

АВТОМАТИЗАЦІЯ, ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЇ ТА РАДІОТЕХНІКА

DOI 10.31891/2307-5732-2021-295-2-187-192

УДК 681.5.03

М.В. ВАСИЛЬСВ, А.И. БРУНЕТКИН

«Одеський національний політехнічний університет»

**НАЛАШТУВАННЯ НЕЧІТКОГО АДАПТИВНОГО РЕГУЛЯТОРА
КОМПРЕСОРНОЇ УСТАНОВКИ ДЛЯ ЗРІДЖЕННЯ ПРИРОДНОГО ГАЗУ**

Вивчені основні властивості об'єкта а також методи, якими можна знаходити нові параметри для регулятора компресорної установки для зрідження природного газу. Досліджені основні властивості самого адаптивного регулятора а також розроблений метод, за яким і було виконано роботу. Також було зроблене порівняння з іншими видами автоматичних систем керування які можуть застосовуватись в даному об'єкті. Вивчена послідовність будівництва адаптивного регулятора та його взаємодія з об'єктом. Досліджені вихідні результати адаптивного регулятора та порівняння їх з іншими автоматичними системами керування. Вивчено загальні властивості та правила будівництва адаптивного регулятора, основні тонкості при роботі з ним. Розглянуто в повній мірі нові можливості для регулювання компресорної установки для зрідження природного газу та виведені основні правила щодо застосування даного адаптивного регулятора. Також було проведено дослідження ефективності застосування адаптивного регулятора для даного об'єкту та зроблені висновки по роботі регулятора та ефективності його результатів. В ході проведення дослідження була встановлена послідовність дій для побудови адаптивного регулятора, його налаштування та використання для знаходження необхідних параметрів регулятора. Було встановлено що для налаштування адаптивного регулятора потрібно мати певні знання в налаштуванні регуляторів для інших об'єктів та мати можливість використовувати дані знання для виведення необхідних параметрів адаптивного регулятора, які є в налаштуваннях. Зроблений аналіз ефективності застосування адаптивного регулятора для компресорної установки для зрідження природного газу. Виявлено певні моменти, які потребують доопрацювання та корегування в плані налаштування пошуку параметрів регулятора, адаптивним регулятором. Зроблені висновки стосовно використання даної методики на даний момент.

Ключові слова: компресор, зрідження, природний газ, адаптивний регулятор, ефективність адаптивного регулятора.

MYKHAILO VASYLIEV, BRUNETKIN OLEKSANDR

Odessa National Polytechnic University

**ADJUSTMENT OF FUZZY ADAPTIVE REGULATOR OF COMPRESSOR UNIT FOR LIQUEFACTION OF
NATURAL GAS**

The main properties of the object are studied, as well as the methods by which new parameters can be found for the regulator of the compressor unit for liquefaction of natural gas. The main properties of the adaptive regulator itself are studied, as well as the method by which the work was performed is developed. A comparison was also made with other types of automatic control systems that can be used in this facility. The sequence of construction of the adaptive controller and its interaction with the object is studied. The initial results of the adaptive controller and their comparison with other automatic control systems are investigated. The general properties and rules of construction of the adaptive regulator, the basic subtleties at work with it are studied. New possibilities for regulation of the compressor installation for liquefaction of natural gas are fully considered and the basic rules concerning application of this adaptive regulator are deduced. A study of the effectiveness of the adaptive regulator for this object was conducted and conclusions were made on the work of the regulator and the effectiveness of its results. A special sequence of work was also developed for the construction of an adaptive controller and its application on site. In general, the basic rules for working with such a regulator and its application in a natural gas liquefaction plant are derived. The behavior of the plant is investigated and new settings for the regulation of the natural gas liquefaction plant are derived. The main types of regulation of this object are applied and new rules for finding settings for the main regulator of the compressor unit are derived. The work on comparison of already traditional types of regulation with the adaptive regulator is made and conclusions on application of this or that type of regulation of compressor installation comparing results of regulation are made. The possibility of real use of this regulator on a constant basis in production is investigated, conclusions on the main work of the regulator and also shortcomings which can arise at a choice of regulation with the adaptive regulator are made.

