

К. Ю. Бровко

## ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ АВТОМАТИЗАЦІЇ УПРАВЛІННЯ ЕНЕРГООБ'ЄКТАМИ В НЕШТАТНИХ РЕЖИМАХ ФУНКЦІОНУВАННЯ НА ОСНОВІ ВИКОРИСТАННЯ МІКРОПРОЦЕСОРНИХ МОДУЛІВ

*Для підвищення надійності функціонування інформаційно-керуючих систем програмно-технічного комплексу автоматизованих систем керування технологічними процесами електроенергетичних об'єктів запропоновано вдосконалити програмно-апаратні й технічні засоби мікропроцесорних систем у вигляді впровадження модуля виявлення аварійних ознак у нештатних режимах функціонування електроенергетичного обладнання. Розглянуто режими функціонування мікропроцесорних систем: зчитування, запису, введення, виведення, обміну даними, вибору команд – в умовах відхилення величин характеристик технологічних параметрів технологічного процесу на енергоблоках теплових і атомних електростанцій у режимі реального часу.*

**Ключові слова:** інформаційно-керуючі системи, програмно-технічний комплекс, автоматизовані системи керування технологічними процесами, електроенергетичні об'єкти.

### Вступ

У "Стратегічній програмі розвитку і вдосконалення енергетики України до 2030 р", затвердженій Кабінетом Міністрів України, передбачено цілу низку заходів щодо вдосконалення автоматизованих систем керування (АСК) різними енергооб'єктами. Одним із основних напрямків розвитку програмно-технічних комплексів автоматизованих систем керування енергоблоками (ПТК АСК ТП) ТЕС і АЕС України є автоматизація процесів оперативного контролю та своєчасного виявлення аварійних ознак у нештатних аварійних режимах функціонування електроенергетичного обладнання, основною причиною виникнення яких є відхилення від норми параметрів технологічного процесу. Однак, як показує аналіз значних несправностей і аварій на ТЕС і АЕС України, через відсутність контролю з перевірки достовірності інформації виникають помилкові спрацьовування й відмови технологічного обладнання, що загалом впливає на зниження надійності їхнього функціонування [1 – 4].

Як відомо, підвищення надійності досягають, насамперед, за рахунок систематичного і більш якісного оперативного контролю за станом енергоустаткування, що дозволяє значно зменшити можливість його виходу з ладу або пошкодження під час аварійних станів, а також зменшення ймовірності помилкових дій персоналу, особливо за нестационарних режимів і аварійних ситуацій. Надійній роботі обладнання сприяє й поліпшення стабільності протікання технологічних процесів [5 – 7].

Забезпечення високого рівня готовності апаратури АСК ТП виконувати свої функції (імовірність відмови заявки на виконання функції захисту –  $10^{-7}$ ) є обов'язковим.

На рівні компонент: блоків, пристроїв – надійності досягають завдяки високій якості комплектувальних і технології їх виготовлення. На системному рівні резервування є основним прийомом забезпечення необхідної надійності. Загальноприйнятим є використання голосування (мажоруювання) "2 з 4", "2 з 3", "2 з 2" тощо, причому для цих структур у відповідальних випадках застосовують вимогу неприпустимості відмови через загальну причину (відмова живлення, пожежа та інше). У цих випадках здійснюється системне резервування на рівні комплексів. Однак важливою особливістю складних систем є несиметричність відмов, а голосуючі структури, нечутливі до відмов різних типів, тому

перспективнішим є застосування повністю контрольованих структур із функцією вибору значення з урахуванням достовірності (результат контролю). У таких структурах корисно використовувати результати, отримані в електроніці, застосовуючи в архітектурі мікропроцесорних систем (МПС).

### **Функціональні можливості розподілених систем АСК ТП АЕС**

Спостерігаємо тенденцію до значного розширення функціональних можливостей розподілених систем АСК ТП АЕС за рахунок упровадження мікропроцесорних засобів із різними режимами функціонування.

