

ВІДГУК

офіційного опонента доктора технічних наук, доцента

Гнатушенко Вікторії Володимирівни

на дисертаційну роботу ***Сироткіної Олени Ігорівни***

«Методи діагностики SCADA систем на основі

m-арних кортежів та *k*-значної логіки»,

представлену на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук

за спеціальністю 01.05.02 – математичне моделювання

та обчислювальні методи

Актуальність теми дослідження. Вибір теми дисертаційної роботи обумовлений збільшенням попиту на SCADA технології в галузі промислової автоматизації. Особливо актуально застосування таких систем для великих розподілених техногенно небезпечних об'єктів відповідального призначення. З одного боку це, безумовно, дозволяє підвищити керованість такими об'єктами, однак, з іншого боку, неминуча зростаюча вразливість даних систем управління з точки зору навмисних шкідливих втручань в їх роботу. Нажаль, доводиться констатувати, що сучасні найбільш поширені SCADA системи мають недостатньо розвинуті засоби вбудованої автоматичної самодіагностики, що, звичайно, знижує ефективність їх застосування з огляду на наявність уразливостей, які безпосередньо впливають на ефективність їх роботи.

Сукупність названих факторів обумовлює наявність в галузі діагностики SCADA систем невирішених проблем, зокрема: проблема створення засобів оперативної діагностики працездатного стану як окремих вузлів, так і всієї SCADA системи в цілому в режимі реального часу без участі оператора.

Враховуючи сказане, задача розробки науково обґрунтованих методів та практичних алгоритмів для вдосконалення оперативної самодіагностики SCADA систем відповідального призначення в режимі реального часу становить значний інтерес, а тема дисертаційного дослідження є актуальною.

Ступінь обґрунтованості і достовірності наукових положень, висновків та рекомендацій, сформульованих у дисертаційній роботі

Наукові положення, висновки та рекомендації, сформульовані у дисертаційній роботі, в достатній мірі обґрунтовані і повністю витікають із проведених досліджень. Обґрунтування основних положень, висновків та рекомендацій підтверджується коректним застосуванням методів теорії множин, класичної, багатозначної, реляційної та модальної логік, методів ефективної організації, пошуку та сортування інформації для складних структур організації даних, методів системного аналізу.

Достовірність отриманих положень підтверджується логічними математичними викладками, прикладними розрахунками, комп'ютерною реалізацією розроблених моделей та методів діагностики працездатності SCADA, довідками про впровадження, апробацією на всеукраїнських та міжнародних наукових конференціях, достатньою кількістю публікацій у фахових виданнях з технічних наук в Україні та виданнях іноземних держав, патентами України на корисну модель.

Про достовірність отриманих положень свідчать результати достатньої збіжності аналітичних та експериментальних досліджень, до складу яких були включені запропоновані моделі та методи діагностики працездатності SCADA системи.

Структура, обсяг роботи. Дисертаційна робота складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел, 13 додатків. Повний обсяг дисертації – 330 сторінок, з них 168 сторінок основного тексту. Робота містить 33 рисунка, 22 таблиці, список використаних джерел із 220 найменувань.

Короткий зміст роботи.

У вступі міститься обґрунтування актуальності теми дисертаційної роботи, об'єкт і предмет дослідження, наукова новизна, практичне значення отриманих результатів та інші дані, що регламентовані вимогами МОН України до структури дисертаційної роботи.

У першому розділі проведено аналіз та оцінку сучасного стану існуючих методів автоматичної діагностики відомих SCADA систем. На

основі проведеного аналізу виконано обґрунтування необхідності розробки математичних моделей, методів та алгоритмів функціональної діагностики працездатності АПК SCADA систем в режимі реального часу шляхом дослідження закономірностей зміни стану інформаційних потоків при проходженні структурних модулів системи з використанням методології експертних систем.

У другому розділі створено об'єктно-класифікаційну модель діагностики працездатності SCADA та реляційну модель бази даних експертної системи. На їх основі запропоновано метод формування простору пошуку діагнозу із застосуванням розроблених математичних методів роботи зі структурою організації даних типу m -арні кортежі на основі впорядкованих множин довільної потужності. Зроблено висновок, що кількісна оцінка часу виконання чисельних алгоритмів для розроблених методів в залежності від кількості вхідних даних n змінюється з експоненціальної $O(2^n)$ на кубічну $O(n^3)$. Застосування даних методів дозволяє мінімізувати час формування простору пошуку діагнозу стосовно бази знань експертної системи.

У третьому розділі створено структурно-логічну модель діагностики відмов SCADA системи. На основі k -значної логіки вперше отримані аналітичні залежності допустимої зміни стану контрольованого параметра при проходженні інформаційного потоку за рівнями ієрархії SCADA, виявлення та локалізації незалежних і вторинних відмов у SCADA системі. Розроблено систему предикатів для бази знань експертної системи що дозволяє реалізувати алгоритм виявлення та локалізації відмов SCADA системи. Наведено формули обчислення кількісної оцінки працездатності структурних модулів SCADA системи як коефіцієнтів нестабільності роботи структурних модулів системи.

