

681.51
H19

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

**Івано-Франківський національний технічний
університет нафти і газу**

Назаренко Ігор Вікторович



УДК 681.516.75

**МОДЕЛІ І МЕТОДИ ПОБУДОВИ АВТОМАТИЗОВАНИХ СИСТЕМ
КЕРУВАННЯ КОМПРЕСОРНИМИ СТАНЦІЯМИ НА ОСНОВІ
УНІФІКОВАНИХ АПАРАТНО-ПРОГРАМНИХ ЗАСОБІВ**

Спеціальність 05.13.07 – «Автоматизація процесів керування»

Автореферат
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Івано-Франківськ – 2015

Дисертацією є рукопис

Робота виконана в Івано-Франківському національному технічному університеті нафти і газу Міністерства освіти і науки України



Науковий керівник: кандидат технічних наук, доцент
Николайчук Микола Ярославович,
Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, доцент кафедри комп'ютерних технологій в системах управління та автоматики, м.Івано-Франківськ;

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, доцент
Рудакова Ганна Володимирівна,
Херсонський національний технічний університет, професор кафедри технічної кібернетики, м.Херсон;

доктор технічних наук, старший науковий співробітник
Спіфанов Юрій Михайлович,
Інститут Сцинтиляційних матеріалів НАН України, старший науковий співробітник, м.Харків.

Захист відбудеться «04» грудня 2015 р. об 11⁰⁰ год. на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 20.052.03 при Івано-Франківському національному технічному університеті нафти і газу за адресою: 76019, м.Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15.

З дисертацією можна ознайомитися в у бібліотеці Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу (76019, м.Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15).

Автореферат розісланий «02» листопад 2015 р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради Д 20.052.03,
доктор технічних наук, професор

А.П. Олійник



ГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми

Актуальність вирішення науково-технічних проблем на об'єктах газотранспортної системи (ГТС) України полягає в масштабності і стратегічному значенні газотранспортної галузі. Загальна протяжність газопроводів складає 38.55 тис. км (з них 22.16 тис. км магістральних і 16.39 тис. км газопроводів-відгалужень) з пропускною здатністю 287.7 і 178.5 млрд. м³/рік на вході і на виході відповідно. ГТС України включає 72 компресорні станції (КС) зі 110 компресорними цехами (КЦ) і 702 газоперекачувальними агрегатами загальною потужністю 5443 МВт, 12 підземних сховищ газу (ПСГ) активною місткістю 31 млрд. м³, 1455 газорозподільних станцій (ГРС), а кількість працюючих складає близько 28 тис. чол. Дані об'єкти входять в єдиний технологічний комплекс ПАТ «Укртрансгаз», що функціонує в безперервному режимі.

На даний час в ГТС України склалася ситуація, коли на технологічних об'єктах встановлено значну кількість систем автоматичного керування (САК), розроблених різними підрядними організаціями і фірмами виробниками. Більшість з них не відповідає сучасним вимогам до відкритості, функціональності, уніфікації, надійності, морально застаріла і фізично зношена.

Враховуючи, що компресорні станції забезпечують основні режими функціонування об'єктів ГТС, а також є найбільш функціональними і складними в плані автоматизації, то задачі з модернізації і створення нових САК компресорними станціями (САК КС) на основі уніфікованих технологій можна віднести до першочергових в структурі ГТС України. В свою чергу методи і засоби вирішення вищевказаних задач вимагають наукового обґрунтування.

Таким чином, розробка моделей і методів побудови АСК КС є актуальною науково-технічною задачею, що потребує свого вирішення.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами

Представлені в роботі дослідження проводилися в рамках:

- держбюджетної теми кафедри «Комп'ютерних технологій в системах управління та автоматики» Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу (ІФНТУНГ) «Розроблення методики діагностування установок нафтогазової промисловості» (№ держ. реєстрації 0108U001367);

- виконання Розпорядження Президента України від 21.04.2005р. за № 990/2005-рп «Про Цільовий план Україна - НАТО на 2005 рік у рамках Плану дій Україна – НАТО» відповідно до п.3 «Забезпечення безпеки транзитних нафто - та газопроводів, створення електронної системи їх охорони» цілі І.2.12 «Посилення енергетичної безпеки», зокрема впровадження 15-ти диспетчерських пунктів компресорних станцій в УМГ «Київтрансгаз» (акт впровадження результатів дисертаційної роботи Назаренка І.В. в УМГ «Київтрансгаз», від 12.10.2011 р.).

Задачі, що вирішуються в роботі, відповідають «Концепції створення розподілених автоматизованих систем керування технологічними процесами (РАСК ТП) на підприємствах НАК «Нафтогаз України», розробленої «ДП Науканафтогаз» на замовлення НАК «Нафтогаз України», «Енергетичній стратегії України на період до 2030 року» затвердженим КМ України.

Мета і задачі досліджень

Метою досліджень є підвищення оперативності і ефективності процесів керування розподіленими об'єктами ГТС шляхом узагальнення принципів і методів побудови автоматизованих систем керування компресорними станціями.

Для досягнення поставленої мети в роботі необхідно вирішити такі задачі:

- проаналізувати сучасний стан автоматизованих систем керування компресорними станціями;
- узагальнити принципи уніфікації компонентів і процедур керування для побудови і експлуатації АСК КС, визначити основні вимоги до функціональності, топології, компонентів і режимів їх роботи;
- формалізувати інформаційні потоки на всіх рівнях АСК КС та розробити базові топології АСК КС на основі уніфікованих апаратно-програмних засобів;
- розробити імітаційні моделі АСК КС, методи формування тестових сигналів для імітації режимів роботи АСК та уніфікований метод автоматичного генерування програмних кодів PLC з імітаційних моделей;
- провести дослідження технологічних параметрів на аномальність і наявність тренду та на їх основі розробити алгоритмічне забезпечення АСК КС і людино-машинний інтерфейс на базі SCADA-системи;
- на основі створених моделей розробити алгоритмічне забезпечення керування виконавчими механізмами на технологічних об'єктах КС, спосіб неперервного контролю стану електричних кіл керування ними та дослідити режими роботи виконавчих механізмів;
- провести промислово апробацію окремих компонентів розроблених АСК КС.

Об'єкт дослідження

Об'єктом досліджень є інформаційні процеси в автоматизованих системах керування режимами роботи компресорних станцій.

Предмет дослідження

Методи, моделі і апаратно-програмні засоби (АПЗ) для організації уніфікованих автоматизованих систем керування компресорними станціями.

Методи дослідження

Для вирішення поставлених задач застосовувались методологія побудови автоматизованих систем керування, методи математичного аналізу і статистики, теорії інформації і цифрового зв'язку, теорії автоматичного управління та методи цифрової обробки сигналів.

При розробці АПЗ систем АСК КС застосовувались методи структурного, топологічного, функціонального і схемотехнічного проектування, методи технічної діагностики, методи об'єктно-орієнтованого програмування, а також методи моделювання та імітації режимів роботи компонентів систем управління.

Наукова новизна одержаних результатів

У дисертаційній роботі розв'язано актуальну наукову задачу побудови АСК КС на основі уніфікованих АПЗ. При цьому одержані такі наукові результати:

1. Вперше створено інформаційну модель для імітації і дослідження режимів роботи САК КС на основі експериментальних даних і запропонованих методів формування тестових сигналів, що суттєво спрощує процедури розробки і тестування САК КС на базі SCADA-систем та підвищує рівень їх готовності на етапі проектування.

2. Вперше створено імітаційну модель САК виконавчим механізмом технологічних об'єктів КС на основі графів моделей і способів для контролю кіл керування виконавчим механізмом в режимах очікування і керування для дослідження режимів роботи та розробки ефективних алгоритмів керування виконавчими механізмами.

