

$$T_{MOI} = \sum_{i=1}^n (T_{Z_{i,1}} + T_{Z_{i,2}} + T_{Z_{i,3}} + \sum_{z=1}^{k_i} q_z (T_{3T} + T_{PP}) + (\sum_{o=1}^{m_j} (m_o (T_D + T_B) + d(T_D + T_B))) + \sum_{s=1}^{q_i} m_s (T_D + T_B)) + T_{Z_{i,34}} + T_{Z_{i,4}} + T_{Z_{i,5}}).$$

При застосуванні тимчасових таблиць середній час обробки запитів рівний:

$$T_{MTT} = \sum_{i=1}^n (T_{Z_{i,1}} + T_{Z_{i,2}} + T_{Z_{i,3}} + \sum_{z=1}^{k_i} (q_z T_{3T} + T_{PP} + T_{ПД}) + \sum_{s=1}^{q_i} m_{s(B)} (T_D + T_B) + T_{Z_{i,34}} + T_{Z_{i,4}} + T_{Z_{i,5}}).$$

І при застосуванні всіх методів прискорення обробки запитів:

$$T_{c_all} = \sum_{i=1}^n (T_{Z_{i,1}} + T_{Z_{i,2}} + T_{Z_{i,3}} + \sum_{z=1}^{k_i} (q_z T_{3T} + T_{PP} + T_{ПД}) + (\sum_{o=1}^{m_j} (m_o (T_D + T_B) + d(T_D + T_B))) + \sum_{s=1}^{q_i} m_s (T_D + T_B)) + T_{Z_{i,34}} + T_{Z_{i,4}} + T_{Z_{i,5}}) / n.$$

На основі використання розробленої методики оцінки часу обробки запитів нами було проведено експеримент визначення середньої швидкості при застосуванні різних методів прискорення обробки запитів. Для експерименту було обрано $n=1000$, що дозволило поррахувати середній час обробки з похибкою (середньоквадратичне відхилення) 0,91%.

Для проведення обрахунку середнього часу обробки запитів гетерогенними розподіленими базами даних було побудовано формальну модель даних та виведенні формули для розрахунку.

УДК 004.9+685.9:620.9

МОДЕЛІ ТА ІНФОРМАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ ДЛЯ ІДЕНТИФІКАЦІЇ ТА ОПТИМІЗАЦІЇ СИСТЕМИ СТАБІЛІЗАЦІЇ РІВНЯ ВОДИ В ПАРОГЕНЕРАТОРІ ПГВ-1000

СЕВЕРИН В. П., НІКУЛІНА О. М., КОЦЮБА Н. В. (*kotsuba.nv@gmail.com*)
Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»

Розроблена модель системи стабілізації рівня води в парогенераторі ПГВ-1000 у відносних змінних стану. З використанням інформаційної технології оптимізації динамічних систем виконана ідентифікація та оптимізація параметрів системи стабілізації рівня води.

Однією з найважливіших проблем управління парогенераторами ПГВ-1000 енергоблоків АЕС з реакторами ВВЕР-1000 є проблема стабілізації рівня пароводяної суміші в парогенераторі, яка виконується інформаційно-управляючою системою (ІУС) рівня води [1–3]. Для забезпечення безпечної роботи парогенератора і парової турбіни після різних динамічних впливів відхилення рівня води від його заданого значення не повинно перевищувати 15 см і якомога швидше прагнути до нуля [3].

Метою доповіді є представлення результатів розробки математичних моделей парогенератора ПГВ-1000 і його ІУС рівня, а також використання інформаційної технології (ІТ) оптимізації динамічних систем для ідентифікації та оптимізації параметрів ІУС.

Для досягнення поставленої мети вирішені наступні завдання. Побудована нелінійна модель парогенератора ПГВ-1000 в просторі станів відносних змінних, на основі якої розроблена нелінійна модель ІУС рівня води в парогенераторі з регулятором рівня. Проведена ідентифікація параметрів моделі ІУС рівня води за експериментальними процесами відхилення рівня. Виконана оптимізація параметрів регулятора ІУС рівня води.

