

**Автоматичне керування теплоенергетичними об'єктами у змінних режимах роботи.
Автоматическое управление теплоэнергетическими объектами в маневренных режимах
работы.**

Automatic control of heat power plant in changing operation modes.

- 1. Номер державної реєстрації теми - 0110U002291**
- 2. Науковий керівник - к.т.н., проф. Ковриго Ю.М., Ковриго Ю.М., Kovrigo Yuriy M.**
- 3. Суть розробки, основні результати.**

(укр.)

Об'єктом розробки є системи автоматичного керування теплоенергетичними процесами, що функціонують в змінних режимах. Предметом розробки є нові методи побудови, алгоритми і структури систем керування, які створені з використанням принципу змінності структури, параметричної оптимізації, пошукових алгоритмів, оперативної корекції керуючих впливів, а також алгоритмів, що дозволяють враховувати існуючі обмеження на керуючі сигнали та керовані змінні.

Розробка спрямована на подолання недоліків систем керування теплоенергетичними процесами, пов'язаних з нелінійностями, значним запізненням, великою кількістю координатних і параметричних збурень, частина з яких недосяжна для контролю, неповною структурною і параметричною визначеністю. У випадку застосування типових рішень автоматизації – енергогенеруючі та енергоспоживаючі підприємства несуть істотні економічні втрати через неефективне використання обладнання.

Основні результати: розроблено та досліджено нові структурні рішення для систем керування теплоенергетичними процесами, які забезпечують високу якість функціонування теплоенергетичних агрегатів в широкому діапазоні зміни їх динамічних параметрів, в умовах обмежень на керуючу дію, а також розроблені методи синтезу і аналізу таких систем.

Вперше в Україні для керування теплоенергетичними об'єктами, зокрема котлоагрегатами ТЕЦ і ТЕС, запропоновані та досліджені системи керування, що враховують технологічні регламенти і обмеження у законах керування, здійснюють оперативну корекцію регулюючих впливів з метою покращення прямих та інтегральних показників якості роботи системи.

Розроблено програмні продукти для порівняльних досліджень нових методів автоматичного керування.

(рос.)

Объектом разработки есть системы автоматического управления теплоэнергетическими процессами, которые функционируют в скользких режимах. Предметом разработки есть новые методы построения, алгоритмы и структуры систем управления, которые созданы с использованием принципа изменяемости структуры, параметрической оптимизации, поисковых алгоритмов, оперативной коррекции управляющих влияний, а также алгоритмов, которые позволяют учитывать существующие ограничения на управляющие сигналы и управляемые сменные.

Разработка направлена на преодоление недостатков систем управления теплоэнергетическими процессами, связанных с нелинейностью, значительным запаздыванием, большим количеством координатных и параметрических возмущений, часть из которых невозможно контролировать, неполной структурной и параметрической определенностью. В случае применения типовых решений автоматизации – энергогенерирующие и энергопотребляющие предприятия несут существенные экономические потери через неэффективное использование оборудования.

Основные результаты: разработаны и исследованы новые структурные решения для систем управления теплоэнергетическими процессами, которые обеспечивают высокое качество функционирования теплоэнергетических агрегатов в широком диапазоне изменения их динамических параметров, в условиях ограничений на управляющее воздействие, а также разработаны методы синтеза и анализа таких систем.

Впервые в Украине для управления теплоэнергетическими объектами, в частности контурами котлоагрегатов ТЭЦ и ТЭС, предложенные и исследованные системы управления, которые учитывают технологические регламенты и ограничения в законах управления, осуществляют оперативную коррекцию регулирующих влияний с целью улучшения прямых и интегральных показателей качества работы системы.

Разработаны программные продукты для сравнительных исследований новых методов автоматического управления.

(англ.)

Automatic control systems heat power processes which function in changing modes are object of research. New methods of creation, algorithms and structures of control systems which are created with usage of a principle of changing of structure, parameter optimization, search algorithms, operative correction of control actions, and also algorithms which allow to consider existing restrictions on controlling and controlled signals are a development.

Project is directed on overcoming of lacks of the heat power processes control systems connected to nonlinearity, the considerable delay, a considerable quantity of coordinate and parametric desaturations the part of which cannot be supervised, incomplete structural and parametric definiteness. In case of application of typical automation decisions powerengineering the enterprises sustain essential economic losses through ineffective usage of the equipment.

The main results: new structural decisions for control systems heat power processes which provide high quality of functioning of heat power units in broad range of change of their dynamic parameters, restrictions on controlling action, and also methods of synthesis and the analysis of such systems are developed and researched.

For the first time in Ukraine for control of heat power units the offered and probed control systems which respond production schedules and restrictions in control laws, carry out operative correction of regulating actions for the purpose of improving of direct and integral indexes of system operation.

Software solutions are developed for comparative researches of new methods of automatic control.

4. Наявність охоронних документів на об'єкти права інтелектуальної власності.