3. Удосконалено наскрізну класифікацію технологічних параметрів та їх ідентифікаторів для об'єктів УМГ «Київтрансгаз», що спростило і уніфікувало процедури обробки параметрів технологічних процесів.

4. Удосконалено метод інтеграції моделей регуляторів САК КС в апаратні PLC шляхом автоматичного генерування програмного коду PLC з імітаційних моделей, що суттєво зменшує кількість помилок при традиційному складанні програмних кодів та зменшує час на їх розробку і валідацію.

5. Одержало подальший розвиток дослідження методів уніфікації АСК КС, в результаті чого запропоновані оптимальні топологічні і функціональні рішення їх побудови, використання яких дозволить удосконалити і уніфікувати проектні процедури і процеси керування.

6. Одержали подальший розвиток методи контролю технологічних параметрів на «аномальність» та «наявність тренду» на основі врахування статистичних критеріїв, що дозволило зменшити експлуатаційні витрати за рахунок виключення випадкових зупинок ГПА і часу простоїв технологічного обладнання.

Практичне значення одержаних результатів полягає в тому, що:

- розроблено резервовану топологію САК КС з розподілим вводом-виводом на базі уніфікованих АПЗ, що дозволяє у повній мірі застосовувати сучасні інформаційні технології для побудови АСК з розширенням їх функціональних можливостей;

- розроблено алгоритмічне забезпечення цехового регулятора і людиномашинний інтерфейс АСК КС на базі SCADA-системи WinCC для забезпечення режиму максимальної комерційної продуктивності КЦ;

- створено інструментарій у вигляді апаратно-програмного комплексу та алгоритмічне забезпечення на базі уніфікованих АПЗ Simatic S7, що дозволяє досліджувати режими роботи виконавчих пристроїв запірної арматури КС;

- розроблено алгоритм «Захист», використання якого дозволяє підвищити рівень безпечної експлуатації ГРС при нештатних ситуаціях в газорозподільчих мережах низького тиску;

- результати дисертаційної роботи впроваджено в апараті управління і структурних підрозділах УМГ «Київтрансгаз» (акт впровадження від 12.10.2011 р.).

Крім того, результати досліджень використані при розробці «Програми розвитку систем і засобів автоматизації й телемеханіки ПАТ «Укртрансгаз» - 2014) та концепції «Концептуальні технічні рішення та архітектура побудови АСК ТП ПАТ «Укртрансгаз» - 2014), в яких автор приймав безпосередню участь, а також

впроваджені в навчальний процес ІФНТУНГ при викладанні дисциплін «Автоматизоване проектування систем управління і діагностування для об'єктів нафтогазового комплексу» та «Системи передавання даних» (акт впровадження від 16.06.2015 р.).

Особистий внесок здобувача

Основні положення та результати дисертаційної роботи одержані автором самостійно [3, 5, 15]. У співавторстві удосконалено алгоритми, проведено моделювання і досліджено режими роботи уніфікованих САК виконавчими механізмами об'єктів ГТС [1]; одержано і оброблено експериментальні дані, побудовано моделі і досліджено режими роботи ГПА на основі методу групового урахування аргументів [2]; запропоновано структуру організації систем диспетчерського керування (ДК)КС, обґрунтовано технічні вимоги з функціональності, уніфікації і спеціальні вимоги для ефективного вирішення задач контролю, діагностування і управління на базі уніфікованих АПЗ концерну «Siemens» [4]; проаналізовано склад і функціональне призначення програмних модулів SCADA WinCC для комплексного вирішення задач і уніфікації процедур ДККС, розроблено проект САК ГРС з Web-інтерфейсом, досліджено режими роботи компонентів системи ДККС шляхом імітації роботи АПЗ на основі запропонованих тестових сигналів [6]; для вирішення задач побудови АСК об'єктами ГТС досліджено процедури генерування функціональних блоків для PLC з управляючих алгоритмів [7]; розроблено функціональні і алгоритмічні рішення на основі резервованої технології розподіленого вводу/виводу в САК технологічним обладнанням КЦ [8]; запропоновано, розроблено функціональні рішення і виконано апробацію способу неперервного контролю стану електричних кіл керування виконавчого механізму [9]; запропоновано і обґрунтовано структурні рішення розподіленого вводу-виводу даних в системах автоматичного керування САК технологічним обладнанням КЦ [10]; запропоновано шляхи удосконалення і підвищення ефективності роботи САК виконавчими механізмами на технологічному обладнанні КС з постійним контролем кіл керування [11]; обґрунтовано необхідність і визначено задачі моделювання та імітації компонентів систем ДККС на базі АПЗ «Siemens» і пакету «MatLab» [12]; вирішено практичні задачі формування тестових сигналів для імітації режимів роботи АСК [13]; розроблено архітектуру, формалізовано інформаційні потоки і визначено основні технічні характеристики комплексу АПЗ передачі даних для лінійної частини (ЛЧ) МГ [14]; проаналізовано архітектуру і параметри систем промислового зв'язку на основі стандартів (MPI, PROFIBUS, AS-Interface, Industrial Ethernet), визначено основні принципи і способи організації каналів зв'язку та їх тестування в системах ДККС [16].

Апробація результатів досліджень

Основні результати дисертаційної роботи доповідалися і обговорювалися на:
- 5-й Міжнародній науково-практичній конференції «Комп'ютерні системи в автоматизації виробничих процесів» (м. Хмельницький, 2007);

- XXIV(I), XXVI(II), XXVIII(III) Міжнародних школах-семінарах «Методи і засоби технічної діагностики в техніці і соціумі» (м. Івано-Франківськ, 2007, 2009, 2011);

- 5-й Міжнародній науково-технічній конференції і виставці «Сучасні прилади, матеріали і технології для неруйнівного контролю і технічної діагностики машинобудівного і нафтогазопромислового обладнання» (м. Івано-Франківськ, 2008);

- II-му всеукраїнському науково-практичному семінарі «Сучасні інформаційні технології в дистанційній освіті» (СІТВДО-2013) (м. Івано-Франківськ, 2013);

- Міжнародній науково-технічній конференції «Нафтогазова енергетика 2013» - ІФНТУНГ, (Івано-Франківськ. – 2013);

- II-й міжнародній науковій конференції «Вимірювання, контроль та діагностика в технічних системах (ВКДТС – 2013)» - ВНТУ, (Вінниця, – 2013).

Публікації

Основні матеріали дисертації викладено у 16 наукових публікаціях, серед яких 8 статей у виданнях (3 з них одноосібні), що входять до переліку фахових видань МОН України, з яких 2 - у виданнях, зареєстрованих в наукометричних базах BASE, Index Copernicus, Google Scholar, РИНЦ і 1 стаття у закордонному журналі, зареєстрованому в наукометричних базах Google Scholar, РИНЦ та 1 патент України.

Структура та обсяг дисертації

Дисертаційна робота містить вступ, чотири розділи і висновки до кожного розділу, загальні висновки, викладені на 176 сторінках тексту; 113 рисунків; 20 таблиць; список використаних джерел зі 123 найменувань на 14 сторінках та 7-ми додатків на 35 сторінках.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У **вступі** обґрунтовано актуальність роботи, визначено об'єкт і предмет досліджень, методи досліджень, а також сформульовано мету і задачі досліджень, наведено наукову новизну і практичне значення отриманих результатів на основі запропонованих методів і моделей для побудови уніфікованих АСК КС, задекларовано особистий внесок здобувача, наведені відомості про апробацію та впровадження результатів роботи.

У **першому розділі** в результаті аналізу об'єктів КС, визначено основні технологічні параметри та вихідні дані для розробки методів побудови і моделювання режимів роботи АСК КС.

