

Васильєв М.В.Інститут енергетики та комп'ютерних систем управління
Державного університету «Одеська політехніка»

НАЛАШТУВАННЯ НЕЧІТКОГО АДАПТИВНОГО РЕГУЛЯТОРА КОМПРЕСОРНОЇ УСТАНОВКИ ДЛЯ ЗРІДЖЕННЯ ПРИРОДНОГО ГАЗУ

Вивчено основні властивості об'єкта, а також методи, за допомогою яких можна знаходити нові параметри для регулятора компресорної установки для зрідження природного газу. Досліджено основні властивості самого адаптивного регулятора, а також розроблено метод, за яким і було виконано роботу. Також здійснено порівняння з іншими видами автоматичних систем керування, які можуть застосовуватись у цьому об'єкті. Вивчено послідовність будування адаптивного регулятора та його взаємодію з об'єктом. Досліджено вихідні результати адаптивного регулятора та порівняно їх з іншими автоматичними системами керування. Вивчено загальні властивості та правила будування адаптивного регулятора, основні тонкощі під час роботи з ним. Розглянуто нові можливості для регулювання компресорної установки для зрідження природного газу та виведено основні правила щодо застосування цього адаптивного регулятора. Також досліджено ефективність застосування адаптивного регулятора для цього об'єкта та зроблено висновки щодо роботи регулятора та ефективності його результатів. У процесі дослідження встановлено послідовність дій для побудови адаптивного регулятора, його налаштування та використання для пошуку необхідних параметрів регулятора. Установлено, що для налаштування адаптивного регулятора потрібно мати певні знання щодо налаштування регуляторів для інших об'єктів та мати можливість використовувати їх для виведення необхідних параметрів адаптивного регулятора, які є в налаштуваннях. Проаналізовано ефективність застосування адаптивного регулятора для компресорної установки для зрідження природного газу. Виявлено певні моменти щодо адаптивного регулятора, які потребують доопрацювання та корегування щодо налаштування пошуку параметрів регулятора. Зроблено висновки стосовно використання цієї методики сьогодні.

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

Постановка проблеми. Нині проблематикою є те, що сам об'єкт мало вивчається у науковому колі, а також майже немає джерел у відкритому доступі, які би допомогли більш детально 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 цього об'єкта є маловивченою, тому в цій статті буде розглянуто саме використання адаптивного регулятора для установки для зрідження природного газу, адже має право на життя глибокий аналіз цього регулятора, його вплив на остаточне регулювання об'єкта та ефективність регулювання в процесі застосування цього регулятора.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Вивчення останніх публікацій у відкритих джерелах інформації дало змогу визначити, 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, тому доводиться більш поглиблено вивчати цю тему, маючи в наявності лише невелику кількість літератури, яка б змогла продемонструвати чітку послідовність дій для побудови та застосування адаптивного регулятора. Були вивчені публікації таких авторів, як В.А. Шаміна, Ю.Б. Галеркін, О.Ю. Леоненков.

Постановка завдання. Мета статті – дослідити ефективність використання адаптивного регулятора для установки для зрідження природного газу.

Виклад основного матеріалу дослідження. Спочатку треба згадати, чим саме є компресорна установка для зрідження природного газу. Наразі природний газ є найчистішим і одним із 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 виникає чітке розуміння того, навіщо взагалі потрібен цей об'єкт і чому важливо максимального його дослідити, адже без цього не буде можливим створення ефективної системи автоматизації для цього об'єкта.

Ще треба коротко описати компресорну установку для зрідження природного газу. Відцентрові компресори становлять обладнання, що входить до групи компресорів динамічного типу з радіальною конструкцією. Головною перевагою установок такого типу є їх висока продуктивність, яка значно перевищує показники компресорів інших видів. З огляду на це, відцентрові компресори, структура яких дозволяє використовувати їх за умов інтенсивної експлуатації, широко використовуються в промислових масштабах.

Детально вивчивши те, чим є компресор для зрідження природного газу, та повністю розглянувши принцип дії, визначимо, чим взагалі є адаптивний регулятор.

