

АДАПТИВНЕ ТА РОБАСТНЕ УПРАВЛІННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИМИ КОМПЛЕКСАМИ НАФТОГАЗОВОЇ ГАЛУЗІ ПРОМИСЛОВОСТІ

О.В. Гутак, Л.І. Давиденко

ІФНТУНГ, 76019, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15, тел. (03422) 46067

e-mail: kafatp@nung.edu.ua

Розглядається актуальна науково-практична задача, що полягає у створенні ефективних адаптивних і робастних систем управління складними технологічними комплексами нафтової і газової промисловості. Запропоновано структуру інтелектуальної системи управління процесом буріння нафтових і газових свердловин, яка ефективно об'єднує ці два види систем.

Ключові слова: нові методи управління, адаптивність, робастність, інтелектуальна система, технологічний комплекс, інформаційний простір

Рассматривается актуальная научно-практическая задача создания эффективных адаптивных и робастных систем управления сложными технологическими комплексами нефтяной и газовой промышленности. Предложена структура интеллектуальной системы управления процессом бурения нефтяных и газовых скважин, эффективно объединяющая эти два вида систем.

Ключевые слова: новые методы управления, адаптивность, робастность, интеллектуальная система, технологический комплекс, информационный простор.

The actual scientific and practical problem of creating efficient and robust adaptive control systems of complex technological systems of the oil and gas industry. A structure of the intellectual process control system, drilling for oil and gas wells, which effectively unified by these two types of systems.

Keywords: new methods of control, adaptability, robustness, intellectual system, technological system, the information space.

Розробляння ефективних адаптивних і робастних систем управління складними технологічними комплексами (ТК) нафтової і газової промисловості є актуальною науково-прикладною задачею у зв'язку з інтенсивним впровадженням в галузі комп'ютерно-інтегровані технології [1,2,5,6]. Актуальність цієї задачі обумовлена ще й тим, що ТК функціонують за умов істотної апріорної та поточної невизначеності щодо їх параметрів і структури, а також навколишнього середовища, що проявляється у вигляді контрольованих і неконтрольованих збурень і перешкод різної походження. Вирішення цієї задачі пов'язано з розробкою адаптивних і робастних систем. Саме тому зусилля вчених США, Західної Європи, України і Росії сконцентровані на розвитку теорій адаптивного і робастного управління [1-4, 7-12 та ін.].

Проте, аналіз літературних джерел (наприклад, [1÷6 та ін.]) свідчить про недостатній об'єм проведених досліджень у контексті використання методів адаптивного і робастного управління в нафтогазовидобувній галузі промисловості.

Тому метою даної роботи є аналіз можливостей застосування методів адаптивного і робастного управління ТК в нафтогазовидобувній галузі промисловості.

З існуючих наукових досліджень відомо [5,6], що за структурою, режимами функціонування, показниками ефективності ТК нафтогазової галузі промисловості відносяться до складних систем, в яких протікають процеси і явища різного походження, різної тривалості, з різною кількістю координат стану та можливих керувальних дій.

Отже, системна задача управління ТК має складатися з кількох підзадач, які утворюють загальносистемну задачу [13,14].

Враховуватимемо, що ТК (бурові установки, нафтогазовидобувні комплекси, компресорні станції, насосні станції та ін.) є основними джерелами отримання прибутку підприємства, а їх надійне функціонування безпосередньо впливає на витрату енергоресурсів, сировини, матеріалів тощо. Останнім часом у дослідженнях таких складних об'єктів і систем управління ними виділяють один клас організаційно-технологічних систем (ОТС) або організаційно-технічних процесів (ОТП) [13,14].

Цей новий клас процесів має ознаки як технічних, так і організаційних систем [14]: багатовимірність; складність та змінюваність структури; наявність та зміна багатьох цілей; не детермінованість; активність та ін. Окрім цього наявність особи, яка приймає рішення, поряд з позитивним аспектом (адаптивність, толерантність щодо зміни структури та властивостей системи, суб'єктивна оптимізація) має і негативні сторони – обмежений обсяг інформації, яка може перероблятися в реальному часі, зниження надійності при втомі, запізнення в прийнятті рішень тощо.