Вирішення проблем автоматизації процесів керування відображені в теоретичних і прикладних роботах вітчизняних вчених Горбійчука М.І., Грудза В.Я., Заміховського Л.М., Семенцова Г.Н., Єршова В.Н., Герасименко В.П., Бойко Л.Г., Дьоміна А.Є. і ін., вчених ближнього зарубіжжя Козакевича В.В., Холщевнікова К.В., Ольштейна Е.А., Краснова Д.С., Тітенського В.І., Гузельбаєва Я.З., Ахмедзянова А.М., Комісаров Г.А. і ін., а також закордонних вчених W. Jansen, W.C. Moffat, E.M. Greitzer, F.K. Moore, J. Fabri, I.R. Baher, H. Pearson та ін.

В результаті аналізу сучасного стану апаратно-програмних засобів САК КС в УМГ «Київтрансгаз» до складу якого входить 21 КС виявлено, що значна частина засобів САК є різнотипною (20 типів), розроблена і поставлена різними організаціями (7 і 6 відповідно), введена в експлуатацію на протязі 1974-2011 р.р., має морально застарілі АПЗ, несумісні комунікації, інші недоліки, що веде до значних втрат та незручностей при експлуатації. На основі проведеного аналізу визначено методи і способи уніфікації АСК КС на основі системності, сумісності, відкритості, можливості модернізації і стандартизації.

Для комплексного вирішення поставлених задач, обґрунтовано вибір інструментарію та проаналізовано методи математичного аналізу, які є основою для побудови імітаційних моделей АСК КС на основі експериментальних даних, що потребують статистичної обробки і контролю технологічних параметрів на «аномальність» та «наявність тренду».

Виконаний аналіз дозволив обґрунтувати напрямок, сформулювати мету і визначити задачі досліджень.

У другому розділі за результатами проведеного аналізу і виявлених недоліків організації існуючих АСК КС, розроблено топологію на основі резервованої пари PLC Simatic S7-400H, системи розподіленого вводу-виводу і комунікаційної мережі «подвійне оптичне коло».

Для апробації і перевірки працездатності запропонованої топології на основі уніфікованих процедур і АПЗ, виконано розробку проекту САК на основі резервованої пари PLC Simatic S7-400H, визначено апаратні засоби САК, виконано їх конфігурування і параметрування сигнальних модулів PLC; налагоджено інтерфейси зв'язку і комунікаційні з'єднання, створено і відлагоджено програму керування на мовах IEC 61131-3, створено базу даних тестових сигналів та імітаційні моделі для дослідження режимів та імітації роботи САК КС, скомпільовано і завантажено конфігурацію і програму керування в апаратний PLC і PLCSIM (програму-симулятор), запущено апаратний PLC та PLCSIM і виконано необхідні тести та перевірки.

Застосування вищевказаних уніфікованих АПЗ і процедур проектування забезпечує універсальність їх застосування при побудові АСК різного рівня складності, розгалуженості, сумісності, а також забезпечує можливість розширення і модернізації на будь-якому етапі проектування, виготовлення чи експлуатації.

В роботі удосконалено комбінований метод класифікації та послідовний засіб формування кодів параметрів технологічних об'єктів і процесів по УМГ «Київтрансгаз» на основі фасетної класифікації. Узагальнена класифікація об'єктів ГТС, при цьому визначення вхідних і вихідних параметрів та їх ідентифікаторів дозволяє уніфікувати процедури збору, обробки, передачі і зберігання даних в АСК КС.

Запропоновано метод формування тестових сигналів розроблених в «MS Excel» для SCADA-системи WinCC на основі протоколу обміну даними «DDE» і макросу на мові Visual Basic, який призначений для відлагодження компонентів АСК КС на базі SCADA-системи WinCC, що дозволило розширити функціональність SCADA-системи в плані практично необмеженої кількості імітаційних сигналів та їх форми. В роботі розроблено метод формування баз даних

тестових сигналів для моделювання та імітації режимів роботи САК КС на основі Simulink-моделей.

На основі алгоритму керування САК КС, розроблено імітаційну модель, яка складається із двох функціональних блоків (САК КЦ і блоку ГПА). Ієрархічний функціональний блок САК КЦ складається з двох допоміжних блоків нижчого рівня «Start_Stop» і «Regulation_P». Імітаційна модель дозволяє створювати функціональні блоки, з яких генеруються функціональні блоки в стандарті IEC 61131 для апаратних PLC в умовах, максимально наближених до реальних процесів (рис. 1).

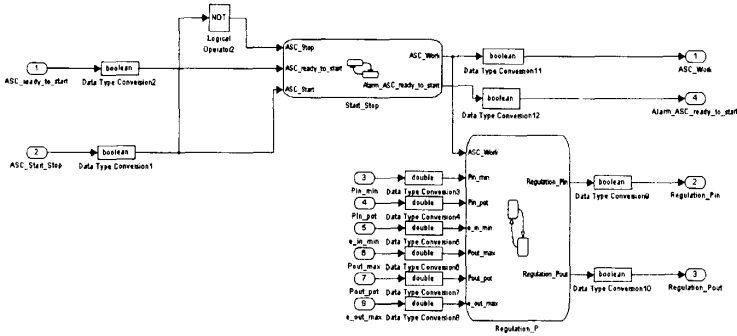


Рисунок 1 – Внутрішня структура функціонального блоку САК КЦ

На рис. 2 наведено розроблену імітаційну модель САК КЦ.

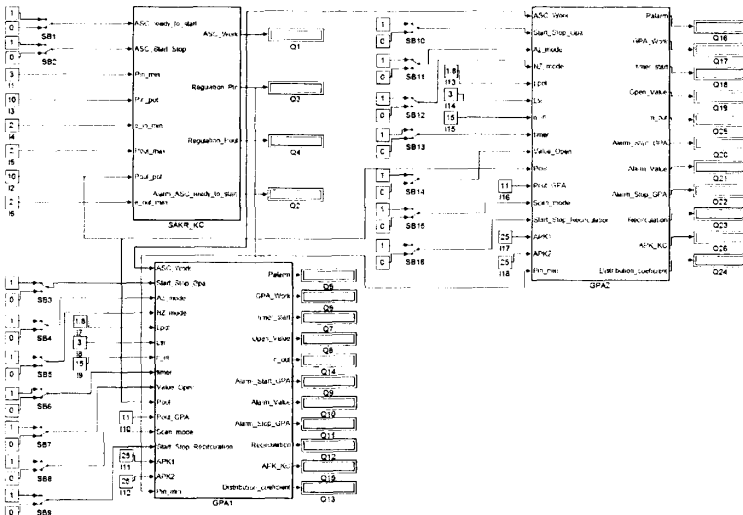


Рисунок 2 – Імітаційна модель САК КЦ в «MatLab-Simulink»

Дана імітаційна модель виконана в програмному середовищі Matlab-Simulink, яка включає: SAKR КС – функціональний блок САК КЦ; GPA1, GPA2 – функціональні блоки ГПА1 і ГПА2; SB1...SB16 – перемикачі логічних станів; I1, I2 – вхідні аналогові сигнали функціонального блоку САК КЦ; I4...I6 – входи установки за мінімумом і максимумом функціонального блоку САК КЦ; I7...I12 – вхідні аналогові сигнали функціонального блоку ГПА1; I13...I18 – вхідні аналогові сигнали функціонального блоку ГПА2; Q1...Q24 – вихідні сигнали функціональних блоків.

