптивних принципів. У разі поганої формалізації ОУ особливий інтерес викликають системи, побудовані на нових, інтелектуальних принципах. Ці системи використовують напрацювання таких напрямів штучного інтелекту (ШІ), як нечітка логіка, експертні системи, генетичні алгоритми, штучні нейронні мережі й т. ін.

Аналіз попередніх досліджень. На даний час існують системи, призначені для дослідження характеристик електродвигунів різної потужності, наприклад, компанії ОАО «Электроприбор» [1], та ТОВ "Эталон Прибор" [2], які використовуються у навчальному процесі. Однак в даних системах реалізовані стандартні режими керування з постійним навантаженням і не аналізується якість перехідного процесу. В роботах [3, 4] розглянуто питання створення вимірювально-керуючих та вимірювально-діагностичних комплексів для дослідження режимів роботи електромеханічних систем, які, однак, дозволяють досліджувати роботу лише розімкнених систем керування.

В [5] приведена концепція побудови малогабаритних лабораторних комплексів по дослідженню роботи електродвигунів малої потужності з ПД – регулятором швидкості. Однак для даних комплексів не розглянута можливість побудови одноконтурної нечіткої системи керування з використанням нечіткого контролера швидкості і не проводиться розрахунок якості управління.

Мета роботи. Реалізація нечіткого контролера та розробка алгоритму управління одноконтурною системою керування швидкістю приводу перетворювач частоти – асинхронний двигун (ПЧ – АД) лабораторного стенду.

Матеріал і результати дослідження. В якості об'єкта дослідження було взято лабораторний

комп'ютеризований комплекс управління приводом ПЧ-АД [6], який призначений для реалізації статичних режимів навантаження за допомогою приводу ШП – ДПС НЗ.

Повний об'єм функцій, що реалізовані в комплексі, демонструє структура інтерфейсу користувача, що приведена на рис. 1. Головне меню включає чотири основні блоки:

1 – керування роботою стенда в ручному та автоматичному режимах, візуальний контроль за перехідними процесами, протоколювання у файл;

2 – вибір структури регулятора швидкості АД, усіх характеристик регулятора, у тому числі нелінійностей;

3 – вибір типу й характеристик фільтрів та обробка вхідних і вихідних сигналів комп'ютеризованої системи;

4 – імітація технологічного навантаження шляхом табличного завдання залежності $M = f(w)$.

За необхідності в програму можна додати інші функції для більш докладного дослідження процесів, що відбуваються в системі.

Опираючись на структуру інтерфейсу користувача та функціональні можливості комплексу, проведено удосконалення керуючого програмного забезпечення та інтерфейсу користувача в середовищі LabView 8.X [3] (рис. 2), основні функції якого описано в [7].

На лицьовій панелі інтерфейсу представлена вкладка вибору системи керування, а саме: одноконтурна, двоконтурна та одноконтурна нечітка й початкові настройки ПД-регулятора швидкості АД і обмеження для нього.

На рис. 3 представлено блок-схему алгоритму управління комплексом, який передбачає керування швидкістю приводу ПЧ-АД як під постійним, так і змінним навантаженням. При безперервній роботі системи управління проводиться:

- визначення зміни керуючого сигналу (тобто початок нового перехідного процесу);
- отримання даних про перехідний процес;
- визначення показників якості перехідного процесу;
- розрахунок значення критерію якості процесу регулювання;