Проте, застосування в системах управління лише формалізованих регулярних методів не приводить до бажаних результатів, а евристичні способи часто є неефективними. З урахуванням цих особливостей ОТП в системах управління ними доцільно [14] застосовувати комбіновані підходи, які об'єднують формалізовані регулярні методи, інтелектуальні підходи та евристики.



Рисунок 1 – Функції і задачі управління технологічними комплексами у складі організаційно-технологічних систем

Оперативне управління технологічними комплексами в класі організаційно-технологічних систем галузі може бути реалізовано в багаторівневій ієрархічній структурі, яка має різні функції і вирішує різні задачі. За призначенням їх можна об'єднати в певні групи (рис. 1).

Світовий досвід свідчить [7÷11], що ефективне управління технологічними комплексами та окремими підсистемами в їхньому складі найбільш ефективно здійснюється в розподілених автоматизованих системах з урахуванням нестаціонарності, невизначеності, нелінійності об'єктів та властивостей зовнішнього середовища.

Проведений аналіз [1÷15 та ін.] свідчить, що сучасна теорія управління передбачає використання для автоматизації складних об'єктів нових підходів і методів:

- методології інтелектуальних технологій управління: нечіткої логіки, нейро-фаззі-систем, генетичних, еволюційних і гібридних алгоритмів, робастної нечіткої адаптації, фракталів і хаосу;
- управління в класі багатокритеріальних багатооб'єктивних структур з урахуванням конфліктних ситуацій;
- сценарно-ситуаційного підходу;
- когнітивних методів оцінки та розвитку ситуацій;
- методів адаптації та самоорганізації тощо.

Одним із основних підходів є робастне і адаптивне управління та їх поєднання. Слід зазначити, що системна задача управління організаційно-технологічною системою передбачає ідентифікацію ситуацій, оцінку стану та прогнозування розвитку подій.

Отже підвищення ефективності управління технологічними комплексами нафтової і газової промисловості слід шукати в побудові єдиного інформаційного простору, об'єднанні різних етапів виробництва і застосування нових підходів і методів управління – робастного і адаптивного.