Keywords: compressor, liquefaction, natural gas, adaptive regulator, efficiency of adaptive regulator.

Постановка проблеми. На разі проблематика постає наступна: сам об'єкт мало вивчається у науковому колі, а також майже немає джерел у відкритому доступі, які би допомогли більш детального розкрити основні моменти в регулюванні установки для зрідження природного газу. Також мало вивчена тема застосування різних автоматичних систем керування установки для зрідження природного газу. Тема використання адаптивного регулятора для даного об'єкту взагалі являється темою, яку не особливо вивчають і тому в даній статті буде розглянуто саме використання адаптивного регулятора для установки для зрідження природного газу. Адже тема хоч і малодосліджена, але все таки вона має право на життя та глибокий аналіз даного регулятора, його вплив на остаточне регулювання об'єкту та ефективність регулювання при застосуванні даного регулятора.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Вивчаючи останні публікації у відкритих джерелах інформації, виявилось що у відкритому доступі наразі дуже мало інформації щодо застосування адаптивного регулятора для установки для зрідження природного газу. Точніше такої інформації майже немає у

відкритих джерелах, і тому доводиться більш поглиблено вивчати дану тематику, маючи в наявності лише невелику кількість літератури, яка б змогла в повній мірі продемонструвати чітку послідовність дій для побудови та застосування адаптивного регулятора. Були вивчені публікації наступних авторів: Шаміна В.А., Галеркін Ю.Б., Леоненков О.Ю.

Постановка завдання. Дослідити ефективність використання адаптивного регулятора для установки для зрідження природного газу.

Виклад основного матеріалу дослідження. Спочатку треба згадати, що саме собою являє компресорна установка для зрідження природного газу. На даний момент, природний газ є найчистішим і одним з найдешевших органічних видів палива. Основною проблемою природного газу є транспортування на велику відстань. Рішенням цієї проблеми є скраплення газу за допомогою криогенних установок. Тепер у нас з'являється чітке розуміння того, навіщо взагалі потрібен даний об'єкт і чому важливо максимального його дослідити, адже без цього буде неможливо створити ефективну систему автоматизації для цього об'єкту.

Ще треба коротко описати компресорну установку для зрідження природного газу. Відцентрові компресори представляють собою обладнання, що входить до групи компресорів динамічного типу з радіальною конструкцією. Головною перевагою установок даного типу є їх висока продуктивність, яка в рази перевищує показники компресорів інших видів. Завдяки цьому, відцентрові компресори, структура яких дозволяє використовувати їх при інтенсивній експлуатації, широко використовуються в промислових масштабах.

Детально вивчивши, що являє собою компресор для зрідження природного газу та повністю розглянувши принцип дії, розглянемо що взагалі являє собою адаптивний регулятор.

При управлінні складними об'єктами, що функціонують в умовах нестаціонарності, широке застосування знайшли адаптивні регулятори, що реалізують типові ПІ або ПІД-закони регулювання. Слід зазначити, що даний метод передбачає виведення об'єкта в область автоколивань, за рахунок переходу на ПІ-закон і грубого варіювання коефіцієнта посилення K_p . Однак, значний ряд технологічних процесів за умовами експлуатації не допускають автоколивального режиму. Таким чином, завдання знаходження оптимального методу адаптації залишається відкритою. Разом з тим, останнім часом широку популярність знаходять нечіткі моделі і алгоритми управління. Відомо, що нечітке управління засноване на використанні не стільки аналітичних або теоретичних моделей, скільки на практичному застосуванні знань кваліфікованих фахівців, представлених у формі лінгвістичних баз правил. Нечітке управління ефективно у випадках недетермінованості параметрів об'єктів, коли існує певний досвід експертів з управління і налаштування автоматизованої системи регулювання (АСР). Теорія нечіткої логіки дозволяє використовувати знання фахівців-наладчиків з метою поліпшення процесів управління і надання допомоги з налаштування типових регуляторів. Виходячи з вищесказаного, завдання створення методу адаптації ПІД-регулятора, що реалізує досвід наладчиків, стає актуальною[4].