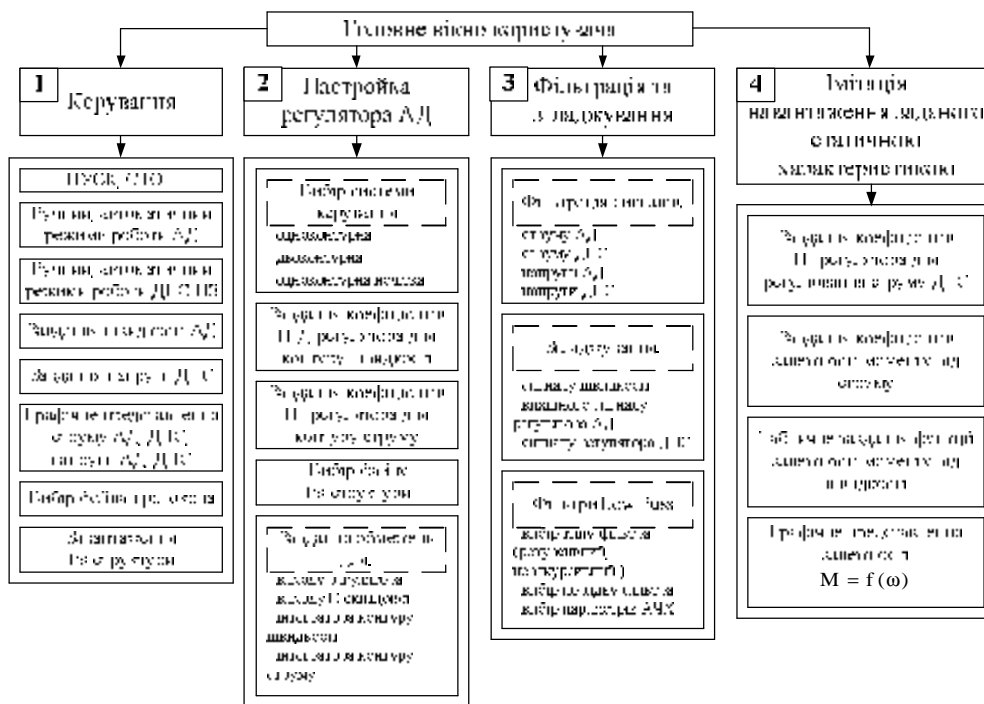


Рисунок 1 – Структура інтерфейсу користувача

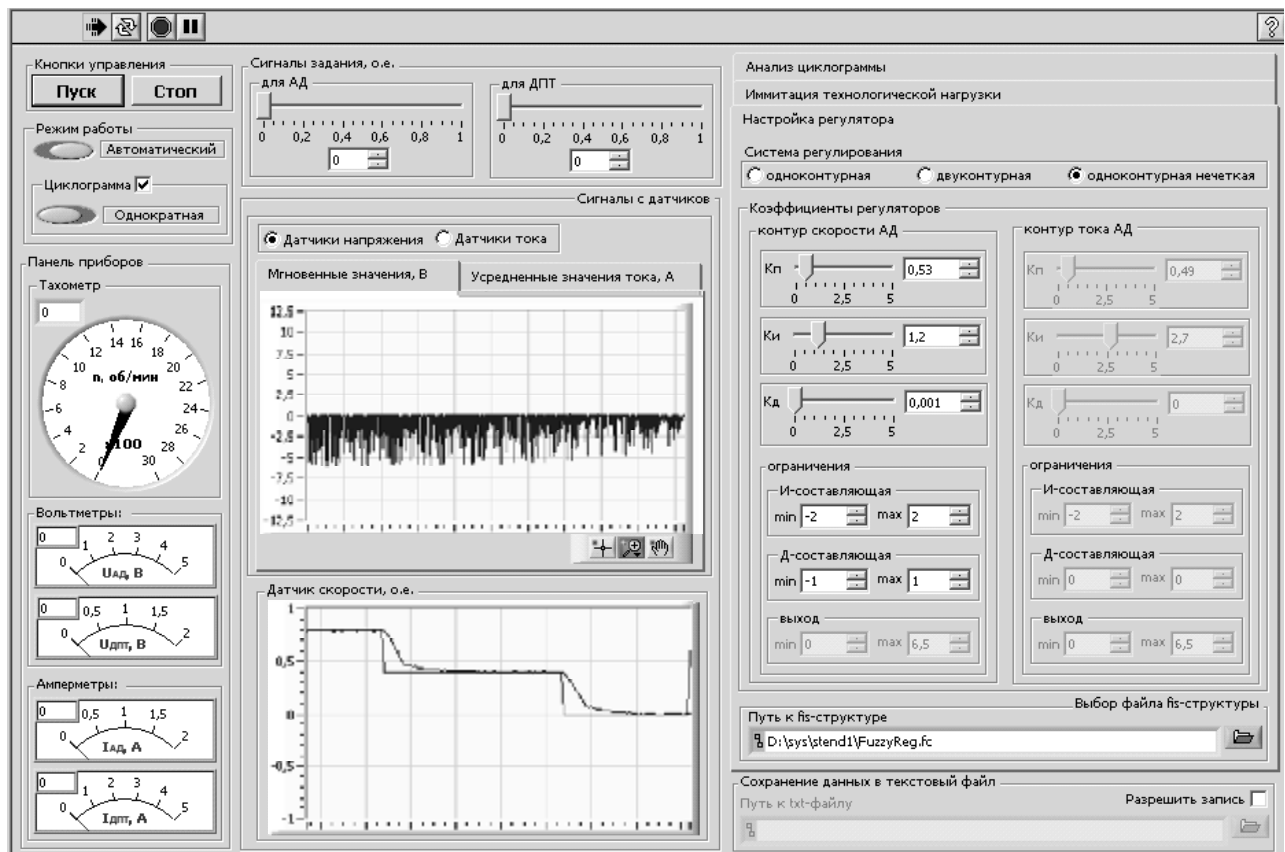


Рисунок 2 – Интерфейс користувача для дослідження роботи комплексу в одноконтурній нечіткій системі