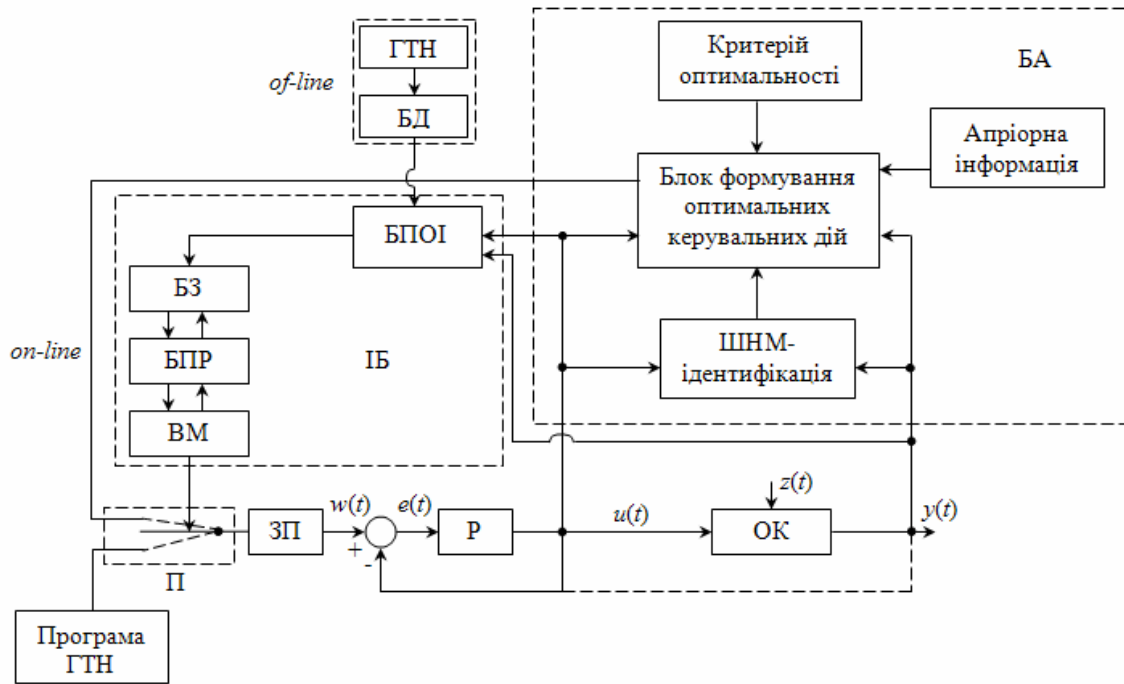
Термін «робастність» (грубість, стабільність, мала чутливість до збурюючих факторів системи) був запропонований у 1972 р. П.І.Бубером (P.I.Huber) для задач оцінювання чутливості методу найменших квадратів. Він не тільки запропонував нові оцінки параметра зсуву, які володіють грубістю, але й обґрунтував їх оптимальність в мінімаксному сенсі. Робастному оцінюванню, його стану і розвитку присвячені роботи [8,9,10,11 та ін.]. Проте, якщо на першому етапі розвитку цього підходу всі роботи з робастного оцінювання були присвячені розв'язку регресійних задач, тобто ідентифікації статичних об'єктів, а також динамічних об'єктів, які описуються рівняннями типу згортки [12], то сьогодні робастний підхід використовується для адаптивного управління в тому числі і побудованого на засадах нечіткої логіки [11] в різних галузях промисловості.

Це викликано тим, що системи робастного управління мають ряд безсумнівних переваг [15]:

- вони робастно стійкі, тобто зберігають стійкість при зміні параметрів об'єкта керування в обмежених границях;
- вони мають суттєво меншу чутливість до зміни параметрів об'єкта керування порівняно з оптимальними системами, попри те, що динамічні характеристики робастних систем можуть несуттєво відрізнитися від відповідних характеристик оптимальних систем.

Слід зауважити, що складність синтезу робастної системи полягає не в розв'язанні тих чи інших рівнянь, а, перш за все, у формуванні критерію якості робастного управління таким чином, щоб синтезована система задовольняла технічним вимогам, які висуваються до системи загалом.

Отже, метою робастного управління є забезпечення необхідної якості системи незалежно від змін параметрів системи, зовнішніх збурень і можливих похибок з урахуванням особливостей об'єкта керування, зміни його структури і параметрів. Робастна система повинна



ОК – об’єкт керування, Р – регулятор, ЗП – задаючий пристрій, ВМ – виконавчий механізм, П – перемикач з адаптивного регулятора на робастний, БА – блок адаптації, ГТН – геолого-технологічний наряд, ІБ – інтелектуальна база, БПР – блок прийняття рішень, БЗ – база знань, БД – база даних, БПОІ – блок попередньої обробки інформації, $w(t)$, $e(t)$, $u(t)$, $z(t)$, $y(t)$ – відповідно: задаючий вплив, розузгодження, керувальна дія, збурюючий вплив, керувана величина

Рисунок 2 – Блок-схема інтелектуальної системи управління процесом буріння

володіти низькою чутливістю, належною якістю, стійкістю в широкому діапазоні зміни її параметрів і невизначеностей: параметричної, структурної, алгоритмічної, інформаційної, невизначеності зовнішніх впливів тощо.

Реальна невизначеність передбачає дійсно відсутність інформації щодо природи та характеристики збурень, крім їхньої обмеженості.