Метою статті є розробка нечіткої експертної системи, що визначає оптимальні настройки ПІД-регулятора, для його адаптації до об'єкта управління, і її апробація в пакеті Matlab (Simulink).

Дізнавшись, що являє собою адаптивний регулятор і для чого він взагалі потрібен, перейдемо до етапів, які допоможуть створити саме автоматичну систему керування до складу якої буде включено як установку для зрідження природного газу, так і сам адаптивний регулятор. На першому етапі ми визначимо структуру адаптивної системи регулювання. Дана структура зображена на рисунку 1.

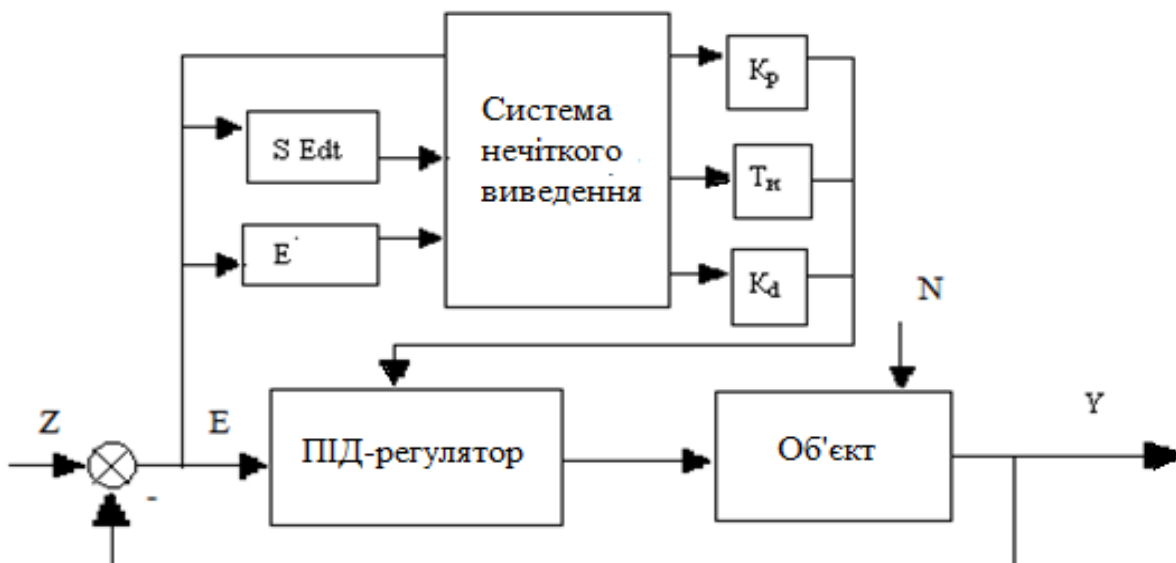


Рис. 1. Структура адаптивного нечіткого керування

Де на рисунку: E – помилка; Z – завдання; Y – значення на виході; N – збурення; K_p , T_i , K_d –

налаштування ПІД-регулятора;

На другому етапі в програмі Matlab (FLT) проводиться створення системи нечіткого виведення або адаптера. Це зображено на рисунку 2.