У процесі управління складними об'єктами, що функціонують в умовах нестаціонарності, широкого застосування набули адаптивні регулятори, що реалізують типові ПІ-закони або ПІД-закони регулювання. Слід зазначити, що цей метод передбачає виведення об'єкта у сферу автоколивальності за рахунок переходу на ПІ-закон і грубого варіювання коефіцієнта посилення K_p . Однак низка технологічних процесів за умовами експлуатації не допускають автоколивального режиму. Таким чином, завдання знаходження оптимального методу адаптації залишається відкритим. Водночас останнім часом широкої популярності набули нечіткі моделі й алгоритми управління. Відомо, що нечітке управління засноване не стільки на використанні аналітичних або теоретичних моде-

лей, скільки на практичному застосуванні знань кваліфікованих фахівців, представлених у формі лінгвістичних баз правил. Нечітке управління є ефективним у випадках недетермінованості параметрів об'єктів, коли існує певний досвід експертів з управління і налаштування автоматизованої системи регулювання (далі – АСР). Теорія нечіткої логіки дозволяє використовувати знання фахівців-наладчиків із метою поліпшення процесів управління і надання допомоги з налаштування типових регуляторів. Виходячи з вищесказаного, зазначимо, що завдання створення методу адаптації ПІД-регулятора, що реалізує досвід наладчиків, стає актуальним [4].

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

Дізнавшись, чим є 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. Ця структура зображена на рисунку 1.

На другому етапі в програмі Matlab (FLT) створюється система нечіткого виведення або адаптера. Це зображено на рисунку 2.

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

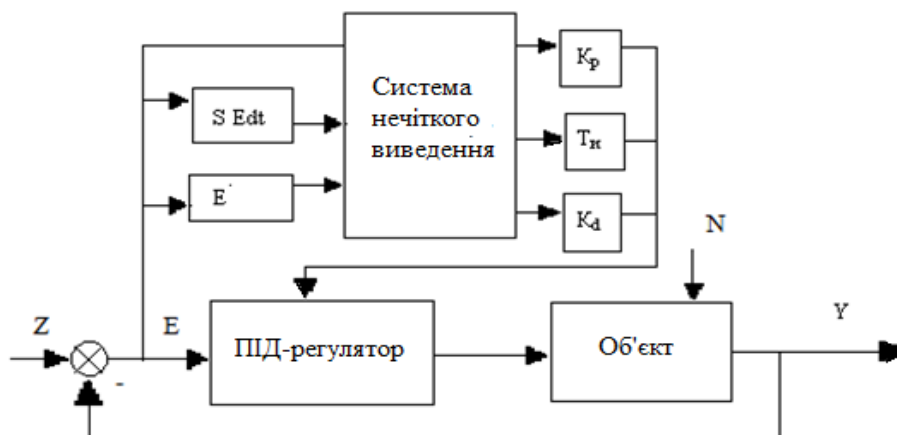


Рис. 1. Структура адаптивного нечіткого керування

Де: E – помилка; Z – завдання; Y – значення на виході; N – збурення; K_p , T_i , K_d – налаштування ПІД-регулятора;