Водночас метою адаптивного управління об’єктами, які функціонують за умов невизначеності щодо параметрів об’єкта і навколишнього середовища, що виявляє себе у вигляді контрольованих і неконтрольованих збурень і перешкод різної природи, є здатність змінювати алгоритми функціонування, структуру та параметри системи за рахунок використання додаткових пристроїв та зв’язків, що дозволяють об’єкту своєчасно пристосуватися до змінюваних умов роботи.

Проте проблема адаптивного управління за наявності довірливих збурень розроблена явно недостатньо і вимагає усебічного вивчення і розвитку. Особливо це стосується ТК нафтогазової промисловості, для управління якими використовуються критичні системи керування, для яких відхилення за межі цільових нерівностей є неприпустимим.

З існуючих наукових досліджень робастних та адаптивних систем управління [1÷5 та ін.] відомо, що вони обидві орієнтовані на змінюванні умови роботи, тобто між ними існує однозначна залежність. Саме поєднання цих двох ефективних методів сучасної теорії управ-

ління з методами управління на базі методів нечіткої логіки для автоматизації ТК нафтогазової промисловості дає змогу використовувати переваги як адаптивних, так і робастних систем управління, а також методів Fuzzy-Control.

Прикладом ефективного поєднання адаптивної системи з робастною є інтелектуальна система, яка може бути запропоновано для управління технологічним процесом буріння нафтових і газових свердловин. Особливістю такої системи є те, що вона не потребує значних матеріальних витрат (рис. 2).

Робастна система функціонує в межах однорідної за буримістю пачки гірських порід, не реагує на несуттєві зміни фізико-механічних властивостей окремих прошарків порід, а інтелектуальний блок виявляє момент переходу долата в породи іншої буримості. Після цього подається команда на приєднання блоку адаптації і системи адаптивного керування, яка здійснює пошук нових оптимальних параметрів режиму буріння для робастної системи і після завершення пошуку під’єднує робастну систему до об’єкта.

Робастність системи забезпечується вибором достатньо великого кроку дискретизації процесу зміни механічної швидкості буріння, в результаті чого малі пропластки порід не визначаються. На першому етапі функціонування такої системи вмикається адаптивний регулятор. Він на основі інформації про зміну буримості чергової пачки гірських порід за допомогою блоку адаптації знаходить певне рішення

стосовно оптимальної осьової сили на долото і пристосовується до нових умов роботи системи. Інтелектуальний блок обробляє початкову інформацію за допомогою бази даних, бази знань та блоку прийняття рішень і приймає відповідне ключове рішення, на основі якого виконавчий механізм і перемикач переводять систему з адаптивного режиму роботи на робастний. У цьому режимі відбувається процес буріння до моменту виявлення чергової зміни буримості гірських порід. Цей момент фіксується інтелектуальним блоком і система переводиться перемикачем П в адаптивний режим роботи. Внаслідок цього відбувається пошук нових оптимальних параметрів режиму буріння. Після цього система знову переводиться в робастний режим.

Практичне рішення такої задачі значною мірою полегшується завдяки програмно-алгоритмічній підтримці, відомої під назвою μ -синтезу, теоретичні основи якого викладені в [16]. Досвід робастної оптимізації багатомірних систем на основі технології μ -синтезу [17] свідчить, що значна кількість алгоритмів, програм в « μ -Analysis and Synthesis Toolbox», а також можливість створення на їх основі різних процедур робастної оптимізації для конкретних задач управління дає підстави вважати, що існує технологія μ -синтезу.

Показано [17], що μ -синтезу для багатомірних систем дозволяє отримати значно кращі результати порівняно з «методом двох рівнянь Рікати».

Висновок

На основі аналізу властивостей адаптивних і робастних систем автоматичного управління, побудованих на використанні інтелектуальних технологій управління, визначені переваги робастних систем для управління технологічними комплексами нафтової і газової промисловості. Проведена оцінка можливості застосування робастних систем для конкретного технологічного комплексу і запропонована структура інтелектуальної системи управління процесом буріння нафтових і газових свердловин.