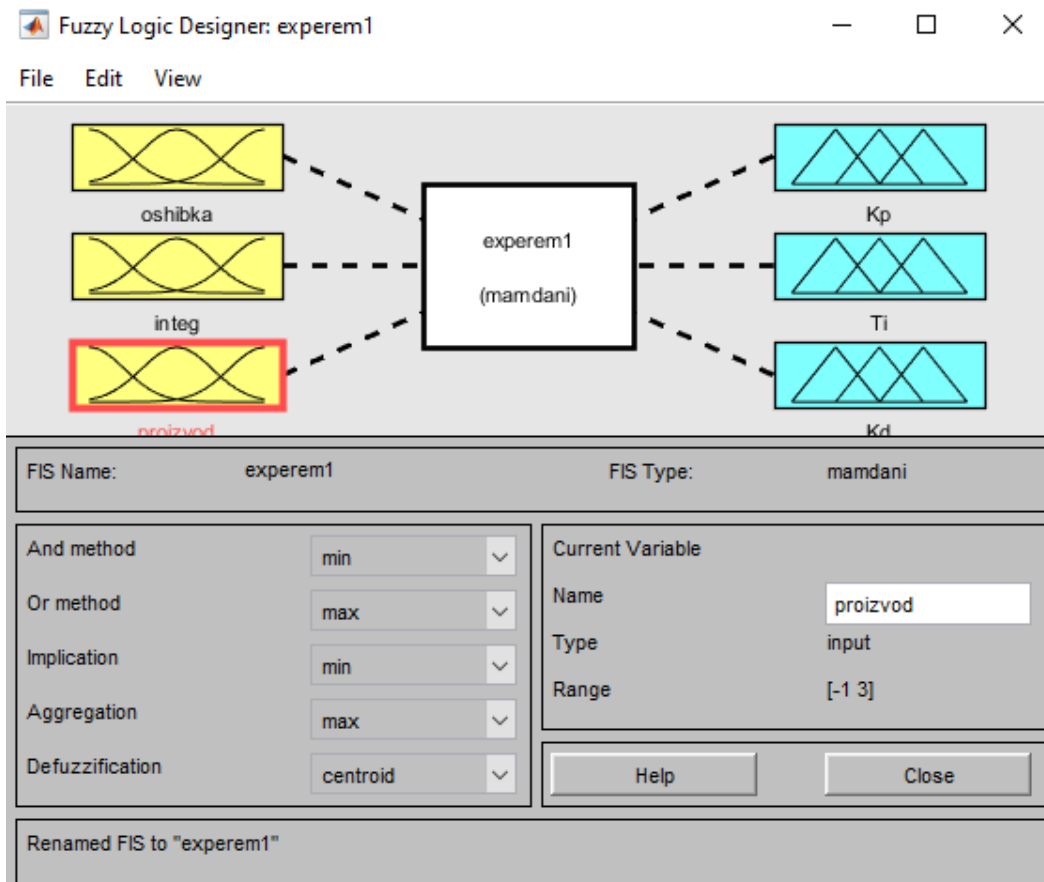


Рис. 2. Графічний інтерфейс редактора FIS

На третьому етапі проводиться фазифікації вхідних і вихідних лінгвістичних змінних (ЛП). Фазифікації вхідних значень (помилки регулювання (E), її інтеграла і похідною). Графіки функцій належності вхідних ЛП представлені на рисунках 3, 4, 5.