- Пат. 44799 Україна, Регулюючий мікропроцесорний контролер / Ковриго Ю.М., Коновалов М.А., Голінко І.М., Бунке О.С.; Заявник та власник Національний технічний університет України “КПІ”. – № u200905450; заявл. 29.05.2009; опубл. 12.10.2009, Бюл. № 19. – 7 с.: іл.
- Пат. 54042 Україна, Універсальний мікропроцесорний контролер / Ковриго Ю.М., Коновалов М.А., Голінко І.М., Бунке О.С.; Заявник та власник Національний технічний університет України “КПІ”. – № u201004874; заявл. 23.04.2010; опубл. 25.10.2010, Бюл. № 20. – 8 с.: іл.

5. Порівняння зі світовими аналогами.

Багато світових лідерів у галузі автоматизації, зокрема Siemens, Shnieder Electric, Honeywell, Mitsubishi пропонують системи з адаптивними властивостями для керування технологічними процесами. Регулятор з автоматичним налаштуванням параметрів на основі активного експерименту запропонований професором Мазуровим В.М. (Росія). Ідеї щодо реалізації вискоєфективних систем автоматичного керування можна знайти у роботах професора Ротача В.Я, Костилова В.В. (Росія, МЕІ), Белова В.В (Росія, Іванівський ЕІ).

Елементи самоналаштування присутні у ряді продуктів російської фірми «Овен», де застосовуються у складі програмного забезпечення цифрових регуляторів. Огляд існуючих систем автоматичного керування показав, що, незважаючи на велику кількість публікацій та відомостей про нові перспективні підходи з адаптації систем керування, даних про реальне впровадження таких систем небагато.

Запропоновано методи синтезу систем керування, що спрямовані на використання в теплоенергетичних установках, в яких існуючі типові системи не можуть забезпечити необхідну якість керування. Практична реалізація запропонованих методів в системах

керування не відрізняється своєю складністю від існуючих типових систем. Алгоритм адаптивного регулювання реалізовано з використанням вітчизняних контролерів виробництва ТОВ “РАУТ-Автоматік”, м. Київ. Завдяки використанню розроблених методів досягнуто стабільної роботи систем керування при зміні динамічних властивостей об’єктів керування до 50 %, скорочення терміну проектування систем, зменшення витрат на введення їх в дію, зниження вимог до кваліфікації обслуговуючого персоналу.

6. Економічна привабливість для просування на ринок

Автоматизовані системи, що забезпечують ефективне керування теплоенергетичними процесами в регламентних режимах роботи економічно привабливі з точки зору просування на ринок.

Конкурентноспроможність продукції базується на розширенні функціонування систем керування при мінімальній зміні вартості кінцевого програмно-технічного комплексу (ПТК). ПТК передбачає можливість використання вже встановленого на об’єкті обладнання. Окрім цього, значно скорочується час пусконаладжувальних робіт, що відображається на кінцевій економії коштів для замовника.

Використання розроблених рішень дозволить знизити вірогідність аварійних зупинок енергообладнання, підвищити надійність устаткування та забезпечити розрахунковий технічний ресурс поверхонь теплообміну.

Інвестиційна привабливість полягає у створенні нової лінії програмно-технічних комплексів керування, які ефективно вирішують поставлені задачі керування, гнучкі для адаптації за вимогами Замовника.

7. Потенційні користувачі (галузі, міністерства, підприємства, організації)

Розроблені методи та системи, алгоритмічне забезпечення, програмні модулі і методики будуть використані в організації розробнику систем керування ДНВП "Інформтех НВК "КІА"" , в проектній організації "Енергопроект", на підприємствах "Мінпаливноенерго" в рамках реконструкції АСУТП, на Трипільській ГРЕС та Маріупольському комбінаті «Азовсталь». Також розробка буде привабливою для проектних, монтажних, експлуатаційних організації та системних інтеграторів.

8. Стан готовності розробки

Розроблені методи та алгоритми керування в умовах змінних режимів роботи теплоенергетичного устаткування. Створене програмне забезпечення, розроблена документація методик налаштувань та експлуатації. Створено дослідні зразки програмно-технічних комплексів на базі мікропроцесорної техніки «Neurosys».

9. Існуючі результати впровадження

Результати роботи впроваджено в навчальний процес при викладанні дисциплін: “Сучасні розділи теорії автоматичного керування” (розділ “Адаптивні системи керування”), “Оптимізація систем управління” (розділ “Оптимізація систем керування із змінними параметрами”).