Для перетворення імітаційних моделей САК в програмний код PLC, удосконалено метод для автоматичної генерації функціонального блоку в стандарті IEC 61131. Даний метод полягає в послідовному перетворенні функціональних блоків імітаційної моделі з середовища «Matlab-Simulink» в програмний код на мові SCL, в результаті компіляції якого створюється функціональний блок, що безпосередньо записується в апаратний PLC.

Розглянуті вище процедури можуть бути застосовані і для інших інформаційних моделей об'єктів управління, що підвищує оперативність створення і налагодження управляючих функціональних блоків для апаратних PLC.

В результаті проведених досліджень розроблені методологічні засади створення інструментарію для дослідження, оптимізації і уніфікації алгоритмів управління в системах ДККС.

У **третьому розділі** вирішені задачі побудови моделей САК ГПА на основі принципів уніфікації проектних процедур та апаратно-програмних засобів.

В розд. 1 при аналізі математичного апарату для моделювання роботи ГПА в складі КС, було відмічено доцільність використання методу групового урахування аргументів (МГУА). Виходячи з цього, застосовано МГУА для побудови імітаційної моделі нагнітача ГПА.

Враховуючи питому вагу впливу вхідних та вихідних параметрів на адекватність моделі нагнітача ГПА, застосовані наступні основні технологічні параметри (вхідні параметри: $P_{вх}$ – тиск на вході нагнітача; $T_{вх}$ – температура на вході нагнітача; N – оберти турбіни нагнітача; і вихідні параметри: $P_{вих}$ – тиск на виході нагнітача; $T_{вих}$ – температура на виході нагнітача; ΔP – перепад тиску на конфузори нагнітача.

При побудові імітаційної моделі застосовано експериментальні вибірки значень технологічних параметрів нагнітача на основі визначених даних функціонуючої САК ГПА на КС «Бердичів» УМГ «Київтрансгаз», які записані в форматі електронних таблиць «MS Excel». При одержанні експериментальних даних виконувалась нерівномірна дискретизація за часом, що пов'язано із особливостями збору даних в подібних системах, тому існує необхідність попередньої обробки технологічних даних шляхом інтерполяції.

В результаті інтерполяції отримано масиви даних з дискретизацією за часом одна секунда з кількістю значень параметрів 363480. Для вирішення задачі пошуку коефіцієнтів апроксимуючого полінома застосовано функцію MatLab «lsqcurvefit»:

$$x = \text{lsqcurvefit}(\text{fun}, x0, \text{xdata}, \text{ydata}), \quad (1)$$

Таким чином, функція (1) розраховує коефіцієнти апроксимуючої функції за допомогою МНК.

Функція здійснює розрахунок коефіцієнтів, вирішуючи при цьому наступну оптимізаційну задачу (мінімізацію квадрату різниці між експериментальними та розрахунковими значеннями апроксимуючого полінома):

$$\min_x \|F(x, xdata) - ydata\|_2^2 = \min_x \sum_i (F(x, xdata_i) - ydata_i)^2, \quad (2)$$

Отримані середньоквадратичні відхилення поліномів на першій та другій ітераціях за кожним вихідним параметром наведені в табл. 1 і 2 (комбінації вхідних параметрів PT – тиск-температура, PN – тиск-оберти, TN – температура-оберти).

Таблиця 1 – Значення СКВ поліномів на першій ітерації

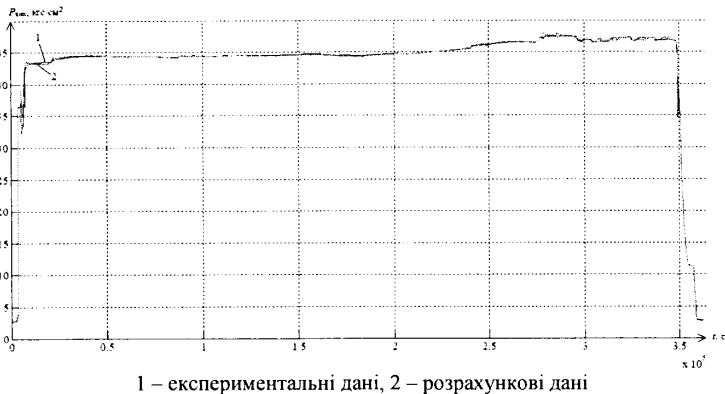
	Комбінація параметрів (PT)	Комбінація параметрів (PN)	Комбінація параметрів (TN)
$P_{\text{вих}}$	0.6785	0.2585	2.3947
$T_{\text{вих}}$	1.1890	2.7310	0.5957
ΔP	0.0384	0.0260	0.0295

Таблиця 2 – Значення СКВ поліномів на другій ітерації

	Комбінація параметрів (PT, PN)	Комбінація параметрів (PT, TN)	Комбінація параметрів (PN, TN)
$P_{\text{вих}}$	0.2565	0.5438	0.2561
$T_{\text{вих}}$	1.0326	0.5478	3.5174
ΔP	0.0240	0.0261	0.0301

Проаналізувавши значення СКВ на ітераціях (див. табл. 1 і 2), було обрано наступні комбінації параметрів: 1) для вихідного тиску $P_{\text{вих}}$: перша ітерація – комбінація PN ; друга ітерація – комбінація PN, TN ; 2) для вихідної температури $T_{\text{вих}}$: перша ітерація – комбінація TN ; друга ітерація – комбінація PT, TN ; 3) для перепаду тиску на конфузори тиску ΔP : перша ітерація – комбінація PN ; друга ітерація – комбінація PT, PN .

Як приклад, на рис. 3 зображено часові характеристики тиску на виході моделі нагнітача ГПА (експериментальні та розрахункові).



1 – експериментальні дані, 2 – розрахункові дані

Рисунок 3 – Часова характеристика тиску на виході нагнітача ГПА

В табл. 3 і 4 наведено значення розрахованих коефіцієнтів апроксимуючих поліномів першого та другого рівнів.

Таблиця 3 – Значення коефіцієнтів поліномів першого рівня

	Комбінації вхідних параметрів	a_0	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5
$P_{\text{вих}}$	PT	3.5658	0.5954	0.3079	0.0218	0.0042	-0.0208
	PN	0.0551	0.9855	-0.0080	0.0001	0.0007	0.0000
	TN	3.5013	-0.0523	0.0156	-0.0002	0.0149	0.0000
$T_{\text{вих}}$	PT	8.1046	-0.6373	1.7469	0.0529	-0.0008	-0.0508
	PN	3.7478	2.6938	-0.0254	0.0005	-0.0560	0.0000
	TN	0.0649	1.0407	-0.0045	0.0000	-0.0005	0.0000
ΔP	PT	0.0465	0.0151	0.0056	0.0005	-0.0004	-0.0006
	PN	0.0041	0.0018	0.0005	0.0000	-0.0001	0.0000
	TN	0.0169	0.0016	0.0004	0.0000	-0.0001	0.0000

Таблиця 4 – Значення коефіцієнтів поліномів другого рівня

	Комбінації вхідних параметрів	a_0	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5
$P_{\text{вих}}$	PN, TN	0.3073	1.0436	-0.0651	0.0024	-0.0018	-0.0003
$T_{\text{вих}}$	PT, TN	0.1057	0.6366	0.3434	0.0732	-0.0414	-0.0313
ΔP	PT, PN	0.0009	0.4560	0.3882	0.8081	-1.2146	0.9161

Отримано залежності вихідних параметрів ГПА (3-8) від групи його вхідних параметрів, які використані при розробці моделі нагнітача ГПА в середовищі «MatLab-Simulink» для дослідження режимів роботи і створення ефективних алгоритмів керування. Таким чином отримано наступні рівняння.

