

УДК 621.311.25:519.816

П. Ф. Буданов¹
К. Ю. Бровко¹
І. Г. Кирисов¹
Е. А. Хом'як¹

ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ АСУТП У ПОЗАШТАТНИХ РЕЖИМАХ РОБОТИ ЕНЕРГОБЛОКА ЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ

¹Українська інженерно-педагогічна академія, Харків

Важливим фактором у підвищенні надійності під час експлуатації автоматизованих систем управління технологічними процесами на енергоблоці електростанції є оперативний контроль з виявлення інформації низького рівня ступеня достовірності. Показано, що надійність функціонування технологічного обладнання енергоблока істотно залежить від ефективності автоматизованого управління у позаштатних ситуаціях, коли відбувається несанкціоноване зупинення енергоблока, через помилкове спрацювання. Виявлено, що причиною помилкових спрацювань є інформація про параметри технологічного процесу енергоблока, яка характеризується низьким ступенем достовірності. Показано, що непередбачене несанкціоноване зупинення енергоблока призводить до зниження навантаження для електроспоживачів. Показано, що у застосовуваних моделях управління не враховуються несанкціоноване зупинення енергоблока, що призводить до зниження навантаження для електроспоживачів при помилкових спрацюваннях в режимі реального часу. Для підвищення надійності та ефективності автоматизованого керування режимами роботи енергоблока запропоновано модульний блок режиму нештатних ситуацій, зв'язаний з модулями помилкових спрацювань і аварійних ознак, який враховує статичні і оперативні складові. Надано практичні рекомендації для застосування автоматизованого модуля в програмно-технічному комплексі автоматизованої системи управління технологічним процесом, що дозволяє проводити розрахунки на основі статичних даних, що надходять з пам'яті даних, і поточних даних з енергоблока.

Ключові слова: нештатний режим енергоблока, критерії ефективності управління, модель управління.

Вступ

У зв'язку з безперервним підвищенням рівня автоматизації енергоблоків, питання ефективності експлуатованих і модернізованих АСУТП набувають актуальнішого значення. Це зумовлено перш за все тим, що на апаратно-програмні та технічні засоби АСУТП витрачаються значні суми, а їх обслуговування та ремонтно-відновлювальні роботи вимагають великих витрат оперативного персоналу ТЕС і АЕС. Наразі на електростанціях практично не проводилися дослідження залежності отримуваної ефективності від підвищення рівня автоматизації управління технологічним обладнанням в позаштатних аварійних режимах функціонування енергоблока [1]—[3].

Основними причинами є те, що в наявних методиках як джерела ефективності АСУТП приймають тільки статистичні дані без урахування динаміки зміни процесу управління. Такий підхід не дозволяє в розрахунках ефективності враховувати динаміку зміни характеристик параметрів технологічного процесу, особливо у разі відхилення їх від норми, в нештатних режимах функціонування енергоблоків ТЕС і АЕС.

Як відомо [4], джерела ефективності, характер і ступінь впливу АСУТП на режим управління в позаштатних ситуаціях залежать від функціональних, алгоритмічних, програмних і технічних рішень. Однак, у зв'язку зі специфічними особливостями роботи АСУТП в нештатних режимах роботи енергоблока, доводиться враховувати не конкретну ефективність управління, а її функцію від

часу, характер і ступінь достовірності інформації [5]. Це висуває нові додаткові вимоги до забезпечення порівнянності розрахунків ефективності керування з урахуванням критеріїв достовірності інформації про технологічні параметри в нештатних режимах роботи енергоблока.

За оцінками багатьох фахівців [6], [7] автоматизація визначення та аналізу показників ефективного управління зумовлена можливістю отримання достовірної та об'єктивної інформації про параметри технологічного процесу енергоблока в режимі реального часу.