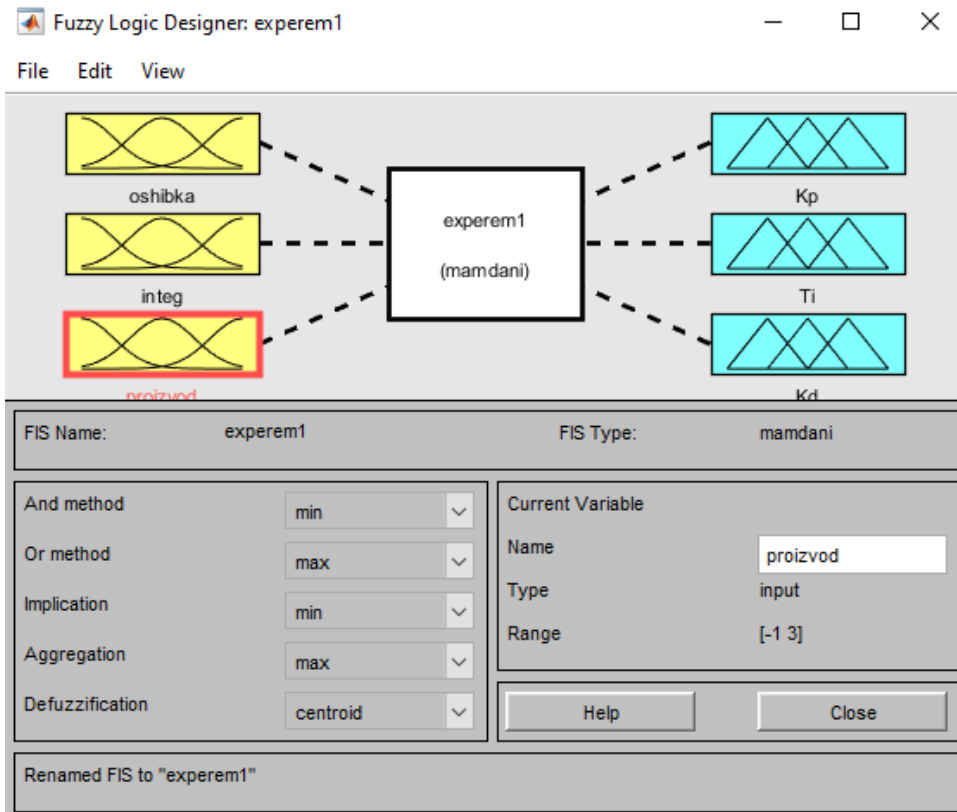


Рис. 2. Графічний інтерфейс редактора FIS

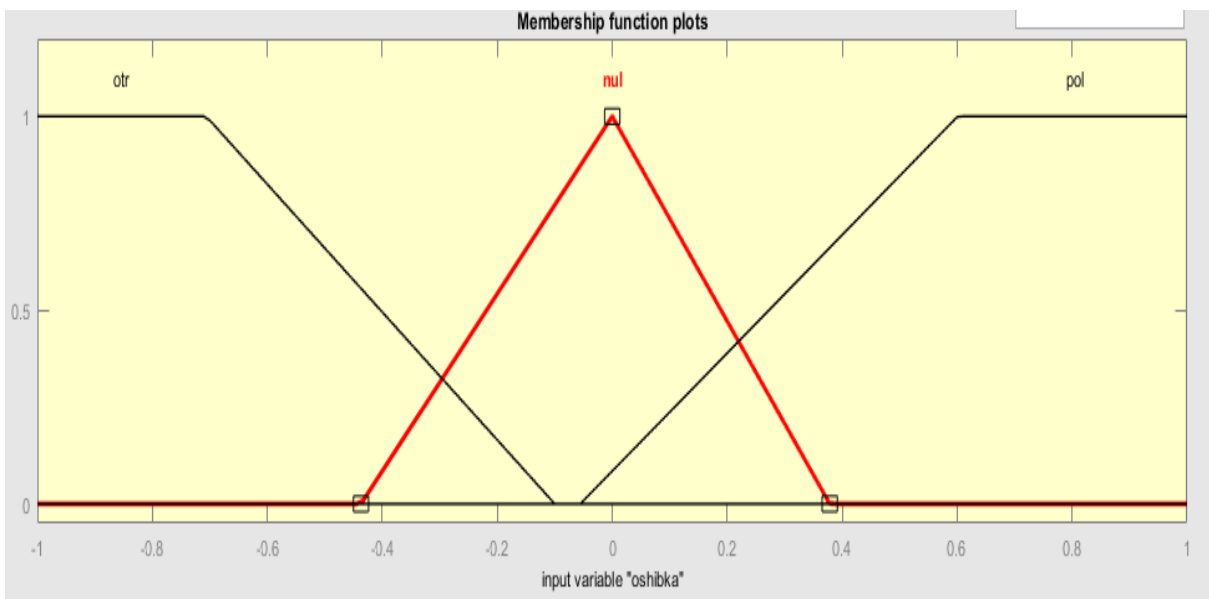


Рис. 3. Функція належності ЛП «помилка»