Рівняння для вихідного тиску:

$$\begin{cases} P_{\text{вих}}(P, N) = 0.0551 + 0.9855P - 0.008N + 0.0001PN + 0.0007P^2, \\ P_{\text{вих}}(T, N) = 3.5013 - 0.0523T + 0.0156N - 0.0002TN + 0.0149T^2, \end{cases} \quad (3)$$

$$\begin{aligned} P_{\text{вих}}\left(P_{\text{вих}}^{(P,N)}, P_{\text{вих}}^{(T,N)}\right) &= 0.3073 + 1.0436P_{\text{вих}}^{(P,N)} - 0.0651P_{\text{вих}}^{(T,N)} + \\ &+ 0.0024P_{\text{вих}}^{(P,N)}P_{\text{вих}}^{(T,N)} - 0.0018\left(P_{\text{вих}}^{(P,N)}\right)^2 - 0.0003\left(P_{\text{вих}}^{(T,N)}\right)^2. \end{aligned} \quad (4)$$

Рівняння для вихідної температури:

$$\begin{cases} T_{\text{вих}}(P, T) = 8.1046 - 0.6373P + 1.7469T + 0.0529PT - \\ \quad - 0.0008P^2 - 0.0508T^2, \\ T_{\text{вих}}(T, N) = 0.0649 + 1.0407T - 0.0045N - 0.0005T^2, \end{cases} \quad (5)$$

$$\begin{aligned} T_{\text{вих}}\left(T_{\text{вих}}^{(P,T)}, T_{\text{вих}}^{(T,N)}\right) &= 0.1057 + 0.6366T_{\text{вих}}^{(P,T)} + 0.3434T_{\text{вих}}^{(T,N)} + \\ &+ 0.0732T_{\text{вих}}^{(P,T)}T_{\text{вих}}^{(T,N)} - 0.0414\left(T_{\text{вих}}^{(P,T)}\right)^2 - 0.0313\left(T_{\text{вих}}^{(T,N)}\right)^2. \end{aligned} \quad (6)$$

Рівняння для перепаду тиску на конфузори:

$$\begin{cases} \Delta P(P, T) = 0.0465 + 0.0151P + 0.0056T + 0.0005PT - \\ \quad - 0.0004P^2 - 0.0006T^2, \\ \Delta P(P, N) = 0.0041 + 0.0018P + 0.0005N - 0.0001P^2, \\ \Delta P(\Delta P^{(P, T)}, \Delta P^{(P, N)}) = 0.0009 + 0.456\Delta P^{(P, T)} + 0.3882\Delta P^{(P, N)} + \\ \quad + 0.8081\Delta P^{(P, T)}\Delta P^{(P, N)} - 1.2146(\Delta P^{(P, T)})^2 + 0.9161(\Delta P^{(P, N)})^2. \end{cases} \quad (7)$$

$$(8)$$

На рис. 4 наведено Simulink-модель нагнітача ГПА, яка включає вхідні та вихідні порти сигналів (технологічних параметрів), блоки індикації та розрахунковий блок з реалізацією алгоритму розрахунку вихідних технологічних параметрів моделі за вхідними.

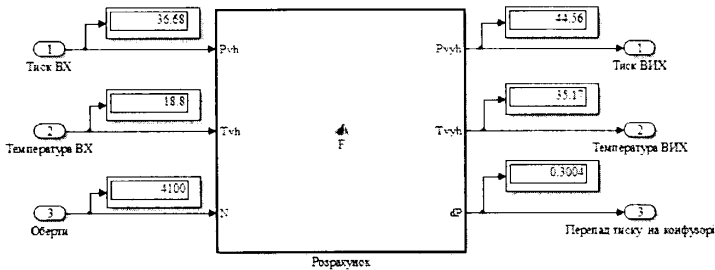


Рисунок 4 – Simulink-модель нагнітача ГПА

В результаті апробації Simulink-моделі нагнітача ГПА одержано результати, які дозволяють оцінити взаємозв'язок між вхідними та вихідними параметрами ГПА і дослідити режими його роботи шляхом застосування попередньо створених тестових сигналів.

На рис. 5 наведено розроблену імітаційну модель для реалізації алгоритму перевірки на аномальність, який відсутній в штатних САК, що призводить до хибних спрацювань систем захисту і, як наслідок, вимушених або аварійних зупинок ГПА. На вхід «Delta» подається вектор сталих значень розмірністю двадцять один, який задає експериментальну вибірку. На вхід «alpha» також подається константа – рівень значущості.

Вхідний параметр подається на демультиплексор та виводиться на три пристрої відображення значень вибірки.

Після обробки вхідних даних результати подаються на мультиплексор та на один пристрій відображення.

Аналогічно реалізується алгоритм перевірки на наявність тренду.

Для дослідження режимів роботи КЦ КС в плані забезпечення максимальної комерційної продуктивності, в роботі розроблено алгоритмічне забезпечення та імітаційну модель для дослідження показників продуктивності ГПА.

Імітаційна модель КЦ складається із шести нагнітачів, кранової обв'язки і регулятора КЦ (рис. 6).

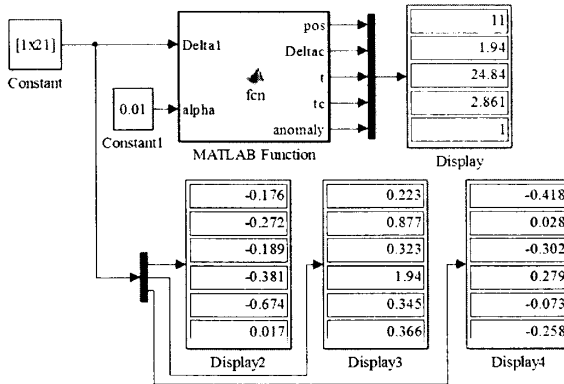


Рисунок 5 – Реалізація імітаційної моделі алгоритму контролю на аномальність

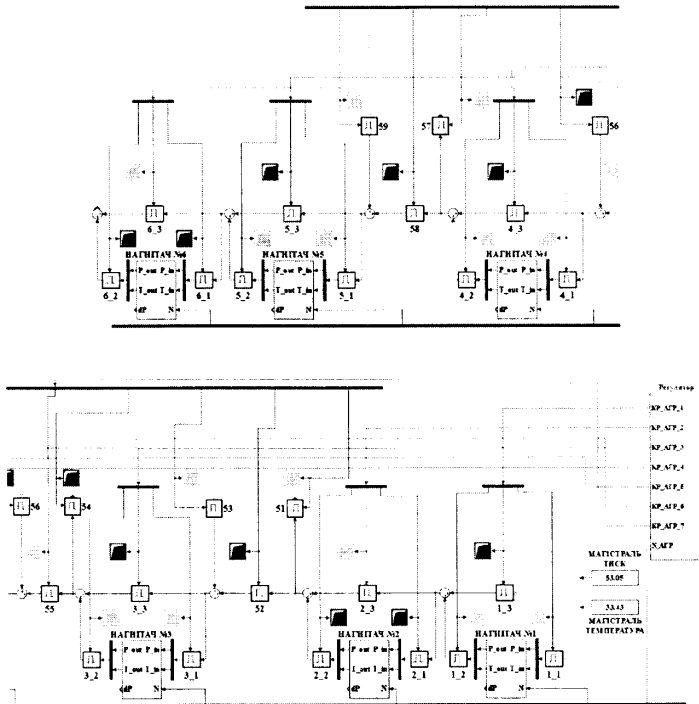


Рисунок 6 – Імітаційна модель компресорного цеху

Основна задача регулятора компресорного цеху – підтримка заданого режиму транспортування газу. Регулювання здійснюється за рахунок: зміни частоти обертів кожного ГПА в заданому діапазоні; зміни кількості працюючих ГПА в цеху; зміни схеми включення ГПА (послідовно або паралельно).