В роботі [8] проведено дослідження відхилення технологічних параметрів від норми, оснований на зміні електрофізичних параметрів інформаційних сигналів, які несуть аварійні ознаки. Однак отримання тільки часового критерію оцінки аварійних ознак про технологічні параметри, без урахування впливу ступеня достовірності інформації, не дає об'єктивної оцінки про ефективність управління енергоблока в режимі реального часу.

Тому, своєчасна оцінка інформації про технологічні параметри, тобто ступінь її достовірності, може істотно вплинути на режими роботи енергоблока (наприклад: зупинення і зниження навантаження енергоблока). Крім того, інформація з низьким ступенем достовірності може привести до спотворення сигналів управління і сформуванню помилкових спрацьовування виконавчих механізмів, пристроїв блокувань (захистів) і перевести енергоблок в несанкціонований режим роботи [9], [10].

Таким чином, актуальність вибраного напрямку дослідження, полягає у вивченні процесів впливу інформації з низьким ступенем достовірності про технологічні параметри на ефективність автоматизованого управління в нештатних режимах роботи енергоблока електростанції.

Метою статті є виявлення інформації з низьким ступенем достовірності про технологічні параметри в режимі реального часу для підвищення ефективності автоматизованого управління енергоблоком в нештатних режимах функціонування.

Відповідно до вказаної мети в роботі розв'язуються *задачі*:

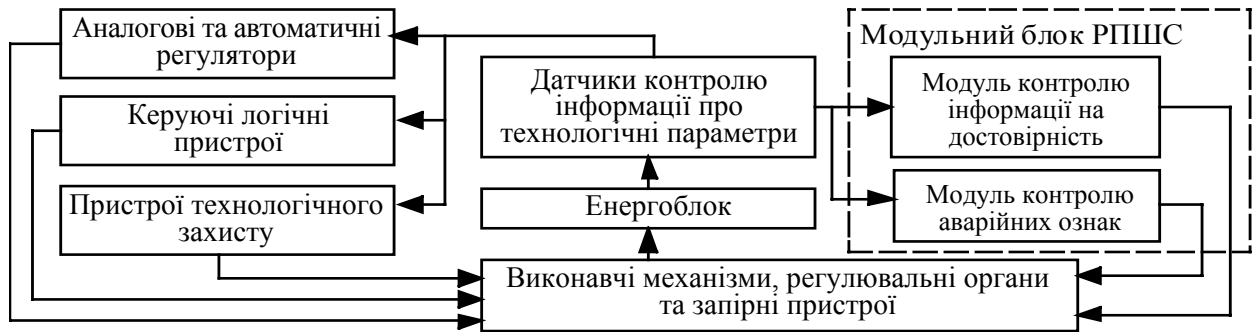
1. Вдосконалити інформаційно-алгоритмічну схему АСУТП, яка дозволить управляти електроенергетичним обладнанням, шляхом впровадження модульного блока режиму нештатного функціонування, для видачі керувальних сигналів на зміну режиму роботи енергоблока.

2. Розробити інтегровану математичну модель, яка дозволяє виконувати своєчасне оперативне виявлення недостовірної інформації та попереджувати помилкові спрацьовування технологічного обладнання енергоблока електростанції в режимі реального часу.