Четвертий етап полягає у створенні бази правил виду «ЯКЩО ..., ТО». Спираючись на рекомендації зі спеціалізованої літератури, проведені експерименти у FLD-редакторі, а також досвід експертів-налашдувачів систем автоматизації, пропонуються такі правила: ЯКЩО «помилка є негативною» І «інтеграл помилки є маленьким» І «похідна помилки є нега-

тивною», ТО «Кр є великим», «Ти є великим», «Кd є великим». Ця база правил наведена на рисунку 6.

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

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

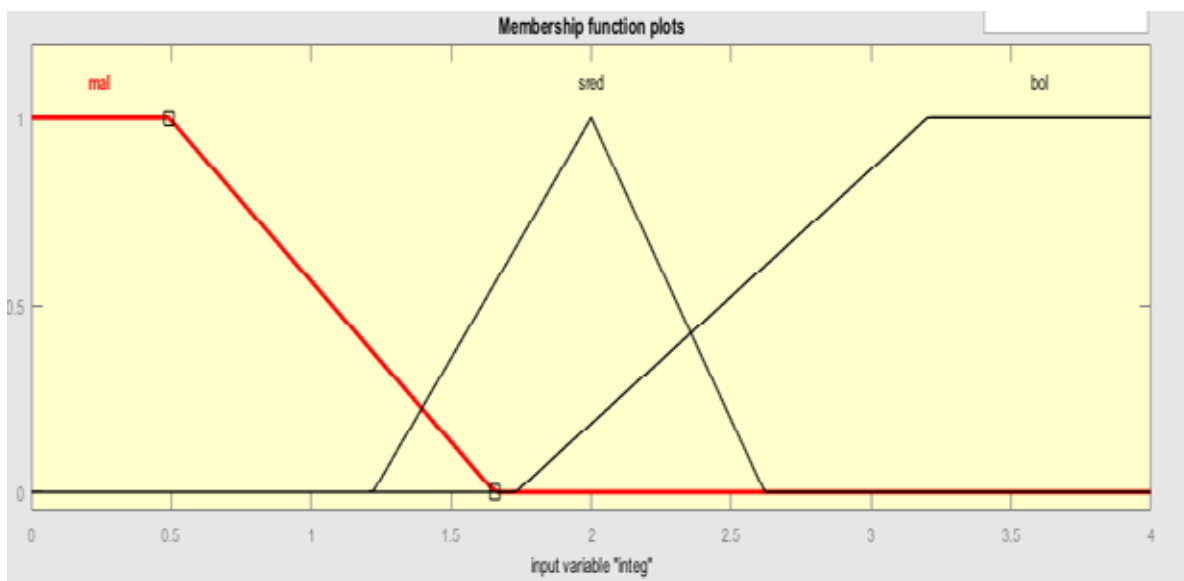


Рис. 4. Функція належності ЛП «інтеграл помилки»