- розрахунок виходу fuzzy-контролера згідно з алгоритмом Мамдані [9];
- розрахунок коефіцієнтів регулятора;
- формування керуючого впливу на об'єкт управління.

Оптимізувати роботу одноконтурної системи можливо з використанням нечіткого контролера, який забезпечить нелінійну зміну коефіцієнтів ПД-регулятора для забезпечення швидких перехідних процесів із мінімальним перерегулюванням. Структура створеного нечіткого регулятора наведе-

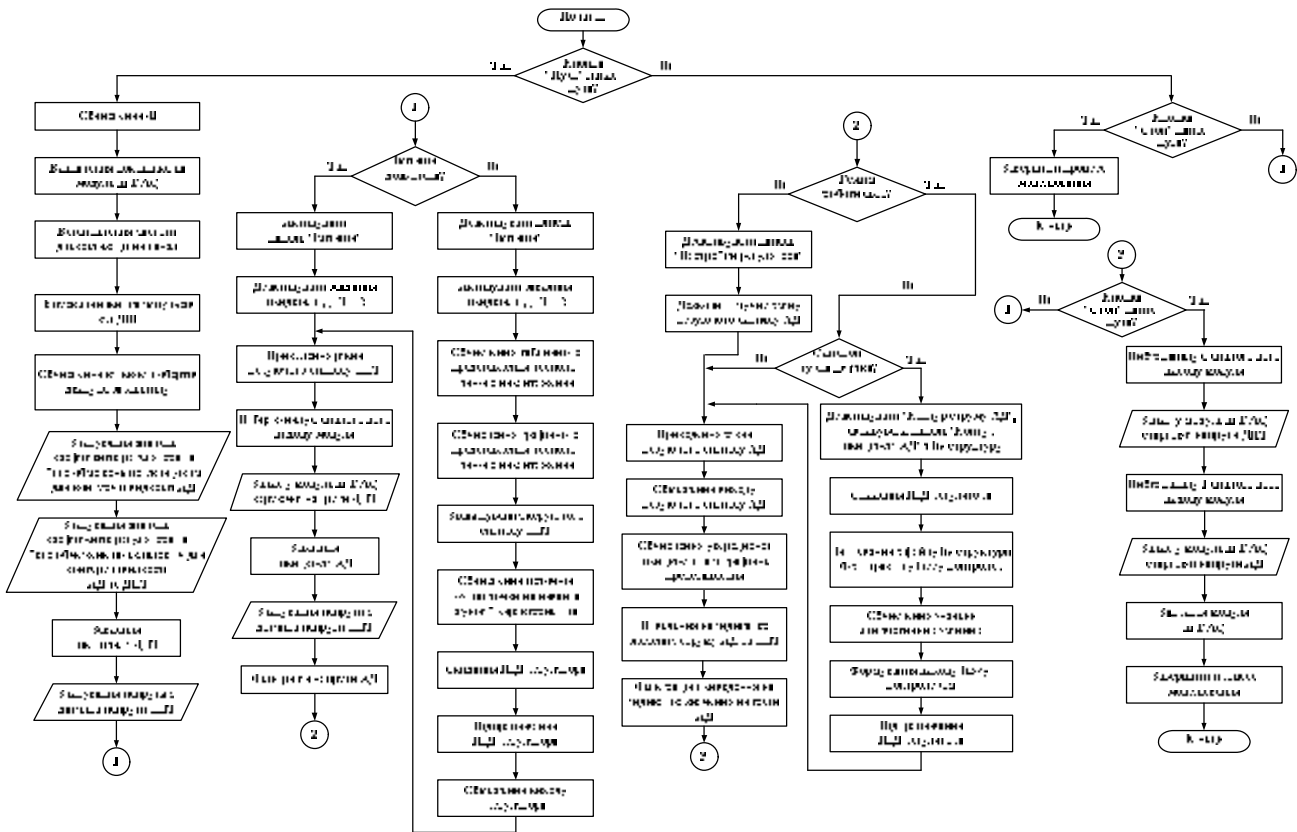


Рисунок 3 – Блок-схема алгоритму управління комплексом:
«Комп'ютеризована система управління електромеханічним устаткуванням»

на на рис. 4. Відмінною особливістю є вплив на коефіцієнт П-складової регулятора в залежності від поточного відносного розузгодження й швидкості зміни розузгодження.