Запропоновано метод автоматичної діагностики відмов SCADA на основі аналізу закономірностей зміни стану інформаційних потоків у процесі їх проходження за структурними модулями та рівнями ієрархії SCADA при неповних даних / недостовірних даних / відсутності даних у структурних елементах системи. Зроблено висновок, що даний метод автоматичної

діагностики відмов SCADA може бути застосований для моніторингу працездатності системи в режимі реального часу.

У четвертому розділі описано застосування розробленого програмного засобу, який реалізує розглянутий у третьому розділі метод автоматичної діагностики відмов SCADA системи. Програмний засіб створено у середовищі Borland C++ Builder.

На основі проведених обчислювальних експериментів зроблено висновок, що застосування даного програмного засобу дозволяє підвищити достовірність оперативної діагностики працездатності структурних модулів SCADA завдяки мінімізації часу виявлення схованих відмов. Даний підхід дозволяє мінімізувати зменшення імовірності безвідмовної роботи за наявності схованих відмов, що сприяє підвищенню якості функціонування АПК розподіленої SCADA системи.

У загальних висновках по дисертації відображені результати, одержані в процесі проведення дисертаційних досліджень.

У додатках наведені таблиці параметрів досліджуваних математичних моделей, приклади застосування математичних методів роботи з СОД типу m -арні кортежі, отримано аналітичні залежності на основі тризначної логіки, а також документи впровадження результатів дисертації.

Наукова новизна результатів, що отримані у дисертаційній роботі.

Аналіз дисертаційної роботи дозволяє зробити висновок, що автором у процесі досліджень отримані такі нові основні результати:

- вперше розроблено математичні методи роботи зі структурою організації даних типу m -арні кортежі на основі впорядкованих множин довільної потужності, що дозволяє мінімізувати час формування простору пошуку діагнозу стосовно бази знань експертної систем;

- на основі k -значної логіки вперше отримано аналітичні залежності допустимої зміни стану контрольованого параметра при проходженні інформаційного потоку за рівнями ієрархії SCADA, виявлення та локалізації

незалежних і вторинних відмов у SCADA системі, що дозволяє виконувати автоматичне виявлення та локалізацію відмов у режимі реального часу;

– вперше запропоновано формулу обчислення коефіцієнта нестабільності роботи структурних модулів SCADA системи, що дозволяє визначати найбільш уразливі, з точки зору надійності роботи, структурні модулі та причинно-наслідкові зв'язки між первинними і вторинними відмовами;

– вперше запропоновано метод діагностики працездатності АПК SCADA систем з використанням отриманих аналітичних залежностей виявлення, локалізації та розмежування відмов, обчисленням коефіцієнтів нестабільності роботи структурних модулів, що забезпечує можливість автоматичного моніторингу стану системи в умовах неповної інформації в режимі реального часу;

– дістала подальшого розвитку об'єктно-класифікаційна модель діагностики працездатності АПК SCADA з використанням методології експертних систем, що дозволяє локалізувати та ідентифікувати відмови в об'єкті діагностики на основі обробки та аналізу повного потоку низькорівневої діагностичної інформації, що генерується SCADA системою;

– удосконалено структурно-логічну модель діагностики працездатності АПК розподіленої SCADA системи, що дозволяє контролювати її працездатність в режимі реального часу на основі аналізу зміни стану потоку діагностичної інформації при проходженні контрольованих параметрів структурними елементами та рівнями ієрархії SCADA.

Прикладна цінність дисертації полягає у можливості на її теоретичній базі впроваджувати у реальну практику розроблені моделі, методи та програмний засіб автоматичного виявлення та локалізації відмов в умовах неповної інформації в режимі реального часу, визначати найбільш уразливі, з точки зору надійності роботи, структурні модулі для SCADA систем будь-якої топології. Даний підхід дозволяє мінімізувати час

виявлення схованих відмов та підвищити достовірність оперативної діагностики працездатності структурних модулів SCADA.

Результати дисертаційної роботи впроваджені в діяльність ДП «Укрдіпрометз», м. Дніпро; ІТМ НАН України і ДКА України, м. Дніпро; навчальний процес ДВНЗ «Національний гірничий університет», м. Дніпро.

Рекомендації щодо впровадження результатів дисертації. Результати, які були одержані автором роботи, можуть бути корисними при виконанні автоматичного моніторингу та прогнозування працездатності структурних елементів SCADA системи у режимі реального часу. Перспективи використання результатів полягають у тому, що запропоновані моделі та методи діагностики працездатності SCADA систем можуть бути застосовані для подальшого продовження досліджень та розробок наукових основ і методології створення необслуговуваних самовідновлювальних апаратно-програмних комплексів SCADA систем відповідального призначення для керування об'єктами критичної інфраструктури.

Зв'язок роботи з науковими програмами. Роботу виконано на кафедрі програмного забезпечення комп'ютерних систем Державного вищого навчального закладу «Національний гірничий університет» відповідно до Закону України № 2623-14 від 11.07.2001 «Про пріоритетні напрями розвитку науки і техніки», планів наукової і науково-технічної діяльності ДВНЗ «Національний гірничий університет» у рамках науково-дослідницької роботи ГП-458 «Інтелектуальні технології управління процесами гірського виробництва в задачах енергозбереження та енергоефективності» (номер держреєстрації 0113U000402).