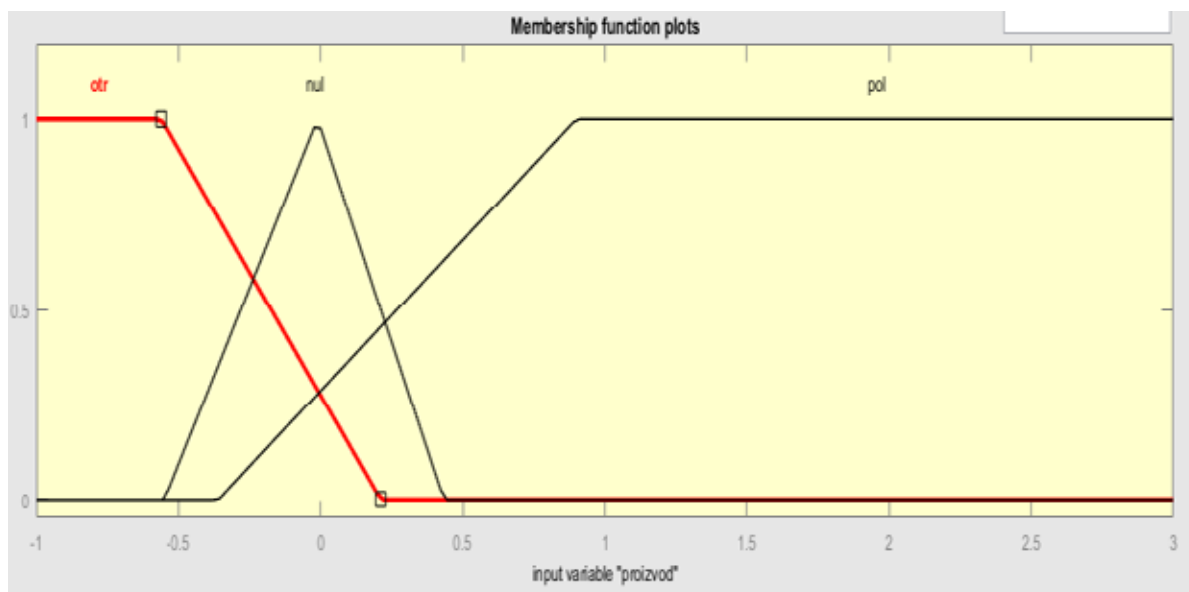


Рис. 5. Функція належності ЛП «похідна помилки»

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

Отримавши нові налаштування, можемо підставити їх у ПІД-регулятор та отримати нові результати регулювання.

Висновки. У цьому матеріалі описано нову автоматичну систему регулювання, в якій основну роль відіграє адаптивний нечіткий регулятор. Порівняно з іншими АСР, а саме з АСР зі збурення, АСР із відхилення, комбінованої АСР, ця задумка є новою для такого об'єкта, як компресорна установка для зрідження природного

газу, адже в такому разі сама автоматична система регулювання розраховує, які параметри для ПІД-регулятора можна застосувати, щоб покращити процес регулювання. Таким чином, використання нечітких адаптивних ПІД-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.