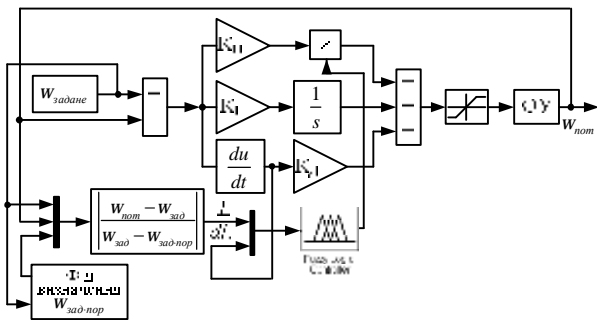


Рисунок 4 – Структура нечіткого ПІД-регулятора

На рис. 5 показані терми змінних розробленого контролера для одноконтурної нечіткої системи

керування. При формуванні виходу fuzzy-контролера на ПІД-регулятор обчислюється два значення лінгвістичних змінних: L – значення відносного розузгодження та dL – похідна розузгодження. Їх терми підібрані таким чином, щоб ідентифікувати етапи перехідного процесу: повільний рух при великому розузгодженні, розгін зі швидким скороченням відстані, швидкий рух при малому розузгодженні, рух зі зростанням розузгодження.

Для кожного випадку підібрані відповідні значення коефіцієнту зміни П-складової регулятора й оформлені у вигляді центрів термів вихідної змінної. Завдяки алгоритму нечіткого висновку, зміна коефіцієнту П-складової під час перехідних процесів змінюється плавно і відповідає ступені приналежності поточної ситуації до визначених правилами (рис. 6). Головною відмінністю отриманого регулятора є здатність формувати демпфуючий імпульс (зміна знаку П-складової), коли відносне

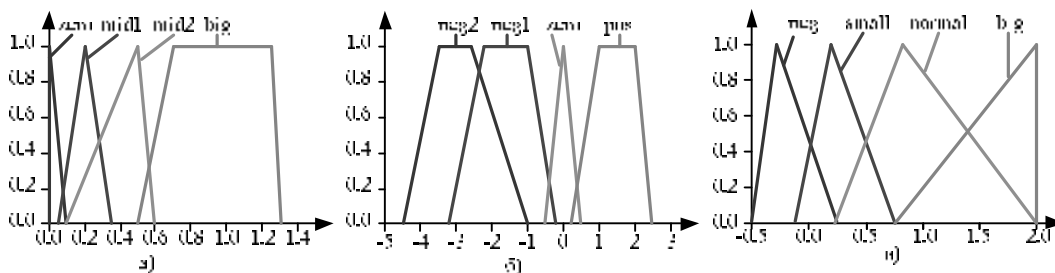


Рисунок 5 – Терми змінних розробленого нечіткого контролера: а) L – відносне розузгодження, б) dL – похідна відносного розузгодження, в) вихід fuzzy-контролера

розузгодження невелике й складає близько 0,2, а похідна розузгодження від'ємна та значна по модулю (правило 5, рис. 6).

Налаштування ПІД-регулятора проводилось емпіричним шляхом [4] за вимогами: перерегулювання не більше 25%, відсутність аперіодичної складової в перехідному процесі, кількість коливань не більше двох.

Для створення ядра нечіткого контролера використовується додаток LabView – PID Control Toolkit. На рис. 6 наведено базу правил нечіткого контролера Rulebase Editor.

У таблиці вводиться порядковий номер, комбінація вхідних змінних, значення вихідної змінної для кожного правила. Також задається метод нечіткого відображення.

У результаті відпрацювання даної системи були отримані графіки перехідних процесів по швидкості при постійному й змінному навантаженнях, які формуються за допомогою приводу широтно-імпульсний перетворювач – двигун постійного струму незалежного збудження (ШП-ДПС НЗ) (рис. 7, 8) для одноконтурної системи керування з нечітким та класичним ПІД-регулятором швидкості.