Результати досліджень

Під час розробки структури АСУТП енергоблока у позаштатних режимах функціонування, характерною особливістю є контроль параметрів технологічного процесу в режимі реального часу з урахуванням критерію оптимальності управління. До теперішнього часу найбільшого поширення набули структури АСУТП енергоблоком в штатному режимі, де основна обробка інформації здійснюється в центральному керувальному пристрої (ЦКП). За такого підходу знижується швидкість обробки даних про зміну технологічних параметрів, що впливає на оперативність формування керувальних сигналів на виконавчі механізми, регулювальні та запірні органи. Тому в роботі запропоновано структуру АСУТП, де частково інформація обробляється в ЦКП, а частково з датчиків контролю передається безпосередньо на логічні та аналогові автомати, пристрої технологічного захисту. Несанкціоноване зупинення і подальший повторний пуск енергоблока може проводитися через помилкові спрацьовування блокувань і захистів. Тому в структурних схемах АСУТП для штатних режимів необхідно додатково включати структурні елементи у вигляді окремих модулів для перевірки інформації на ступінь достовірності. Також необхідно контролювати відхилення параметрів технологічного процесу від норми в нестационарних позаштатних режимах. У зв'язку з цим запропоновано виконувати завдання автоматизованого управління енергоблоком в нештатних режимах на основі штатної схеми АСУТП з використанням додаткового модульного блока режиму позаштатних ситуацій (МБ РПШС) (рис. 1). Такий модуль МБ РПШС дозволить забезпечити ефективне управління енергоблоком на основі удосконалення програмно-технічних засобів і математичних моделей для випадкових експлуатаційних змін, що реалізуються в режимі реального часу. Варіант структурної схеми АСУТП енергоблока у разі його функціонування в позаштатних аварійних режимах, з урахуванням модульного блока РПШС, може мати вигляд, показаний на рисунку.

У запропонованому варіанті структурної схеми АСУТП обґрунтованість і достовірність отриманих інформаційних сигналів управління повинна відповідати алгоритму управління технологічним процесом в режимі реального часу.



Варіант структурної схеми АСУТП енергоблока під час функціонування електроенергетичного обладнання в позаштатних ситуаціях

Як відомо [1], за нормального режиму функціонування енергоблока його ККД описується виразами

$$\eta_E = \frac{A}{\tau} \prod_{i=1}^{i=k} \left[1 + \alpha_i (x_{iad} - x_{ax}) \left(\frac{1 + \text{sign}(x_{i \max} - x_{iad})}{2} \right) \right]; \quad (1)$$

$$x_{ax} = \frac{\sum_{\gamma=1}^r \int_{t_{\gamma 2}}^{t_{\gamma 1}} x_i dt}{\sum_{\gamma=1}^r (t_{\gamma 2} - t_{\gamma 1})}, \quad (2)$$

де A — коефіцієнт пропорційності; τ — час пуску; α_i — коефіцієнт, який враховує зменшення граничного значення i -го параметра прогріву; x_{iad} — допустиме відхилення параметра; x_{ax} — усереднене значення перевищення параметра за час його відхилення від x_{iad} ; x_{imax} — максимальне відхилення параметра за період пуску; $t_{\gamma 1}$ та $t_{\gamma 2}$ — моменти початку і кінця перевищення параметром допустимого значення x_{iad} ; r — число перевищень значень параметрів під час пуску.

З виразів (1), (2) видно, що для визначення відхилення параметрів від норми Δx_i вибираються тільки усереднені значення перевищення величини параметра x_{ax} , відносно допустимого значення відхилення x_{iad} за інтервал часу $\Delta t = t_{\gamma 2} - t_{\gamma 1}$. Це фіксується тільки початковим і кінцевим моментом часу, що в цілому призводить до неточності в розрахунках ККД енергоблока.

Тому, для x_{ax} у виразі (2) необхідно враховувати час повернення τ_f характеристик технологічних параметрів до нормованих значень, тобто враховувати аварійні ознаки

$$x_{axf} = \frac{\sum_{\gamma=1}^r \int_{t_{\gamma 2}}^{t_{\gamma 1}} x_i dt}{\sum_{\gamma=1}^r (t_{\gamma 2} + \tau_f) - t_{\gamma 1}}, \quad (3)$$

де τ_f — час повернення характеристик технологічних параметрів до нормованих ($\tau_f \leq t_{\gamma 1}$) або аварійних значень ($\tau_f > t_{\gamma 1}$). Тому, з огляду на час повернення параметрів до нормованих значень, з виразу (3), отримуємо значення ККД енергоблока з урахуванням аварійних ознак, тобто відхилення технологічних параметрів від норми.