Загальна оцінка дисертаційної роботи. Дисертація являє собою завершену наукову працю, виконану на достатньо високому науковому рівні. Для дисертації характерний тісний логічний зв'язок окремих питань дослідження, що дозволяє трактувати результати роботи як цілісну методологію функціональної діагностики працездатності апаратно-

програмних комплексів SCADA систем відповідального призначення для керування об'єктами критичної інфраструктури в режимі реального часу в рамках розвинутої інформаційно-математичної моделі.

Дисертація відповідає паспорту спеціальності 01.05.02 – математичне моделювання та обчислювальні методи (технічні науки) та напрямкам досліджень за пунктами: розробка або розвиток теорії математичного моделювання реальних явищ, об'єктів, систем чи процесів як сукупності формалізованих дій (операцій) для складання ефективних математичних описів об'єктів, що досліджуються; модифікація та спеціалізація існуючих обчислювальних методів з метою підвищення їх ефективності, створення і дослідження нових обчислювальних методів і алгоритмів, що враховують особливості реальних технічних та технологічних задач, забезпечують створення ефективних програмних засобів комп'ютерної реалізації.

За темою дисертаційного дослідження опубліковано 21 наукова робота, у тому числі: 6 статей у наукових фахових виданнях України (2 з яких у виданнях, що входять до наукометричної бази SCOPUS, 2 – у виданнях іноземних держав), 11 тез доповідей та матеріалів конференцій, 2 патенти України на корисну модель.

Дисертаційна робота написана грамотно, характеризується цілісністю та логічністю викладання матеріалу. Термінологія дисертаційної роботи є загальновизнаною. Автореферат дисертації в повному обсязі розкриває основні положення роботи, оформлений згідно вимог державних стандартів України.

Зауваження до дисертаційної роботи

1. При використанні об'єктно-класифікаційної та логіко-алгебраїчної моделей діагностики роботи SCADA системи недостатньо докладно визначені необхідні набори ознак програмно-апаратного комплексу, які дозволяють однозначно діагностувати види відмов.

2. Відсутність граничних значень множини вхідних даних та простору пошуку діагнозу у m -арних кортежах ускладнює оцінку працездатності розроблених математичних моделей SCADA систем.
3. У дисертації не розглянуто вплив на чутливість та достовірність результатів діагностики роботи SCADA системи при використанні різних типів апаратного забезпечення, зокрема при використанні методів роботи зі структурою організації даних типу « m -арні кортежі на основі впорядкованих множин довільної потужності n ».
4. Зустрічаються досить складні для сприйняття математичні позначення коефіцієнтів у формулах.
5. В тексті дисертації та автореферату зустрічаються граматичні та стилістичні помилки, некоректності.

Однак, наведені зауваження мають окремий характер, не знижують високий науковий рівень дисертаційної роботи і не впливають на її загальну позитивну оцінку.

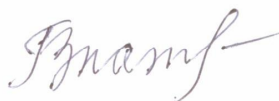
Загальний висновок по дисертаційній роботі

Дисертаційна робота Сироткіної Олени Ігорівни «Методи діагностики SCADA систем на основі m -арних кортежів та k -значної логіки» за своїм змістом відповідає паспорту спеціальності 01.05.02 – математичне моделювання та обчислювальні методи, є завершеною та самостійно виконаною науково-дослідною роботою, вирішує важливе завдання підвищення якості функціонування апаратно-програмного комплексу розподіленої SCADA системи за рахунок розробки моделей та методів забезпечення її автоматичної діагностики в режимі реального часу.

Робота написана на достатньому науковому та професійному рівні. Наукова термінологія, що використовується, є загальноновизнаною. Зміст автореферату повністю відповідає змісту дисертаційної роботи. Публікації здобувача повною мірою відображають результати дисертаційних досліджень.

Дисертаційна робота відповідає діючим в Україні вимогам «Порядку присудження наукових ступенів», затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України від 24 липня 2013 р. № 567 зі змінами, затвердженими Постановами Кабінету Міністрів України № 656 від 19 серпня 2015 р. та № 1159 від 30.12.2015 р., які висуваються до кандидатських дисертацій, а здобувач Сироткіна Олена Ігорівна заслуговує присудження наукового ступеню кандидата технічних наук за спеціальністю 01.05.02 – математичне моделювання та обчислювальні методи.

Офіційний опонент,
професор кафедри інформаційних
технологій і систем
Національної металургійної академії
України (м. Дніпро),
доктор технічних наук, доцент



Гнатушенко В.В.

Підпис проф. В.В. Гнатушенко завіряю.

Вчений секретар
Національної металургійної академії
України (м. Дніпро),
кандидат технічних наук, доцент




Потап О.Ю.

27» 03. 2018 р.

Відгук надійшов
у Раду: 28.03.2018
Вчений секретар: 