Керуюча програма проводить розрахунок якості керування для вибраного типу регулятора по наступним критеріям:

- інтегральний критерій максимальної точності:

$$I_1 = \int_0^T \Delta\omega^2 dt, \quad (1)$$

де $\Delta\omega = \omega_{zadan} - \omega_{zmir}$ – розузгодження за швидкістю;

- інтегральний критерій максимальної точності з обмеженням швидкості перехідного процесу:

$$I_2 = \int_0^T (\Delta\omega^2 + \alpha(\Delta\omega')^2) dt, \quad (2)$$

де α – ваговий коефіцієнт; $\Delta\omega'$ – похідна розузгодження за швидкістю;

- інтегральний критерій максимальної точності з обмеженням струму двигуна:

$$I_3 = \int_0^T (\Delta\omega^2 + \beta i^2) dt, \quad (3)$$

де β – ваговий коефіцієнт.

Таблиця 1 – Результати розрахунку інтегральних показників якості

Одноконтурна нечітка система			
I_1	I_2	I_3	Тип навантаження
4,652	5,018	9,195	Постійне
4,81	5,18	8,853	Змінне
Одноконтурна система			
5,021	5,613	9,709	Постійне
5,058	5,817	9,496	Змінне

У результаті відпрацювання заданої циклограми отриманні значення інтегральних критеріїв якості наведені в табл. 1.

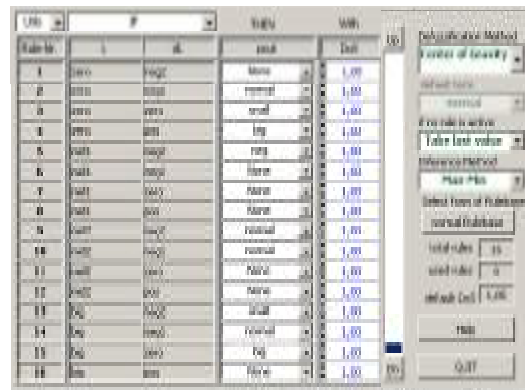


Рисунок 6 – База правил нечіткого контролера

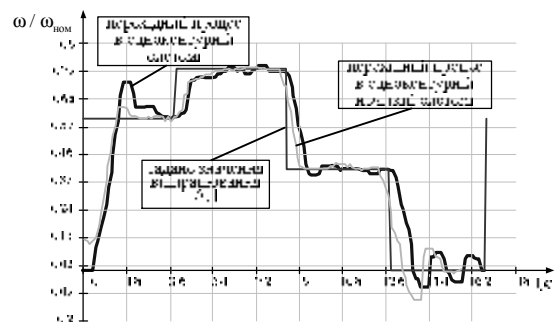


Рисунок 7 – Перехідні процеси системи регулювання при постійному навантаженні з нечітким регулятором і класичним

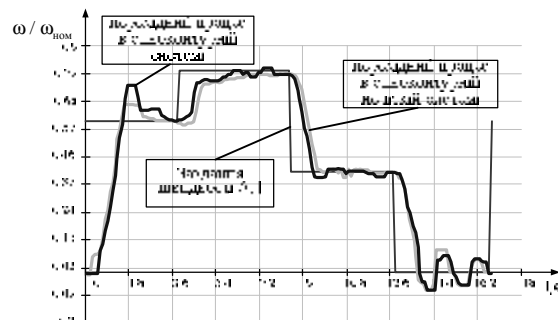


Рисунок 8 – Перехідні процеси системи регулювання при змінному навантаженні з нечітким регулятором і класичним

Висновки. Підвищена коливальність швидкості в ході експериментів на стенді (рис. 7, 8) пояснюється характеристикою реальної системи ПЧ-АД під статичним навантаженням і похибками датчика швидкості.

Створене програмне забезпечення дозволяє реалізувати:

- управління швидкістю двигунів постійного й змінного струму;
- експериментальний підбір настройок регулятора;

- управління швидкістю АД із використанням класичних алгоритмів керування;
- нелінійність характеристик регулятора за допомогою нечіткої логіки.

Доведено можливість використання адаптивної настройки ПІД-регуляторів для покращення характеристик роботи системи ПЧ-АД. Аналіз критеріїв якості для одноконтурної нечіткої та одноконтурної систем керування показав, що при використанні нечіткого регулятора можна підвищити точність відпрацювання системи на 4,5-6,4%, точність і плавність – на 11,7%, точність і струмове навантаження – на 10,5-10,7%.