Література

- 1 Zhou K. Essentials of Robust Control / K.Zhou, I.C.Doyle // New Jersey: Prentice Hall International, Inc. – 1998. – 411 p.
- 2 Поляк Б.Т. Трудные задачи линейной теории управления. Некоторые подходы к решению / Б.Т.Поляк, П.С.Щербаков // Автоматика и телемеханика. – 2005. – №5. – С.7-46.
- 3 Кунцевич В.М. Синтез робастно устойчивых дискретных систем управления нелинейными объектами: доклады XV междунар.конф. з автоматического управления, 23-26 сентября 2008р., Одеса / В.М. Кунцевич. – Одеса: ОНМА, 2008. – С.296-299.
- 4 Skagestad S. Multivariable Feedback Control. Analysis and Design / S.Skagestad // New York: John Wiley & Sons. – 1997. – 559p.
- 5 Мислюк М.А. Моделирование явищ і процесів у нафтогазовій справі: [підручник] / М.А.Мислюк, Ю.О.Зарубін. – К.: Екор, 1999. – 458 с.
- 6 Горбійчук М.І. Оптимізація процесу буріння глибоких свердловин / М.І.Горбійчук, Г.Н.Семенцов // Івано-Франківськ: Факел, 2003 – 493 с.
- 7 Huber P.I. Robust statistics; a review / P.I.Huber // Annals of Mathematical Statistics. – 1962, vol 43, №4. – P. 1041-1067.
- 8 Hampel F.R. Robust estimation: a condensed partial survey / F.R.Hampel // Zeitschrift für Wahrscheinlichkeits – theorie and Verwandte Gebiete. – 1973, vol.27/ - P. 87-104.
- 9 Bickel P.I. Another look of robustness: a review of review and some new development / P.I.Bickel // Scandinavian Journal of Statistics. – 1976, vol. 3, P. 145-468.
- 10 Hampel F.R. Modern trends in the theory of robustness / F.R.Hampel // Mathematical operations forschung, Series Statistics. – 1978, vol. 9. – P. 425-442.
- 11 Kuhn T. Robust design of fuzzy adaptive control by means of evolutionary strategies / T.Kuhn, I.Wernstedt // Proceedings of Fuzzy 96. Zittau Germany, September 25-27, 1996. – P. 231-236.
- 12 Цыпкин Я.З. Оптимальная идентификация динамических объектов / Я.З.Цыпкин // Измерения, контроль, автоматизация. – 1983. – Вып. 3(47). – С.47-60.
- 13 Ладанюк А.П. Основи системного аналізу / А.П.Ладанюк // Вінниця: Нова книга – 2004. – 173 с.
- 14 Ладанюк А.П. Системна задача управління технологічними комплексами; прогр. і матеріали міжнар. наук.-техн. конф. «Сучасні методи, інформаційне, програмне та технічне забезпечення систем управління організаційно-технологічними комплексами», 26-27 листопада 2009р., Київ / А.П.Ладанюк. – Київ: НУХТ, 2009. – С.12-13.
- 15 Куценко А.С. Многокритериальный синтез нелинейного робастного управления многоканальными системами: доповіді XV міжнар.конф. з автоматичного управління, 23-26 вересня 2008 р., Одеса / А.С.Куценко, Т.Б.Никитина. – Одеса: ОНМА, 2008. – С.300-303.
- 16 Balas G.I. μ -Analysis and Synthesis Toolbox / G.I.Balas, I.C.Doyle, K.Glover, A.Packard, R.Smith // Natick, Massachusetts: The Math Works, Ins., 1998. – 740p.
- 17 Туник А.А. Робастная оптимизация многомерных систем управления полетом на основе технологий μ -синтеза: доклады XV междунар.конф. з автоматического управления «Автоматика-2008» / А.А.Тунік, К.В.Мельник. - Одесса: ОНМА, 2008. – С.619-623.

*Стаття надійшла до редакційної колегії
02.12.10*

*Рекомендована до друку професором
Г.Н. Семенцовим*