Регулятор виконано на основі блоку «Subsystem» з налаштованим OPC-сервером в середовищі «MatLab Simulink».

Розрахунок комерційної продуктивності кожного відцентрового нагнітача (ВЦН) включає наступні параметри: $P_{вх}$ – вхідний тиск, кгс/см²; $T_{вх}$ – вхідна температура, °C; N – оберти ВЦН, об/хв; ΔP – перепад тиску на конфузори нагнітача, кгс/см²; Δ – відносна густина газу за повітрям.

В умовах працюючого цеху перші чотири параметри отримують від САК кожного ГПА, відносна густина газу визначається хімічною лабораторією лінійного виробничого управління магістральних газопроводів (ЛВУМГ) за складом та параметрами газу згідно ДСТУ 5542-87. Для моделі КЦ перші три параметри задаються користувачем, а розрахунок значення перепаду тиску на конфузори нагнітача розраховується з використанням МГУА.

Для дослідження, візуалізації, адміністрування, архівування, виводу аварійних повідомлень та організації комунікаційних з'єднань в САК КЦ, а також для комунікації з моделями застосовано SCADA-систему WinCC «Siemens» з вбудованим OPC-сервером.

У четвертому розділі розроблено апаратно-програмний комплекс і моделі для дослідження алгоритмів роботи виконавчих механізмів. Реалізовано та апробовано схемотехнічне рішення та алгоритм на основі уніфікованих серійних компонентів Simatic S7. Розроблено і запатентовано спосіб контролю напруги у колах керування виконавчим механізмом ЕППУ-4-1 в режимі очікування команди та під час керування.

З метою апробації алгоритму, створено імітаційну модель керування виконавчим механізмом з контролем кіл керування на базі програмного комплексу «MatLab».

На рис. 7 зображена імітаційна модель системи керування виконавчим механізмом, реалізована за допомогою програмного комплексу «MatLab-Simulink». Алгоритмічна модель складається з трьох основних компонентів: модель крану «Kran»; модель контролера «Controller»; набір елементів для моделювання зовнішніх впливів «E1», «E2».

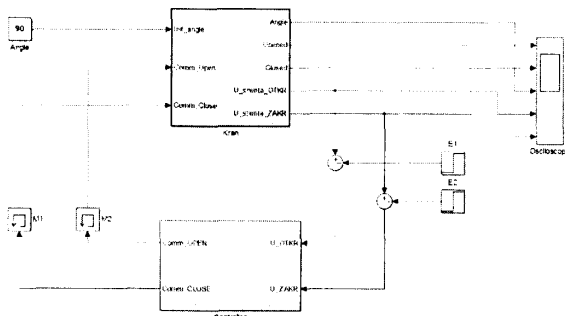


Рисунок 7 – Імітаційна модель системи керування виконавчим механізмом ЕППУ-4-1

Імітаційна модель крану має три входи (команди «Comm_Open» - «Відкрити», «Comm_Close» - «Закрити» і «Init_angle» - «Значення початкового кута повороту крану»). Виходів модель має п'ять (дискретні виходи станів «Opened» - «Відкрито» і «Closed» - «Закрито», які відображають стан кінцевих вимикачів крану, «U_shunta_OTKR» і «U_shunta_ZAKR» - «аналогові сигнали величини падіння напруги на шунтах відкривання та закривання», а також «Angle» - «поточний кут повороту крану відносно нульового положення»).

Модель контролера (див. рис. 7) керування системою моделює фізичне обладнання, яке виконує функції контролю, діагностики та керування краном. Загалом, модель імітує всі проміжні та кінцеві положення крану в залежності від початкових умов і відповідні значення вихідних сигналів для кожного з положень. Однією з функціональних можливостей моделі є режим моделювання самоперестановки крану.

Основною перевагою вищевказаного методу побудови моделей є можливість генерування SCL-коду для подальшої автоматичної генерації програмного коду апаратного PLC Simatic S7 системи керування виконавчими механізмами.

Спосіб надає можливість неперервного контролю поточного стану кіл керування виконавчим механізмом («коротке замикання», «витік потенціалу на землю», «обрив» та «норма»). Крім того, технічне рішення реалізоване на основі запропонованого способу дозволяє здійснювати контроль електричних кіл керування будь-якого виконавчого пристрою, виконавчим механізмом якого є електрична котушка або соленоїд.

Для імітації, тестування та дослідження режимів роботи виконавчого механізму ЕППУ-4-1 створено апаратно-програмний комплекс на базі обладнання Simatic S7-300, що дозволило провести стендові випробування та апробацію розроблених моделей та алгоритмів керування.

Враховуючи уніфікованість, створений апаратно-програмний комплекс може застосовуватись для дослідження і відпрацювання режимів виконавчих механізмів інших типів, що експлуатуються на підприємствах газотранспортної галузі.

ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі вирішено важливу науково-практичну задачу в галузі автоматизації об'єктів керування – розроблено методи і моделі для побудови автоматизованих систем керування компресорними станціями на основі уніфікованих апаратно-програмних засобів і отримано такі основні результати:

1. В результаті проведеного аналізу сучасного стану САК КС на прикладі УМГ «Київтрансгаз» встановлено, що значна їх частина є різнотипною, вводилася в експлуатацію протягом тривалого часу, включає морально застарілі апаратно-програмні засоби, несумісні комунікації та ін., що не відповідає сучасним вимогам часу і призводить до значних матеріальних втрат і незручностей при експлуатації КС. Сформульовано задачі уніфікації САК КС і обґрунтовано вибір інструментарію для аналізу технологічних параметрів, моделювання, дослідження режимів роботи і обробки результатів досліджень компонентів САК КС.

2. Розроблено топологічні і функціональні рішення побудови САК, які дозволяють застосовувати сучасні інформаційні технології з використанням

широкого набору топологічних рішень, можливістю діагностики та імітації режимів роботи САК на усіх етапах їх розробки та експлуатації. Удосконалено класифікацію і розроблено ідентифікатори технологічних об'єктів УМГ «Київтрансгаз» (ГПА-КЦ-КС) та їх технологічних параметрів, що дозволило уніфікувати процедури збору, обробки, передачі і зберігання даних в АСК КС.

3. Розроблено та апробовано методи формування тестових сигналів для імітації режимів роботи САК, що розширює їх функціональність і підвищує готовність САК на етапі проектування, удосконалено метод автоматичного генерування програмного коду PLC з імітаційних моделей, що суттєво зменшує кількість помилок при традиційному складанні програмних кодів та зменшує час на їх розробку і валідацію.

4. Вперше розроблено імітаційну модель нагнітача ГПА на основі методу групового урахування аргументів, що дозволило дослідити режими роботи ГПА і розробити ефективні алгоритми керування КС. Проведено дослідження технологічних параметрів на аномальність і наявність тренду з використанням визначених статистичних критеріїв та розроблено алгоритмічне забезпечення для їх реалізації, що дозволило зменшити експлуатаційні втрати за рахунок виключення вимушених зупинок ГПА і часу їх простоїв.

5. Вперше створено імітаційну модель і алгоритмічне забезпечення для дослідження показників продуктивності нагнітача ГПА, що дозволяє забезпечувати режим максимальної комерційної продуктивності КЦ та розроблено компоненти людино-машинного інтерфейсу САК КС на базі SCADA-системи WinCC, що забезпечило можливість дослідження режимів роботи КЦ в режимі реального часу, візуалізацію процесів керування, архівування технологічних параметрів і формування інформаційних повідомлень про нештатні ситуації.