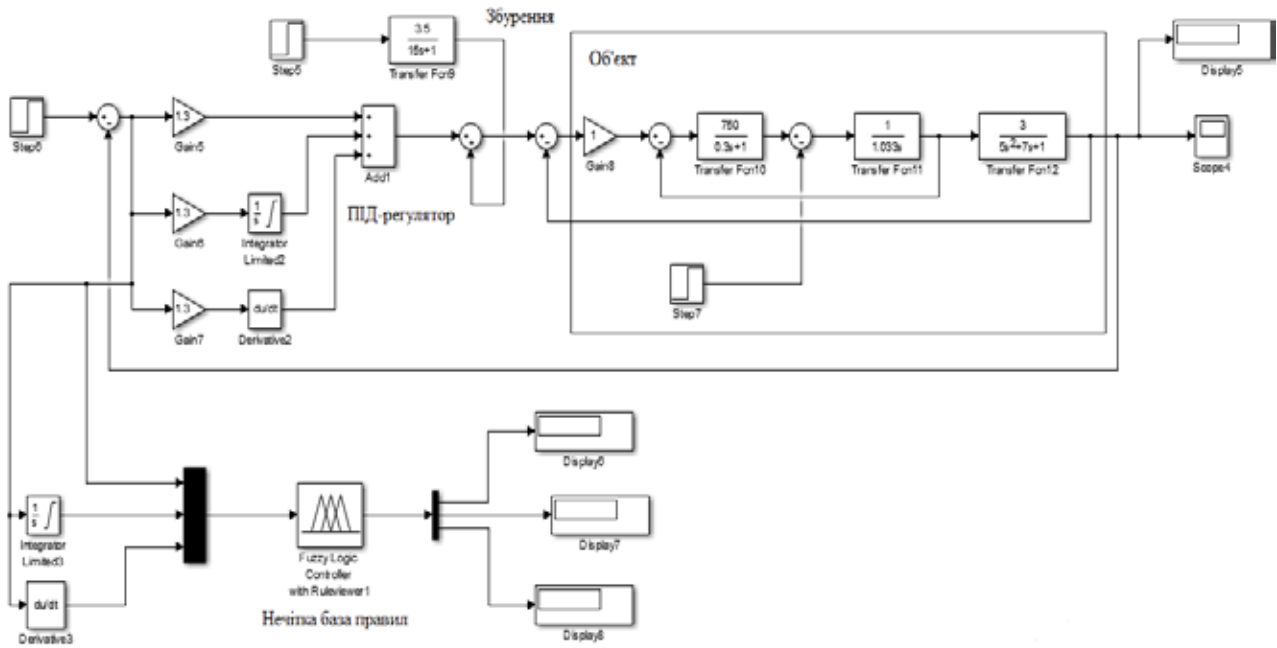


Рис. 7. Експериментальна схема виконана в програмі Simulink

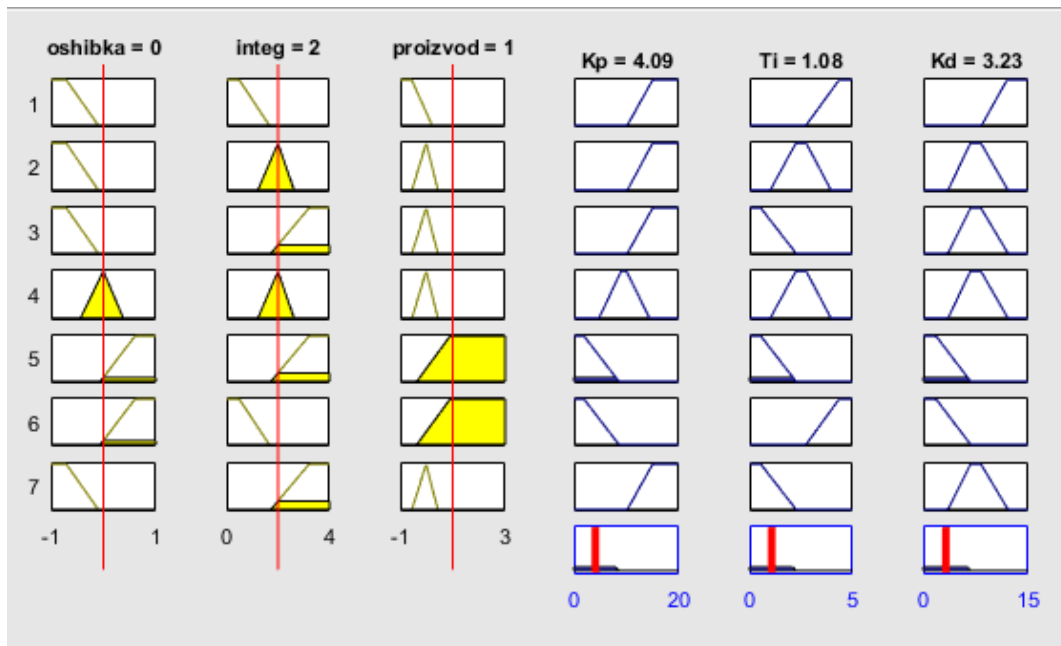


Рис. 8. Результат роботи адаптивного регулятора

Список літератури:

1. Шаміна В.А. Автоматизація технологічних об'єктів та процесів. Пошук молодих. 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., Козаченко Л.И. Турбокомпрессоры: Учебное пособие. Санкт-Петербург : издательство Политехнического университета, 2008, 374 с.
3. Михайленко В.С., Ложечников В.Ф. Методы настройки нечеткого ПИД-регулятора. *Автоматика. Автоматизация. Электротехнические комплексы и системы*. 2013. № 1. С. 12–17.
4. Лошак К.Р, Беглов К.В. Налаштування нечіткого регулятора для автоматичного контролю параметрів у змішувальному баку хімічних речовин. *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. *Вісник ХНТУ*. 2017. № 3. С. 27–33.

Vasyliiev M.V. 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.

Key words: compressor, liquefaction, natural gas, adaptive regulator, efficiency of adaptive regulator.