$$\eta_{cr} = \frac{A}{\tau} \prod_{i=1}^{i=k} \left[1 + \alpha_i \left(x_{iad} - \frac{\sum_{\gamma=1}^r \int_{t_{\gamma 2}}^{t_{\gamma 1}} x_i dt}{\sum_{\gamma=1}^r (t_{\gamma 2} + \tau_f) - t_{\gamma 1}} \right) \left(\frac{1 + \text{sign}(x_{i \max} - x_{iad})}{2} \right) \right]. \quad (4)$$

Таким чином, наукове обґрунтування структури АСУТП енергоблока в штатних і позаштатних ситуаціях дозволяє зробити висновок про можливість таких структур, виявляти помилкові спрацьовування обладнання та недостовірну інформацію про технологічні параметри.

Обговорення отриманих результатів

Як впливає з результатів проведених досліджень, для підвищення надійності АСУ ТП у позаштатних режимах роботи енергоблока електростанції, необхідно враховувати: число помилкових спрацьовувань технологічного обладнання у разі відхилення технологічних параметрів в режимі реального часу; час життєвого циклу технологічних параметрів; інтервал часу, протягом якого фіксуються помилкові спрацьовування; зміну кількості інформації в інформаційному просторі технологічного процесу, що характеризує ступінь достовірності даних про технологічні параметри; зміну ступеня заповнення інформаційного простору технологічного процесу недостовірними даними про технологічні параметри.

Висновки

1. Удосконалено інформаційно-алгоритмічну схему АСУ ТП, яка дозволяє управляти електроенергетичним обладнанням шляхом впровадження модульного блока режиму нештатного функціонування, для видачі керувальних сигналів на зміну режиму роботи енергоблока.

2. Розроблено інтегровану математичну модель, яка на відміну від відомих застосовуваних моделей дозволяє виконувати своєчасне оперативне виявлення недостовірної інформації та попереджувати помилкові спрацьовування технологічного обладнання енергоблока електростанції в режимі реального часу.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- [1] П. Ф. Буданов, К. Ю. Бровко, О. О. Бібіков, і Є. С. Федченко-Галаган, «Методика виявлення помилкових спрацьовувань у нештатних режимах функціонування енергооб'єкта», *Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. Технічні науки*, вип. 204, «Проблеми енергозабезпечення та енергозбереження в АПК України». Харків: ХНТУСГ, с. 53-55, 2019.
- [2] P. Budanov, K. Brovko, A. Cherniuk, P. Vasyuchenko, and V. Khomenko, "Improving The Reliability Of Information-Control systems At Power Generation Facilities Based on The Fractal-Cluster Theory," *Eastern-Europan Journal of Enterprise Thechnologies*, no. 2/9 (92), pp. 4-12, 2018.
- [3] П. Ф. Буданов, і К. Ю. Бровко, «Моделювання ознак аварійності параметрів технологічного процесу об'єктів електроенергетики», *Збірник наукових праць Харківського університету Повітряних сил*, вип. 2 (43), с. 84-88, 2015.
- [4] O. Popov, N. Shmatko, P. Budanov, I. Pantielicieva, and K. Brovko, "Cost-effectiveness in mathematical modelling of the power unit control," *Eastern-Europan Journal of Enterprise Thechnologies*, no. 6/3(102), pp. 20-28, 2019.
- [5] П. Ф. Буданов, и К. Ю. Бровко, «Метод фрактального обнаружения аварийных признаков в информационном пространстве технологического процесса», *Системи озброєння і військова техніка*, № 4 (44), с. 56-60, 2015.
- [6] П. Ф. Буданов, и К. Ю. Бровко, «Влияние фрактальных свойств информационного пространства на процесс формирования случайного сигнала с признаками аварийности», *Системи обробки інформації*, зб. наук. пр., № 1 (138), с. 10-14, 2016.
- [7] П. Ф. Буданов, и К. Ю. Бровко, «Экспериментальные исследования пространственно-временной модели информационного пространства для процесса формирования случайного сигнала с признаками аварийности», *Системи обробки інформації*, зб. наук. пр., № 3 (140), с. 227-233, 2016.
- [8] П. Ф. Буданов, и К. Ю. Бровко, «Повышение надежности управления технологическим процессом энергообъекта способом выявления аварийных признаков в нештатных режимах функционирования на основе метода фрактального обнаружения», *Системи обробки інформації*, зб. наук. пр., № 7 (144), с. 175-180, 2016.
- [9] П. Ф. Буданов, К. Ю. Бровко, и П. В. Васюченко, «Повышение надёжности функционирования энергообъектов на основе усовершенствования программно-технического комплекса автоматизированной подсистемы аварийной и предупредительной защиты», *Збірник наукових праць Харківського університету Повітряних сил*, № 3 (48), с. 161-167, 2016.
- [10] П. Ф. Буданов, и К. Ю. Бровко, «Динамична просторово-часова модель інформаційно-керуючих систем програмно-технічних комплексів АСУ ТП енергоблока електростанції», *Збірник наукових праць Харківського університету Повітряних сил*, № 4 (49), с. 80-85, 2016.