6. Розроблено імітаційну модель системи керування виконавчими механізмами ЕППУ-4-1, яка дозволяє досліджувати режими їх роботи та забезпечити функції діагностики стану, спосіб контролю кіл керування ЕППУ-4-1 в режимі очікування та під час керування, що підвищує технічні та експлуатаційні характеристики розроблюваних систем. Розроблено функціональну схему системи керування виконавчими механізмами ЕППУ-4-1 на технологічних об'єктах КС на основі уніфікованих апаратно-програмних засобів Simatic S7.

7. Для інтеграції розроблених моделей САК КС в апаратні засоби на основі PLC, удосконалено метод генерування функціональних блоків в стандарті IEC 61131 шляхом перетворення моделі з середовища «MatLab-Simulink» в програмний код на мові SCL з подальшим автоматичним генеруванням функціональних блоків PLC Simatic S7. Для імітації та дослідження режимів роботи виконавчих механізмів ЕППУ-4-1 створено інструментарій у вигляді апаратно-програмного комплексу на базі уніфікованих АПЗ Simatic S7, що дозволяє проводити дослідження режимів роботи та алгоритмів керування виконавчими механізмами без порушення технологічного режиму роботи КС.

8. Результати досліджень на основі створених імітаційних моделей та розроблених тестових сигналів для дослідження режимів роботи пройшли промислово апробацію і впровадженні на підприємствах ГТС України в процесі

розгортання ДПКС (зокрема, при розробці КП ГРС), що підтверджено відповідним актом впровадження.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Назаренко І.В. Побудова і моделювання уніфікованих систем управління виконавчими механізмами об'єктів газотранспортної системи / І.В. Назаренко, В.Д. Ференець, Д.Є. Суханов, М.Я. Николайчук // Східно-Європейський журнал передових технологій (системи управління). – Харків. – 2014. - № 1/2(67). BASE, Index Copernicus, РИНЦ – С. 41-47. (Входить до міжнародних наукометричних баз BASE, Index Copernicus, РИНЦ).

2. Назаренко И.В. Моделирование режимов работы газоперекачивающих агрегатов на основании метода группового учета аргументов / И.В. Назаренко, Н.Я. Николайчук, Н.И. Козовик // Молодой ученый. – Москва. – 2014. - №7. – С. 162-171. (Входить до міжнародних наукометричних баз Google Scholar, РИНЦ).

3. Назаренко І.В. Аналіз сучасного стану систем диспетчерського керування газотранспортною системою / І.В. Назаренко // Вісник Хмельницького національного університету, Хмельницький. – 2007. - № 2 (том 1, технічні науки). – С. 40-42. (Входить до міжнародних наукометричних баз Index Copernicus, Google Scholar, РИНЦ).

4. Назаренко І.В. Організація і компоненти систем диспетчерського керування компресорними станціями / І.В. Назаренко, М.Я. Николайчук // Методи та прилади контролю якості, Івано-Франківськ. – 2008. - № 21. – С. 83-86.

5. Назаренко І.В. Особливості впровадження уніфікованої інформаційно-керуючої системи газорозподільних станцій на базі обладнання Simatic S7 та IP GPRS технології / І.В. Назаренко // Розвідка і розробка нафтових і газових родовищ. - Івано-Франківськ. – 2010. - № 3(36). – С. 10-16.

6. Николайчук М.Я. Методи і способи організації WEB-орієнтованих систем диспетчерського керування компресорними станціями на основі SCADA WinCC / М.Я. Николайчук, І.В. Назаренко // Нафтогазова енергетика, – Івано-Франківськ. – 2010. - № 2(11). – С. 53-63.

7. Назаренко І.В. Побудова систем управління об'єктами газотранспортної системи на базі уніфікованої технології генерування функціональних блоків з їх математичних моделей / І.В. Назаренко, М.Я. Николайчук // Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ. – Івано-Франківськ. – 2012. - № 3(44). – С. 177-186.

8. Назаренко І.В. Застосування технології розподіленого вводу/виводу в системах автоматичного керування технологічним обладнанням компресорного цеху / І.В. Назаренко, М.Я. Николайчук, В.Д. Ференець // Нафтогазова енергетика. – Івано-Франківськ. – 2013. - № 2(20). – С. 79-84.

9. Пат. UA 91535, МПК G01R 31/02 (2006.01). Спосіб неперервного контролю стану електричних кіл керування виконавчого механізму [Текст] / І.В. Назаренко, В.Д. Ференець (Україна); заявник та патентовласник: І.В. Назаренко, В.Д. Ференець. – № u 2014 00593; заявл. 21.01.2014; опубл. 10.07.2014, Бюл. № 13. – 6 с.: іл.

10. Назаренко І.В. Використання технології розподіленого вводу-виводу в системах автоматичного керування технологічним обладнанням компресорного цеху / І.В. Назаренко, М.Я. Николайчук, В.Д. Ференець // Нафтогазова енергетика

2013: Матеріали міжнародної науково-технічної конференції ІФНТУНГ, м. Івано-Франківськ, 7-11 жовтня 2013. - С. 435-437.

11. Назаренко І.В. Система управління виконавчими механізмами на технологічному обладнанні газотранспортної системи з постійним контролем кіл керування / І.В. Назаренко, В.Д. Ференець, Д.С. Суханов, М.Я. Николайчук // Вимірювання, контроль та діагностика в технічних системах (ВКДТС – 2013): Збірник тез доповідей II-ї міжнародної наукової конференції - ВНТУ, Вінниця, 29-31 жовтня 2013. - С. 269-271.

12. Николайчук М.Я. Моделювання та імітація компонентів систем диспетчерського керування компресорними станціями на базі апаратно-програмних засобів «Siemens» і пакету MATLAB / М.Я. Николайчук, І.В. Назаренко // Методи і засоби діагностики в техніці та соціумі: Анотовані матеріали XXVIII(III) Міжнародної міжвузівської школи-семінару, м. Івано-Франківськ. - Івано-Франківськ, 03-08 жовтня 2011. - С. 8.

13. Николайчук М.Я. Інструментальні засоби формування тестових сигналів для імітації режимів роботи систем управління / М.Я. Николайчук, І.В. Назаренко // Сучасні інформаційні технології в дистанційній освіті (СІТвДО-2013): Збірник матеріалів II-го всеукраїнського науково-практичного семінару ІФНТУНГ, м. Івано-Франківськ, 25-26 червня 2013. - С. 38-40.

14. Франко О.А. Сучасний стан проблеми передачі даних для лінійної частини магістральних газопроводів / О.А. Франко, І.В. Назаренко, І.І. Фурманчук, М.Я. Николайчук // Наукові вісті інституту менеджменту та економіки, Івано-Франківськ. – 2005. - № 2(8). – С. 111-118.

15. Назаренко І.В. Основні вимоги до програмно-апаратного комплексу автоматизованої системи диспетчерського керування газотранспортною системою / І.В. Назаренко // Наукові вісті інституту менеджменту та економіки, Івано-Франківськ. – 2007. - № 1(11). – С. 186-193.

16. Николайчук М.Я. Організація інформаційних каналів промислового зв'язку та їх діагностування в системах диспетчерського керування компресорними станціями на базі обладнання Simatic S7-300 / М.Я. Николайчук, І.В. Назаренко // Наукові вісті Галицької академії, Івано-Франківськ. – 2009. - № 3(7). – С. 37-44.

АНОТАЦІЯ

Назаренко І.В. Моделі і методи побудови керування компресорними станціями на основі уніфікованих апаратно-програмних засобів. – На правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.13.07 – автоматизація процесів керування. Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, Міністерство освіти і науки України, Івано-Франківськ 2015.

В дисертаційній роботі вирішується актуальна науково-практична задача розробки методів та імітаційних моделей для побудови автоматизованих систем керування компресорними станціями на основі уніфікованих апаратно-програмних засобів.