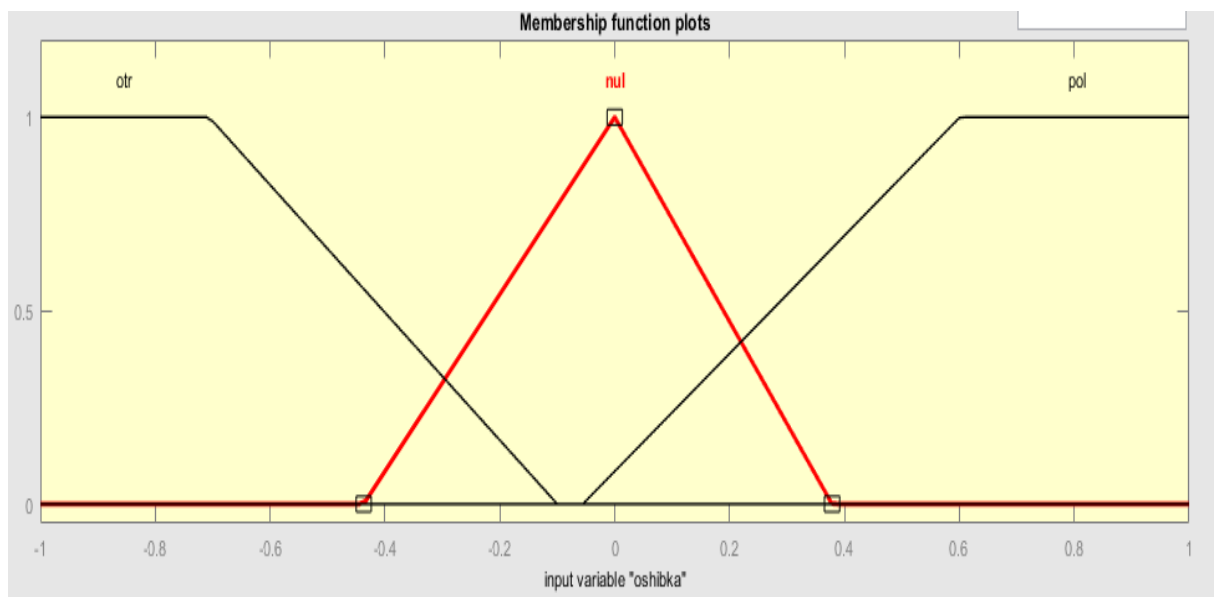


Рис. 3. Функція приналежності ЛП «помилка»

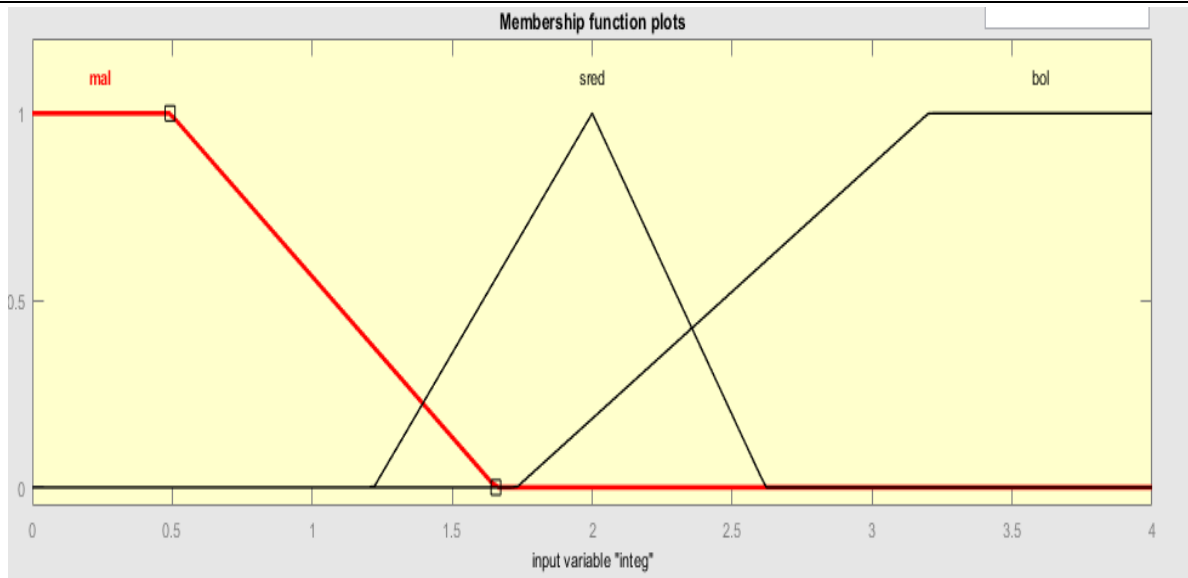


Рис. 4. Функція приналежності ЛП «інтеграл помилки»