Рекомендована кафедрою електричних станцій та систем ВНТУ

Стаття надійшла до редакції 26.10.2021

Буданов Павло Феофанович — канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри фізики, електротехніки і електроенергетики, e-mail: pavelfeofanovich@ukr.net ;

Бровко Костянтин Юрійович — канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри фізики, електротехніки і електроенергетики, e-mail: brovkokonstantin@gmail.com ;

Кирисов Ігор Геннадійович — старший викладач кафедри фізики, електротехніки і електроенергетики, e-mail: kirisovui1980@gmail.com ;

Хом'як Едуард Анатолійович — аспірант кафедри фізики, електротехніки і електроенергетики, e-mail: eakhomiak@gmail.com .

Українська інженерно-педагогічна академія, Харків

P. F. Budanov¹
K. Yu. Brovko¹
I. H. Kyrysov¹
E. A. Khomiak¹

Improving the Reliability of ACSTP in Free-Time Operating Modes of the Power Plant

¹Ukrainian Engineering Pedagogics Academy, Kharkiv

A significant factor in increasing the reliability during the operation of automated control systems for technological processes at the power unit of the power plant is operational control to identify a low level of information reliability. It is shown that the reliability of the functioning of the technological equipment of the power unit significantly depends on the effectiveness of automated control in emergency situations, when an unauthorized shutdown of the power unit occurs due to false triggering. It was found that the reason for false alarms is information about the parameters of the technological process of the power unit, which is characterized by a low degree of reliability. It is shown that an unforeseen unauthorized shutdown of the power unit leads to a decrease in the load for electrical consumers. It is shown that the applied control models do not take into account unauthorized shutdowns of the power unit, which leads to a decrease in the load for electrical consumers in case of false alarms in real time. To increase the reliability and efficiency of the automated control of the power unit operation modes, a modular block of the emergency mode is proposed, connected with the modules of false alarms and emergency signs, taking into account the static and operational components. Practical recommendations are given for the use of the automated module in the software and hardware complex of the automated process control system, which makes it possible to carry out calculations based on statistical data coming from the data memory and current data from the power unit.

Keywords: abnormal operation of the power unit, management efficiency criteria, management model.

Budanov Pavlo F. — Cand. Sc. (Eng.), Associate Professor, Associate Professor of Physics, Electrical Engineering and Power Engineering, e-mail: pavelfeofanovich@ukr.net ;

Brovko Kostiantyn Yu. — Cand. Sc. (Eng.), Associate Professor, Associate Professor of Physics, Electrical Engineering and Power Engineering, e-mail: brovkokonstantin@gmail.com ;

Kyrysov Ihor H. — Senior Lecturer of the Chair of Physics, Electrical Engineering and Power Engineering, e-mail: kirisovuipa1980@gmail.com ;

Khomiak Eduard A. — Post-Graduate Student of the Chair of Physics, Electrical Engineering and Power Engineering, e-mail: eakhomiak@gmail.com