На основі аналізу сучасного стану САК КС в УМГ «Київтрансгаз» виявлено їх недоліки та невідповідність сучасному рівню, що призводить до значних матеріальних втрат та незручностей при експлуатації. Визначено напрямки та сформульовано задачі побудови АСК КС на основі принципів уніфікації проектних процедур і апаратно-програмних засобів.

Запропоновано і розроблено топологічні і функціональні рішення САК на основі резервованої топології з розподіленим вводом-виводом і уніфікованих апаратно-програмних засобів. Розроблено класифікацію основних об'єктів керування ГТС, технологічних параметрів та їх ідентифікаторів для уніфікації процесів збору, обробки, передчі і зберігання даних. Розроблено та апробовано методи формування тестових сигналів для імітації режимів роботи АСК. Удосконалено метод автоматичного генерування програмного коду PLC з імітаційних моделей.

Розроблено імітаційну модель нагнітача ГПА і алгоритми керування КС на основі методу групового урахування аргументів для дослідження режимів роботи КЦ. Для контролю технологічних параметрів на «аномальність» та «наявність тренду» визначено статистичні критерії на основі методів математичної статистики, інтерполяції, а також розроблено алгоритмічне забезпечення для вирішення вказаних задач. Розроблено імітаційну модель, алгоритмічне забезпечення і людино-машинний інтерфейс цехового регулятора для дослідження показників продуктивності нагнітача ГПА в режимі максимальної комерційної продуктивності КЦ.

Розроблено функціональну схему системи керування виконавчими механізмами ЕППУ-4-1 на основі уніфікованих апаратно-програмних засобів. Розроблено спосіб для контролю кіл керування виконавчим механізмом в режимі очікування та під час керування. Розроблено імітаційну модель системи керування виконавчими механізмами ЕППУ-4-1. При інтеграції розроблених моделей в апаратні засоби на основі PLC, застосовано удосконалений метод генерування функціональних блоків в стандарті IEC 61131. Для імітації та дослідження режимів роботи виконавчих механізмів ЕППУ-4-1 створено інструментарій у вигляді апаратно-програмного комплексу на базі уніфікованих апаратно-програмних засобів Simatic S7.

Результати досліджень, отримані в роботі, впровадженні на підприємствах ГТС України.

Ключові слова: система автоматичного керування, автоматизована система керування, компресорна станція, уніфікація, формувачі тестових сигналів, імітаційна модель, методи моделювання, алгоритми керування, програмний код PLC, виконавчі пристрої автоматизованих систем.

АННОТАЦИЯ

Назаренко И.В. Модели и методы построения автоматизированных систем управления компрессорными станциями на базе унифицированных аппаратно-программных средств. - На правах рукописи.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.07 - автоматизация процессов управления. Ивано-Франковский

национальный технический университет нефти и газа, Министерство образования и науки Украины, Ивано-Франковск 2015.

В диссертационной работе решается актуальная научно-практическая задача разработки методов, а также имитационных моделей для построения автоматизированных систем управления компрессорными станциями на базе унифицированных аппаратно-программных средств.

На основе анализа современного состояния САУ КС в УМГ «Киевтрансгаз» выявлены их недостатки и несоответствие современному уровню, что приводит к значительным материальным потерям и неудобствам при эксплуатации. Определены направления и сформулированы задачи построения АСУ КС на основе принципов унификации проектных процедур и аппаратно-программных средств.

Предложены и разработаны топологические и функциональные решения САУ КС на основе резервированной топологии с распределенным вводом-выводом и унифицированных аппаратно-программных средств. Разработана классификация основных объектов управления ГТС, технологических параметров и их идентификаторов для унификации процессов сбора, обработки, передачи и хранения данных. Разработаны и апробированы методы формирования тестовых сигналов для имитации режимов работы АСУ. Усовершенствован метод автоматической генерации программного кода PLC из имитационных моделей.

Разработана имитационная модель нагнетателя ГПА и алгоритмы управления КС на основе метода группового учета аргументов для исследования режимов работы КЦ. Для контроля технологических параметров на «аномальность» и «наличие тренда» определены статистические критерии на основе методов математической статистики, интерполяции, а также алгоритмическое обеспечение для решения указанных задач. Разработана имитационная модель, алгоритмическое обеспечение и человеко-машинный интерфейс цехового регулятора для исследования показателей производительности нагнетателя ГПА в режиме максимальной коммерческой производительности КЦ.

Разработана функциональная схема системы управления исполнительными механизмами ЭППУ-4-1 на базе унифицированных аппаратно-программных средств. Разработан способ для контроля цепей управления исполнительным механизмом в режиме ожидания и при управлении. Разработана имитационная модель системы управления исполнительными механизмами ЭППУ-4-1. При интеграции разработанных моделей в аппаратные средства на базе PLC, применен предложенный метод генерирования функциональных блоков в стандарте IEC 61131. Для имитации и исследования режимов работы исполнительных механизмов ЭППУ-4-1 создан инструментарий в виде аппаратно-программного комплекса на базе унифицированных аппаратно-программных средств Simatic S7.

Результаты исследований, полученные в работе, внедрены на предприятиях ГТС Украины.

Ключевые слова: система автоматического управления, автоматизированная система управления, компрессорная станция, унификация, формователи тестовых сигналов, имитационная модель, методы моделирования, алгоритмы управления, программный код PLC, исполнительные устройства автоматизированных систем.

ABSTRACT

Nazarenko. I.V. Models and methods of construction automated control systems of compressor stations on the basis of standardized hardware and software. - on the rights of a manuscript.

The thesis submitted to Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas, Ministry of Education and Science of Ukraine, Ivano-Frankivsk for the degree of Candidate of Technical Sciences in the faculty 05.13.07 - Automation of Control Processes in 2015.

In the thesis an actual scientific-practical task of developing methods and simulation models for building automatic control systems of compressor stations (CS) on the basis of standardized hardware and software is solved.

On the basis of analysis of the current state of automatic control systems of CS in the management of main gas pipelines «Kyivtransgaz» its shortcomings and discrepancy current level, which leads to considerable material losses and inconveniences during operation were revealed. Directions and objectives of the problem of constructing automatic control systems of CS on the basis of unification of design procedures and hardware and software were formulated.

Topological and functional solutions of automatic control systems based on reserve topology with distributed in-out and standardized hardware and software were proposed and developed. The classification of the main objects of control gas transmit system (GTS), technological parameters and their identifications for the unification of the collection, processing, transferring and storage data was developed. Methods of forming test signals to simulate modes of ACS were developed and tested. A method for automatic generation of code PLC from simulation models was enhanced.

A simulation model of supercharger gas pump unit (GPU) and control algorithms based on group method of arguments for the research of modes of GPU CS was developed. For the control of process parameters on the «anomaly» and «availability of trend» statistical criteria on the basis of mathematical statistics, interpolation were defined and algorithms for software to resolve the stated problems were developed. A simulation model, algorithms for software and human-machine interface of workshop controller to research performance indicators supercharger GPU at maximum commercial productivity compressor group CG CS were developed.

The functional circuit system control of actuators electro-pneumatic unit of control (EPUC-4-1) based on standardized hardware and software was developed. A method for monitoring actuator control circuits standby and during operation was developed. A simulation model of control actuators EPUC-4-1 was developed. At integration of developed models in hardware based PLC, the proposed method to generate functional blocks in the standard IEC 61131 were applied. Tools in a hardware and software system based on standardized hardware and software Simatic S7 to simulate and research modes of actuators EPUC-4-1 were established.

The research results of obtained work are implemented in enterprises Ukraine's GTS.

Keywords: automatic control system, automated control system, compressor station, standardization, forming t control, code PLC, actuators of aut