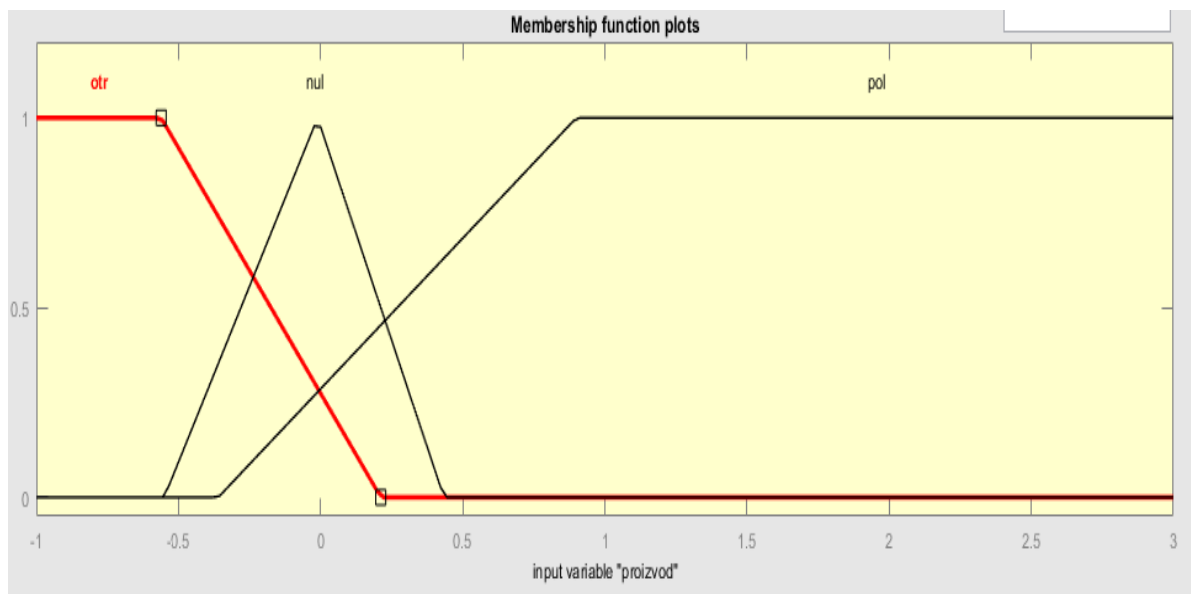


Рис. 5. Функція приналежності ЛП «похідна помилки»

Четвертий етап полягає у створенні бази правил виду «ЯКЩО ... ТО». Виходячи з рекомендацій зі спеціалізованої літератури, проведених експериментів в редакторі FLT, а також досвіду експертів-наладчиків систем автоматизації, пропонуються наступні правила: ЯКЩО «помилка є негативна» І «інтеграл помилки є маленький» І «похідна помилки є негативна» ТО «Кр є великий», «Ти є великий», «Кд є великий», дана база правил приведена на рисунку 6.

1. If (oshibka is otr) and (integ is mal) and (proizvod is otr) then (Kp is bol)(Ti is bol)(Kd is bol) (1)
2. If (oshibka is otr) and (integ is sred) and (proizvod is nul) then (Kp is bol)(Ti is sred)(Kd is sred) (1)
3. If (oshibka is otr) and (integ is bol) and (proizvod is nul) then (Kp is bol)(Ti is mal)(Kd is sred) (1)
4. If (oshibka is nul) and (integ is sred) and (proizvod is nul) then (Kp is sred)(Ti is sred)(Kd is sred) (1)
5. If (oshibka is pol) and (integ is bol) and (proizvod is pol) then (Kp is mal)(Ti is mal)(Kd is mal) (1)
6. If (oshibka is pol) and (integ is mal) and (proizvod is pol) then (Kp is mal)(Ti is bol)(Kd is mal) (1)
7. If (oshibka is otr) and (integ is bol) and (proizvod is nul) then (Kp is bol)(Ti is mal)(Kd is sred) (1)

Рис. 6. Фрагмент бази правил

Тепер переходимо до перевірки автоматичної системи керування. Сама система наведена на рисунку 7.