### **Застосування мікропроцесорних програмованих засобів у системах аварійного захисту забезпечення реактора АЕС**

Донедавна високі вимоги з безпеки АЕС обмежували застосування мікропроцесорних вільно програмованих засобів у системах аварійного захисту й забезпечення безпеки АЕС і зумовлювали застосування засобів із жорсткою логікою. Для подолання цього бар'єру знадобилися великі зусилля з вироблення нових принципів конструювання апаратури аварійного захисту (АЗ), систем попереджувального захисту (СПЗ) і керуючих систем безпеки (КСБ) на основі програмованих мікропроцесорних засобів (програмованих контролерів (ПК)), розробки методів контролю якості програмного забезпечення й аналізу надійності.

На сьогодні вже накопичено достатній досвід, який показує, що реалізація АЗ, СПЗ, КСБ на основі мікропроцесорних програмованих засобів за високих вимог до надійності можлива й навіть потрібна, оскільки забезпечує вищі техніко-економічні показники порівняно з традиційними засобами з жорсткою логікою, серед яких зазначимо простоту реалізації алгоритмів, самотестування, реалізацію більш складніших алгоритмів роботи аварійного захисту, компактність конструкцій, легкість заміни логіки, використання мультикомплексних ліній зв'язку.

Великий досвід використання мікропроцесорної програмованої цифрової техніки в системах аварійного захисту, системах АЗ, СПЗ, КСБ накопичений у Франції, Канаді, Німеччині та Японії.

На підставі вищевикладеного слід зробити висновок, що переваги мікропроцесорних програмованих систем АЗ над традиційними системами з жорсткою логікою очевидні і наразі не викликають сумнівів. Однак їх широке впровадження поки стримується труднощами перевірки надійності програмного забезпечення і невідповідністю органів Державного нагляду України до ліцензування таких систем. Проте досвід таких країн, як Франція, Канада, США, Японія, Великобританія, показує, що ці проблеми можна розв'язати позитивно.

У зв'язку з цим необхідно зазначити, що, незважаючи на наявність сучасних засобів вимірювальної техніки, обчислювальної техніки та інформаційних технологій, до сьогодні не отримали належного розвитку програмно-апаратні засоби ПТК АСК ТП енергоблоків ТЕС і АЕС України, які дозволяють діагностувати інформаційні та керуючі потоки інформації на достовірність, що є актуальною проблемою для своєчасного виявлення аварійних ознак у нештатних аварійних режимах функціонування електроенергетичного обладнання [8 – 10].

**Метою роботи** є розв'язання завдання підвищення надійності функціонування ПТК АСК ТП на основі вдосконалення режимів роботи мікропроцесорної системи програмно-апаратних засобів ПТК АСК ТП із використанням модуля виявлення аварійних ознак у нештатних режимах функціонування електроенергетичного обладнання енергоблоків ТЕС і АЕС України.

## Результати дослідження

Для розв'язання завдання підвищення надійності функціонування ПТК АСК ТП на основі вдосконалення режимів роботи мікропроцесорної системи програмно-апаратних засобів ПТК АСК ТП із використанням модуля виявлення аварійних ознак (МВАО) у нештатних режимах функціонування електроенергетичного обладнання енергоблоків ТЕС і АЕС України автором була запропонована структурно-функціональна схема мікропроцесорного модуля інформаційно-керівної системи ПТК АСК ТП енергоблоку електростанції (показана на рис. 1).

Розглянемо особливості режимів функціонування мікропроцесорної системи під час обробки інформації в разі відхилення величин технологічних параметрів технологічного процесу на енергоблоках ТЕС і АЕС України.

Режим обміну даних: дані, оброблені в арифметично-логічному пристрої (АЛП), передають по внутрішній і зовнішній шині даних між усіма елементами мікропроцесора і модулем МВАО.

Режим зчитування даних: дані про параметри технологічного процесу (ПТП) та програма їхньої обробки надходять у пристрій АЛП із пам'яті програм і пам'яті даних, а поточні значення ПТП надходять у модуль МВАО для визначення швидкості зміни величин параметрів ПТП у часі.

Режим запису даних: дані, оброблені в пристрої АЛП, передають паралельно одним потоком для запису інформації в пам'ять даних через акумулятор (спільні робочі регістри), а другим потоком – у модуль МВАО.

Режим вибору команд: для обробки даних у пристрої АЛП та модулі МВАО вибирають команди відповідно з пам'яті програм МПС і пам'яті програм модуля МВАО.