ЛІТЕРАТУРА

1. Описание к стенду для исследования электродвигателей [Электронный ресурс] : Кафедра «Измерительно-информационной техники» НТУ «ХПИ» <http://www.upo.com.ua>.
2. Лабораторные стенды для учебных заведений [Электронный ресурс] : ОАО «Электроприбор» <http://www.etalonpribor.com.ua>.
3. Лабораторные исследовательские комплексы на базе измерительно-управляющих компьютеризированных систем / [Родькин Д.И., Бялобржеский А.В., Кривонос С.А. и др.] // Вісник КДПУ: Зб. наук. праць КДПУ. – Кременчук: КДПУ, 2002. – Вип. 1/2002 (12). – С. 412-418.
4. Оценка возможностей и объема учебно-методического обеспечения компьютеризированных измерительных диагностических комплексов [Кицель Н.В., Бялобржеский А.В., Кривонос С.А. и др.] // Вісник КДПУ: Зб. наук. праць КДПУ. – Кременчук: КДПУ, 2003. – Випуск 1/2003 (18). – С. 147-152.

5. Прітченко О.В. Використання дрібномасштабних фізичних моделей для дослідження систем керування електроприводами / Прітченко О.В., Калінов А.П., Мельников В.О. // Вісник КДУ ім. Михайла Остроградського: Зб. наук. праць КДУ– Кременчук: КДУ, 2010. – Вип. 4/2010 (62), ч. 1. – С. 184-188.

6. Конох І. С. Комп'ютеризований лабораторний комплекс для дослідження інтелектуальних цифрових систем управління електроприводом / Конох І. С., Найда В. В., Гула І. С. // Вісник КДПУ ім. Михайла Остроградського: Зб. наук. праць КДПУ. – Кременчук: КДПУ, 2008. – Вип. 6/2008 (53). – С. 17-21.

7. Найда В. В. Емуляція технологічних навантажень електроприводу ПЧ-АД в лабораторному комп'ютеризованому комплексі з використанням пакету LABVIEW / І. С. Конох, В. В. Найда // Вісник КДУ ім. Михайла Остроградського: Зб. наук. праць КДУ. – Кременчук: КДУ, 2010. – Вип. 4/2010 (63). – ч. 1. – С. 180-183.

8. Тревис Дж. LabVIEW для всех: Пер. с англ. Клушин Н. А. - М.: ДМК Пресс; Прибор Комплект, 2005. – 544 с.

9. Леоненков А. В. Нечеткое моделирование в среде MATLAB и fuzzyTECH. / Леоненков А. В. – СПб.: БХВ-Петербург, 2003. – 736 с.

10. Ключев А. С. Автоматическое регулирование / Ключев А. С. – М.: Высшая школа, 1986. – 351 с.

Стаття надійшла 13.12.2010 р.
Рекомендовано до друку к.т.н., доц.
Гладирем А.І.

ЛАБОРАТОРНЫЙ СТЕНД ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ АЛГОРИТМОВ УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДАМИ С НЕЧЕТКИМ РЕГУЛЯТОРОМ СКОРОСТИ

Найда В.В., асс., Конох И.С., ст. преп.

*Кременчугский национальный университет имени Михаила Остроградского
ул. Первомайская, 20, 39600, г. Кременчуг, Украина
E-mail: saue@polytech.poltava.ua*

Рассмотрена реализация нечеткого регулятора для исследования работы адаптивных систем управления приводом ПЧ-АД с постоянной и переменной нагрузками с помощью ШИП-ДПТ НВ. Разработан и внедрен алгоритм работы системы с использованием нечеткого контроллера.

Ключевые слова: LabView, ПИД-регулятор, нечеткий контроллер.

LABORATORY BENCH FOR ALGORITHMS' RESEARCHES OF ELECTRIC DRIVE CONTROL WITH FUZZY SPEED CONTROLLER

Nayda V., ass., Konokh I., Sen. Lect.

*Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyy National University
vul. Pershotravneva, 20, 39600, Kremenchuk, Ukraine
E-mail: saue@polytech.poltava.ua*

In the article realization of fuzzy-logic controller is considered for research of work of adaptive control system by the drive of FC – IM with permanent and variable loading by PWM controller-DC motor with separate excitation. The algorithm of work of the system is worked out and inculcated with the use of fuzzy-logic controller.

Key words: LabView, PID-regulator, fuzzy-logic controller.