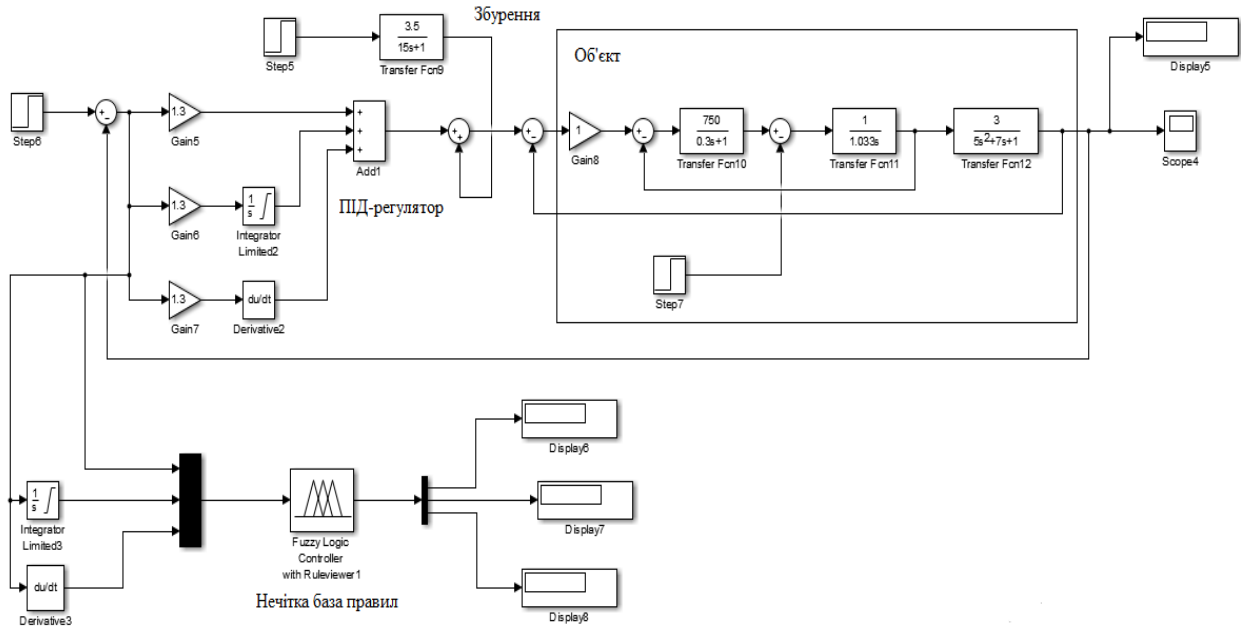


Рис. 7. Експериментальна схема виконана в програмі Simulink

На виході система дала нам наступні значення налаштувань, які зображені на рисунку 8.

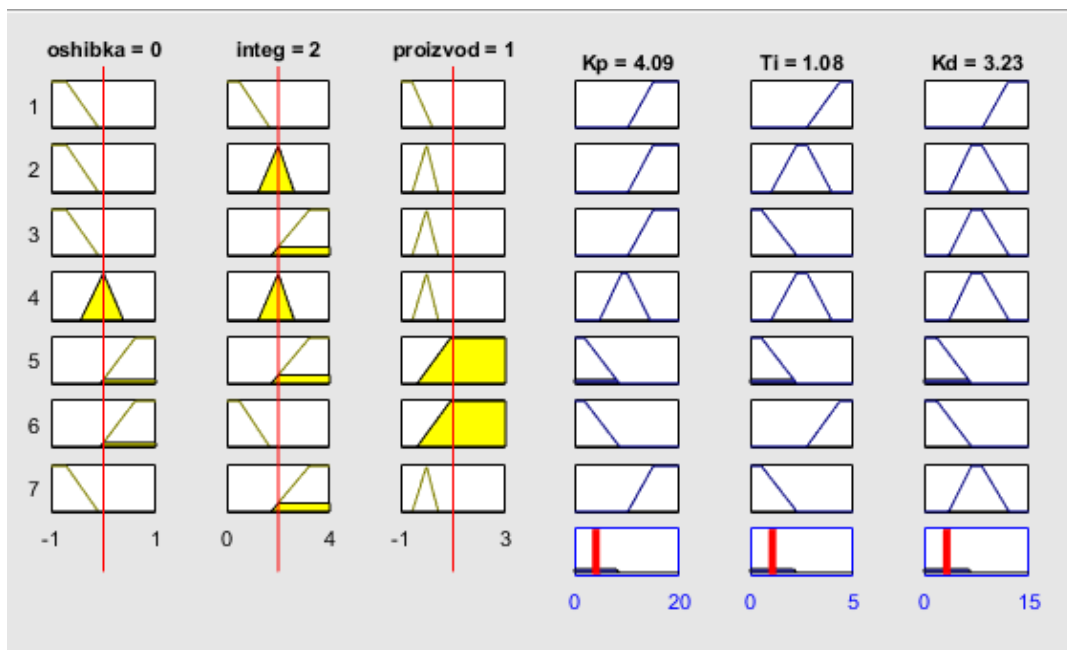


Рис. 8. Результат роботи адаптивного регулятора

Вже отримавши нові налаштування, ми можемо підставити їх в ПД-регулятор та отримати нові результати регулювання.