Режим уведення даних: дані з пристрою введення передають паралельно для обробки в пристрій АЛП і в модуль МВАО.

Режим виведення даних: оброблені дані з пристрою АЛП і модуля МВАО подають на табло автоматизованого робочого місця оператора (АРМО) у вигляді сигналів: норма, передаварійна ситуація, аварія.

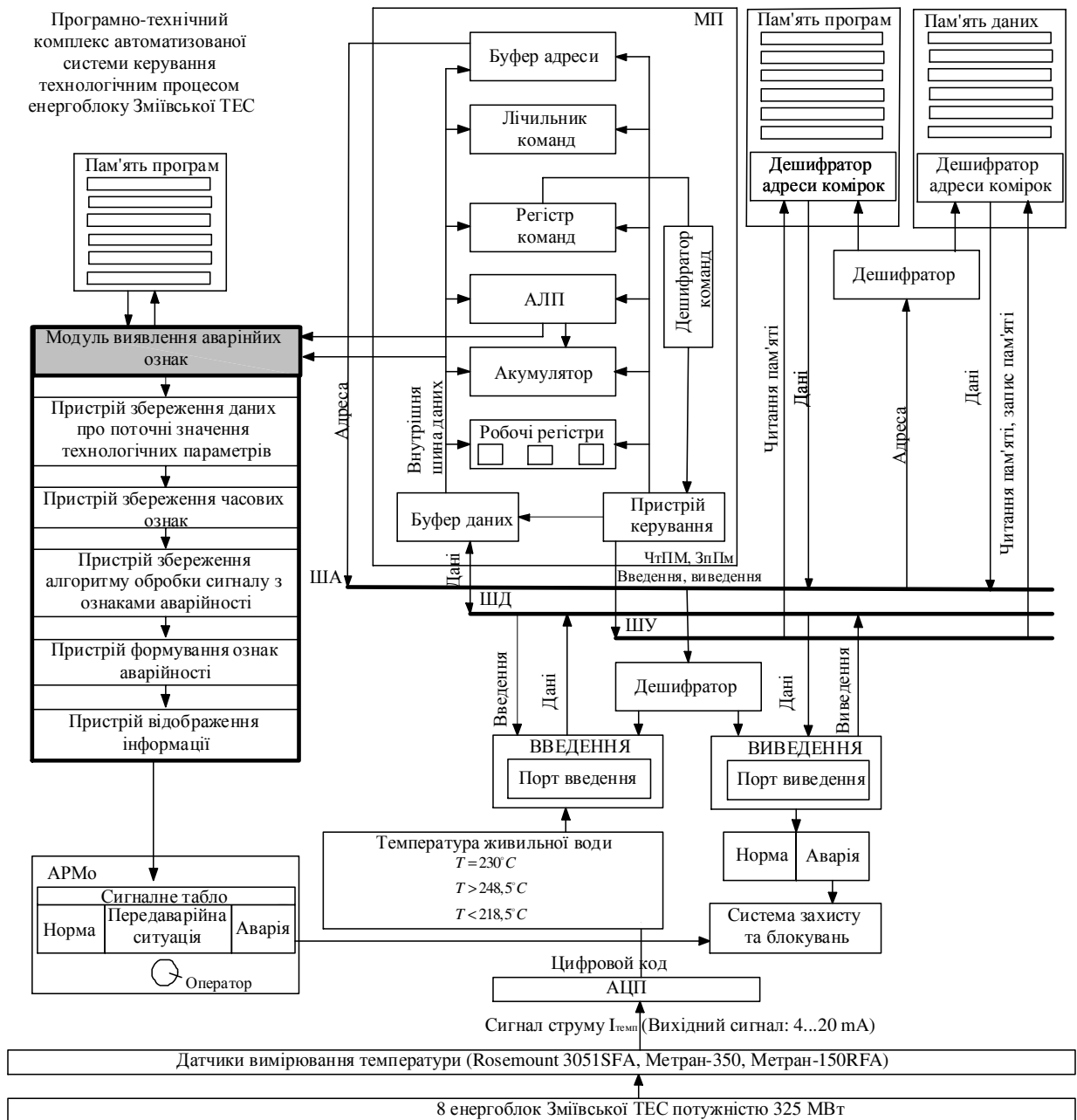


Рис. 1. Структурно-функціональна схема мікропроцесорної системи ПТК АСУ ТП енергоблоку ТЭС з впровадженням модуля виявлення аварійних ознак