Розглянуто робочі процеси в парогенераторі ПГВ-1000, пов'язані з підведенням до

нього живильної води і теплоносія та відведенням пари [1–3]. Представлена розрахункова схема парогенератора, що відображає робочі процеси, що в ньому відбуваються. На основі рівнянь теплового балансу теплоносія всередині парогенератора та металевих теплообмінних трубок виконане моделювання теплопередачі від теплоносія до живильної води в парогенераторі. Розроблена модель теплопередачі парогенератора у вигляді лінійної системи диференціальних рівнянь (СДР) у відносних змінних стану та обчислені значення параметрів моделі теплопередачі для парогенератора ПГВ-1000. Виконані перетворення СДР матеріального і теплового балансу динамічних процесів пароутворення в парогенераторі. Отримана нелінійна СДР балансу пароутворення у відносних змінних стану. На підставі закону збереження кількості руху робочого середовища в циркуляційному контурі парогенератора під дзеркалом випаровування отримано нелінійне диференціальне рівняння циркуляції у відносних змінних стану. На основі вище перелічених СДР побудована нелінійна модель парогенератора ПГВ-1000 в просторі станів відносних змінних. Обчислені значення постійних параметрів моделі у відносних змінних для парогенератора ПГВ-1000.

З використанням нелінійної моделі парогенератора ПГВ-1000 побудована модель ІУС рівня води в парогенераторі з пропорційно-інтегральним (ПІ) регулятором, що включає рівняння головного парового колектора, приводу клапана парової турбіни і виконавчого механізму регулюючого живильного клапана, рівняння ПІ регулятора. Побудована модель ІУС рівня води в парогенераторі, призначена для ідентифікації параметрів ІУС, а також для оптимізації параметрів регулятора рівня. Ця модель включена до модуля моделей ІУС парогенераторів блоку моделей систем ІТ оптимізації динамічних систем [4, 5].

Поставлена задача ідентифікації параметрів моделі ІУС рівня води в ПГВ-1000 за експериментальними даними процесів відхилення рівня з відключеним і включеним регулятором. Векторна цільова функція задачі ідентифікації враховує обмеження ідентифікованих параметрів і стійкості ІУС, середньоквадратичне відхилення експериментальних і модельованих процесів [6]. Наведено результати вирішення задач оптимізації цільової функції векторними генетичними алгоритмами, методами Хука – Дживса та Нелдера – Міда з блоку методів оптимізації ІТ при заданому значенні допустимого відхилення відносних значень змінних параметрів моделі. Обчислені значення параметрів моделей парогенератора і регулятора рівня, що забезпечують середньоквадратичне відхилення процесів в моделях від експериментальних процесів менше 0,5 %. Побудовано графіки динамічних процесів змінних стану парогенератора.

Поставлена задача оптимізації параметрів регулятора ІУС рівня води в парогенераторі. Якість роботи ІУС рівня оцінюється прямими показниками якості [7] Наведено отримані векторним методом Нелдера – Міда результати розв'язання задачі оптимізації цільової функції для системи управління ПГВ-1000 з ПІ регулятором. Аналіз цих результатів, дозволяє зробити висновок, що ПІ регулятор з оптимальними значеннями параметрів забезпечує найбільш швидкий перехідний процес без коливань. Побудовано динамічні процеси змінних стану оптимальної системи управління ПГВ-1000, що дозволяють зробити висновок, що оптимізація показників якості системи істотно поліпшила процеси управління.

Отримані результати дозволяють сформулювати наступні висновки. Побудована нелінійна модель парогенератора ПГВ-1000 у відносних змінних стану, що включає рівняння теплопередачі, матеріального і теплового балансу пароутворення, циркуляції пароводяної суміші. Побудована модель ІУС рівня води в парогенераторі з ПІ регулятором, що включає модель парогенератора ПГВ-1000, рівняння головного парового колектора, приводу клапана парової турбіни і виконавчого механізму регулюючого живильного клапана, рівняння ПІ регулятора. Проведена ідентифікація параметрів моделі ІУС рівня води за експериментальними процесами відхилення рівня, що дозволило отримати адекватну модель ІУС парогенератора. Виконана оптимізація параметрів регулятора ІУС рівня води в парогенераторі, що дозволило істотно поліпшити процеси управління.