Висновки. В даному матеріалі було описано нову автоматичну систему регулювання, в якій основну роль грає адаптивний нечіткий регулятор. В порівнянні з іншими АСР, а саме з АСР по збуренню, АСР по відхиленню, комбінованої АСР, дана задумка являється новою для такого об'єкту як компресорна установка для зрідження природного газу. Адже в даному випадку сама автоматична система регулювання розраховує, які параметри для ПД-регулятора можна застосувати, щоби покращити процес регулювання. Таким чином, використання нечітких адаптивних ПД-регуляторів дозволить ефективно управляти технологічними процесами без їх зупинок, а подальше введення нейрокомп'ютера може привести до самонавченої адаптації з визначення оптимальних параметрів без коригування бази правил.

Література

1. Шаміна В.А. Автоматизація технологічних об'єктів та процесів. Пошук молодих / В.А. Шаміна // Збірник наукових праць XII науково-технічної конференції аспірантів та студентів в м. Донецьку 17–20 квітня 2012 р. – Донецьк : ДонНТУ, 2012. – 305 с.
2. Галеркин Ю.Б. Турбокомпрессоры : учебное пособие / Галеркин Ю.Б., Козаченко Л.И. – Санкт-Петербург : Изд-во Политехнического университета, 2008. – 374 с.
3. Михайленко В.С. Методы настройки нечеткого ПИД-регулятора / В.С. Михайленко, В.Ф. Ложечников // Автоматика. Автоматизация. Электротехнические комплексы и системы. – 2013. – № 1. – С. 12–17.
4. Лошак К.Р. Налаштування нечіткого регулятора для автоматичного контролю параметрів у змішувальному баку хімічних речовин / К.Р. Лошак, К.В. Беглов // Вчені записки Таврійського національного університету імені В.І. Вернадського. – 2019. – № 6. – С. 105–111.
5. Беглов Я.И., Беглов К.В. Применение нечеткого регулятора для регулирования концентрации жидкого поглотителя в первом контуре АЭС / Я.И. Беглов, К.В. Беглов // Вісник ХНТУ. – 2017. – № 3. – С. 27–33.

References

1. Shamina V.A. Avtomatyzatsiia tekhnolohichnykh ob'ektiv ta protsesiv. Poshuk molodykh / V.A. Shamina // Zbirnyk naukovykh prats KhII naukovo-tekhnichnoi konferentsii aspirantiv ta studentiv v m. Donetsku 17–20 kvitnia 2012 r. – Donetsk : DonNTU, 2012. – 305 s.
2. Galerkin Yu.B. Turbokompressory : uchebnoe posobie / Galerkin Yu.B., Kozachenko L.I. – Sankt-Peterburg : Izd-vo Politehnicheskogo universiteta, 2008. – 374 s.
3. Mihajlenko V.S. Metody nastrojki nechetkogo PID-regulyatora / V.S. Mihajlenko, V.F. Lozhechnikov // Avtomatika. Avtomatizaciya. Elektrotehnicheskie komplekсы i sistemy. – 2013. – № 1. – S. 12–17.
4. Loshak K.R. Nalashtuvannia nechitkoho rehuliatora dlia avtomatychnoho kontroliu parametriv u zmishuvalnomu baku khimichnykh rečovyn / K.R. Loshak, K.V. Behlov // Vcheni zapysky Tavriiskoho natsionalnogo universytetu imeni V.I. Vernadskoho. – 2019. – № 6. – S. 105–111.
5. Beglov Ya.I., Beglov K.V. Primenenie nechetkogo regulyatora dlya regulirovaniya koncentracii zhidkogo poglotitelya v pervom konture AES / Ya.I. Beglov, K.V. Beglov // Visnik HNTU. – 2017. – № 3. – S. 27–33.

Васильєв Михайло Вікторович**Брунеткин Александр Иванович**

orcid-id: 0000-0002-6701-8737

brunetkin@opu.ua

Надійшла/Paper received : 27.04.2021 р. Надрукована/Printed : 02.06.2021 р.