Як видно з рис. 1, збір інформації про характеристики технологічних параметрів технологічного процесу енергооб'єкта здійснюється з датчиків контролю через пристрій введення-виведення, а подальша її обробка відбувається в арифметично-логічному пристрої мікропроцесорної системи, де поточні дані про технологічні параметри технологічного процесу енергооб'єкта порівнюють із даними, які заздалегідь установлені граничними уставками в пам'яті даних мікропроцесорної системи. У разі порівняння поточних показників параметрів, які надійшли від датчиків контролю і даних, лічених із граничних уставок пам'яті даних в арифметично-логічному пристрої мікропроцесорної системи, формуються нормовані ознаки (сигнал «норма» на табло автоматизованого робочого місця оператора (АРМ)), і керуючий сигнал не надходить через пристрій введення-виведення на виконавчі механізми і системи захистів і блокувань.

Під час настання нештатних режимів функціонування електроенергетичного обладнання

енергоблоку електростанції відбуваються відхилення характеристик параметрів технологічного процесу, які надходять із датчиків контролю через пристрій введення-виведення в мікропроцесорну систему, де поточні дані про характеристики параметрів технологічного процесу порівнюють із даними, які заздалегідь установлені граничними уставками в пам'яті даних мікропроцесорної системи. Результати порівняння даних із мікропроцесорної системи надходять через пристрій введення-виведення на виконавчі механізми, систему захистів і блокувань та модуль виявлення аварійних ознак у нештатних режимах функціонування енергооб'єкта [9, 10].

У модулі МВАО у нештатних режимах функціонування електроенергетичного обладнання енергоблоку електростанції паралельно мікропроцесорній системі обробляють результати порівняння поточних аварійних відхилень про електрофізичні параметри технологічного процесу з даними, які заздалегідь установлені граничними уставками в пам'яті даних мікропроцесорної системи. Це роблять із метою виділення аварійних ознак на основі отриманих змін просторово-часових характеристик кожного окремого технологічного параметра в режимі реального часу. Ці розрахунки проводять методом фрактального виявлення, в основі якого лежить залежність зміни характеристик електрофізичних параметрів технологічного процесу енергооб'єкта від геометричних та інформаційних розмірностей тривимірного фазового об'єму інформаційного простору технологічного процесу, яка формується в модулі виявлення аварійних ознак.

На основі отриманих результатів із виділення аварійних ознак у нештатних режимах функціонування електроенергетичного обладнання енергоблоку електростанції в модулі МВАО виробляється сигнал (сигнал «аварія» на табло автоматизованого робочого місця оператора), який містить аварійні ознаки і надходить у мікропроцесорну систему, де формується і виробляється керівний сигнал. Цей сигнал через пристрій введення-виведення надходить на системи блокувань і захистів із увімкнення блокувань і захистів на енергооб'єкті в режимі реального часу. Це дозволяє не допустити наслідки виникнення аварій і катастроф та забезпечити штатне керування функціонування енергооб'єкта. Крім того, під час виникнення аварійної ситуації в модулі виявлення ознак аварійності формується інформаційний сигнал оповіщення, який надходить на загальне сигнальне табло оператору АСК ТП.

У випадку фіксації в модулі виявлення аварійної ситуації недостовірної інформації, яка може призвести до збою або помилкового спрацьовування, виробляється сигнал «передаварійна ситуація» на табло автоматизованого робочого місця оператора.

### Висновки

1. Для підвищення надійності функціонування інформаційно-керуючих систем програмно-технічного комплексу автоматизованих систем керування технологічними процесами теплової електростанції запропонована, вдосконалена структурно-функціональна схема мікропроцесорної системи ПТК АСК ТП енергоблоку ТЕС.

2. Розглянуто особливості режимів функціонування мікропроцесорних систем з упровадженням модуля виявлення аварійних ознак для контролю параметрів технологічного процесу на енергоблоках теплових електростанцій у режимі реального часу.

### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Буданов П. Ф. Синергетический подход к разработке модели принятия решения оперативным персоналом АЭС в нештатных ситуациях / П. Ф. Буданов, К. Ю. Бровко // Системи обробки інформації : зб. наук. пр. – Харків : Харків. ун-т Повітряних Сил імені Івана Кожедуба. – 2013. – Вип. 1 (108). – С. 256 – 262.
2. Буданов П. Ф. Метод кластерного аналізу для обробки інформаційного простору в автоматизованих тренажерах по підготовці оперативного персоналу АЭС / П. Ф. Буданов, К. Ю. Бровко // Системи обробки інформації : зб. наук. пр. – Харків : Харків. ун-т Повітряних Сил імені Івана Кожедуба. – 2013. – Вип. 2 (109). – С. 106 – 111.
3. Буданов П. Ф. Моделювання ознак аварійності параметрів технологічного процесу об'єктів Наукові праці ВНТУ, 2017, № 1

електроенергетики / П. Ф. Буданов, К. Ю. Бровко // Збірник наукових праць Харківського університету Повітряних Сил. – Харків : Харків. ун-т Повітряних Сил імені Івана Кожедуба. – 2015. – Вип. 2 (43). – С. 84 – 88.

4. Буданов П. Ф. Просторово-часова модель інформаційного простору з фрактальною структурою / П. Ф. Буданов, К. Ю. Бровко // Системи обробки інформації : зб. наук. пр. – Харків : Харків. ун-т Повітряних Сил імені Івана Кожедуба. – 2015. – Вип. 7 (132). – С. 15 – 19.

5. Буданов П. Ф. Метод фрактального виявлення аварійних ознак в інформаційному просторі технологічного процесу / П. Ф. Буданов, К. Ю. Бровко // Системи озброєння і військова техніка. – 2015. – № 4 (44). – С. 56 – 60.

6. Буданов П. Ф. Влияние фрактальных свойств информационного пространства на процесс формирования случайного сигнала с признаками аварийности / П. Ф. Буданов, К. Ю. Бровко // Системи обробки інформації : зб. наук. пр. – Харків : Харків. ун-т Повітряних Сил імені Івана Кожедуба. – 2016. – Вип. 1 (138). – С. 10 – 14.

7. Буданов П. Ф. Экспериментальные исследования пространственно-временной модели информационного пространства для процесса формирования случайного сигнала с признаками аварийности / П. Ф. Буданов, К. Ю. Бровко // Системи обробки інформації : зб. наук. пр. – Харків : Харків. ун-т Повітряних сил імені І. Кожедуба. – 2016. – Вип. 3 (140). – С. 227 – 233.

8. Буданов П. Ф. Повышение надежности управления технологическим процессом энергообъекта способом выявления аварийных признаков в нештатных режимах функционирования на основе метода фрактального обнаружения / П. Ф. Буданов, К. Ю. Бровко // Системи обробки інформації : зб. наук. пр. – Харків : Харків. ун-т Повітряних сил ім. І. Кожедуба. – 2016. – Вип. 7 (144). – С. 175 – 180.

9. Буданов П. Ф. Повышение надёжности функционирования энергообъектов на основе усовершенствования программно-технического комплекса автоматизированной подсистемы аварийной и предупредительной защиты / П. Ф. Буданов, К. Ю. Бровко, П. В. Васюченко // Збірник наукових праць Харківського університету Повітряних Сил. – Харків : Харків. ун-т Повітряних Сил імені Івана Кожедуба. – 2016. – Вип. 3 (48). – С. 161 – 167.

10. Буданов П. Ф. Динамічна просторово-часова модель інформаційно-керуючих систем програмно-технічних комплексів АСУ ТП енергоблоку електростанції / П. Ф. Буданов, К. Ю. Бровко // Збірник наукових праць Харківського університету Повітряних Сил. – Харків : Харків. ун-т Повітряних Сил імені Івана Кожедуба. – 2016. – Вип. 4 (49). – С. 80 – 85.

**Бровко Костянтин Юрійович** – аспірант кафедри автоматизації енергетичних процесів, e-mail: brovkokonstantin@gmail.com.

Українська інженерно-педагогічна академія.