За результатами роботи впроваджено:

- систему автоматичного керування мікрокліматом із адаптивним ПІ-регулятором в приміщеннях бізнес центру “Парус”, яка дозволяє підтримувати температуру у приміщеннях бізнес-центру із допустимим відхиленням не більше 0,5 °С та здійснювати корекцію параметрів ПІ-регулятора при зміні характеристик об’єкта керування на $\pm 30\%$;
- систему автоматичного керування у вторинному контурі тепlopункту офісно-складських приміщень смт. Велика Димерка, система керування дозволила зменшити витрати електроенергії на живлення теплових насосів електродкотлів та холодильної машини від 3 до 5%;
- систему автоматичного керування температурним режимом первинної пари прямооточного котлоагрегату ТПП-210А із врахуванням обмежень, яка дозволяє забезпечити необхідні показники якості керування при зміні параметрів об’єкта: запізнення $\pm 50\%$, постійної часу $\pm 50\%$, коефіцієнта передачі $\pm 50\%$;

- алгоритм адаптивного регулятора для контролерів виробництва ТОВ “РАУТ-Автоматік”, програмний регулятор забезпечує необхідні показники якості керування при відхиленні параметрів об’єкта: запізнення $\pm 50\%$, постійної часу $\pm 50\%$, коефіцієнта передачі $\pm 50\%$.

10. Назва організації, телефон, E-mail

НТУУ”КПІ”, Теплоенергетичний факультет, кафедра автоматизації теплоенергетичних процесів. тел. (044) 406-80-84.

11. Перелік публікацій за матеріалами досліджень за період виконання розробки

1. Мовчан А.П. Адаптивні та параметрично-оптимальні системи управління: навч. посібник, ел. вид. / А.П. Мовчан, О.В. Степанець – К. : КПІ, 2011. – 108с.
2. Alexandr V. Stepanets. Automatic Control System of Energy Objects with Variable Operation Modes / Alexandr V. Stepanets, Bogdana V. Fomenko // 13th International Student Olympiad on Automatic Control : May 26-28, 2010 : тези доп. – СпБ., 2010. – С 173-175.
3. Bogdana V. Fomenko. Automatic Control System of Energy Objects with Variable Operation Modes/ Alexander V. Stepanets, Bogdana V. Fomenko// Preprints of scientific Section of 13 International Student Olympiad on Automatic Control, Saint-Petersburg, 2010. - P. 173-175.
4. Ковриго Ю.М. Система регулювання тепловим навантаженням котла ТПП-210А з використанням регулятора з внутрішньою моделлю / Ковриго Ю.М., Фоменко Б.В., Степанець О.В. // - Восточно-Европейский журнал передових технологій. - 2010. - №3/10(45). – С.4-7
5. Степанець О.В. Система автоматичного керування теплоенергетичними об’єктами зі змінними режимами роботи / Степанець О.В., Фоменко Б.В. // Автоматика-2010 : 17-а Міжнародна конференція з автоматичного управління, 27-29 вер. 2010р. : тези доп. — Х., 2010. — С.301-303.
6. Степанець О.В. Інтелектуальні будівлі та автоматизація інженерних систем / Степанець О.В., Ковриго Ю.М., Мовчан А.П., Фоменко Б.В., Поліщук І.А. // Інвестування в енергетику, енергозбереження та екологію: десята міжнародна конференція, 25-29 тр. 2010р. : вибрані матеріали — К., 2010. — С. 133-139.
7. Фоменко Б.В. Дослідження стійкості нелінійної системи регулювання температури первинної пари/Б.В. Фоменко// Восточно-Европейский журнал передових технологій. – 2010. -№6/7 (48). - С. 64-66.
8. Фоменко Б.В. Підвищення ефективності систем автоматичного регулювання за рахунок врахування обмежень керованого сигналу [текст] / Б.В. Фоменко, О.В. Степанець, О.С. Бунке // Вестник национального технического университета «ХПИ». – 2010. -№57. – С. 177-183
9. Степанець О.В. Регулювання теплового навантаження котлоагрегата на основі оцінки моделі об’єкта [Текст] / О.В. Степанець, А.П. Мовчан // Восточно-Европейский журнал передових технологій. - 2011. -№4/8(52). – С.42-45
10. Фоменко Б.В. Синтез регулюючих структур з елементами врахування технічних обмежень контрольованих параметрів [Текст] / Степанець О.В., Фоменко Б.В. // Автоматика-2011 : 18-а Міжнародна конференція з автоматичного управління, 28-30 вер. 2011р. : тези доп. — Л., 2011. — с. 188
11. Ковриго Ю.М. Підвищення запасу стійкості систем регулювання на основі П-регуляторів методом динамічної корекції / Ковриго Ю.М., Бунке О.С. // Автоматика-2011 : 18-а Міжнародна конференція з автоматичного управління, 28-30 вер. 2011р. : тези доп. — Л., 2011. — с. 263
12. Голінко І.М. Аналіз системи керування для штучного мікроклімату за методом “точки роси” / І.М. Голінко, В.Г. Трегуб // Східно-європейский журнал передових технологій. –2011, №2/10, с.53-55.

13. Голінко І.М. Визначення динамічних характеристик об'єкта за динамікою системи керування / І.М. Голінко, А.І. Кубрак // Наукові вісті НТУУ "КПІ". – 2011. – № 2. – С. 54–58
14. Голінко І.М. Комп'ютерна оптимізація системи керування за інтегральними показниками якості / І.М. Голінко, А.І. Кубрак // Радіоелектронні і комп'ютерні системи. – 2011. – № 2 (50). – С. 55–59