1. Демченко В. А. Автоматизация и моделирование технологических процессов АЭС и ТЭС / В. А. Демченко. – Одесса: Астропринт, 2001. – 305 с.
2. Демченко В. А. Измерение и расчет действительного общего уровня воды в барабанных парогенераторах АЭС с ВВЭР / В. А. Демченко, Л. Д. Лянко // Автоматика, автоматизация, электротехнические комплексы. – 2002. – № 1. – С. 99-103.
3. Лукасевич Б. И. Парогенераторы реакторных установок ВВЭР для атомных электростанций / Б. И. Лукасевич, Н. Б. Трунов, Ю. Г. Драгунов, С. Е. Давиденко. – М.: ИКЦ Академкнига, 2004. – 391 с.
4. Лукінова Д. А. Структура інформаційної технології оптимізації управління складними динамічними системами / Д. А. Лукінова, В. П. Северин, О. М. Нікуліна // Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я: Тези доповідей XXVII міжнародної науково-практичної конференції MicroCAD-2019, Ч. I. – Харків, НТУ «ХПІ». – 2019. – С. 31.
5. Нікуліна О. М. Модуль представлення інформації для технології оптимізації систем автоматичного управління / О. М. Нікуліна, В. П. Северин, Н. В. Коцюба // Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я: Тези доповідей XXVII міжнародної науково-практичної конференції MicroCAD-2019, Ч. I. – Харків, НТУ «ХПІ». – 2019. – С. 36.
6. Северин В. П. Идентификация параметров системы управления производительностью парогенератора энергоблока АЭС / В. П. Северин, Е. Н. Никулина, Н. В. Трубочанова // Вісник НТУ «ХПІ». – Х. : НТУ «ХПІ», 2016. – № 15 (1187). – С. 38–44.
7. Nikulina E. N. Optimization of direct quality indexes of automatic control systems of steam generator productivity / E. N. Nikulina, V. P. Severyn, N. V. Kotsiuba // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Системний аналіз, управління та інформаційні технології. – Харків : НТУ «ХПІ», 2018. – № 21 (1297). – С. 8-13.

УДК 004.75

ІМІТАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ДВОЕТАПНОГО КОНСЕНСУСУ НА ОСНОВІ ПРОТОКОЛУ TENDERMINT

ВОРОХТА А. Ю. (*alias-vorokhta@stud.onu.edu.ua*), ВОЛКОВ К. С. (*kyrylo-volkov@stud.onu.edu.ua*), МАЗУРОК І. Є. (*igor@mazurok.com*), ЛЕОНЧИК Є. Ю. (*leonchik@ukr.net*), СТРАХОВ Є. М. (*strakhov.e.m@onu.edu.ua*)
Одеський національний університет імені І. І. Мечникова

Ключові слова: консенсус, блокчейн, децентралізована система, імітаційна модель, протокол Tendermint

Протокол консенсусу Tendermint є популярним, але має деякі обмеження. У роботі була запропонована та побудована імітаційна модель двоетапного консенсусу, за допомогою якої було досліджуються такі проблеми як розділення та застрягання мережі.

Вступ. Основною проблемою всіх децентралізованих систем [1] є досягнення консенсусу між вузлами щодо прийняття блоків. Консенсус Tendermint [2] має одне суттєве обмеження: необхідне знання кількості вузлів, які беруть участь у консенсусі. Для вирішення цієї проблеми розробляється двоступеневий механізм консенсусу.

Етап 1: Вибирається група вузлів - Комітет. У цьому комітеті буде один виробник блоків, який буде керівником цього комітету.